

«ЗА РУБЕЖОМ СПРОС ЕСТЬ, А У НАС НЕТ»

Президент «ЦКТИ-Вибросейсм», член комитета международных ядерных стандартов ASME и представитель ASME в РФ Виктор Костарев рассказывает Светлане Романовой о последних тенденциях в сфере антисейсмического проектирования, о своем опыте сотрудничества с японцами, в частности, о пилотном проекте на одной из АЭС Японии, дает оценку ряду зарубежных площадок Росатома с точки зрения сейсмоики и надеется, что этот опыт будет перенесен впоследствии на станции внутри страны.



— *Какие меры по повышению сейсмостойкости АЭС в Японии были приняты после Фукусимы?*

— Японцы столкнулись с международным прессингом и упреками в том, что они, такая высокотехнологичная держава, не смогли справиться с проблемой. И, обжегшись на молоке, они сейчас дуют на воду. Это выражается в том, что атомный надзор установил практически запрещающие критерии по сейсмической переквалификации станций. Допустим, если самое большое землетрясение в районах «Касивадзаки-Кари-вы» и «Фукусимы-1» было на уровне пикового ускорения грунта около 0,5–0,7g, то сейчас установлен уровень для перезапуска не меньше 1,0g. Для того чтобы вы поняли: с ускорением 1,0g человек падает на землю без парашюта, без учета сопротивления воздуха; устоять на земле при таком ускорении колебаний грунта

невозможно. В рамках обычных проектных решений соблюсти такие стандарты крайне тяжело.

Японцы издавна при серьезных инцидентах весьма неохотно принимали у себя иностранных экспертов и выслушивали их рекомендации. После аварий на «Касивадзаки» и «Фукусиме-1» ситуация изменилась, наша и другие ведущие зарубежные фирмы оказались востребованными в программах обеспечения безопасности и сейсмостойкости АЭС в новых условиях. Выросла роль МАГАТЭ, где японцы проявляют исключительную активность в рамках научного совета по внешним воздействиям (IAEA ISSC) и где интенсивно разрабатываются новые нормативные документы.

— *Ваша компания сейчас работает на одной из японских АЭС. С чем не смогли справиться японцы?*

Почему они решились пригласить иностранцев?

— Наша компания «ЦКТИ-Вибросейсм» давно занимается проблемой защиты АЭС от всех видов динамических воздействий, включая сейсмику. Нас пригласили как известных в атомной отрасли экспертов, чтобы мы помогли при анализе сейсмостойкости оборудования и трубопроводов; кроме того, японцы собирались попробовать применить наши устройства — демпферы ВД, с которыми они познакомились и которые подробно изучили на конференции SMiRT в Сан-Франциско, на специальной сессии, посвященной последствиям Фукусимы. Эти устройства были изобретены нами в конце 1980-х годов, а сейчас они изготавливаются немецкой фирмой Gerb в Берлине по нашим, российским техническим условиям (ТУ), кстати, согласованным с Ростехнадзором. Наши демпферы

защищают трубопроводы и оборудование от любых динамических нагрузок значительно лучше, чем все устройства, которые стандартно применяются на японских АЭС. Демпферы ВД имеют много преимуществ. Одно из них: демпфер работает во всех направлениях, в отличие от гидроамортизаторов и других линейных антисейсмических устройств. Демпфер ВД настолько надежен, что не требует специального обслуживания и повторных испытаний в течение всего срока службы, который практически неограничен.

При тесном сотрудничестве с японцами выяснилось также, что отечественная трубопроводная программа dPIPE, разработанная в нашей фирме, считается гораздо быстрее и эффективнее аналогичных программ, применяемых в Японии. Сейчас с ее помощью производится большой объем расчетов трубопроводных систем в Японии. Поначалу японские инженеры не вполне верили в заявленные преимущества наших устройств, ссылаясь на свой обширный опыт антисейсмического проектирования. Но, с учетом сложности и неотложности стоящих перед ними задач, решили попробовать применить демпферы ВД. Кроме различных совместных расчетных оценок, были организованы специальные, можно сказать всеяпонские, испытания демпферов на сейсмоплатформе Лаборатории Окамура в Цукубе летом 2014 года при участии научной элиты Японии. Результаты экспериментов превзошли все ожидания. Японцы поначалу не могли даже поверить в их реальность: демпферы экспериментально доказали свою исключительную эффективность, а кроме того, практически полностью совпали предсказанные и фактически полученные в эксперименте результаты при использовании разработанных нами математических моделей.

При этом сравнения производились по нескольким известным расчетным программам, в том числе и по dPIPE.

— Как проходили испытания?

— Это были испытания довольно большой модели трубопровода диаметром примерно 210 мм, которую японцы сделали сами, а демпферы поставила фирма Gerb. На платформе воспроизводились землетрясения с пиковыми ускорениями до 2,0g по горизонтали и 1,0g по вертикали, то есть примерно в 3–4 раза больше, чем было на АЭС «Касивазаки-Карива» и «Фукусима-1». Трубопровод трясли всячески, а он перемещался вместе с сейсмоплатформой как вкопанный, практически без усиления колебаний. Дело здесь не только и не столько в прочности собственно трубопровода, сколько в том, что демпферами ВД обеспечивается защита его опорно-подвесной системы и минимизируются ускорения (перегрузки) на задвижках и клапанах, связанных с безопасностью. Арматура ведь имеет свои пределы по ускорениям, а значит, может в определенный момент просто не сработать при превышении их допустимого уровня. А в аварийной ситуации и при землетрясении активная задвижка должна отработать штатно, то есть обязательно закрыться или открыться, обеспечив безопасный останов и охлаждение блока.

— И этого предела японцы не могли достичь?

— Верно. Не могли с прежними устройствами, пока не попробовали наши — демпферы ВД. Совместные расчеты ответственных трубопроводов АЭС дали удивительные результаты. Безопасность системы эффективно обеспечивалась всего двумя нашими устройствами, в то время как применение девяти стандартных

японских снабберов (гидроамортизаторов) не позволило достичь приемлемого результата. Теперь японцы хотят понять, как это работает, но это уже другая история. Несмотря на очевидно положительные результаты всех тестов и расчетов, предстоит еще очень большая работа с нашими партнерами по подготовке документации и согласованию с надзором перед практическим применением демпферов на одной из АЭС.

— Пока одной?

— Предпусковые работы ведутся на многих АЭС, но мы пока работаем на одной из них, которая планируется к пуску в 2015 году, после первой, уже подготовленной и дополненной надзором к пуску АЭС «Сендай». Станция, на которой мы работаем, остановлена около двух лет назад. Только представьте, весь персонал — тысячи человек — в восемь утра приходит на работу и не покидает рабочих мест до восьми вечера! И это происходит во всей японской атомной энергетике.

— Как эксперт, вы считаете, весной процесс перезапуска пойдет?

— Это тяжелейший процесс. План такой есть, но вряд ли произойдет массовый пуск АЭС в 2015 году, хотя все этого страстно желают.

— Давайте поговорим о площадках Росатома. Возьмем будущие АЭС в Турции, Иордании и Бангладеш. Это спорные районы с точки зрения сейсмичности. Какие там могут быть приняты технологические решения, чтобы улучшить сейсмическую безопасность?

— В Турции и Иордании весьма сложные сейсмические условия. В Бангладеш сейсмика, возможно, не такая большая, но плохие грунты. Строить АЭС на этих

территориях — новый вызов для наших инженеров и проектировщиков. С такими сложностями мы никогда прежде не сталкивались, разве что в Иране, где с большим трудом удалось преодолеть сейсмические проблемы. Но там политические аспекты порой затмевали технические проблемы, и случай этот во многом нетипичный. На новых площадках с исключительно большой сейсмичностью нужны новые подходы. Для АЭС «Аккую» в Турции и для Иордании вполне можно было бы рассмотреть возможность применения системы общей сейсмоизоляции. Такие системы сейчас интенсивно разрабатываются японскими, французскими, корейскими и американскими компаниями.

У нас тоже есть оригинальные предложения в этом направлении, имеющие преимущества по сравнению с зарубежными аналогами. Если мы полностью сейсмоизолируем здание реактора вместе, например, с турбинным залом, то проблема обеспечения сейсмической безопасности атомных станций будет решена полностью, и это позволит существенно сэкономить средства на поставках оборудования с низкими сейсмическими требованиями.

Так что бояться сейсмичности площадок — большей, чем 9 баллов по шкале MSK, — или пиковых ускорений грунта более 0,4g совершенно не стоит. Это страхи, основанные на устаревших представлениях. Опыт АЭС «Касивадзаки-Карива», «Онагава», построенной нами АЭС «Бушер» и других АЭС подтвердил этот вывод. А проблемы «Фукусимы» не связаны напрямую с сеймикой.

Сегодня уже созданы технологии, которые позволяют построить станции во всех этих сейсмически проблемных районах, но, к нашему

удивлению и большому сожалению, эти новые технологии не востребованы у нас. Нет интереса, нет заказчика, нет даже профильной инстанции, куда можно было бы обратиться для технического и научного рассмотрения вопроса, хотя речь идет о серьезных вещах — об обеспечении безопасности АЭС, о существенном удешевлении их строительства в зонах большой сейсмичности, о создании конкурентных преимуществ для российских ядерных технологий. Вот такая печальная ситуация: за рубежом спрос есть, а у нас нет.

— *Много ли новых технических решений реализуется сегодня?*

— Не так много, как требуется. Многие новые технические решения не востребованы. Мы потеряли систему внедрения инноваций в промышленность. Исчезли работающие научно-технические советы — НТС, существовавшие на государственном уровне раньше; на них обсуждались новые предложения и давались рекомендации промышленности. Кстати, в Японии, Южной Корее и Франции, несмотря на рыночную экономику, государственная политика в области новых технологий существует, и многие известные всему миру мощные интернациональные компании тесно сотрудничают с государством и соответствующими профильными министерствами. Потеряв «старую» систему, мы не пришли ни к какой новой системе, где взаимный интерес мог бы определяться и рынком, и государственно-частным партнерством. У существующих проектных организаций нет стимулов для внедрения новой техники: за это точно не похвалят, да и денег дополнительных не заработаешь, а «шишек» можно набить.

— *Как вы думаете, если сейчас достаточно высокосейсмичные*

площадки используются для строительства АЭС, то можно ли говорить о постепенном удешевлении строительства?

— Нет, конечно. К сожалению, тренд только один — увеличение сейсмичности площадок и стоимости блоков. Надо понимать, что сейсмичность площадки порядка 0,4g может увеличить общую стоимость блока, по некоторым оценкам, более чем на 15%. Требования к безопасности постоянно растут. Это связано, как правило, с нашими зарубежными блоками, где мы должны неукоснительно выполнять современные требования, нормы и рекомендации в МАГАТЭ. Если на Тяньваньской АЭС и АЭС «Куданкулам» были вполне умеренные сейсмические требования, то в случае АЭС «Бушер» вся отрасль уже была поставлена перед необходимостью построить станцию в зоне 9-балльного землетрясения, с ускорениями на свободной поверхности грунта 0,4g — а это в два раза больше, чем, например, на АЭС «Козлодуй». Никогда ранее станцию с реакторами типа ВВЭР в таких условиях мы не строили.

Необходимо учитывать, что стоимость сейсмического проектирования и поставки сейсмостойкого оборудования для АЭС растет в геометрической прогрессии от балльного землетрясения. Например, если в два раза увеличатся пиковые ускорения грунта, то стоимость сейсмического проектирования и оборудования в сейсмостойком исполнении при этом может увеличиться уже в четыре раза. Применение системы полной сейсмической изоляции блока может сократить его общую стоимость примерно на 7% для площадок большой сейсмичности и одновременно повысить его безопасность.

— *Как другие площадки решают сейсмические проблемы?*

— Сейчас все АЭС в той или иной степени решают сейсмические проблемы в рамках постоянной программы перекалификации на сейсмически жесткие условия в связи с появлением новых данных. Если раньше сейсмичность площадки АЭС «Козлодуй» в 0,2g казалась очень высокой, то сейчас этот параметр вырос в 2–2,5 раза. Уже сейчас Система полной сейсмоизоляции используется на АЭС «Круз» во Франции, АЭС «Коберг» в Южной Африке и на многих других атомных установках. Весьма сложная площадка в сейсмическом плане на АЭС «Синоп» в Турции, где японцами и французами прорабатываются различные варианты полной сейсмоизоляции блоков. Надо также учитывать, что в соответствии с современными требованиями необходимо рассматривать при проектировании АЭС не только проектное сейсмическое воздействие МРЗ, но и запроектное воздействие с коэффициентом увеличения интенсивности от 1,4 до 1,67 по различным стандартам. И таких площадок много в мире. Теперь надо доказать, что станция будет работать надежно и безопасно не только при проектном максимальном землетрясении — МРЗ, но и при существенно больших воздействиях. Например, если было на площадке, допустим, 0,3g или 0,4g, то, умножив на коэффициент 1,67, получаем 0,5g и 0,67g соответственно, а это уже совсем другой уровень, другие усилия и стоимости.

— После Фукусимы тенденция сегодня одна: сейсмика площадок увеличивается. Подвергаются ли сейсмическим проверкам благополучные площадки?

— Да, например, в этом году на самой мощной в Европе Запорожской АЭС с шестью блоками ВВЭР-1000 совместно с компанией Paul C. Rizzo мы выполнили пионерский проект

по вероятностной оценке сейсмичности площадки для блоков 1 и 2 в полном соответствии с требованиями МАГАТЭ. В ходе анализа полученных данных выяснилось, что уровень сейсмической опасности существенно выше в высокочастотном диапазоне и ниже — в низкочастотном, а это может серьезно сказаться на расчетных оценках сейсмостойкости зданий, сооружений, оборудования и трубопроводов, связанных с безопасностью. Вместе с тем применяющийся на Украине в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ современный метод граничной сейсмостойкости (МГС) позволяет значительно легче преодолеть возникающие трудности в переоценке сейсмостойкости блоков АЭС. Эти работы сейчас проходят окончательную экспертизу в украинском ядерном надзоре. Мы в этом плане значительно отстали от наших соседей.

— На российских площадках подобные расчеты проводятся?

— Нет. Хотя многие наши АЭС расположены в той же сейсмической зоне, что и Запорожская АЭС, и есть много неучтенных местных эффектов, которые можно выявить только современным вероятностным анализом. Я уже не говорю о том, что многим нашим площадкам присвоена сейсмичность ниже 0,1g пиковых ускорений грунта на свободной поверхности, а это совершенно не соответствует современным требованиям и рекомендациям МАГАТЭ. То есть эти рекомендации практически игнорируются в течение многих лет. Одновременно появляются весьма странные нормативные документы, содержащие спорные и отчасти ошибочные требования, но обязательные к исполнению на действующих АЭС.

— Фактически мы недооцениваем риски?

— Так и есть. В России не было проведено до сих пор ни одной комплексной работы по сейсмостойкости АЭС в соответствии с современными требованиями и рекомендациями МАГАТЭ. Но ситуация меняется, чему способствуют новые проекты в Турции, Иордании, Бангладеш, Южной Африке и Финляндии, где, я надеюсь, мы будем вынуждены следовать современным требованиям с применением как детерминистических, так и вероятностных подходов оценки сейсмической безопасности блоков АЭС, а также безопасности при других внешних экстремальных воздействиях на станцию.

— Есть ли необходимость в отечественных демпферах?

— Надеюсь, что она будет, так как демпферы ВД обеспечивают эффективную защиту трубопроводов, распределительных систем и оборудования АЭС не только от сейсмических воздействий, но и от всех возможных операционных вибрационных воздействий, включая гидроудары и паровые удары.

Еще одна насущная проблема — совершенствование нашей атомной нормативной базы. Например, как показали результаты недавнего вибрационного семинара во ВНИИАМе, нам очень нужен стандарт по вводу оборудования и трубопроводов в эксплуатацию с контролем их вибрационного состояния при различных пусковых режимах. При разработке такого российского стандарта нужно учитывать передовой опыт разработки и применения подобного стандарта ASME/ANSI OMA. Но вопрос обновления нашей отраслевой базы — это отдельная очень важная, запущенная и трудно решаемая в короткой перспективе проблема. Доругу осилит идущий, главное идти в правильном направлении.