ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XLVI 1968 4

УДК 550.34

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ

Р. О. Амасян, академик АН Армянской ССР А. Г. Назаров

# К стохастической теории сейсмостойкости

(Представлена 5/X 1967)

На возможность развития стохастической теории сейсмостойкости впервые указал Хаузнер, давший ее упрощенную трактовку ([1]).

В современной стадии развития этой теории выделяются два явно выраженных направления.

Авторы, развивающие первое направление, при рассмотрении сейсмического воздействия на сооружения, основываются на предположении о его стационарности ([2–5]). Более того, часто исходят из положения, что каждое землетрясение, при его достаточной продолжительности, уже несет в себе полную статистическую информацию. В этом случае рассматриваются отдельные землетрясения и заменяют усреднение случайной функции по множеству реализаций, усреднением во времени. Тем самым колебаниям почвы приписываются кроме свойства стационарности, также и свойство эргодичности. С точки зрения некоторых авторов это допущение неоправданно ([6,7]).

Для интерпретации землетрясения как эргодического процесса необходимо, чтобы его длительность была не ниже определенной величины. Действительно, если при обработке акселерограмм землетрясений для автокорреляционной функции второго порядка взять выражение:

$$K(\tau)=K_0 e^{-\alpha|\tau|}\cos\beta\tau,$$

где $K(\tau)$ — корреляционная функция,

$\beta$ — преобладающая частота при землетрясениях,

$\alpha$ — величина, характеризующая степень корреляции, то, необходимая длительность времени $T$ для того, чтобы иметь право осреднять ординаты случайной функции по времени, определяется по формуле ([8])

$$T \geqslant 20\left(\frac{1}{\alpha}+\frac{\alpha}{\alpha^2+\beta^2}\right).$$

Учитывая, что обработка акселерограмм землетрясений для па-

раметров $\alpha$ и $\beta$ дает значения $\alpha=0{,}3-0{,}7$ *сек*$^{-1}$, $\beta=10\div40$ *сек*$^{-1}$, то при их средних значениях получим $T\sim60$ *сек*. Как известно, подавляющее большинство землетрясений не имеет такой продолжительности, во всяком случае в их разрушительной части.

Более эффективным в стохастической теории сейсмостойкости является второе направление, основанное на представлении сейсмического воздействия в виде нестационарного случайного процесса ([8,9]). Это направление имеет перед предыдущим то важное преимущество, что здесь вероятностные характеристики сейсмического воздействия определяются уже не характеристикой единичного землетрясения, а характеристикой совокупностей землетрясений с одинаковыми интегральными признаками.

Однако здесь появляются серьезные трудности, связанные с осложнением математического аппарата случайных функций. Достаточно отметить, что для сейсмических воздействий, представленных в виде нестационарного случайного процесса, имеются решения задачи лишь в линейной постановке и только для тех сооружений, расчетная схема которых может быть сведена к системе с конечным числом степеней свободы. Между тем представляет большой интерес изучение поведения сооружений за пределами упругости, в частности при упруго-пластических деформациях. Кроме того, как при стационарном, так и при нестационарном представлениях сейсмического воздействия, полученные решения не выходят из рамок корреляционной теории.

Исходя из вышеизложенного, считаем нецелесообразным вероятностные характеристики колебаний почвы перерабатывать в вероятностные характеристики воздействия землетрясений на сооружения на основе дифференциальных уравнений, описывающих динамическое состояние сооружения при землетрясении, как это принято в стохастических теориях сейсмостойкости. Здесь предлагается другой подход к решению рассматриваемой задачи*.

Сильные и разрушительные землетрясения очень редко происходят в одном и том же населенном пункте. Поэтому во всех случаях целесообразно каждое разрушительное землетрясение в отдельности рассматривать как детерминированный процесс.

По кинематическим данным этого землетрясения (скажем, по акселерограмме или сейсмограмме), вычисляются напряженное или деформированное состояние сооружения, или же какие-либо другие величины, например, изгибающие моменты и поперечные силы.

Для изучаемого сооружения такая же операция повторяется и по записям других разрушительных землетрясений. После того как для этого сооружения накопится достаточно большое количество реализаций землетрясения, можно совершенно элементарным путем определить для искомых силовых, напряженных или деформационных характеристик среднее значение, средне-квардатичные отклонения и прочие вероятно-

---

* Этот путь был впервые указан А. Г. Назаровым на Всесоюзном совещании по сейсмостойкому строительству в Алма-Ате в сентябре 1967 г.

стные характеристики, все более уточняющиеся по мере накопления материала.

Как видно из изложенного, при таком подходе к решению задачи не возникают никакие специальные осложнения при всякого рода нелинейных закономерностях деформации, и, в частности, при упругопластических деформациях. Преимущество такого способа решения задачи заключается также в том, что при этом не происходит никакой потери информации, неизбежной при других методах стохастической теории.

Действительно, появляется возможность полного анализа поведения сооружения для каждого землетрясения в отдельности, а также по любой группе землетрясений, что представляет большую научную ценность. По мере же накопления фактического материала по поведению данного сооружения при различных землетрясениях, возникает возможность получения все более точных данных с позиций теории вероятностей.

Следует отметить в заключение, что М. Г. Корф ([10]) еще в 1960 г. была произведена статистическая обработка полученных С. В. Медведевым спектров действия 14 землетрясений. Это равносильно стохастическому расчету сооружений, имеющих одну степень свободы, в пределах упругих деформаций. Однако во всех этих спектрах ординаты, отвечающие периоду свободных колебаний маятника $T=0{,}25$ *сек* ею приняты за единицу в соответствии с инструментальным способом оценки балльности, предложенной С. В. Медведевым. Преобразование это наложило специфические особенности на методику статистической обработки спектров. При предлагаемом нами способе следует считать все ординаты спектров действия равноценными.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
Академии наук Армянской ССР

Ա. Հ. ՀԱՄԱՍՅԱՆ, Հայկական ՍՍՀ ԳԱ Ակադեմիկոս Ա. Գ. ՆԱԶԱՐՈՎ

## Սեյսմոկայունության վիճակագրական թեորիայի շուրջը

*Նույն բնակավայրում կործանիչ երկրաշարժեր լինում են շատ հազվադեպ։*

*Դիտարկելով ամեն մի կործանիչ երկրաշարժ որպես ոչ պատահական պրոցես, նրա կինեմատիկական տվյալներից որոշվում են կոնստրուկցիայի դեֆորմացիոն կամ լարվածային վիճակը։ Ուսումնասիրման ենթարկվող կոնստրուկցիայի համար նույն օպերացիան կրկնվում է նաև ուրիշ երկրաշարժերի համար։ Այն բանից հետո, երբ կհավաքվեն բավական թվով երկրաշարժեր, կարելի կլինի էլեմենտար ձևով որոշել դեֆորմացիոն կամ լարվածային վիճակը պատկերող հատկանիշների միջին արժեքը, միջին քառակուսային արժեքը և այլ վիճակագրական բնութագրեր։*

## ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *G. W. Housner*, Bull. Seis. Sos. America, Vol. 37, 1 (1947). [2] *И. И. Гольденблат*, О возможности построения стохастической теории сейсмостойкости, В сб. Методы расчета зданий и сооружений на сейсмостойкость, Госстройиздат, 1958. [3] *М. Ф. Барштейн*, «Строительная механика и расчет сооружений», № 2, 1960. [4] *И. И. Гольденблат*,

*И. А. Николаенко*, Расчет конструкций на действие сейсмических и импульсивных сил. Госстройиздат, 1961. [5] *E. Rosebblueth*, Some Applications of Probability Theory in Aseismic Design, Proceedings of World Conference on earthake Engineering, San-Fransisco, 1956. [6] *Ю. И. Романов*, «Строительная механика и расчет сооружений», № 5, 1963. [7] *В. В. Болотин*, Статистические методы в строительной механике, Стройиздат, 1965. [8] *В. В. Солодовников* и др., Вычислительная техника в применении к статистическим исследованиям в автоматике, Гос. Научнотехническое изд. машиностр. лит., М., 1963. [9] *А. М. Жаров*, «Строительная механика и расчет сооружений», № 6, 1964. [10] *М. Г. Корф*, Оценка инженерных характеристик землетрясения методом математической статистики. Тр. ИФЗ, № 10 (177), АН СССР, М., 1960.