

# ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*М.К. Зубарева*

В работе [1] авторы Ю.А. Рогожин, И.П. Шестопалов исследуют вековые циклы сейсмичности Земли и сейсмическую безопасность АЭС в России. Эта работа особенно актуальна в связи с последними событиями в Японии.

Основное требование к обеспечению безопасности АЭС – не допустить неконтролируемой ядерной реакции при самых серьезных землетрясениях, зоне расположения станции. В исследованиях [1–2] упомянутых авторов показано, что сейсмические явления на Земле связаны с солнечной активностью. Показано, что на Земле существуют 11-летние циклы сейсмической активности, которые имеют отрицательную корреляцию с циклами с циклами солнечных пятен. Авторами были проанализированы данные о сейсмической энергии, выделившейся из очагов землетрясений на всем земном шаре за период с 1690 по 2002 годы в сопоставлении с циклами солнечной активности, которые характеризуются так называемыми числами Вольфа [2]. Для каталога землетрясений была использована база данных Национального центра информации о землетрясениях Геологической службы США (NEIC, USGS) и Международного сейсмологического центра (ISC).

Анализируя эти данные за представленный временной интервал (рис. 1), авторы обнаружили, что существует примерно 100-летний цикл солнечной активности и сейсмичности Земли, который, правда, не совсем совпадает с календарным столетием.

Предпоследний вековой цикл начался в конце XIX и закончился в конце восьмидесятых – начале девяностых годов XX века. И затем началось, начиная с 1991 г., непрерывное увеличение сейсмической энергии

Все российские АЭС привязаны к разломам земной коры. Эта, удивительная на первый взгляд, особенность имеет простое объяснение. Дело в том, что древние тектонические разломы прикрыты толстыми осадочными породами и не бросаются в глаза. Однако непосредственно над разломами образовались углубления земной поверхности, в которых текут реки и расположены озера. К этим-то водным источникам и привязывали проектировщики строящиеся АЭС, чем и объясняется их соседство с невидимыми тектоническими разломами. Тот факт, что в настоящее время эти тектонические разломы неактивны, не может быть основанием для убеждения в

сейсмической безопасности объектов, расположенных вблизи. На протяжении длительной геологической истории были неоднократные случаи подвижек земной коры с активизацией ее разломов. Нет гарантий от повторения подобных случаев с тяжелыми последствиями, в частности, для АЭС.

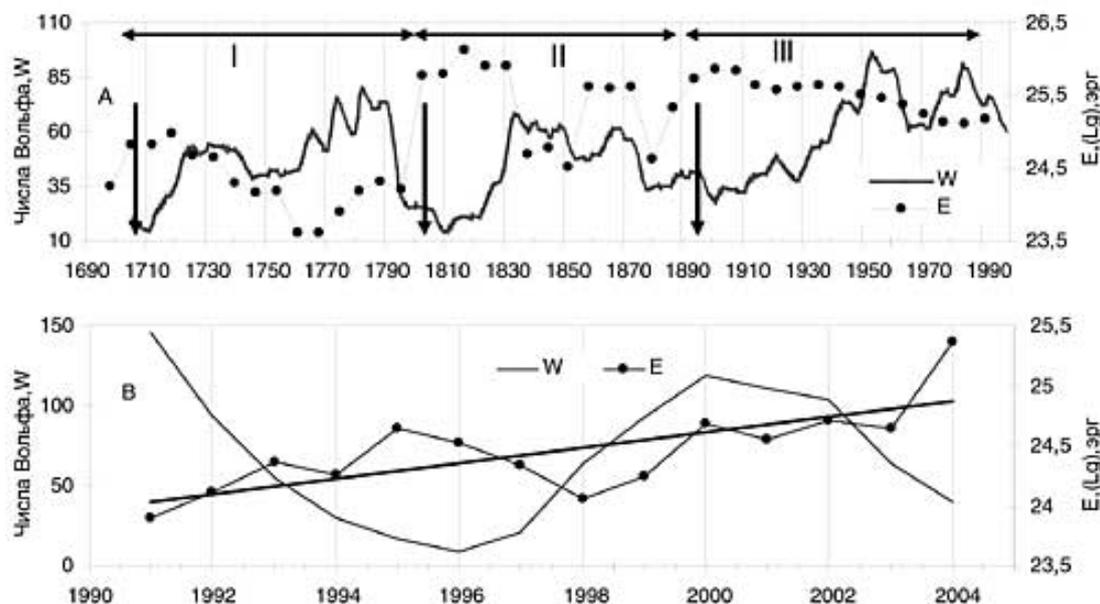


Рис. 1: а – суммированные за 7 лет выделения сейсмической энергии в землетрясениях на всем земном шаре и сглаженные среднегодовые числа Вольфа за период с 1690 по 2002 гг.; б – временные вариации среднегодовых чисел Вольфа и ежегодных выделений сейсмической энергии в землетрясениях на всем земном шаре за период с 1991 по 2004 гг.

Опасность ядерных объектов в результате землетрясений сводится, в частности, к возможности повреждения реактора в результате землетрясения.

При современном уровне развития строительства, промышленности и энергетики надежность и безопасность ответственных сооружений приобретает особое значение. Обрушение многоэтажного здания вызывает большие человеческие жертвы. Аварии на электростанциях, химических, нефтеперерабатывающих заводах, газопроводах не только приводят к человеческим жертвам и экономическому ущербу, но и могут стать причиной экологической катастрофы. Многие машины и конструкции следует рассматривать как источник потенциальной опасности для людей и окружающей среды. Источником аварийных ситуаций могут быть природные или техногенные воздействия, выход из строя оборудования, вызванный ошибками на стадии проектирования, монтажа или эксплуатации, а также сочетание этих причин. Среди природных нагрузок наибольшую опасность представляют сейсмические воздействия. Значительная часть поверхности Земли относится к зонам повышенной сейсмичности, включая многие крупные города, промышленные и энергетические объекты. Разрушительные землетрясения в Турции (1999 г.), на Тайване (1999 г.), в Японии

(1995 г., 2011 г.) показали, что существенному повреждению или разрушению подвергаются как старые конструкции, так и новые сооружения, построенные за последние 20 лет в соответствии с существующими строительными нормами. При землетрясении в Турции также существенно пострадали промышленные предприятия, заводы по нефтепереработке. В связи с этим исследования в области динамики сооружений, направленные на создание более сейсмостойких конструкций, усиление уже существующих, анализ их надежности и безопасности, предсказание вероятных механизмов разрушения являются актуальными.

Основные методы оценки работоспособности оборудования при динамических нагрузках базируются в основном на эксперименте. Правилами СНиП и Правилами устройства АЭС разрешено использование расчетных методов при оценке работоспособности узлов и агрегатов технологического оборудования АЭС. При этом регламентируются два метода расчетов.

Первый метод предполагает использование конечно-элементной динамической модели объекта моделирования и, как правило, использование вычислительной системы ANSYS с числом конечных элементов ~ 500 тысяч. При этом необходимо ЭВМ с очень большим быстродействием (суперкластеры типа СКИФ–УРАЛ). Продолжительность времени счета, как правило, не позволяет проводить многовариантные расчеты.

Второй метод основан на последовательном применении динамической модели с одной степенью свободы в гармоническом приближении. Этот метод отличается простотой реализации, не требует использования больших ресурсов ЭВМ, позволяет проводить многовариантные расчеты, но область его эффективного использования ограничена величиной масс элементов системы и отношения жесткостей упругих связей между элементами.

Третий метод, предложенный в работе [3], является методом сосредоточенных параметров для динамических систем с конечным числом степеней свободы. В этом методе точность описания динамического процесса охватывается значительно выше, чем в одноэлементных моделях. Не требуются использования больших ресурсов ЭВМ, возможно проведение расчетов для многоэлементных моделей, описывающих рассчитываемую на стойкость конструкцию. Это метод успешно применяется при оценке сейсмической стойкости узлов и агрегатов промышленного оборудования [3].

#### Библиографический список

1. Соболев, Г.А. Геоэффективные солнечные вспышки и сейсмическая активность Земли / Г.А. Соболев, И.П. Шестопалов, Е.П. Харин // Физика Земли. – 1998. – № 7. – С. 85–90.
2. Шестопалов, И.П. О связи сейсмичности Земли с солнечной и геомагнитной активностью / И.П. Шестопалов, Е.П. Харин // Солнечно-земные связи и электромагнитные предвестники землетрясений: материалы III Междунар. конф., 16–21 августа 2004, Петропавловск-на-Камчатке.

3. Зубарева, М.К. Вопросы оценки сейсмической стойкости элементов промышленного оборудования / М.К. Зубарева, К.А. Макаров, А.М. Макаров // Необратимые процессы в природе и технике: тез. докл. Второй Всерос. конф., Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 23–24 января 2003 г.