

Лекция 7

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ

7.1. Статическая теория сейсмостойкости

7.2. Динамическая теория сейсмостойкости

7.3. Спектральная теория сейсмостойкости

7.1. Статическая теория сейсмостойкости

Начало зарождения теории сейсмостойкости следует, по видимому, отнести к рубежу XIX–XX вв., когда в результате обследования последствий разрушительного землетрясения 1891 г. в Мино-Овари (Япония) японскими учеными были впервые получены данные о максимальных сейсмических ускорениях грунта, позволившие поставить задачу об определении сейсмических сил, воздействующих на сооружение при землетрясении.

В 1906 г. Омори провел серию экспериментов по определению сейсмических сил, возникающих в кирпичных столбиках, расположенных на платформе, подвергающейся горизонтальным гармоническим колебаниям. В процессе увеличения интенсивности колебаний столбики доводились до разрушения, при этом фиксировались наибольшие ускорения и определялись соответствующие инерционные силы. При этом столбики считались недеформируемыми, так что для любого элемента столбика учитывалось лишь переносное движение, и, следовательно, ускорение в любой точке столбика принималось равным ускорению основания. Эти положения легли в основу статической теории сейсмостойкости.

Согласно теории Омори [15] максимальные значения сейсмических сил определяются выражением: $S = k_c Q$, где Q – вес части сооружения, k_c – сейсмический коэффициент, представ-

ляющий собой отношение максимального значения ускорения основания к ускорению свободного падения.

В данной теории величина сейсмического коэффициента принималась на основе макросейсмических данных разрушительных землетрясений в соответствии с ожидаемой силой землетрясения (балльностью района). Такая трактовка сейсмического коэффициента сохранилась до настоящего времени.

Статическая теория сыграла огромную роль в развитии теории сейсмостойкости, так как впервые удалось получить количественную оценку сейсмических сил разрушительных землетрясений.

Однако очень скоро выявились ее недостатки, связанные с предпосылкой о недеформируемости сооружения при колебаниях. Статическая теория с определённым приближением может быть признана справедливой лишь для достаточно жестких конструкций.

7.2. Динамическая теория сейсмостойкости

Дальнейшее развитие статической теории, основанное на необходимости учета деформируемости сооружения при колебаниях, привело к созданию динамической теории сейсмостойкости, с достаточной полнотой описывающей динамическое поведение конструкции на основе хорошо разработанных методов динамики сооружений. Но при этом возникли существенные трудности, связанные с недостаточной информацией о характере движения грунта при сейсмическом воздействии, поскольку, если в статической теории было достаточно иметь лишь данные о максимальных значениях ускорений, то в динамической теории возникает необходимость описания закона движения грунта основания во времени.

Первая попытка решения задачи расчета системы с одной степенью свободы была принята в 1920 г. японскими учеными Мононобе и Сато. Движение основания было принято по синусоидальному закону, рассматривался процесс стационарных гармонических колебаний консервативной системы с одной степенью свободы. В результате было получено решение, следую-

щее из динамики сооружений и представленное в виде: $S = k_c \beta Q$, где β – коэффициент динамичности, определяемый выражением: $\beta = \frac{1}{1 - T^2 / T_0^2} = \frac{1}{1 - \omega^2 / \omega_0^2}$. Здесь $T(\omega)$ – период (частота) собственных колебаний системы; $T_0(\omega_0)$ – период (частота) колебаний основания при землетрясении.

Позднее, в 1927 г., К.С. Завриев устранил основной недостаток теории Мононобе, состоящий в использовании установившихся колебаний (стационарных) и обосновал необходимость рассмотрения переходных процессов. Формально это выражалось в том, что для движения основания принимался косинусоидальный закон, что давало возможность отразить внезапный характер начала сейсмического воздействия. В последующих работах А.Г. Назарова была развита концепция сейсмического удара, предполагающая возможность представления сейсмического воздействия в виде импульса.

Динамическая теория явилась существенным развитием теории сейсмостойкости сооружений, однако при имеющейся в то время ограниченной информации относительно действительного характера движения грунта при землетрясении она могла основываться только лишь на схематическом его представлении в виде гармонического воздействия.

7.3. Спектральная теория сейсмостойкости

Дальнейшим этапом в истории развития теории сейсмостойкости явилась спектральная теория, представляющая собой существенное усовершенствование динамической теории за счет введения в обращение спектральных кривых, представляющих собой кривые, описывающие зависимость максимальных ускорений, скоростей или перемещений линейного осциллятора в функции периода его собственных колебаний. Идея спектрального метода определения сейсмических сил впервые была предложена М. Био в 1933 г.

В первоначальном виде основу метода составляли замеренные экспериментально ускорения маятников, обладающих различными периодами собственных колебаний, под действием землетрясения. Максимальные значения ускорений представлялись в функции периода собственных колебаний маятника и образовывали спектр реакций, который служил основой для определения сейсмической нагрузки. Таким образом, в основу методики расчета положены так называемые расчетные спектры реакций различных реальных землетрясений.

Впоследствии эта теория нашла развитие в работах Хаузнера, Альфорда, Корчинского, Медведева, Назарова, Полякова, Хачияна, Айзенберга и др.

Разработка спектральной теории сейсмостойкости в значительной степени стимулировала широкое развитие экспериментальных исследований и способствовала совершенствованию инструментальных методов, появлению численных методов обработки инструментальных данных.

В последние десятилетия в рамках этой теории возникли различные направления, из которых в первую очередь следует отметить метод расчета по акселерограммам, вероятностные методы расчета, методы расчета с учетом упругопластических деформаций и другие определяющие современный уровень развития теории сейсмостойкости сооружений.

Вопросы и задания для самопроверки

- 1. Опишите общие положения статической теории сейсмостойкости.*
- 2. В чем принципиальное отличие динамической теории сейсмостойкости от статической?*
- 3. На чем основана спектральная теория расчета?*