

Испытания на сейсмостойкость оборудования для нефтегазовой отрасли. Актуальность и современное состояние вопроса

В самом общем понимании сейсмическая опасность — это угроза разрушения зданий и имущества, а также нанесения вреда человеческой жизни, являющаяся следствием возникновения сильных землетрясений. Очевидно, что вопросы, касающиеся раннего предупреждения возникновения стихии, методов и механизмов предотвращения или минимизации разрушений, являются одними из наиболее актуальных при строительстве объектов в сейсмоопасных районах.

Основание сейсмостойкости конструкций или оборудования может подтверждаться на основе расчетных, расчетно-экспериментальных или экспериментальных методов. Необходимо отметить, что до недавнего времени требования Заказчика о предоставлении протоколов натурных (полномасштабных) испытаний не носили приоритетный характер. Изготовитель подтверждал сейсмостойкость своего изделия сертификатом одной из систем добровольной сертификации.

Причины, по которым сформировалась такая практика следующие:

- экономия средств, получение сертификата сейсмостойкости в неаккредитованной организации;
- низкая осведомленность о действующих на сегодня в РФ законах (№412-ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации», №384-ФЗ «Технический Регламент о безопасности зданий и сооружений»), нормах, касающихся вопросов строительства в сейсмических районах, государственных стандартов, регламентирующих требования к испытаниям. Как пример можно привести введение в состав перечня СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах» следующих изменений – увеличение уровня сейсмической активности для ряда регионов России, введение ряда коэффициентов, ужесточающих требования к конструкциям при проектировании, внесение значительных изменений в СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия», при этом методами проверки устойчивости строительных конструкций согласно СП являются механические и сейсмические испытания;
- отсутствие информации о возможностях стендового оборудования, действующего в настоящее время в РФ.

Несмотря на то, что на сегодняшний день метод подтверждения сейсмостойкости конструкций и оборудования носит для изготовителя (а зачастую и для Заказчика) второстепенную роль, все же наблюдаются тенденции, которые позволяют утверждать, что прежде всего крупные государственные структуры серьезно нацелены на повышение безопасности своих объектов строительства/реконструкции.

Реагируя на обращение Комитета по Промышленности Государственной Думы РФ, а также на основании решений, принятых на выездном совещании по вопросам сейсмостойкости строительных конструкций, проведенного в сентябре 2014 года на базе ООО «Центр Комплексно-

Сейсмических Испытаний», руководство ПАО «ГАЗПРОМ» включило в стандарты организации требования к подтверждению сейсмостойкости оборудования, материалов и строительных конструкций.

Согласно указанию заместителя председателя правления ПАО «ГАЗПРОМ», ввиду наличия в РФ испытательных центров, а также на основании действующей нормативной базы (СП 14.13330.2014, ГОСТ 30546.1-98 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости», ГОСТ 30546.2-98 «Испытания на сейсмостойкость машин, приборов и других технических изделий» и т.д.) вывод о сейсмостойкости конструкций и оборудования, применяемых для объектов строительства ПАО «ГАЗПРОМ» может быть сделан только на основании протоколов полигонных испытаний, при этом результаты расчетных методов принимаются исключительно в случае отсутствия стендовой базы с требуемыми характеристиками.

ОАО «АК «Транснефть» – российская транспортная монополия, оператор магистральных нефтепроводов России также предъявляет жесткие требования к испытаниям оборудования, применяемого при строительстве объектов, отдельное внимание уделяется вопросу аккредитации (компетентности) испытательных лабораторий.

В Российской Федерации к наиболее сейсмически активным регионам относятся Крым, Кавказ, Алтай, район оз. Байкал и Дальний Восток, особенно Камчатка, Курильские острова и Сахалин.

Разработка новых месторождений полезных ископаемых в Восточной и Западной Сибири, на Дальнем Востоке и Камчатке, развитие инфраструктуры осваиваемых территорий, строительство заводов СПГ и различных производств нефтехимической промышленности, прокладка новых нефти и газопроводов, неизбежно вовлекает в хозяйственную деятельность сейсмоопасные территории. Любая хозяйственная деятельность не застрахована от аварийной ситуации. Вместе с тем требования к объектам, расположенным в сейсмически опасных регионах (согласно новым картам общего сейсмического районирования территории Российской Федерации), в последние два десятилетия существенно возросли. Исходя из них, вследствие повышения бальности возможных землетрясений на 2–3 единицы, во многих городах и на промышленных предприятиях действующая система мер инженерной защиты не вполне способна противостоять разрушительным землетрясениям.



Объекты нефтегазодобычи относят к опасным производственным объектам, которые в случае аварий представляют серьезную угрозу для человека и окружающей среды. Нефтехимические заводы – очень большие и сложные системы, которые включают километры трубопроводов, различного рода запорной арматуры и десятки типов баков для хранения и жидких и газообразных продуктов в широком диапазоне давлений и температур (включая криогенные). Обычно, баки для хранения жидких и газообразных продуктов нефтехимического производства – конструктивно простые и относительно недорогие объекты. Анализ последствий землетрясений показывает, что резервуары могут получать значительные повреждения. Несмотря на определенный прогресс, достигнутый в последние годы в данном сегменте производства, резервуары нефти и нефтепродуктов остаются одними из наиболее уязвимых для сейсмического воздействия.



Горящие контейнеры с природным газом после землетрясения в префектуре Чиба. (REUTERS/KYODO)



Горящие цистерны с природным газом на заводе Космо в Ичихаре. (REUTERS/Asahi)

Информация об авариях, происшедших за последние 25 лет на емкостях с нефтепродуктами на территории России и за рубежом показывает, что основными формами разрушения вертикальных цилиндрических резервуаров, в результате сейсмического толчка являются:

- отрыв от основания;
- деформация стенок с образованием «слоновой ноги»;
- пролив нефтепродуктов при деформации крыши;
- разрыв части обшивки у основания с истечением продукта.

Основной причиной этого является тот факт, что при сейсмическом воздействии силой около 9 баллов, величина горизонтального давления на стенку резервуара почти на порядок больше, чем в обычных условиях эксплуатации.

Как уже было упомянуто выше, одним из важнейших элементов любой трубопроводной системы нефтяного хозяйства является запорно-регулирующая арматура.

Особенностью данных изделий является то, что консольно располагается как правило достаточно массивный привод. Такая конструктивная схема, как показывает опыт, несет за собой практически всегда наличие резонансов в пределах сейсмического диапазона, что может повлиять на надежное функционирование привода.

В отличие от расчётных и расчётно-экспериментальных методов подтверждения сейсмостойкости трубопроводной арматуры, экспериментальный способ проверки позволяет:

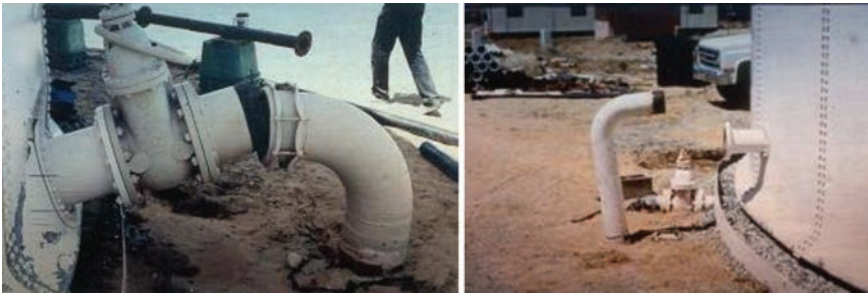
- однозначно определить возможность функционирования как отдельных элементов так и всего изделия в условиях сейсмического или другого внешнего механического воздействия;
- оперативно выявить конструктивные недостатки и способы их решения.



1999 г. Измитское землетрясение ($M=7.4$), Турция, вызвало пожар и затем разрушение резервуаров (перерабатывающий завод в Yarımtca)



Землетрясение в Коста-Рики 1991 года ($M_w=7.8$) вызвало опрокидывание баков и разлив опасной жидкости



Сан-Фернандо (Калифорния), землетрясение 1992 года ($M=7.3$). Разрывы трубопроводов

Данные о последствиях разрушительных землетрясений, а также ряд исследований показали, что для описания воздействия землетрясения на трубопроводы и сооружения, следует исходить из нелинейной теории сейсмостойкости, учитывающей остаточные деформации грунтовой среды, а в некоторых случаях и самого сооружения. Решение таких задач в настоящее время весьма затруднено аналитически из-за отсутствия во многих случаях количественных данных о реальных свойствах грунтовой среды, сложности учета взаимодействия трубопровода с грунтом. Поэтому существенное значение приобретают экспериментальные исследования, заключающиеся в анализе фактических данных о поведении исследуемых сооружений при сейсмических и аналогичных им динамических воздействиях, а также в проведении испытаний крупномасштабных физических моделей с использованием крупногабаритных сейсмоплатформ, имеющих грунтовый лоток.

Планирование экспериментальной проверки сейсмостойкости изделий (конструкций) начинается с оценки возможности сейсмоплатформы удовлетворять массо-габаритным характеристикам испытываемого образца. Грузоподъемность платформы и ее размеры должны позволять разместить образец, а силовой привод стенда должен обеспечить создание требуемых режимов испытаний, например, воспроизведение заданной бальности землетрясения.

В бывшем СССР функционировало не менее пяти крупных сейсмоплатформ программного действия, оснащенных гидравлическими приводами. В годы перестройки сейсмоплатформы такого типа, расположенные на территории России, практически не обслуживались, экспериментальные работы не проводились и в большинстве своем оборудование пришло в упадок. Исключением из этого печального факта является ООО «Центр Комплексно-Сейсмических Испытаний» («ЦКСИ»).

«ЦКСИ» – аккредитованный испытательный центр, компетентность которого подтверждена Федеральной службой по аккредитации (аттестат аккредитации RA.RU.21AG74 от 04.08.15.) в соответствии с Федеральным законом от 28.12.14. №412-ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации». Центр является правопреемником научно-производственных предприятий, в годы существования Советского Союза, решавших задачи проведения испытаний в рамках реализации программ Министерства Обороны, атомной промышленности, строительной отрасли. Разработанные этими предприятиями сейсмо-испытательные установки с импульсно-вибрационным приводом позволяют решать различные прикладные задачи сейсмостойкого строительства и проводить квалификационные испытания оборудования и элементов строительных конструкций. Объединив под своим началом специалистов, после модернизации и дооснащения испытательных установок ООО «ЦКСИ» на новом уровне развивает традиции и накопленный методологический опыт выполнения ответственных экспериментальных работ.



«ЦКСИ» – единственная в РФ организация, стендовая база которой обеспечивает проведение полномасштабных квалификационных (сертификационных) и приемосдаточных испытаний крупногабаритного оборудования общепромышленного изготовления и строительных конструкций на сейсмостойкость и виброустойчивость в условиях выполнения требований СНиП II -7-81 (СП14.13330-2014), СП24.13330-2011, ГОСТ 30546.1-98, ГОСТ 30546.2-98, ГОСТ 30630.1.1-99, ГОСТ 30630.1.8-2002, ГОСТ 16962.2-90 и других действующих нормативов.

В состав функционирующей стендовой базы «ЦКСИ», расположенной в Ленинградской области п. Роцино и п. Песочный, входят две самые крупные в России двухкомпонентные сейсмоплатформы: «УСВС-100» (размер сейсмоплатформы в плане 4.0×5.0 м) и «УСП-300» (грузоподъемностью 300 т, размер сейсмоплатформы в плане 9.0×5.8 м).

На универсальном сейсмо-вибростенде «УСВС-100» проводятся квалификационные сейсмические испытания фрагментов строительных сооружений, конструкций, оборудования на сейсмостойкость и виброустойчивость. На сейсмоплатформе «УСП-300» проводятся полномасштабные сейсмические испытания крупногабаритных изделий и строительных конструкций. Наличие съемного грунтового лотка размером 8.0×3.0×3.8 м позволяет проводить испытания изделий, в том числе резервуаров (или их физических моделей, изготовленных согласно принципу подобия в случае, когда габариты и масса резервуара превышают возможности платформы), которые в соответствии с ТУ устанавливаются на грунт или частично заглублены, обеспечивая тем самым реальные условия установки изделия при эксплуатации.

Ниже приведены фотографии стендов с установленным оборудованием при испытаниях.



Универсальная сейсмоплатформа УСП-300: общий вид



Универсальная сейсмоплатформа УСП-300: испытание на сейсмостойкость блок-контейнера технологического



Сейсмоплатформа «УСВС-100»: испытания на сейсмостойкость вантуза нефтепровода (слева) и задвижки DN300 (справа)



Сейсмоплатформа «УСВС-100»: испытание на сейсмостойкость клапана запорно-регулирующего

ООО «Центр Комплексно-Сейсмических Испытаний»
 188820, Ленинградская обл., Выборгский р-н, пос.
 Роцино, ул. Железнодорожная, д. 10, лит. А
 тел. (812) 640-73-74, e-mail: info@centercst.ru
 www.centercst.ru

