

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ

А. Г. Назаров

О новой сейсмической шкале

С 1 января 1953 г. введена в действие новая сейсмическая шкала ГОСТ 6249-52 взамен сейсмической шкалы ОСТ ВКС-4537*.

Согласно новому ГОСТ, балльность землетрясения устанавливается по величине максимального относительного смещения сферического упругого маятника сейсмометра X_0 (в мм) в соответствии с таблицей 1.

Маятник имеет период свободных колебаний $T=0,25$ сек. и логарифмический декремент затухания 0,50.

Таблица 1

Интенсивность землетрясения в баллах	Максимальное смещение сферического маятника X_0 (в мм)
6	от 1,1 до 2
7	2,1 до 4
8	4,1 до 8
9	8,1 до 16

При отсутствии данных сейсмометрических измерений интенсивность землетрясения рекомендуется определять по повреждениям построек и остаточным деформациям грунтов на дневной поверхности. Признаки эти сведены в таблицу 2.

Здания в этой таблице подразделены на 3 группы:

группа А—здания со стенами глинобитными, из кирпича-сырца, самана и т. п.;

группа Б—здания каменные;

группа В—здания деревянные.

Повреждения и разрушения частей зданий подразделены на четыре группы:

а) легкие повреждения—тонкие трещины в штукатурке, в кладке печей и т. п.;

б) значительные повреждения—трещины в штукатурке, откалы-

* Новая шкала составлена С. В. Медведевым [3].

Сила землетрясения в баллах

Таблица 2

6	7	8	9
<p>Во многих зданиях легкие повреждения. В отдельных зданиях группы А и Б значительные повреждения.</p> <p>В редких случаях (при сырых грунтах) поперечные тонкие трещины на дорогах.</p>	<p>В большинстве зданий группы А значительные повреждения и в отдельных — разрушения. В большинстве зданий группы Б легкие повреждения и во многих — значительные повреждения. Во многих зданиях группы В легкие повреждения и в отдельных — значительные повреждения.</p> <p>На крутых откосах насыпей дорог редкие оползни. В отдельных случаях поперечные трещины на дорогах. В единичных случаях нарушение стыков трубопроводов.</p> <p>Повреждение каменных оград.</p>	<p>Во многих зданиях группы А значительные разрушения и в отдельных — обвалы. В большинстве зданий группы Б значительные повреждения и в отдельных — разрушения. В большинстве зданий группы В легкие повреждения и во многих — значительные повреждения.</p> <p>Небольшие оползни на крутых откосах выемок и насыпей дорог.</p> <p>Отдельные случаи разрыва стыков трубопроводов.</p> <p>Памятники и статуи сдвигаются или опрокидываются.</p> <p>Каменные ограды обрушиваются.</p>	<p>Во многих зданиях группы А обвалы. Во многих зданиях группы Б разрушения и в отдельных — обвалы. Во многих зданиях группы В значительные повреждения и в отдельных — разрушения.</p> <p>В некоторых случаях повреждения насыпей дорог и в отдельных случаях — искривление железнодорожных рельсов. Большое количество трещин на дорогах.</p> <p>Многочисленные разрывы и повреждения трубопроводов.</p> <p>Памятники и статуи опрокидываются.</p> <p>Большая часть труб и башен разрушается.</p>
Остаточные деформации в грунтах и изменение режима грунтовых и подземных вод			
<p>Трещины в сырых грунтах шириной до 1 см. В горных районах единичные случаи оползней и осыпания грунтов.</p> <p>Небольшие изменения дебита источников и уровня воды в колодцах.</p>	<p>Тонкие трещины в сухих грунтах. Большое количество трещин в сырых грунтах. Отдельные случаи оползней на берегах рек. В горных районах небольшие оползни и осыпания грунтов. Возможны горные обвалы.</p> <p>В отдельных случаях мутнеет вода в водоемах и реках. Изменяется дебит источников и уровень грунтовых вод. В некоторых случаях возникают новые или пропадают существующие источники воды.</p>	<p>Трещины в грунтах достигают несколько сантиметров. Много трещин на склонах гор и в сырых грунтах. Большие осыпания, оползни и горные обвалы.</p> <p>Вода в водоемах становится мутной. Возникают новые водоемы. Возникают новые или пропадают существующие источники воды. Часто меняется дебит источников и уровень воды в колодцах.</p>	<p>Трещины в грунтах до 10 см шириной, а по склонам и берегам рек — свыше 10 см. Большое количество тонких трещин в грунтах. Горные обвалы. Много оползней и осыпания грунтов.</p> <p>Небольшие грязевые извержения. Большие волнения в водоемах. Часто возникают новые или пропадают существующие источники воды.</p>

вание кусков штукатурки, тонкие трещины в стенах, повреждение дымовых труб отопительных печей и т. п.;

в) разрушения—большие трещины в стенах, расслоение каменной кладки, обрушение отдельных участков стен, падение карнизов и парапетов, обвалы штукатурки, падение дымовых труб отопительных печей и т. п.;

г) обвалы—полное или частичное обрушение стен, перекрытий и т. п.

Основным преимуществом этой шкалы перед предыдущей является четкое подразделение обследуемых зданий, а также их повреждений на различные группы, что должно способствовать и более четкой систематизации последствий разрушительных землетрясений, являющейся важным фактором в деле оценки силы землетрясения.

Однако эта шкала имеет и ряд существенных недостатков, главнейшие из которых свойственны всем существующим шкалам.

Чтобы сейсмическая шкала была полноценной и пригодной для объективной характеристики силы землетрясения, она должна удовлетворять, по меньшей мере, следующим условиям:

1. Независимо от индивидуальных особенностей исследователей, применяющих сейсмическую шкалу, они должны получить одну и ту же балльность для одного и того же землетрясения;

2. Совокупность признаков балла должна быть независима от географического положения населенного пункта, где имело место разрушительное землетрясение;

3. Совокупность признаков балла должна быть независима от фактора времени;

4. Сейсмическая шкала должна давать четкие количественные показатели, необходимые для строительного дела.

Пока мы оставим в стороне разбор таблицы 1 и рассмотрим таблицу 2, с которой только и должны иметь дело в ближайшие годы, поскольку мы не располагаем инструментальными данными, отвечающими требованию таблицы 1.

Нетрудно убедиться, что рассматриваемая сейсмическая шкала не удовлетворяет первому условию. Признаки интенсивности землетрясения, взложенные в таблице 2, недостаточно четки и должны приводить к различным толкованиям. Действительно, что следует понимать под терминами, употребляемыми в этой таблице?— „большинство зданий“, „многие здания“ и „отдельные здания“. Повидимому, под большинством зданий следует понимать количество зданий свыше 50%, т. е. под термином „большинство“ надо понимать довольно внушительный диапазон изменения количества от 50 до 100%. Еще больше нечеткости в определении „многие здания“ и „отдельные здания“. Имеется произвол в толковании этих терминов. В частности, если землетрясению одинаковой интенсивности будут подвергнуты крупный и малый населенные пункты с однотипными зданиями в одинаковых процентных соотношениях, то в крупном населенном пункте повреж-

дены могут быть „многие“ здания данного типа, а в малом населенном пункте „отдельные“ здания того же типа.

Из таблицы 2 формально следует, что в малом населенном пункте землетрясение слабее, чем в крупном населенном пункте.

Для избежания этого следовало бы оценивать силу землетрясения в зависимости от процента поврежденных зданий.

Второй крупный недостаток таблицы 2 заключается в том, что при оценке силы землетрясения совершенно не учитывается качество зданий. Стало быть, молчаливо допускается, что вероятное распределение качественных характеристик зданий данного типа во всех населенных пунктах одно и то же, что, конечно, не имеет места в действительности.

Между тем хорошо известно, что разрушения построек в значительной мере зависят от качества их исполнения. Нередки случаи, когда лишь одно качественное выполнение работ спасало здание, при землетрясении, от существенных повреждений.

Не меньшее значение имеет степень изношенности здания, вызванная предыдущими сейсмическими толчками и вообще его амортизация.

Наконец, при основании зданий на сильно деформируемых грунтах имеют место неравномерные деформации, вызывающие в стенах начальные напряжения, влекущие за собою вскрытие трещин уже при относительно слабых землетрясениях, что может привести, согласно таблице 2, к преувеличенному представлению о силе землетрясения [7].

Третий крупный дефект таблицы 2 заключается в том, что она составлена по признакам поврежденных несейсмостойких зданий.

Сейсмические районы СССР расположены в полосе вдоль ее южной границы, где интенсивное строительство началось после установления Советской власти, причем в основном уже около 20 лет принимались во внимание правила сейсмостойкого строительства. Следовательно, рассматриваемая сейсмическая шкала ориентируется лишь на поведение старых зданий, совершенно не характерных для нашего времени. Она оценивает силу землетрясения по старым постройкам и на основании этого мы должны будем выносить суждение о сопротивляемости сейсмическим воздействиям современных сооружений и давать практические рекомендации!

Второе условие, касающееся требования о независимости совокупности признаков балла от географического положения населенного пункта, также не соблюдается новой сейсмической шкалой, так как не учитываются специфические особенности в условиях строительства в различных пунктах СССР.

В Средней Азии одни условия для строительства, в Закавказье — другие. Здесь существенное значение имеют различия в употребляемых строительных материалах, в конструктивных решениях, в производстве работ, в условиях твердения вяжущего, зависящего от климатических параметров, и прочее.

Все эти факторы могут привести к тому, что землетрясения одинаковой интенсивности окажутся отнесенными, на основании видимых проявлений их действий, к землетрясениям различной интенсивности.

Третье условие о независимости совокупности признаков балла землетрясения от фактора времени также совершенно не выполняется.

Мы указывали на то, что признаки силы землетрясения даются на основе анализа повреждений несейсмостойких зданий, т. е. с уже устаревших позиций.

За последние 20 лет соблюдение антисейсмических мероприятий на территории СССР практически стало обязательным. Имеет место также, со временем, усовершенствование конструкций, улучшение качества возведения построек, которое совершается на наших глазах и которое также не учитывается новой сейсмической шкалой.

В результате, чем позже произойдет землетрясение, тем большей должна быть его интенсивность, чтобы вызвать те же самые повреждения.

Четвертое условие о необходимости получения четких количественных показателей, необходимых для строительного дела, не может быть выполнено по данным таблицы 2. По этому вопросу следует обратиться к таблице 1.

На основе проведенного анализа приходим к заключению, что характеристика силы землетрясения на основании таблицы 2 получается расплывчатой и нечеткой.

Следует подчеркнуть, что всем существующим сейсмическим шкалам присущи недостатки рассматриваемой новой сейсмической шкалы.

Остановимся на этом вопросе.

Основным методом исследования теории сейсмостойкости сооружений является полевое обследование последствий разрушительных землетрясений. Методы аналитического и лабораторного исследований вопросов сейсмостойкости сооружений являются пока подсобными, вспомогательными методами. Крупным дефектом в существующих приемах обследования является полное отсутствие инструментальных наблюдений с инженерной точки зрения за разрушительными землетрясениями и их последствиями. Поэтому материалы обследований носят, в основном, качественный характер. Положение это усугубляется тем, что все существующие сейсмические шкалы, в том числе, как было установлено, и шкала, приведенная в таблице 2, характеризуют балльность разрушительных землетрясений в основном по повреждениям зданий*. Поэтому в существующем методе обследования последствий землетрясений, чем далее, тем более выпукло проявляется следующее противоречие, заложенное в его основе. Это противоречие заключается в том, что исследователями на здания в сейсмических районах одновременно накладываются две противоположные задачи: *здания должны играть роль приборов, правда, весьма грубых и неточных, но все же приборов, фиксирующих силу землетрясения согласно сейсмической*

* См. по этому поводу работу В. А. Быковского [1].

шкале и, одновременно, здания должны являться объектами исследования, поскольку надо изучить их поведение при том же самом землетрясении.

Короче, при существующем положении вещей, здания одновременно являются и инструментами и объектами исследования.

Строго говоря, существующие сейсмические шкалы, в части характеристики повреждения зданий, являются, по существу, не сейсмическими шкалами, которые дают оценку интенсивности землетрясений в баллах, а являются шкалами, дающими оценку повреждения зданий в баллах.

Сейсмические шкалы дают скорее не балльность интенсивности землетрясения, а балльность интенсивности повреждений зданий.

Для организаций, имеющих отношение к разрушительным последствиям землетрясений, такая подмена функции сейсмической шкалы является даже удобной, так как их скорее интересуют размеры бедствия, постигшего потрясенный район, и оценка его в баллах дает определенные представления, необходимые для проведения мероприятий в помощь населению. С этой точки зрения, весьма возможно, могло бы иметь практическое значение построение специальной шкалы интенсивности повреждения зданий и сооружений при землетрясении.

Ясно также, что для инженера-антисейсмика важна не только характеристика повреждений, но весьма необходимо знание и интенсивности землетрясения, определенной *не на основании анализа повреждений зданий*, а на основе объективных показаний специальным образом сконструированных и размещенных приборов *для анализа повреждений зданий*. В частности, нет прямой пропорциональности между интенсивностью землетрясений и интенсивностью повреждения зданий. Более того, как указывалось выше, с течением времени качество построек все улучшается и, стало быть, нужны все большие силы землетрясений для их повреждения.

Несмотря на это коренное противоречие, лежащее в основе всех сейсмических шкал, несмотря и на ряд других недостатков, на которых здесь не останавливаемся, существующие методы обследования позволили создать такой серьезный документ, как ПСП-101-51 (Положение по строительству в сейсмических районах). Но не подлежит также сомнению, что дальнейшее серьезное развитие теории и практики сейсмостойкого строительства возможно лишь на основе инструментальной фиксации силы землетрясения с инженерной точки зрения [4].

Новая сейсмическая шкала ГОСТ 6249-52 выгодно отличается от всех других шкал тем, что в ней сделана первая попытка прямого определения балльности землетрясения на основе показаний сейсмометра. В этой шкале прямо указывается, что балльность землетрясений должна быть определена по максимальному относительному отклонению упругого сферического маятника с периодом свободных

колебаний 0,25 сек. и с логарифмическим декрементом затухания 0,5 (таблица 1)*.

Таблице же 2, которую мы рассматривали выше и подвергали критике, придается вспомогательное значение на тот отрезок времени, пока не будут организованы сейсмометрические наблюдения.

Остановимся теперь на содержании таблицы 1, характеризующей силу землетрясения на основе показаний сейсмометра и, которая, согласно замыслу, должна вытеснить в будущем таблицу 2.

Первое, что бросается в глаза, это увеличение максимального значения отклонения маятника X_0 в геометрической прогрессии, при знаменателе прогрессии, равном 2.

Известно, что примерно такое же соотношение имеет место для максимальных значений сейсмических ускорений, принятых в шкале Меркалли—Канкани и вошедших также в сейсмическую шкалу ОСТ-4537 (ср. таблицы 1 и 3).

Таблица 3

Интенсивность землетрясения в баллах	Максимальное сейсмическое ускорение в мм/сек ²
6	50—100
7	100—250
8	250—500
9	500—1000

Учитывая, что деформация упругого маятника подчинена закону Гука, его максимальные отклонения должны быть пропорциональны действующим на него силам инерции.

Следовательно, рассматриваемые две шкалы, приведенные в таблицах 1 и 3, должны отличаться лишь постоянным множителем. К этому вопросу впоследствии вернемся.

Второе замечание касается неполноты характеристики параметров сферического упругого маятника. В тексте указано лишь, что период свободных колебаний маятника равен 0,25 сек., а логарифмический декремент затухания—0,5.

Можно указать на бесчисленное множество упругих сферических маятников, имеющих точно такие же периоды свободных колебаний и декремент затухания, но с различающимися максимальными относительными перемещениями X_0 при одном и том же землетрясении. Значение X_0 зависит от закона распределения масс вдоль оси стержня, т. е. от конструкции маятника. Об этом в ГОСТ-е не дается никаких указаний. Значение X_0 зависит также от характера демпфирующих сил, вызывающих уменьшение амплитуды колебаний маятни-

* Такая рекомендация дана, по нашему мнению, на основе чрезмерного упрощения нашего предложения о способе замера интенсивности землетрясения (см. [3] и [4]).

ка. Известно, что постоянство логарифмического декремента затуханий, в данном случае равного 0,5, далеко не полностью характеризует внутренние силы трения. Например, постоянство логарифмического декремента имеет место и при силах сопротивления, пропорциональных первой степени скорости и при наличии гистерезиса, дающего сдвиг между напряжениями и деформациями на постоянный фазовый угол [5, 6].

В ГОСТ-е не указано, какая конструкция демпфера, обеспечивающего постоянство логарифмического декремента, принята для сейсмометра.

Из статьи С. В. Медведева „Новая сейсмическая шкала“, которую, повидимому, можно рассматривать как пояснительную записку к ГОСТ 6249-52, мы находим некоторые дополнительные разъяснения [3].

Оказывается, что с достаточной точностью инертную массу маятника можем рассматривать как точечную массу, подвешенную к концу упругого стержня, весом же самого стержня практически можно пренебречь.

Из описания сейсмометра следует, что он снабжен магнитным демпфером, т. е. сила сопротивления, приложенная к инертной массе сейсмометра, пропорциональна первой степени скорости.

Данные о том, что масса сосредоточена, позволяют получить некоторое дополнительное представление о содержании таблицы 1.

Вычислим приведенные сейсмические ускорения, т. е. такие статически приложенные ускорения, которые дали бы максимальные смещения маятника, приведенные в таблице 1.

Для упругой системы с одной точечно-сосредоточенной массой период свободных колебаний T можно определить по следующей формуле

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\lambda_{ст}}{g}}$$

где $\lambda_{ст}$ — статическое смещение инертной массы по направлению колебаний под действием силы, равной весу инертной массы, а g — ускорение силы тяжести.

Из этой формулы можно определить величину $\lambda_{ст}$, поскольку T задано равным 0,25 сек.

$$\lambda_{ст} = \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{9,81 \times 0,25^2}{4 \times 3,14^2} = 1,55 \text{ см} \approx 16 \text{ мм.}$$

Таким образом усилие, равное весу инертной массы маятника, вызывает его смещение на 16 мм. Как раз такое смещение массы маятника, согласно таблице 1, имеет место при 9 баллах. Таким образом, 9 баллам отвечает приведенное сейсмическое ускорение, равное ускорению силы тяжести, т. е. получили приведенное ускорение, в 10

раз превышающее расчетное сейсмическое ускорение шкалы ОСТ ВКС-4537 (ср. таблицы 1 и 3).

Но выше уже было подчеркнуто имеющееся подобие между шкалами ГОСТ 6249-52 и ОСТ 4537, вытекающее из сравнения таблиц 1 и 3.

Стало бы теперь можем утверждать, что приведенное сейсмическое ускорение при всех баллах шкалы ГОСТ 6249-52 примерно в 10 раз более максимальных сейсмических ускорений старой шкалы ОСТ 4537.

Приведенное сейсмическое ускорение является условным ускорением, статически приложенным, дающим упругому маятнику с периодом свободных колебаний 0,25 сек., то же самое отклонение, что и землетрясение. Поэтому приведенное сейсмическое ускорение учитывает всю сложность динамики сейсмической нагрузки и не только вынужденные колебания, но и колебания свободные.

Таким образом, согласно новой сейсмической шкале, во всяком случае для сооружений, несущих сосредоточенный груз и с периодом свободных колебаний 0,25 сек., расчетное сейсмическое ускорение примерно в 10 раз превышает величину максимального сейсмического ускорения старой шкалы. Анализ повреждений элементов конструкций показывает, как правило, на необходимость значительно больших величин сейсмических ускорений, иногда в несколько раз, по сравнению со шкалой ОСТ-4537 для возможности объяснения этих разрушений, но все же, надо полагать, десятикратное увеличение сейсмической нагрузки, вытекающее из таблицы 1, преувеличено.

Мы не будем далее останавливаться на этом вопросе; автор сейсмической шкалы формально имеет право приписывать данному максимальному отклонению упругого маятника любой балл, поскольку начало отсчета не имеет значения. Важно лишь то, чтобы на основании показаний прибора можно было установить интенсивность землетрясения по данной шкале и осуществлять анализ повреждений построек, отвечающих этому землетрясению.

Возникает следующий принципиальный вопрос — возможно ли характеризовать силу землетрясения с инженерной точки зрения, с помощью лишь максимального относительного отклонения одного упругого маятника? Этот вопрос равносителен следующему: возможно ли землетрясение характеризовать лишь одним параметром, в данном случае максимальным отклонением одного маятника.

Принципиально это возможно в двух частных случаях.

Рассмотрим первый случай. Если бы все сооружения представляли собою системы с одной степенью свободы, обладали точно таким же периодом свободных колебаний и декрементом затухания, что и маятник сейсмометра, то нас вполне устраивало бы располагать данными о максимальном отклонении одного маятника; по ним мы могли бы оценить меру воздействия землетрясения на сооружения хотя бы потому, что приведенные ускорения, при поставленных выше условиях, для сооружения и сейсмометра одинаковы [4].

Однако возможность этого случая на практике исключается, так как динамические характеристики сооружений меняются в широких пределах. Более того, каждое сооружение представляет собою сложную систему со многими степенями свободы и потому его колебания не могут быть описаны с помощью колебаний одного лишь маятника.

Здесь может возникнуть возражение, что балльность землетрясения достаточно характеризовать для большинства зданий, период основных свободных колебаний которых 0,25 сек., что и предусмотрено новой сейсмической шкалой.

При ближайшем рассмотрении и эта точка зрения не выдерживает критики. По имеющимся данным, здания в массе имеют периоды свободных колебаний в пределах 0,15—0,45 сек., т. е. сильно отличающиеся от стандартного периода 0,25 сек., принятого в сейсмической шкале. Далее, при современных темпах прогресса строительного дела в будущем не исключено возникновение совершенно новых конструктивных решений, в особенности в сейсмических районах, например, легких металлических каркасных построек с легкими же сборными теплозащитными ограждениями. Периоды свободных колебаний такого рода построек могут оказаться сильно отличающимися от 0,25 сек., и данные длительных сейсмометрических наблюдений могут оказаться потому в значительной мере обесцененными.

Рассмотрим теперь второй случай.

Положим, что все сейсмограммы различных землетрясений таковы, что ординаты их отличаются лишь постоянными множителями. Такие сейсмограммы для краткости условимся называть стандартными. Тогда ясно, что такими же множителями различаются между собою и показания рассматриваемого сейсмометра.

Интенсивность землетрясения в этом случае вполне точно можно охарактеризовать лишь с помощью максимального отклонения одного маятника с фиксированными параметрами. При наличии стандартных сейсмограмм мы могли бы раз навсегда определить приведенные сейсмические ускорения, отвечающие различным периодам свободных колебаний и декрементам затуханий с помощью инструментальных исследований какого-либо одного землетрясения, впоследствии же для всех других землетрясений показания маятников фиксированных параметров были бы достаточны для оценки интенсивности землетрясения, во всяком случае в пределах упругих деформаций, путем их умножения на соответствующие поправочные коэффициенты.

Существующие сейсмограммы разрушительных землетрясений не создают впечатления стандартных. Они довольно существенно различаются между собою. Не исключена возможность, что сейсмограммы приближенно могут считаться стандартными; в некоторых случаях единичные наблюдения подтверждают это, в особенности при землетрясениях, исходящих из одного и того же очага и фиксируемых в одном и том же месте. Но этот вопрос сам требует специального изу-

чения и потому при существующем уровне знаний мы не можем опираться на него при исследовании воздействия землетрясения на сооружения и, тем более, при построении новой сейсмической шкалы*.

Следующее замечание касается избранного способа демпфирования маятника сейсмометра.

Магнитный демпфер сообщает инертной массе сопротивление, пропорциональное первой степени скорости, что отвечает строительным материалам и конструкциям с внутренним трением, следующим гипотезе Фохта. Известно, что гипотеза Фохта не подтверждена фактами для существующих строительных материалов и уже давно устарела. Коль скоро маятник сейсмометра должен моделировать колебания сооружения при землетрясении, то его следует снабдить другим демпфером, дающим силу затухания, более приближающейся к действительности. Например, в сейсмометрах нашей конструкции принят гистерезисный демпфер.

Нашу точку зрения о способе инструментальной фиксации интенсивности землетрясения мы высказывали неоднократно* еще до появления новой сейсмической шкалы (см. напр. [4]).

Существо его сводится к следующему.

Землетрясение следует характеризовать спектральной кривой приведенных сейсмических ускорений. Для этой цели надо пользоваться сейсмометром, состоящим из серии маятников с различными периодами свободных колебаний, охватывающими весь диапазон свободных колебаний, имеющих место в сооружениях, и фиксирующих, при землетрясении, свои относительные максимальные отклоненные положения. Маятники должны быть снабжены гистерезисным затуханием, дающим примерно тот же декремент затухания, что и у сооружений. При таких условиях маятники сейсмометра моделируют, в известных масштабах, колебания сооружений, отвечающих соответствующим фундаментальным функциям. На основе этих данных и строится спектральная кривая приведенных сейсмических ускорений, характеризующая собою интенсивность силы данного землетрясения в данном месте.

Байот пытался строить такие кривые на основе интегрирования дифференциального уравнения колебаний упругих систем с одной степенью свободы и различных периодов свободных колебаний [9]. Для этой цели использовались записи сейсмических ускорений, полученных акселерографами. Поскольку акселерографы имеют периоды свободных колебаний в пределах 0,1—0,2 сек., то сейсмические ускорения записываются достаточно точно лишь для длиннопериодных составляющих колебания почвы. Поэтому результаты интегрирования должны приводить к большим погрешностям для жестких сооружений,

* В свое время мы принимали участие в разработке сеймоскопа упрощенной конструкции, также представлявшего собою упругий маятник, фиксирующий свое максимальное отклоненное положение, но отказались от его реализации на основе последующих исследований [2].

и кривые приведенных сейсмических ускорений, в особенности в участке коротких периодов, не могут внушать доверия.

Вторым существенным недостатком предложения Байота является использование акселерографов, массовое распространение которых в сейсмических районах вряд ли возможно в силу их дороговизны и необходимости содержания большого штата работников для их обслуживания и обработки их показаний (акселерограмм).

Наше предложение сводится к тому, чтобы необходимое интегрирование, для получения спектров приведенных сейсмических ускорений, осуществлять маятниковыми максимальными сейсмометрами непосредственно в полевых условиях. Эти приборы, являясь по конструкции весьма простыми и дешевыми и не требующими систематического ухода, могут быть размещены в сейсмических районах в массовом количестве. Обработка их показаний также предельно проста, поскольку для каждого маятника заданного периода приведенное сейсмическое ускорение определяется непосредственно по максимальному относительному отклоненному положению маятника.

Характеристика интенсивности землетрясения с помощью одного числа, скажем, номера балла, может оказаться практически невозможной, если полученные спектральные кривые будут сильно различаться между собой. Это будет означать, что интенсивность силы землетрясения нельзя достоверно определять с помощью лишь одного параметра, что интенсивность землетрясения определяется несколькими параметрами. Только в том случае, когда интенсивность землетрясения определяется одним параметром, что имеет место при стандартных сейсмограммах, возможно его характеризовать в баллах, т. е. нумеровать.

Поскольку все же пользование сейсмической шкалой представляет известные удобства, то в основу ее можно положить какие-либо интегральные признаки интенсивности землетрясения, что стихийно имело место при составлении всех шкал [1].

Интересно, что эта идея Бениоффом осуществлена в самом прямом смысле; именно—за меру интенсивности сейсмического воздействия на здания им предложено принять площадь, ограниченную кривой приведенных сейсмических ускорений [8]. Мы не могли установить физический смысл такой меры, поскольку нет прямого соотношения между нею и характером повреждения построек.

Не исключена возможность принятия за признак балла землетрясения максимального или осредненного значения приведенного сейсмического ускорения.

Таким образом, оценка интенсивности землетрясения с помощью маятникового сейсмометра с магнитным затуханием не является обоснованным. Необходимо массовое применение маятниковых сейсмометров, снабженных гистерезисным затуханием. Не исключена возможность применения маятниковых сейсмометров с гистерезисным затуханием для вспомогательных пунктов в сети инженерно-

сейсмической службы, если будет установлена хотя бы приближенная стандартность сейсмограмм или спектра приведенных сейсмических ускорений.

Институт строительных материалов
и сооружений АН Армянской ССР

Поступило 24 VI 1944

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Быховский В. А. О сейсмических шкалах. Тр. СИ, № 73, М.—Л., 1936.
2. Завериев К. С. Сообщ. АН Грузинской ССР, № 8, т. 2, Тбилиси, 1941.
3. Medvedev C. B. Новая сейсмическая шкала ГЕОФИАН, № 21 (148). Изд. АН СССР, М., 1953.
4. Назаров А. Г. Известия АН Армянской ССР, № 3, 1947.
5. Назаров А. Г. Известия АН Армянской ССР (серия ФМЕТ наук), т. VI, № 4, 1953.
6. Сорокин Е. С. Метод учета неупругого сопротивления материала при расчете конструкций на колебания. Сб. „Исследования по динамике сооружений“, Стройиздат, 1951.
7. Чураян А. Л., Назаров А. Г. Инженерное обследование повреждений, вызванных ереванским землетрясением 7—8 января 1937 г., ТНИС, Тбилиси, 1937.
8. Wood M. A. A mechanical analyzer for the prediction of earthquake stresses. Bull. of the Seism. Soc. of America, vol. 31, 2, april, 1941.
9. Benioff H. The physical evaluation of seismic destructiveness. Bull. of the Seism. Soc. of America, vol. 24, 4, 1934.

Ս. Գ. ՆՍՋՍՐՈՎ

ՆՈՐ ՍԵՅՍՄԻԿ ՇԿԱԼԱՅԻ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հողվածում քննադատության է ենթարկվում ГОСТ 6249—52 նոր սեյսմիկ շկալան, որը կիրառության մեջ է մտցված ОСТ ВКС - 4537 սեյսմիկ շկալայի փոխարեն:

Յույց է արվում, որ թեև նոր շկալան որոշ առավելություններ ունի բոլոր հին շկալաների նկատմամբ, բայց և այնպես նա ունի նույն հիմնական թերությունները:

Նոր շկալայում փորձ է արվում երկրաշարժի ուժի գործիքային գնահատման՝ ճոճման 0,25 վայրկյան տևողություն և մարման 0,5 լողարիթմական դեկրեմենտ ունեցող առաձգական ճոճանակի մաքսիմալ հարաբերական շեղումը չափելու միջոցով:

Հողվածում ցույց է արվում, որ երկրաշարժի ուժը, բնդհանուր դեպքում, հնարավոր չէ բնութագրել միայն մեկ առաձգական ճոճանակի միջոցով:

Երկրաշարժի ուժը կարելի է բնութագրել՝ հիստերեզիկ մարմամբ օժտված, ազատ ճոճման տարրեր տևողություն ունեցող առաձգական ճոճանակների սերիայի միջոցով: