

Лекция 10

РАСЧЕТ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ПО РОССИЙСКИМ НОРМАМ

10.1. Общие сведения

10.2. Спектральный метод расчета

10.3. Прямой динамический метод расчета

10.1. Общие сведения

Расчеты сооружений на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмических воздействий следует выполнять с использованием:

- спектрального метода;
- прямого динамического метода с применением инструментальных записей ускорений грунта при землетрясениях или стандартного набора синтезированных акселерограмм.

Применяемые методы расчета на сейсмические воздействия приведены в табл. 10.1.

Расчеты по спектральному методу следует выполнять для всех зданий и сооружений. В случае несовпадения результатов расчета по спектральному методу и прямому динамическому методу следует принимать более невыгодное решение (при этом расчетные сейсмические нагрузки принимаются не ниже нагрузок, определенных по спектральному методу). Для зданий и сооружений простой геометрической формы с симметричным и регулярным расположением масс и жесткостей расчетные сейсмические нагрузки следует принимать действующими горизонтально продольных и поперечных осей плана здания или сооружения. Действие сейсмических нагрузок в указанных направлениях следует принимать раздельно.

Таблица 10.1

Применяемые методы расчета

№ п/п	Метод расчета	Типы сооружений
1	а) Спектральный метод с применением упрощенных расчетных моделей сооружений с учетом поступательных колебаний	Здания и сооружения простой геометрической формы с симметричным и регулярным расположением масс и жесткостей, с наибольшим размером в плане не более 30 м
	б) Спектральный метод с учетом, помимо поступательных, крутильных сейсмических воздействий (сейсмического момента, неравномерного поля колебаний грунта)	Здания и сооружения, несимметричные в плане или по высоте Здания каркасные высотой более 50 м в районах сейсмичностью 6 баллов
2	Прямой динамический метод (при этом расчетные сейсмические нагрузки и моменты принимаются не ниже нагрузок, определенных по спектральному методу)	Здания и сооружения с принципиально новыми конструктивными решениями, не прошедшие экспериментальной проверки Объекты повышенного уровня ответственности Здания и сооружения высотой более 50 м и сооружения с пролетами более 30 м Здания и сооружения, оснащенные системой сейсмоизоляции и другими системами регулирования сейсмической реакции

При расчете сооружений с несимметричным и нерегулярным расположением масс и жесткостей следует учитывать наиболее опасные для данной конструкции или ее элементов направления действия сейсмических нагрузок.

10.2. Спектральный метод расчета

При определении расчетных значений горизонтальных сейсмических нагрузок на здания и сооружения высотой H , превышающей в два и более раз его ширину B и длину L , допускается принимать расчетную схему (рис. 10.1, *a*) в виде многомассового упругодеформируемого консольного стержня, жестко заделанного в основании, несущего сосредоточенные массы весом Q_k на уровне перекрытий и совершающего колебательное движение по одному из направлений (x или y).

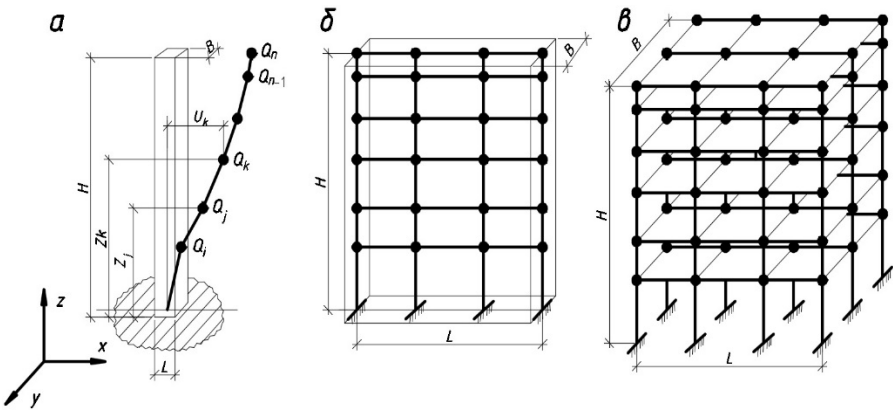


Рис. 10.1. Расчетные схемы зданий и сооружений: *a* – в виде многомассового консольного стержня; *б* – в виде многомассовой перекрестной системы; *в* – в виде пространственной динамической модели

При ширине сооружения B , меньшей в три и более раз двух других его размеров (H и L), допускается принимать расчетную схему (рис. 10.1, *б*) в виде многомассовой упругодеформируемой перекрестной системы с сосредоточенными в узлах массами, расположенными на уровне перекрытий.

Как правило, в общем случае рекомендуется использовать пространственные расчетные динамические модели с сосредоточенными в узлах массами (рис. 10.1, *в*).

Расчетное значение горизонтальной сейсмической нагрузки S_{ik} , приложенной к точке k , и соответствующее i -й форме собственных колебаний здания или сооружения следует определять по формулам СП. В этих формулах используется коэффициент допускаемых повреждений k_1 , физический смысл которого – величина, ему обратная, $1/k_1$, есть мера резерва несущей способности сооружения.

Подбор сечений элементов конструкций, их узлов и соединений производится в предположении статического приложения сейсмических нагрузок.

10.3. Прямой динамический метод расчета

Прямые динамические расчеты зданий и сооружений следует выполнять с использованием расчетных акселерограмм $a(t) = A_i y_i(t)$, где i – номер составляющей вектора колебаний; A_i – максимальное значение амплитуды ускорений; $y_i(t)$ – нормированная на единицу функция, описывающая колебание грунта во времени.

При проектировании особо важных объектов в прямых динамических расчетах следует использовать расчетные акселерограммы, построенные для заданной вероятности не превышения максимальных сейсмических воздействий, соответствующей карте ОСР. Расчетные акселерограммы строятся на основе инструментальных записей сильных и промежуточных по величине землетрясений, зарегистрированных непосредственно на строительной площадке либо в условиях, близких к условиям площадки проектируемого здания или сооружения.

При проектировании нетиповых и ответственных зданий и сооружений в прямых динамических расчетах допускается использование синтезированных расчетных акселерограмм, по-

строенных с учетом условий площадки и ее положения относительно опасных сейсмогенных зон.

При проектировании зданий и сооружений, не привязанных к конкретной площадке, в прямых динамических расчетах рекомендуется использовать пакет трехкомпонентных синтезированных акселерограмм, которые были построены на основе записей колебаний грунтов, зарегистрированных в разных регионах страны с помощью цифровых сейсмостанций. Амплитуды синтезированных акселерограмм в зависимости от сейсмичности площадки необходимо умножать во всех случаях при выполнении прямых динамических расчетов зданий и сооружений на масштабный коэффициент K .

Рекомендации по выбору расчетных акселерограмм должны учитывать соответствия для конкретной площадки по основным сейсмологическим параметрам: магнитуде; эпицентральному расстоянию; глубине и механизму очага; грунтовым условиям и др.

Значения сейсмических нагрузок, перемещений и деформаций конструкций следует определять с учетом особенностей нелинейного деформирования конструкций.

Приблизительный алгоритм расчета.

1. По исходным данным формируются матрицы M (матрица масс) и K (матрица жесткости).

2. Определяются частоты ω_i и формы V_i собственных колебаний.

3. Определяются обобщенные массы M_i и обобщенные нагрузки $Q_i(t)$.

4. Для всех форм колебаний находятся обобщенные координаты q_i для каждого временного шага.

5. Для каждого временного шага вычисляется вектор перемещений $Z(t)$.

6. Для каждого временного шага вычисляются внутренние усилия для всех элементов.

7. На каждом временном шаге определяется норма перемещений. Для момента времени, соответствующего максимальной норме перемещений, строятся эпюры внутренних усилий. Предполагается, что именно в этот момент сооружение находится в наиболее опасном состоянии.

8. Производится выборка максимальных значений усилий по всем временным шагам для каждого расчетного сечения и строится соответствующая эпюра. Учитывая, что максимальные значения усилий по каждой из форм достигаются в различные моменты времени, получаемая эпюра внутренних усилий не будет отвечать условиям равновесия.

Вопросы и задания для самопроверки

- 1. В каких случаях применяется спектральный метод расчета?*
- 2. В каких случаях применяется прямой динамический метод расчета?*
- 3. Почему итоговая эпюра внутренних усилий для прямого динамического метода не отвечает условиям равновесия?*