**КОНЦЕПЦИЯ ОПАСНОГО НАПРАВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ: ПЛЮСЫ И МИНУСЫ**

**DANGEROUS DIRECTION OF SEISMIC EXCITATION: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF THE CONCEPT**

**Тяпин А.Г**.

д.т.н., главный специалист АО «Атомэнергопроект». Москва, Россия

**Tyapin Alexander G.**

D.Sc., Chief specialist of Atomenergoproject. Moscow, Russia

[atyapin@bvcp.ru](mailto:atyapin@bvcp.ru)

**Аннотация.** Анализируется понятие «опасного направления сейсмического воздействия», присутствующее в современных гражданских нормах России. Несмотря на явную нефизичность, этот подход способен в некоторых частных случаях давать хорошие результаты. Тем не менее, автор считает его использование в нормах излишним и затрудняющим понимание сейсмической реакции.

**Ключевые слова**: сейсмическая реакция, линейно-спектральный расчет, опасное направление сейсмического воздействия, гражданские строительные нормы

**Abstract**.The concept of the "dangerous direction of seismic excitation" used in the current civil codes in Russia is analyzed. In spite of obvious "physical incorrectness", this approach in some cases is able to produce reasonable results. However, the author considers its implementation in the codes to be unnecessary and spoiling the perception of the seismic response.

**Keywords:** seismic response, linear spectral analysis, dangerous direction of the seismic excitation, civil codes

**DOI 10.37153/2686-0045-2019-13-11-12**

Понятие «направления сейсмического воздействия» появилось в отечественных нормах в начале XXI века; в СНиП II.7-81 расчет велся на однокомпонентное горизонтальное воздействие. Причина появления этого понятия – желание учесть «пространственный характер сейсмического воздействия» (этот термин имеет много разных значений; в данном случае лучше говорить о многокомпонентности кинематического воздействия на фундаменте). Характерно, что введено это понятие только в России и странах СНГ (трудами Ю.П. Назарова); в нормах других стран его нет. Почему так получилось, если многокомпонентность воздействия сегодня учитывается практически всюду?

В докладе сравниваются два метода учета многокомпонентности сейсмического воздействия в линейно-спектральных расчетах усилий реакции. Первый метод, применяемый, в частности, в международных атомных нормах, - это расчеты на три компоненты воздействия по отдельности, а затем «сложение» максимальных усилий реакции по определенным правилам с учетом статистической независимости компонент воздействия. Термин «сложение» взят в кавычки, поскольку максимальные усилия реакции на разные компоненты воздействия достигаются в разные моменты времени и складывать их алгебраически нельзя.

Второй способ – это собственно расчет с использованием понятия «направление сейсмического воздействия». Показано, что предлагаемые формулы эквивалентны физическому допущению о том, что сейсмическое воздействие на самом деле однокомпонентное, но эта единственная компонента имеет в пространстве некое фиксированное во времени «направление», характеризуемое направляющими косинусами. Задача выбора «опасного направления» такого воздействия для одной выбранной формы собственных колебаний в реакции без особых усилий решается строго и точно.

Показано тождество результатов двух подходов в том специальном частном случае, когда собственные частоты сооружения разнесены между собой, а спектры воздействия по трем осям равны между собой. Характерно, что спектр ускорений воздействия, используемый при этом во втором подходе, вовсе не равен спектру модуля ускорения в пространстве, а равен каждому из спектров ускорения отдельной компоненты.

Основой для такого тождества результатов является применение правила ККСК (корня квадратного из суммы квадратов) в обоих методах, хотя и в совершено разном контексте. В первом методе по правилу ККСК суммируются максимальные усилия как по разным формам в ответ на однокомпонентное воздействие, так и между суммарными реакциями на разные компоненты воздействия. ККСК здесь учитывает статистическую независимость слагаемых друг от друга. Во втором методе правило ККСК используется на практике для получения модуля вектора из его отдельных компонент. При этом нефизичное занижение модуля вектора ускорения компенсируется нефизичным же завышающим предположением об одновременности достижения максимумов реакции по компонентам.

Преимуществом метода «опасных направлений» является учет в одной формуле трех компонент воздействия. Однако корректность результата обусловлена равенством спектров по трем компонентам, что для вертикального и горизонтальных направлений обычно не выполняется. Если дополнительно задать пропорциональность спектров (например, с коэффициентом 2/3), нынешние формулы легко модифицировать. Однако, на взгляд автора, сама концепция «опасных направлений» является не просто нефизичной, но избыточной; даваемый ею выигрыш не стоит того, чтобы отказываться от физичного подхода, принятого в других нормативных документах. Своей нефизичностью концепция «опасного направления» затемняет понимание происходящего, и автор считает, что в следующей редакции норм от нее следует отказаться.