

## **АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ИСПЫТАНИЯМ НА СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС**

Проблема обеспечения сейсмостойкости оборудования АЭС в мировой практике довольно подробно изучена и освещена в научной литературе [1,2]. Выработан единый подход в задании исходной сейсмологической информации для проектирования АЭС. В качестве исходных данных для проектирования задаются расчетные спектры реакции (СР), полученные на основе статистической обработки достаточно полного «репрезентативного» ансамбля интенсивностей сейсмических воздействий (акселерограмм). Указанная процедура в обязательном порядке выполняется для каждой вновь проектируемой АЭС. Однако методология перехода от исходной информации к необходимым режимам испытаний оборудования в нашей стране отличается от зарубежной.

В соответствии с действующим у нас ГОСТ 17516.1-90 информация о требуемых спектрах реакции (ТСР) обобщается для всех строительных площадок и конструкций зданий АЭС, так что для выбора соответствующего режима испытаний достаточно знать интенсивность землетрясения в баллах и высотную отметку установки оборудования.

В зарубежных стандартах МЭК 60980 и ANSI/IEEE Std 344-1987 используется индивидуальный подход по сейсмическим требованиям к каждой конкретной АЭС. Режимы испытаний не задаются напрямую, а формируются на основе исходных ТСР с учетом ряда принципиальных положений: величина максимального ускорения, уровень испытательного спектра реакции (ИСР), вид испытательной волны, продолжительность воздействия и др.

С учетом изложенного, неизбежны различия в режимах испытаний по отечественному и зарубежным стандартам, что приводит к неопределенности при квалификации оборудования по сейсмостойкости, испытанного различными методами.

В данной работе проводится сравнительный анализ ТСР и режимов испытаний по ГОСТ 17516.1-90 и МЭК 60980 для оборудования АЭС «Тяньвань» при максимальном расчетном землетрясении 8 баллов на высотной отметке установки 20 м.

На рис. 1, 2 приведены ТСР по ГОСТ и заданные Генпроектантом АЭП СПб [3] при различных коэффициентах демпфирования 2, 5, 10 %.

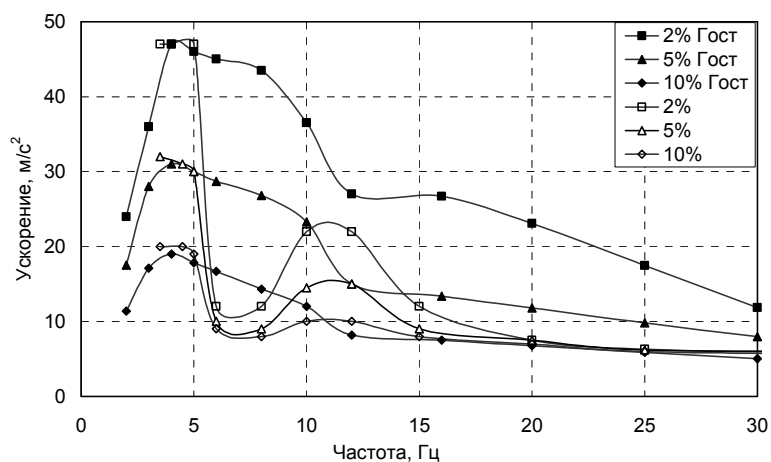


Рис.1. Спектры реакций. Горизонтальное направление

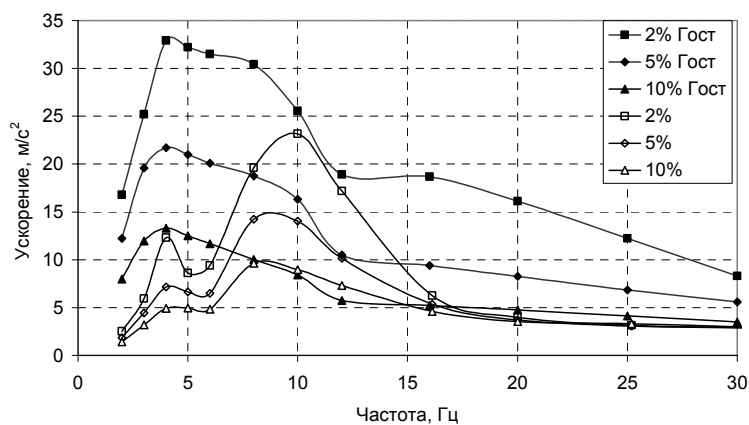


Рис. 2. Спектры реакций. Вертикальное направление

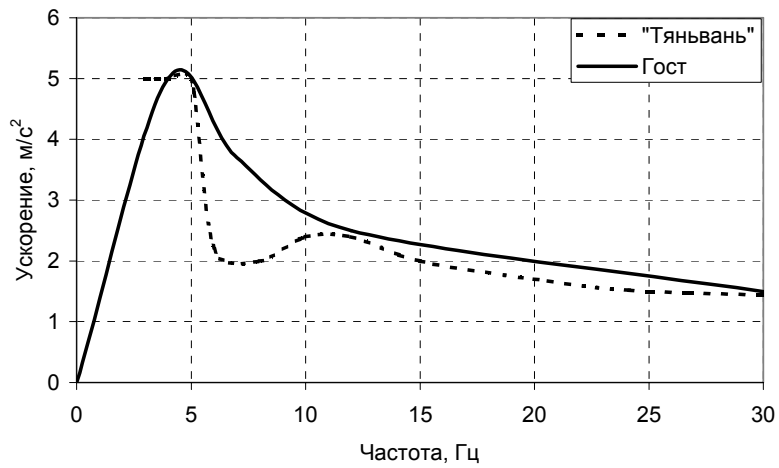


Рис. 3. Испытательный спектр воздействий. Горизонтальное направление

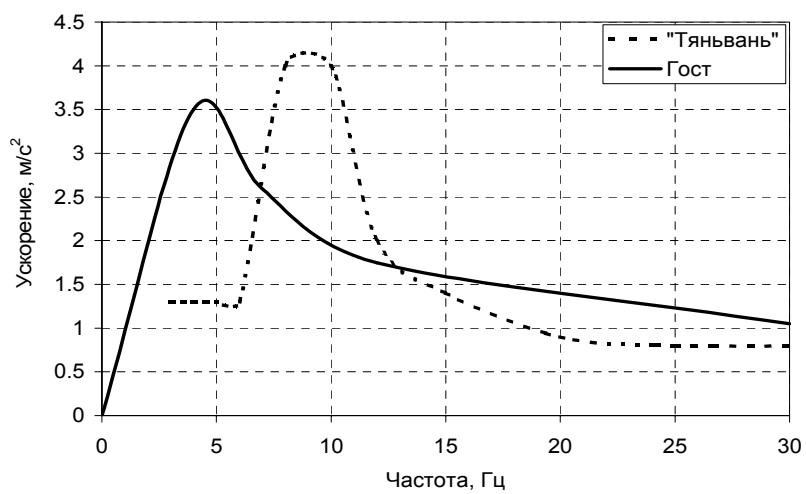


Рис.4. Испытательный спектр воздействий. Вертикальное направление

Из анализа приведенных данных следует, что ТСП заданные по ГОСТ значительно превышают ТСП заданные для оборудования АЭС «Тяньвань» с демпфированием 2 и 5%. Отметим, что в соответствии с МЭК 980 по умолчанию (если нет данных по конкретным характеристикам рассеяния энергии) коэффициент демпфирования принимается равным 5%.

Некоторое превышение ТСП для АЭС «Тяньвань» по отношению к ГОСТ в области низких частот (до 5 Гц) при воздействии в горизонтальном направлении является несущественным, так как нецелесообразно изготавливать сейсмостойкое оборудование с собственными частотами менее 7 Гц. В частности для базового комплекса оборудования для АЭС «Тяньвань» низшие собственные частоты в горизонтальном направлении лежат в диапазоне 7 – 18 Гц [4].

Для оборудования с большим демпфированием (10 %) есть незначительное, на наш взгляд, превышение ТСП для АЭС «Тяньвань» по отношению к ГОСТ в области «средних» частот (10 – 15 Гц). И хотя в ряде случаев такое рассеяние энергии проявляется при испытаниях, оно, как правило, обусловлено недостаточной затяжкой резьбовых соединений.

На рис. 3, 4 приведены испытательные спектры воздействий (ИСВ) по ГОСТ и ИСВ, пересчитанные из исходных ТСП с помощью разработанного в работе [3] специального программного обеспечения.

Нетрудно видеть, что при испытаниях в горизонтальном направлении ИСВ по ГОСТ превышают рассчитанные для АЭС «Тяньвань» ИСВ практически во всем диапазоне частот. Однако в вертикальном направлении наблюдается обратная ситуация в области частот 7 – 13 Гц, что обусловлено, на наш взгляд, особенностью конструкции здания АЭС «Тяньвань». В работе [3], в частности, было отмечено отсутствие корреляции сейсмических воздействий в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Указанное превышение перегрузок в вертикальном направлении может оказаться критичным при наличии в конструкции оборудования массивных консольных элементов (реле, контакторов, трансформаторов и др.). Однако отметим, что при испытаниях оборудования для АЭС «Тяньвань» в вертикальном направлении, не было зафиксировано резонансов в области частот до 25 Гц.

Приведенные результаты позволяют сделать вывод о возможности квалификации оборудования по сейсмостойкости для вновь проектируемых АЭС на основе испытаний по ГОСТ 17516.1-90 и анализа исходных ТСП, расчетных ИСВ и частотных свойств изделий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бирбраер А.Н. /Расчет конструкций на сейсмостойкость//СПб.: Наука. 1998.
2. Кириллов А.П., Амбришвилли Ю.К. /Сейсмостойкость атомных электростанций // М.: Энергоатомиздат. 1985.
3. Определение режима испытаний на сейсмостойкость оборудования для АЭС на основе заданных спектров /Горшков А.И., Канунникова Е.А., Блинные Д.Н. //См. наст. том.
4. Квалификация электрооборудования для АЭС в части его сейсмостойкости по результатам предшествующих испытаний /Геча В.Я., Горшков А.И., Канунникова Е.А., Прусс А.И., Пчеляков Ю.Ф., Фатнев В.А. // См. наст. том.