

Ю.Д.Черепинский

СЕЙСМОИЗОЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3 стр.
Сейсмоизоляция как средство защиты зданий от землетрясений.....	6 стр.
К решению инженерно-технической проблемы сейсмоизоляции с использованием фундаментов КФ КазНИИССА	9 стр.
Практические рекомендации по применению КФ КазНИИССА в жилищном строительстве.....	13 стр.
Краткие добавления и пояснения.....	18 стр.

Сопроводительное письмо к сборнику "Сейсмоизоляция зданий "

В статьях сборника изложен опыт специалистов, работавших более трёх десятилетий над проблемой сейсмостойкости зданий с использованием кинематических фундаментов КФ КазНИИССА. Фундаменты КФ были названы сейсмоизолирующими, поскольку они предназначались для изоляции здания от горизонтальных сейсмических воздействий во время разрушительных землетрясений. Величина расчётной сейсмической нагрузки устанавливается выбором конструктивных параметров КФ. Она не может быть превышена при любой, как угодно большой интенсивности сейсмического воздействия.

Эта работа, послужившая началом нового направления в области сейсмостойкого строительства, включала:

- расчётно-теоретические и экспериментальные исследования, в том числе многоэтажные испытания натурных зданий большими динамическими нагрузками;
- многочисленные жилые дома на КФ в сейсмоопасных районах б. СССР, что позволяло анализировать состояние некоторых из них после перенесённых землетрясений и выявлять ошибки в проектах;
- разработку технической документации по использованию КФ.

К существующим теперь сейсмоизолирующим решениям, следовало бы отнести лишь те, в которых используется принцип скольжения, или качения, как основного ограничителя инерционной нагрузки. Снижение сейсмических нагрузок с использованием упругих стоек всех конструктивных решений нами не рассматривается как сейсмоизоляция, а только как сейсмоамортизация.

Введение

Строительство зданий в сейсмоопасных районах России было и остаётся проблемным. Согласно принятой методике расчёта, повреждения и даже локальные разрушения конструкций во время прогнозируемого расчётного землетрясения считаются допустимыми. Под расчётными сейсмическими нагрузками подразумеваются инерционные силы при максимальных ускорениях основания. По мере накопления в несущих конструкциях повреждений эти силы снижаются. Предполагается, что повреждения, не приводят к полному обрушению здания и безопасность пребывания людей в нём будет обеспечена. Гарантией такой сейсмостойкости является соблюдение положений действующих сейсмических СНиП.

Однако, объём повреждений и его влияние на снижение жёсткости во времени, установить невозможно, исходя из нормативного расчёта здания как упругой пространственной системы. Кроме того, повреждения не исключаются и при землетрясениях меньших расчётных по интенсивности, но более частых или длительных.

Отсутствие точности в оценке сейсмостойкости здания, таким образом, определено как самими воздействиями, не имеющими одинакового выражения, так и реакцией на них несущих конструкций здания, что сформулировано ниже в двух пунктах:

1. Колебания грунта при землетрясениях включают три опасные для здания компоненты воздействия: большие расчётные ускорения (а), длительность действия (б), преобладание резонирующей со зданием частоты колебаний (с). Все они в отдельности и, тем более, в сочетании, оказывают разрушающее действие.

2. Непредсказуемость по объёму, месту расположения и последовательности во времени повреждений (включая локальные разрушения) конструкций здания за время землетрясения. Объём повреждений зависит как от принятых конструктивных решений, так и от перечисленных в п.1 компонентов нагрузки а, б, с.

Эти выводы вытекают из результатов многолетних исследований (включая испытания предельными для здания нагрузками), многочисленных расчётов при проектировании зданий, а также обследований многих из них после перенесённых землетрясений.

В этой связи сейсмическая защита зданий, названная нами когда-то сейсмоизоляцией, представляется исключительно перспективной. К ней пока относятся немногие решения кинематических фундаментов, достаточно эффективных и простых в исполнении. Основной нагрузкой, при их использовании, становятся силы трения качения, или скольжения самих опор. Эти силы не зависят от перечисленных в п.1 компонентов воздействия (а, б, с). Поэтому такую защиту можно рассматривать как решение проблемы сейсмостойкости для многих типов зданий.

В нижеприведенных материалах даётся описание одного из первых решений кинематических фундаментов, КФ (КазНИИССА), прошедшего наиболее длительную экспериментально-теоретическую проверку, а также проверку в условиях реальных землетрясений. Эффект сейсмоизоляции с использованием таких фундаментов становится очевидным из приведенного в интернете видеосюжета колебания модели (автор его Станислав Семёнов, Сочи):

<http://www.youtube.com/watch?v=FHf2zVng1SQ> (не забудьте включить звуковую колонку)

Как техническое решение КФ были предложены в середине 60-х годов, (КазПСР). С тех пор над ними в Алма-Ате работали специалисты в области расчёта и проектирования сейсмостойких зданий. В начале 70-х годов там же, но уже в составе КазНИИССА (дир. академик Т.Ж.Жунусов), была создана единственная в СССР лаборатория целевого назначения, куратором которой всегда оставался ЦНИИСК им. Кучеренко (Москва)

В течение нескольких десятилетий институтом проводились исследования многих известных теперь решений сейсмоизолирующих опор. Но предпочтение больше отдавалось фундаментам КФ, как наиболее простому и повсеместно доступному решению сейсмозащиты.

Помимо экспериментально-теоретических исследований в лабораторных условиях, проводились натурные испытания зданий различной этажности (от 1 до 9 этажей) с использованием мощного вибратора. Такие испытания позволяли оценивать эффективность сейсмоизоляции при нагрузках, близких по интенсивности к сейсмическим. Сотни домов на КФ, были построены в городах Камчатки, Сахалина, Сибири, Казахстана, Узбекистана и др., и некоторые из них прошли проверку в условиях реальных землетрясений. Эта проверка позволила не только убедиться в необходимости такой сейсмозащиты, но и выявлять ошибки в отдельных конструктивных узлах. Оставалось только распространить новый метод на все сейсмоопасные территории с рекомендациями дальнейшего совершенствования конструктивных форм. К сожалению, работы, которые в то время с полным основанием можно было назвать приоритетными в мире, практически остановились с распадом СССР и началом перестроечных процессов. Обстоятельства заставили многих сотрудников сменить работу, а некоторых покинуть страну.

Тема сейсмоизоляции в проектировании зданий с некоторых пор снова стала популярной. Нужно отметить, что исследования, проводимые в области сейсмостойкого строительства, как правило, связаны с защитой диссертаций. Диссертантам приходится демонстрировать свою эрудицию, внося те или иные добавления в действующие СНиП, исходя из теории колебаний упругих расчётных моделей. Как выше отмечалось, упругие расчётные модели не отражают точно работу повреждаемых во времени конструкций. Поэтому разработка метода учёта сейсмоизоляции, в согласии с действующими СНиП, потребовала много лет и большой вычислительной работы. Но ожидаемый её эффект значительно больше расчётного, что в разработанной Инструкции приводится лишь для сопоставления. Подтверждением реального эффекта будут сами землетрясения.

Неблагополучное положение, связанное с использованием КФ, заставило автора представленных материалов принять предложение Минобразования и науки России руководить двухгодичной работой, связанной с использованием КФ в ЧР. Результат этой работы оказался малоэффективным, если не считать прилагаемый комплект из двух статей. В нём впервые разъясняется сущность сейсмоизоляции с использованием кинематики опор, что является новым и более эффективным способом обеспечения сейсмической безопасности зданий. Этот способ, как выше отмечалось, точно не увязывается с действующими СНиП.

Идея сейсмоизоляции рождена много веков тому назад, но как практическое направление в строительстве сформировалась только за последние 30-40 лет. Но уже сейчас многие специалисты в этой области говорят:

в сейсмоопасных районах строительство жилья без использования сейсмоизоляции недопустимо.

В настоящее время имеется несколько технических решений, которые можно назвать эффективной и даже спасительной защитой от разрушительных землетрясений. К ним, помимо КФ (КазНИИССА), можно отнести опоры Курзанова (со сферическими торцами) и опоры на скользящей основе. Названные решения не только защищают от повреждений несущие конструкции, но и значительно могут уменьшать стоимость строительства.

В большинстве случаев люди, живущие в сейсмически опасных районах, далеки от научных проблем, но все они нуждаются в сейсмозащите, независимо от своего материального уровня. С этим может быть связан и выбор сейсмоизолирующего решения тоже. Естественно, каждое из них должно соответствовать требованиям, включающим:

1. Достаточный объём экспериментально-теоретических исследований.
2. Опыт экспериментального строительства, желательное с проверкой работоспособности в условиях реальных землетрясений.
3. Наличие нормативного материала в виде Инструкции по проектированию.

Предлагаемый читателям комплект из двух статей и практических рекомендаций касается сейсмоизоляции с использованием КФ (КазНИИССА), над которыми трудились специалисты в области экспериментально-теоретических исследований, проектирования и строительства зданий в различных сейсмоопасных районах России и Казахстана. Это, по мнению автора, наиболее простое, дешёвое и исследованное решение (не исключавшее, как уже упоминалось, ошибки, поскольку было первым такого типа). Оно пока предназначено для защиты малоэтажных, 1-2 этажа, и многоэтажных жилых домов, до 9-12 этажей (повышение этажности потребует некоторых поправок к параметрам КФ).

В первой статье даётся разъяснение нормативной сейсмостойкости зданий при проектировании и назначении КФ, как эффективного средства снижения горизонтальных сейсмических нагрузок. Эта статья рассчитана на руководителей всех уровней, имеющих отношение к сейсмостойкому строительству.

Во второй статье изложен принцип работы КФ, построенный не на деформации составных частей, а на их кинематическом взаимодействии во время горизонтальных смещений при землетрясении (патенты № 200516, РФ, №1725, РК). В этом случае,

сейсмические нагрузки зависят уже не от сил упругости, а, главным образом, от сил внешнего трения составных частей (в отличие от внутреннего трения упругих систем при колебаниях). Эта статья рассчитана на инженеров проектирующих сейсмостойкие здания, проявивших интерес к КФ и их совершенствованию.

В Приложении даются ряд рекомендации по выбору параметров КФ и конструктивных решений сейсмоизоляции в составе зданий различной этажности. Эти рекомендации не догма, и опытные конструкторы, возможно, внесут много своих поправок.

Для практического применения КФ в России потребуется техническая Инструкция по типу Инструкции КазНИИССА, которая не нарушает основные положения действующих СНиП. Новая Инструкция будет кем-то составлена после того, как люди убедятся в большой пользе КФ.

Сейсмоизоляция как средство защиты зданий от землетрясений

Тем, кто живёт в сейсмически опасных районах, и кому хотя бы однажды приходилось испытывать на себе воздействия землетрясения, по-видимому, знакомо ощущение страха и чувство беспомощности перед силами природы. Ведь о последствиях разрушительных землетрясений многим известно ещё со школьной скамьи. В то же время, пугаться как будто не нужно, ведь сейсмостойкие дома, строясь с соблюдением строительных норм и правил (СНиП), или сейсмических строительных кодов, как принято называть в других странах. Однако, не всем известно, что в случае максимальной, иными словами, расчётной сейсмической нагрузки, в здании всегда будут повреждения, которые снижают его жёсткость и прочность. Предсказать точно характер и длительность сейсмических колебаний, как и происходящие процессы в конструкциях без определённых допущений невозможно. Эти допущения в строительных сейсмических кодах различных стран имеют свои отличия. Из-за этого расчёт сейсмостойкости нельзя рассматривать как достоверный результат, а лишь как приближённую оценку.

Так какой все же дом называют сейсмостойким? В мировой практике под сейсмостойкими принято подразумевать дома, в которых ожидаемые разрушения после расчётного землетрясения не сопряжены с гибелью людей. После таких землетрясений повреждённые здания, из-за технической сложности и больших материальных затрат, не восстанавливаются. Но можно ли установить этот предел – большой вопрос.

В этой связи, возникает ещё один, не менее важный вопрос. А что происходит при землетрясениях несколько меньших по интенсивности расчётных, которые, как известно, происходят чаще?

Казалось бы, такие воздействия не являются опасными. Однако, так можно было бы считать только при совсем слабых сейсмических толчках. При более сильных толчках, а тем более приближенных по интенсивности к расчётным, повреждения конструкций всегда имеют место, хотя и не сразу заметные. Более того, в зависимости от количества или длительности таких землетрясений повреждения, накапливаясь, снижают прочность здания, т.е. делают его уже неготовым воспринимать расчётную нагрузку. Такой вывод подтверждается значительными повреждениями зданий, располагаемых в зонах частых, хотя и не сильных, сотрясений техногенного происхождения. Характерным примером влияния слабых, но частых воздействий, могут быть крупнопанельные дома в Петропавловске-Камчатском, которые потребовали дорогостоящего усиления ещё до ожидаемого расчётного землетрясения.

Из вышесказанного можно сделать лишь один вывод. Выходит, что нормативное удорожание здания за счёт антисейсмических мероприятий предназначено для восприятия лишь одного расчётного землетрясения, или двух-трёх несколько меньших расчётного. После них здание необходимо либо сносить, либо усиливать за счёт конструктивных мероприятий. То и другое сопряжено с большими затратами средств, труда и времени, что всегда будет создавать большие проблемы, особенно, в жилищном строительстве. Не дешевле ли сразу предусматривать расходы на резерв прочности?

Однако уже много лет существует способ, который позволяет не только избежать таких расходов, но и снизить нормативное удорожание здания. Речь идёт об использовании опор-фундаментов, снижающих связь здания с грунтовым основанием, о чём людям было известно ещё в древности. Естественно, без

достаточно веского научно-технического обоснования такие опоры, предлагаемые отдельными авторами ещё в начале прошлого столетия, не могли быть реализованы. Но в 70-х годах в Казахстане (КазНИИССА) над этой проблемой уже работало целое научное подразделение, в котором исследовались наиболее рациональные решения, соответствующие современному техническому уровню строительства. Поскольку опоры предназначались для снижения связи здания с колеблющимся грунтом при землетрясении, они в то время были названы сейсмоизолирующими, а научное направление по их применимости со временем стало называться сейсмоизоляцией зданий и сооружений.

Исследования на протяжении более, чем трёх десятков лет потребовали от исполнителей создания расчётно-теоретической базы сейсмоизоляции и экспериментального подтверждения её полезности не только на моделях, но и в составе зданий различной этажности. Из свойств сейсмоизолирующих опор, приоритетными были:

- прочность и устойчивость при смещениях во время землетрясения;
- достаточный эффект снижения сейсмических нагрузок на здания;
- стоимость самих опор и их технологичность, доступная для повсеместного строительства;

Среди других решений больше всего этим свойствам соответствовали так называемые опоры КФ, которые нашли применение в сотнях домов различной этажности во многих сейсмоопасных районах России, Казахстана, Узбекистана.

Дома на КФ испытывались мощным вибратором, а некоторые уже подвергались воздействиям землетрясений интенсивностью от 4 до 8 баллов по шкале MSK. Несмотря на некоторые допускаемые ошибки в проектировании, опоры подтвердили своё назначение защищать здания от повреждений при частых или длительных землетрясениях различной интенсивности. Снижение нагрузок позволяло не только экономить расход материалов, но и улучшать планировочные решения зданий, а также повышать их этажность, ограниченную нормативными требованиями.

Позже в сейсмостойком строительстве нашли применение и другие опоры сейсмоизолирующего типа. Правда, их использование было не в таком большом объёме, как КФ. Возможно, это объясняется несколько более сложным исполнением или недостаточным объёмом исследований, позволяющим во всех случаях выявлять допускаемые ошибки.

К сейсмоизолирующим были отнесены и так называемые резинометаллические опоры РМО в виде резиновых столбов с металлическими прокладками и свинцовым сердечником в центре. Бесспорно, РМО достаточно эффективное средство сейсмозащиты зданий, применяемое в городах Японии, Китая, и некоторых других странах. К сожалению, дефицитный материал и заводское изготовление делает их слишком дорогими для массового использования, особенно в местах удалённых от заводов-изготовителей. Всё это ограничивает объёмы использования РМО.

В этом смысле у КФ, изготавливаемые из традиционного железобетона на любом полигоне, имеют большие преимущества. Кроме того, различная конфигурация КФ позволяет их использовать как в многоэтажном строительстве, так и малоэтажном. Но, что ещё важнее, выбором геометрических параметров их можно настраивать на определённую интенсивность сейсмического воздействия, выше которого на здание передаваться не будет. Иначе говоря, при сейсмичности площадки строительства, например, 9 или 10 баллов, здание будет испытывать нагрузку, не превышающую 4-5 баллов и даже меньшую. В этом и заключался смысл реальной сейсмоизоляции, который пока не увязывается с методикой действующих СНиП. Поэтому в технической Инструкции по проектированию [1] увязка со

СНиП осуществлялась с помощью поправочных коэффициентов к динамическому коэффициенту β . Такая работа требовала длительных расчётов зданий различной жёсткости на КФ в сопоставлении с теми же зданиями на фундаментах традиционного исполнения. Реальный же эффект КФ связан, главным образом, с силами сухого трения, которые и являются основным ограничителем ускорений, передаваемых на здание при землетрясении.

Сейчас, когда нередко сообщается о землетрясениях и их последствиях в разных странах, КФ могут стать повсеместно доступным решением сейсмозащиты. Особенно в такой защите нуждается малоэтажное строительство для людей невысокого достатка, строящих свои дома из недостаточного прочного материала. Но и многоэтажные жилые дома массового использования тоже претерпевают изменения в связи с повышением их этажности, улучшением планировочных решений за счёт свободного пространства (рис.1.) и др.

Приобретенный в отдельных городах России и Казахстана опыт в силу многих причин не используется пока в достаточной мере. Причины тому низкий материальный и технический уровень производственной базы строительства во многих сейсмоопасных регионах, особенно в сельской местности. Но они также, в какой-то мере, тормозятся существующим порядком формального обоснования новых научно-технических достижений. Поэтому новые конструктивные решения остаются иногда долго невостребованными. Корректировку в скорость реализации таких научных достижений могут вносить лишь государственные субсидии, контролируемые правительством, если представить убедительное обоснование для этого.

Используемый источник.

1. Т.Ж. Жунусов, академик МИК, д.т.н., Ю.Д. “Черепинский д.т.н., В.А. Лапин, к.т.н. Инструкция по проектированию зданий с использованием сейсмоизолирующих фундаментов КФ. РДС РК-07-6-98, Комите РК.



Рис.1. В этом доме сейсмоизолирующие опоры располагаются в подвальном помещении, используемом для автостоянок.

К решению инженерно-технической проблемы сейсмоизоляции

Действующий динамический метод оценки сейсмостойкости зданий в особом сочетании нагрузок выполняется с учётом форм колебаний несущих конструкций, исходя из их упругого характера деформирования и вероятности совмещения форм колебаний во время землетрясения. Одновременно, допускается множество поправочных коэффициентов, учитывающие, в какой-то мере совмещение форм колебаний, а также нелинейные деформации конструкций. Такие коэффициенты принимаются произвольно, исходя из предполагаемых вариантов.

При использовании опор КФ коэффициенты, учитывающие нелинейные деформации, в какой-то мере оправданы их силовой характеристикой в составе здания. Поэтому в расчётных моделях КФ заменяются стойками с упруго-нелинейной характеристикой, полученной из таких испытаний. Эффект снижения нагрузок затем оценивался расчётом зданий различной жёсткости в сопоставлении с их аналогами на опорах КФ. При этом сейсмические воздействия задавались множеством (около 1000) реальных и искусственных акселерограмм. Результаты такого сопоставительного расчёта сведены в таблицу 2 [1] и в нормативных расчётах используются для снижения коэффициента динамичности β (Т).

Предложенная в [1] методика учёта сейсмоизоляции при проектировании зданий имела целью привязать её к действующим СНиП. Она позволяла получать достаточно высокий эффект снижения сейсмических нагрузок и с её использованием построено много зданий в различных сейсмоопасных районах России и Казахстана. Однако, реальный эффект сейсмоизоляции имеет отличную от упругих систем физическую природу и нуждается в иной методике учёта. Среди известных решений этого типа КФ прошли наибольшую по объёму и длительности апробацию в условиях больших динамических нагрузок. В том числе они прошли проверку и в условиях реальных землетрясений, что позволяет на основе такой проверки делать обобщающие выводы по эффективности КФ. Основным свойством для них является способность ограничивать интенсивность сейсмической нагрузки, передаваемой с основания на здание, главным образом, величиной сил трения.

Если представить здание как жёсткий объект, стоящий на шарах, то сейсмическая нагрузка $S(t)$ на объект при горизонтальных перемещениях основания не может превышать силы трения качения шаров, представленные силовой характеристикой $F(\Delta)$ при смещении Δ . Величина этих сил постоянна и равна

$$F(\Delta) = S(t) = (m_1 + m_2) / H \quad (1)$$

· где: m_1, m_2 – моменты от трения вверху и внизу шара при качении;

· $H = 2R$ – диаметр шара.

· По-видимому, это утверждение не требует доказательств.

Учитывая ограниченную величину смещений при землетрясениях, шары могут быть заменены своей нижней половиной, но шарнирно связанной с объектом. В этом случае, $H = R$, а m_1 – момент в техническом шарнире, обладающий некоторой способностью возвращать опору в исходное положение. Однако, при больших смещениях объекта относительно основания возвращающая способность m_1 может оказаться недостаточной. В этом случае, возвращающая способность повышается за счёт геометрических параметров шарового сегмента, если принять $H < R$. В этом случае, согласно рис.1, добавляется момент в результате смещения точки опоры. Силовая характеристика и, следовательно, сейсмическая нагрузка на

объект, при этом, будет несколько возрастать по мере смещения Δ . В [2] эта зависимость представлена выражением:

$$F(\Delta) = S(t) = P \cdot [(R-H) / H^2] \cdot \Delta + (m_1 + m_2) / H \quad (2)$$

где: P – вертикальная нагрузка.

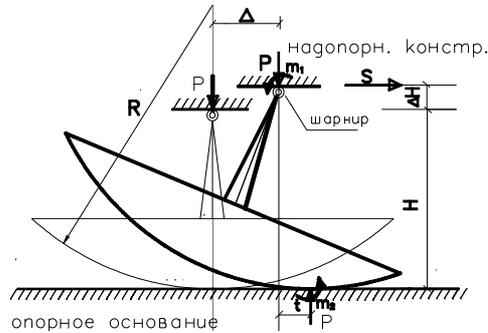


Рис.1. Кинематическая схема опоры КΦ

Если боковые поверхности сегмента выполнять произвольного очертания, но симметричными относительно вертикальной оси (например, в виде тумбы, или стойки с уширенной пятой), то получим опору, названную когда-то КΦ, рис.2.

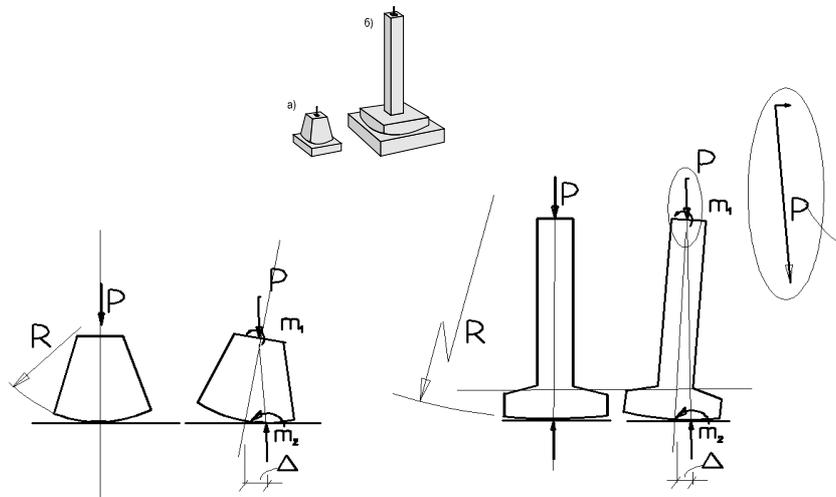


Рис.2. Кинематика КΦ-тумбы (а) и КΦ-стойки (б) при смещении основания.

Из (2) следует вывод, что сейсмическая нагрузка на объект не зависит от ускорений на грунтовом основании, а лишь от его смещений Δ . При этом, величина сейсмической нагрузки регулируется параметрами R , H , и в какой-то мере зависит от конструктивного исполнения технического шарнира и

твёрдости материала опоры. В случае идеальных параметров опоры сейсмическая нагрузка на объект не будет передаваться при как угодно большом ускорении горизонтальных смещений основания.

Под идеальными параметрами здесь подразумевается:

- равенство $R = H$;
- идеальный шарнир, т.е. $m_1=0$;
- общие размеры опоры, обеспечивающие прочность при ожидаемом перекатывании и высокая твёрдость материала в местах контакта с опорной плитой, т.е. $m_2 = 0$.

Идеализацию всех параметров, по-видимому, полезной считать нельзя, поскольку здание становится в какой-то мере подвижным и может испытывать колебания даже при ветровой нагрузке.

Заметим, что зависимость (2) исходит из достаточно большой жёсткости объекта в сравнении с силовой характеристикой $F(\Delta)$. Поэтому данная сейсмозащита рассчитана на здания жёсткого типа, с периодом свободных колебаний не превышающим $\approx 0,7 - 0,8$ сек. К ним мы относим малоэтажные частные дома и дома массовой застройки, до 9-12 этажей, не более.

Обратимся снова к силовой характеристике (2). Её первая часть отражает зависимость нагрузки от геометрических параметров, то есть абсолютной величины R , H и их соотношения $H \leq R$. Изменяя эти параметры в соответствии конструктивным решением здания, можно варьировать величиной сейсмической нагрузки в широком диапазоне. Но уже без расчёта можно отметить большое влияние на снижение нагрузки оказывает увеличение параметра H . Следовательно, КФ стоечного типа, рассчитанные на этаж будут значительно эффективней КФ-тумб, устанавливаемых на опорном основании. В последних эффект может достигаться только сближением H с R по величине. В меньшей степени эффект сейсмоизоляции достигается за счёт шарнирного соединения и твёрдости материала опоры, представленной второй частью формулы. Наиболее простое исполнение технического шарнира представляется в виде плоской стальной плитки, рис.3, обеспечивающей зазор между опорой и надопорной конструкцией в виде оголовника, а также соединительного стержня в центре из мягкой стали. При таком решении шарнира следует ожидать смещение l вертикальной силы относительно центральной оси при повороте, что приводит к увеличению момента m_1 . Поэтому выбор конструктивного исполнения шарнира представляет одну из задач конструктора при выборе оптимального решения. С целью уменьшения l , поверхность плитки, либо закладной детали может быть несколько закруглена, рис.3.

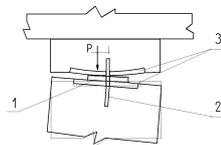


Рис.3. Шарнирное соединение (технический шарнир): 1-плитка, обеспечивающая зазор для поворота КФ; 2-связующий анкер; 3- закладные детали.

Представляя сейсмическую силу, действующую на объект произведением массы " m " на ускорение " a ",

после несложных преобразований (2), получим значения ускорений при соответствующих смещениях Δ :

$$a = g[(R-H)/H^2] \cdot \Delta + (l + f)/H \quad (3)$$

где l – смещение вертикальной силы в техническом шарнире;

f – коэффициент трения качения опоры по опорной плите.

В качестве примера, приводим результаты расчёта опоры при $H=2,5$ м и $R=5$ м (стойка с уширенной пятой):

$\Delta = 0,2$ м, $a = 1,3$ м/сек²; $\Delta = 0,1$ м, $a = 0,75$ м/сек²; $\Delta = 0,05$ м, $a = 0,25$ м/сек²; $\Delta = 0,03$ м, $a = 0,13$ м/сек².

Согласно этим результатам, ускорения U , передаваемые на здания с основания, не могут превышать значения “ a ”, при соответствующих смещениях Δ . Иными словами, какими бы большими ускорения U ни были на отрезках смещений Δ , они не могут превысить значения ограниченные параметрами КФ.

Примечание: при сближении R с H , например при принятых $H=2,5$ м и $R=3$ м, ускорения “ a ” снижаются более, чем в два раза.

В этом случае, здания могут рассчитываться на силы, равные произведению масс, сосредоточенных в различных местах здания, на ускорения “ a ”, согласно (3). Эти ускорения, чаще всего, будут на порядок меньше U , и наиболее простой расчётной моделью может быть консоль с поэтажными массами.

Результаты такого расчёта меняют представления об оценках сейсмостойкости сейсмоизолируемых зданий на опорах любого конструктивного исполнения, где используется принцип скольжения, либо качения. Для расчёта этих зданий не требуется расчётная сейсмичность застраиваемой площадки, а величина планируемой интенсивности, которая регулируется параметрами самих опор.

При некоторой условности нашего вывода, метод, возможно, будет воспринят не всеми специалистами в области проектирования сейсмостойких зданий. Но нормативная оценка сейсмостойкости зданий с допущением повреждений и локальных разрушений, является фактически условной. Ведь здание после такого землетрясения подлежат сносу. В этом смысле, сейсмоизолируемые здания, не допускающие повреждения, больше соответствуют понятию сейсмостойкости.

Тем не менее, приведенная методика предлагается пока как дополнение к [1], с целью более быстрого внедрения новой технологии в строительстве сейсмостойких домов и её апробации в условиях реальных землетрясений.

Литература:

1. Т.Ж. Жунусов академик МИК, д.т.н., Ю.Д. “Черепинский д.т.н., В.А. Лапин, к.т.н. Инструкция по проектированию зданий с использованием сейсмоизолирующих фундаментов КФ. РДС РК-07-6-98, Комитет по делам строительства РК.
2. Ю.Д. “Черепинский, д.т.н. Сейсмоизоляция жилых зданий. Казахская арх.-строительная академия. Ассоциация “СЕЙСМОЗАЩИТА”, ISBN9965-576-14-9, 160 стр.,2003..

Практические рекомендации по применению КФ КазНИИССА

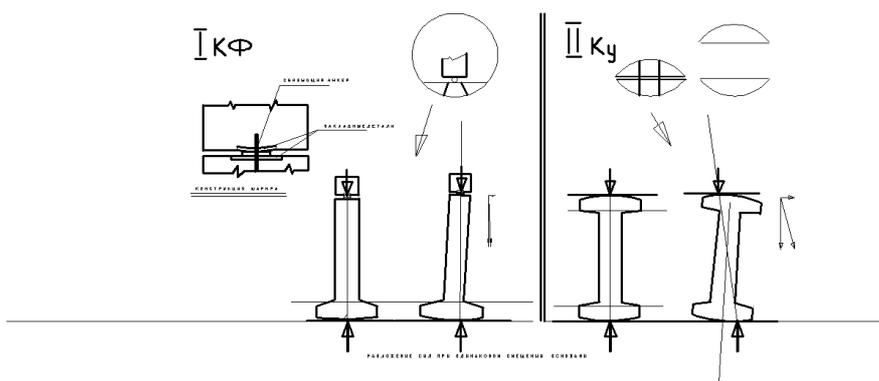
Ниже представлены некоторые авторские соображения по выбору проектных параметров КФ, основной материал по которым изложен в статьях.

Во второй статье приводится формула (3) для ускорений \mathbf{a} , которые передаются на массы здания при наличии КФ. Произведение масс M_i в составе здания на ускорения \mathbf{a} соответствуют сейсмическим силам: $S_i = \square M_i \times \mathbf{a}$.

Эти силы нужны лишь для сравнительной оценки с силами, полученными без КФ по СНиП и с КФ по Инструкции. Нетрудно заметить, \mathbf{a} зависит, главным образом, от Δ при принятых параметрах опоры: R, H, m_1, m_2 . Параметры не связаны с ускорениями на грунтовом основании и позволяют регулировать максимально возможную сейсмическую нагрузку при ограниченном смещении Δ . Соответствие больших смещений Δ (30-40см) ускорениям высокой бальности, маловероятны (они ведь не учитываются и при нормативных расчётах). Ускорениям при 9 и более баллов, соответствуют смещения не превышающих 2-3см, что подтверждалось при многих землетрясениях произошедших в мире. Подтверждением тому могут быть испытания зданий мощными взрывами при возведении платины в Медео: при ускорении 5 м/сек² (т.е. более 9 б) смещения на грунтовом основании составили только 9мм. Поэтому при $H = 2,5 \div 3\text{м}$ и $R = 5 \div 6\text{м}$ смещения в пределах 1-4см могут оказаться даже нечувствительными. Однако, и при больших Δ (30-40см) ускорения согласно (3) могут соответствовать 7 баллам. При этом уширенную часть нужно принимать, примерно, 110см. Однако, при сближении R с H (например, при тех же $H = 2,5 \div 3\text{м}$ принимать $R = 2,7 \div 3,2\text{м}$) сейсмическая нагрузка не будет превышать 2-3 балла даже при смещении 10-15см. Фактически, такие опоры исключают горизонтальные сейсмические воздействия.

Тем не менее, нормативный расчёт предлагается выполнять пока по Инструкции (т.е. в соответствии с действующими СНиП). В неё включены три пункта, отражающих новые подходы в оценках эффекта сейсмоизоляции, но они приводятся лишь для сравнения с нормативными. Такой подход предлагается с целью, ускорить строительство домов с КФ-стойками

Что касается перерезывающей силы на КФ, то она появляется лишь при смещении Δ и зависит от поворота КФ, в результате разложения вертикальной силы. Согласно прилагаемому рисунку, опора при незначительных поворотах нагружена почти центрально. К этому, правда, следует добавить перерезывающие силы, от моментов m_1, m_2 , делённых на высоту опоры H . Для сравнения, на рис.1, показана идентичная по кинематике опора K_y (рзанова),



КФ и опоры K_y (рзанова)

которая имеет лишь конструктивные отличия. K_y образуются из целого шара, а не из его половины, как КФ. Поэтому смещение K_y в два раза меньше КФ, но верхняя часть тоже смещается и поворот у КФ и K_y одинаковый. При этом радиус опорной поверхности у K_y в два раза меньше, что несколько влияет на площадь смятия в местах контакта с плитой. Но кинематический эффект сейсмоизоляции в обоих опорах идентичен. К конструктивным неудобствам K_y можно было бы отнести смещения вверху, требующие такое же уширение, как внизу. Это и приводит к некоторому увеличению сечения опоры в целом. Наоборот, наличие фиксированного шарнирного соединения в КФ позволяет упростить конструкцию и улучшать динамические характеристики. Например, для снижения m_1 достаточно закладную деталь в надпорном элементе несколько закруглить (рис.3).

КФ-тумбы имеют меньшую высоту H и эффект сейсмоизоляции достигается, главным образом, за счёт сближения R с H . Рекомендуемые параметры для многоэтажных домов: $R= 1,5м$, $H= 1,3м$, а для малоэтажных, где нагрузки значительно меньше: $R= 0,7м$, $H= 0,6м$. Прочность КФ-тумб многократно проверялась на прессах и в составе реальных зданий. Для случаев значительных (хотя и маловероятных) перемещений (20-30см) рекомендуется усилить краевые области армированием.

Конструктивные решения использования КФ-стоек и КФ-тумб в зданиях различной этажности.

Наибольшего эффекта снижения сейсмической нагрузки на дома массового использования можно добиваться при использовании КФ-стоек. Это достигается выбором геометрических параметров R , H (при обязательном условии $R>H$). В большинстве случаев при минимальном их соотношении ($R=1,2H$) сейсмическая нагрузка на здания не будет превышать 2-3 балла, независимо от бальности землетрясения (даже при 12 баллах). Стоечный вариант КФ рекомендуется в зданиях с подвальным помещением. В этом случае они располагаются в уровне подвала, рис.1, либо в уровне первого этажа, разгружая тем самым конструкции подвала тоже. Подвал при этом может выполняться в каркасном варианте с минимальным количеством диафрагм жёсткости.

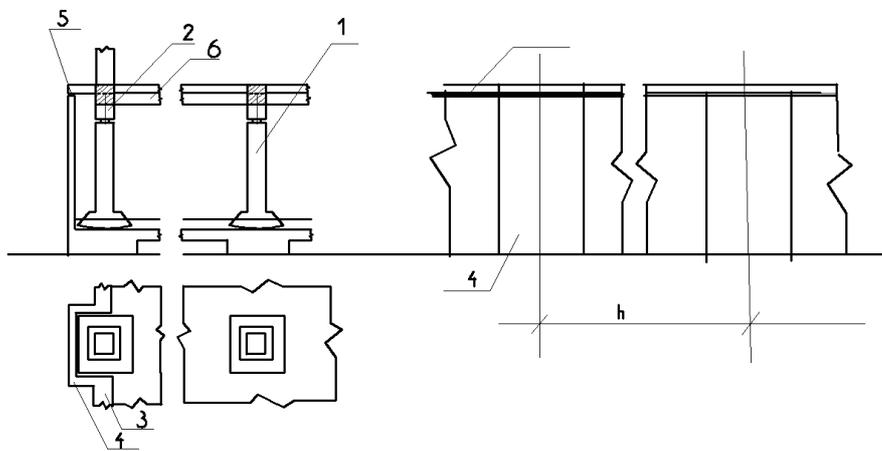


Рис.1. Конструктивная схема подвального этажа здания : 1-КФ-стойка; 2- оголовник (можно и без него); 3- основная ограждающая стена, если это подвальное помещение, или может быть остекление, если КФ на первом этаж; 4- ограждение КФ от боковой засыпки грунтом; 5- плотная прослойка, исключая залипание при смещении КФ (это связано с незначительным подъёмом); 6-балка перекрытия с монолитной плитой перекрытия (при сборном варианте узел несколько корректируется); h-расстояние между КФ-стойками.

Стоечный вариант в различных по высоте зданиях может быть унифицирован за счёт одинаковой уширенной части с примерными размерами 110×110см в плане (частично или полностью скрытой под полом). Различие может быть либо за счёт её армирования, либо сечения самой стойки, в соответствии с расчётом. Ориентировочно, предполагаются сечения стоек для зданий различной этажности:

- 50×50 или 55×55 при 9–12 этажах;
- 40×40 при 3–4 этажах;
- 20×20 при 1-2-этажах.

При отсутствии подвала в 1-2 – этажных домах конструктивное решение нулевого цикла упрощается, рис.2. В этом случае используются КФ-тумбы с параметрами: R=70см, H=60см, B=50см.

Для размещения КФ предусматриваются опорные плиты с колодезным ограждением от грунта. Снаружи дома колодцы сверху защищаются отмосткой. В таких домах, вместо подвального помещения, допускаются погреба под самим домом. При таком решении кирпичные, блочные, либо дома из другого тяжёлого материала смогут нести большую сейсмическую нагрузку. В Казахстане на такие фундаменты ставились даже дома со стенами из самана (глиносоломенные блоки).

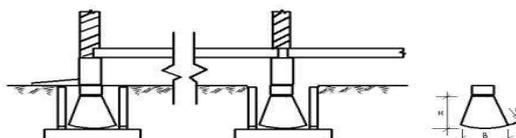


Рис.2. Использование КФ-тумб в малоэтажном домостроении: H=60см, R=70см, B=50см.

Известно, что жители многих сейсмоопасных регионов сами строят себе дома из материалов, который нельзя рассматривать как достаточно прочные, даже при слабых землетрясениях. Избежать последствия даже сильных землетрясений в значительной мере позволит предлагаемый вариант с использованием КФ. Для справки не лишне сообщить, что сейсмоизоляция как научное направление и родилось в Алма-Ате после Иссык-кульского землетрясения. Тогда почти все саманные дома были разрушены и перед проектировщиками впервые встала задача защиты малопрочных домов. Сейчас, по-видимому, не представляет сложности наладить поточное изготовление КФ в местах с ожидаемыми землетрясениями, что позволит осуществлять массовое строительство во многих сейсмоопасных районах.

Примечание.

При отсутствии опалубки, она может быть изготовлена в условиях любого ЖБИ. Для этого плоской формой требуемой кривизны в твердеющем жидком бетоне (залитом в короб с невысокими бортами) выкручивается сферическая поверхность. После её затвердения монтируется опалубка КФ-тумбы, или опалубка уширенной части КФ-стойки (сама стойка может быть монолитной, либо сборной). Лучше, однако, иметь стальные опалубки, которые заказываются на любом механическом заводе.

Расчёт рекомендуемых параметров КФ-стоек в многоэтажных зданиях (до 12 эт)

Силовая характеристика опоры КФ:

$$F(\Delta) = S(t) = P \cdot [(R-H) / H^2] \cdot \Delta + (m_1 + m_2) / H$$

где: P – вертикальная нагрузка; H – высота опоры;

Δ – перемещение опоры высотой H и с радиусом кривизны нижней уширенной части R;

$m_1 = R\delta$ – момент в шарнире от веса P; $m_2 = f \cdot P$ – момент трения качения от веса P.

Силовую характеристику представим в окончательном виде (переставлены первая и вторая части):

$$F(\Delta) = S(t) = P\delta / H + Pf / R + P \cdot [(R-H) / H^2] \cdot \Delta \quad (1)$$

где: $\delta = 0 \div 0,025$ м – максимальное смещение P в шарнире при повороте; $f = 0,05$ – коэф. трения качения опоры по опорной плите.

Рекомендуемые параметры при P=100: H=2,5м; R=1,2H=3м; уширение внизу 110-120см

В соответствии с силовой характеристикой (1), сейсмические силы на здание, не зависят от ускорений на основании. Они зависят от величины параметров R, H и относительного смещения Δ , в случаях $R > H$.

1. Рассмотрим случай R=H (первая часть формулы (1)). В неидеальном шарнире, с учётом изменения $\delta = 0 \div 0,025$ м при колебаниях возникает горизонтальная сила, изменяющаяся от 0 до $F_{ш} = \delta \cdot P / H \approx 0,025 \cdot 100 / 2,5 \approx 1,0$ т. Эта сила всегда направлена к исходному положению равновесия.

Сила трения качения внизу постоянна и всегда направленная против движения: $F_{тр. кач} = f \cdot P / R = 0,05 \cdot 100 / 3 = 1,67$ т.

Эквивалентная ей сейсмическая нагрузка может быть получена из равенства: $S(t) = m \cdot a = F_{ш} + F_{тр. кач}$.

Из него следует величина ускорений (при $m = 100 / 9,8 = 10,2$):

$$a = (F_{ш} + F_{тр. кач}) / m = 1,0 / 10,2 + 1,67 / 10,2 = 0,1 + 0,16 \text{ м/сек}^2 \quad (2)$$

Изменение ускорений от $a = 0,16 \text{ м/сек}^2$ до $0,26 \text{ м/сек}^2$ соответствует изменениям в баллах по шкале MSK с 4 баллов до 5 баллов. Такая нагрузка на здание не может быть превышена при другой, как угодно большой, по интенсивности и величине смещений основания. В то же время, силы трения $F_{тр. кач}$, эквивалентные ≈ 4 баллам, достаточны, чтобы опора не смещалась при ветровой нагрузке. Увеличение массы снижает ускорение при неизменных $F_{тр. кач}$ и $F_{ш}$.

2. Случай R>H.

Этот случай, учитывающий гравитационную составляющую, рассматривается как подстраховка при некоторой неточности выбираемых параметров. Увеличение R относительно H, во-первых, несколько изменяет $F_{тр. кач}$ (это пока не принимаем во внимание) и вызывает, дополнительно к (2), возвращающую силу: $P \cdot [(R-H) / H^2] \cdot \Delta$. Однако, превышение R над H приводит к вертикальным колебаниям второго порядка малости и из уравнения (1) были сразу исключены (правда, они оказались чувствительными для восприятия, что отмечалось жителями). Но что более важно, это снижение эффекта сейсмоизоляции при $\Delta = 30$ см и более, что прежде считались невозможные.

Представим вторую часть формулы (1) как дополнение к ускорениям по первой части изложения (при $R=H$):

$S(t) = m \cdot a = m \cdot g \cdot [(R-H) / H^2] \cdot \Delta$. В этом случае к ускорениям по первой части добавляются ускорения по второй части в (1):

$$a = g \cdot [(R-H) / H^2] \cdot \Delta \quad (3)$$

При $R=2H=5$ м, ускорение, согласно (3), становится равным: $a = g / H \cdot \Delta = 9,8 / 2,5 \cdot \Delta = 3,9 \cdot \Delta$, которые добавляются к (2) по мере возрастания Δ . При $\Delta = 0,02$ м ускорения возрастают не существенно: $a = 0,08 \text{ м/сек}^2$. Но уже при $\Delta = 0,15$ м дополнительное ускорение соответствует более 6 баллам ($a = 0,58 \text{ м/сек}^2$). А при $\Delta = 0,30$ м добавляется $a = 1,17 \text{ м/сек}^2$, т.е. >7 баллов. Правда, из-за увеличения R, почти в 2 раза снижается ускорение в первой части за счёт снижения трения качения (что составляет $0,09 \text{ м/сек}^2$, вместо прежних $0,17 \text{ м/сек}^2$). Но, в целом, соотношение R=2H следует рассматривать как нерациональное.

С учётом изложенного, в многоэтажных домах, с большой массой, рекомендуются только КФ-стойки (высотой на этаж), которые при параметрах $R=1,2 H$, имеют достаточно высокую прочность и могут воспринимать перемещения основания до 40 см.

КРАТКИЕ ДОБАВЛЕНИЯ И ПОЯСНЕНИЯ

1. История проблемы в авторском изложении.

По окончании ХИСИ (1958г) я был распределён в Казахский ПСП и оказался в составе расчетной группы, преобразованной через несколько лет в отдел механизации инженерных расчётов (ОМИР). Он стал одним из первых в стране, где в расчётах зданий на сейсмические воздействия использовался метод Корчинского, основателя динамической теории сейсмостойкости. Ему, по заданию своего руководителя, мне пришлось писать несколько писем, связанных с вопросами по практическим расчётам. Невысокий теоретический уровень молодого инженера раздражал, как тогда казалось, Корчинского, что послужило причиной моего поступления на мехмат КазГУ. Наша программа, составленная несколькими годами позже на ЭВМ Минск -32 (Экспресс - 32АС) была, по-видимому, первой по сейсмическому расчёту и использовалась в других районах страны. Вся последующая работа (в должности главного специалиста отдела) на многие годы оставалась связанной с расчётами и оценками сейсмостойкости зданий, но уже с использованием известных программ, разработанных для ЭВМ более высокого уровня.

Но ещё в 1962 г по заданию главного конструктора института Безрукова, в институте стали составлять альбом конструктивных узлов зданий повышающих их сейсмостойкость. Нашей расчётной группе было поручено рассмотреть варианты подвижных опор-фундаментов, снижающих сейсмические воздействия на здания в целом. Известные теперь решения уже тогда были предметом обсуждений и горячих споров, но все они не имели расчётного обоснования и не увязывались с принятой методикой расчёта. Для этих целей требовались новые подходы в оценках сейсмостойкости, которые в то время никто не мог предложить. Под давлением Безрукова мне пришлось возобновить брошенные к тому времени занятия на мехмате, а затем поступить (тоже со второго раза) в заочную аспирантуру ЦНИИСК. Моя работа была связана с опорами КФ (кинематическими фундаментами), которые и были названы сейсмоизолирующими.

Защита диссертации в 1972г не имела практического выхода, и потому её результаты на продолжение работы не настраивали. Расчёты в ОМИРе тоже становились во многом однообразными (Безруков к тому времени переехал в Москву, где стал главным конструктором Московского ПСП). Кое-кто из моих сотрудников (они же и товарищи по альпинизму) перешли в научную часть нашего института, получившего к тому времени статус НИИпроекта (позже он преобразовался в КазНИИССА).

Начинались годы перестройки и, как у многих, появилось желание сменить строительную профессию на профессиональный альпинизм. Но в 1973г с группой товарищей- альпинистов мы уехали на заработки в Петропавловск-Камчатский, где строили теплотрассу на ул. Северная. В то время Гипрорыбпром осваивал мою прежнюю программу и Дроздюк (гл.конструктор и бывший товарищ) сообщил своим сослуживцам о присутствии в П-К её автора. После нескольких встреч директор института предложил переехать в П-К с обещанием проектировать и строить дом на КФ. Тогда этот план сорвался лишь из-за болезни младшего сына, но дом на КФ в П-К был построен одним из первых.

На Камчатке у меня пропал паспорт, поэтому по приезде через 3,5 месяца в А-Ату пришлось возвращаться в ОМИР, на прежнюю работу. Однако, во время работы мысли о КФ приходили всё чаще, заставляя прорисовывать их отдельные узлы. Однажды директор вызвал к себе и сказал, примерно, так: "Дошли слухи, что ты своими ваньками-встаньками продолжаешь баловаться. Лаборатория освободилась в Науке. Пойдёшь завом?" И после недолгих размышлений я согласился, несмотря на далеко недружественные отношения между научной и проектной частями института. На выборах, однако, кандидатуру неопытного завва "прокатили". Директор, основной член Совета, находился в командировке, повлиять на результаты не мог. По приезде ему пришлось создавать новую лабораторию, названную по моему предложению - "Кинематических систем сейсмозащиты", но без сотрудников и тематического плана. При таком варианте бросать прежнюю работу было рискованно.

По стечению обстоятельств в институт пришёл "странный" человек и сказал, что сейсмоизоляция ему "очень нужна". Человек этот представлял Средмаш, а защита домов требовалась в зоне проводимых взрывов. Для неожиданно большого заказа дирекции пришлось лабораторию укомплектовывать в срочном порядке. Так родилась в СССР первая и единственная лаборатория, ориентированная на проблему сейсмоизоляции зданий. На исходе был 1973 год, и это было началом многолетней работы, ставшей основным делом многих сотрудников высокой квалификации в области теории, эксперимента и практического расчёта. Из значительного числа предлагаемых в то время конструктивных решений предпочтение всё же со временем было отдано фундаментам КФ, которые прошли наиболее длительную экспериментально-теоретическую проверку, в том числе проверку в составе построенных зданий при землетрясениях. Значительную роль в таком строительстве сыграли конструкторы, проектирующие здания во многих городах и сёлах большой страны: Петропавловск- Камчатский, Южно-Курильск, Южно-Сахалинск, города БАМа (Тында, Таксимо, Северобайкальск), Усолье Сибирское, Шелихово, Иркутск, Алма-Ата, Чимкент, Ташкент и некоторые др.).

С началом перестроечных процессов в СССР, работы эти практически остановились по разным причинам, несмотря на большой накопленный опыт. Теперь уже появляется возможность не только снижать сейсмические нагрузки, но и регулировать их величину выбором геометрических параметров и конструктивных узлов.

2. Качественное отличие упругой сейсмозащиты от кинематической.

Как уже отмечалось во многих печатных работах, упругие стойки в нижних этажах зданий играют положительную роль, снижая величину сейсмических нагрузок на здание. Это утверждение не требует доказательств, поскольку оно исходит из опыта строительства и подтверждается действующими СНиП. Проблема лишь в обеспечении прочности самих стоек по мере уменьшения их жёсткости за счёт поперечного сечения. Использование РМО позволяет не снижать сечение стоек (даже увеличивать её), а снижать жёсткость за счёт резинометаллической вставки в верхней части. Экспериментально полученная диаграмма горизонтальных перемещений такой стойки позволяет выполнять расчёт здания в полном соответствии с действующими СНиП. В этом случае нормативная сейсмическая нагрузка всегда будет минимальной за счёт большого собственного периода колебаний здания и повышенной прочности стойки даже при значительных смещениях основания.

Не затрагивая количественного эффекта снижения нормативной нагрузки с помощью РМО, отметим её качественное отличие от кинематической сейсмозащиты, которая когда-то нами была названа сейсмоизоляцией. О причинах выбора такого термина прежде, по понятным причинам, говорить было нельзя. В своё время Поляков по этому поводу делал строгое замечание.

Если представить в идеальном случае здание, стоящее на плоском гладком основании, или опёртое на него посредством шаров, то при горизонтальных смещениях основания силы, передаваемые на здание, не могут превысить силы трения (скольжения или качения). Эти силы не зависят от величины ускорений и смещений в основании. Тем самым, величиной сил трения здание изолируется от колебаний основания с как угодно большим ускорением.

Однако, идеализацию сейсмоизоляции нельзя считать разумной в реальных зданиях, что связано не только с техническими характеристиками строительных материалов, но и конструктивными решениями кинематических опор в составе зданий. Как правило, кинематические опоры желательно наделять способностью возврата в исходное положение, что в какой-то мере влияет на их сейсмоизолирующие свойства. Соображение по этому поводу изложено в представленном комплексе статей.

В КазНИИССА проводились (на протяжении более 30 лет) испытания различных решений, как на специальных крупноразмерных установках, так и на натуральных зданиях. Дома на скользящей плоской основе институтом испытывались в Бешкеке и на Камчатке (оно названо теперь решением Килимника, хотя прежде такие предложения исходили от других авторов) эффект оправдал ожидания, но высказывались опасения относительно накоплений остаточных смещений во времени. Более разумные скользящие опоры, но с дополнительным элементом на закруглённой поверхности использовались в 9-этажном доме в Алма-Ате. С помощью домкратов дом смещался на 3-4 сантиметра и возвращался сам в положение равновесия. Этому решению мы дали положительную оценку.

Опоры КФ(КазНИИССА) проходили наиболее длительные проверки в составе реальных зданий, но до сих пор оптимизация параметров, в зависимости от конструктивного решения здания и интенсивности сейсмического воздействия не делалась. То же самое нужно отнести к кинематическим опорам всех других видов.

3. Относительно нормативных материалов по кинематической сейсмоизоляции.

Это наиболее трудная проблема, с которой приходится сталкиваться после проведенных положительных экспериментов на натуральных зданиях. Они связаны с необходимостью увязывать методику расчёта с действующими СНиП. Поэтому в расчётной модели здания на КФ(КазНИИССА) представляются стойкой с упруго-нелинейной характеристикой. Последняя принимается в соответствии с натурными испытаниями экспериментальных домов. Пониженная жёсткость позволяла получить достаточно хороший эффект снижения сейсмических нагрузок, не нарушая положений действующих СНиП. Эта методика, изложенная в Инструкции РК, дополняла действующие СНиП и позволяла использовать КФ в массовом экспериментальном строительстве (о сложности изменений, вносимых в СНиП, говорить не приходится). Сейчас предлагается корректировка Инструкции РК с дополнительной оценкой эффекта сейсмоизоляции (три пункта), исходя из её реального эффекта. Это делается лишь для сопоставления с нормативным эффектом с тем, чтобы не тормозить экспериментальное строительство. Окончательное решение можно принять позже, с учётом накапливаемого опыта строительства и проверки работоспособности сейсмоизоляции в условиях землетрясений. По-видимому, повторять многолетние исследования без учёта прежних результатов нельзя считать разумными. К тому же, они в современных условиях становятся недоступными. Но корректировка Инструкции, возможно, потребуются.

4. О виброиспытаниях.

Использование мощного вибратора для оценки сейсмостойкости натуральных зданий рассматривать как убедительное средство подтверждения его сейсмостойкости нельзя. В случае традиционных жёстких фундаментов они приводят к повреждениям (чаще

всего визуально не отмечаемым) и снижению несущей способности конструкций. Поэтому практику проверки сейсмостойкости вновь возведённых зданий следует прекратить. Допускаются испытания лишь сейсмоизолируемых зданий, демонстрирующих работоспособность самих кинематических опор. Испытания свидетельствуют о сейсмической нагрузке, которая соответствует достигаемым смещениям в резонансном состоянии. Это значит, что при таком же смещении основания с как угодно большим ускорением во время землетрясения, нагрузки на здание не превысит нагрузку, полученную при испытании.

Заключение

Многолетняя работа над проблемой сейсмоизоляции с использованием кинематических фундаментов КФ её авторами фактически завершена. В ней принимали участие специалисты в области исследований, проектирования и строительства. Построенные здания во многих сейсмоопасных районах б. СССР, не раз подтверждали положительную роль КФ во время землетрясений и, одновременно, выявляли допускаемые ошибки в проектировании. Сейчас с уверенностью можно сказать, что ни одно из отечественных решений не проходили столь длительные исследования и апробацию в составе зданий. Более того, повторить эти исследования в будущем невозможно, ни по длительности, ни по объёму. Многие выводы по результатам такой апробации теперь можно переносить на другие, более поздние решения сейсмоизоляции кинематического типа.

Однако, все работы по совершенствованию конструктивных форм КФ, повышающих эффект сейсмоизоляции, остановились с началом перестроечных процессов в России. С некоторых пор стало непонятным, кто определяет техническую политику в области сейсмостойкого строительства. Прежние привычные для советских людей институты распались, или утратили свои руководящие функции. Новые институты, которые обладали бы высоким профессиональным уровнем, не созданы.

Проблема сейсмостойкого строительства, тем не менее, по-прежнему остаётся актуальной для жителей всех регионов, подверженных землетрясениям, и сейсмоизоляция при массовом строительстве домов там должна быть обязательной. Для этого требуется авторская разработка временных технических правил в виде Инструкций по каждому конкретному решению. Инструкции следует утверждать затем не в столичных городах, а Постановлениями Главных Управлений в соответствующих регионах, больше всего заинтересованных в сейсмозащите. Проектирующие организации, согласно Постановлению, должны будут не только соблюдать пункты Инструкции, но и, в течение определённого срока, привлекать для контроля организации и специалистов высокого уровня, обладающих научно-техническими знаниями по конкретному решению сейсмоизоляции. Из известных решений кинематических опор с достаточно высоким эффектом сейсмоизоляции можно назвать всего лишь два-три, с перспективой их качественного улучшения. К этому типу опор мы не относим так называемые РМО, снижающие сейсмические нагрузки не за счёт кинематики, а за счёт упругости. Кроме того, РМО не являются отечественным решением и, во многом, зависят пока от иностранных поставщиков. В соответствии с изложенным материалом, читатель может усмотреть (и не ошибётся) призыв к быстрейшему повсеместному использованию КФ, как наиболее простому и проверенному решению сейсмоизоляции. Не исключается появление, со временем, более простого и надёжного решения, но для этого нужно набирать опыт такого проектирования и строительства. Автор желает удачи последователям.

1. Черепинский Юрий Давыдович (Электрон. адрес в настоящее время: ycher@telus.net Канада, тел. 604 433 33 54.)
2. После окончания Харьковского инженерно-строительного института (Украина) в 1958 году направлен в Государственный проектный институт Казпромстройпроект (г.Алма-Ата), ставший позже КазпромстройНИИпроект, из него выделился затем КазНИИССА (научно-исследовательский институт сейсмостойкого строительства и архитектуры). Работал в должности инженера, старшего инженера, рук. группы в строительном. отделе, главного специалиста отдела механизации инженерных расчётов. Закончил заочно 4 курса механико-математического факультета Казахского Государственного Университета, а также заочную аспирантуру при ЦНИИСК им. Кучеренко (г. Москва). С 1975 года работал в КазНИИССА в должности зав. лаборатории кинематических систем сейсмозащиты (сейсмоизоляции).
Имеет степень доктора технических наук России и Казахстана.
3. Область научных интересов связана, главным образом, с сейсмоизоляцией зданий и сооружений при использовании кинематических фундаментов (первое авторское решение предложено им в 1965 году).
4. Основные результаты включают:
 - расчетно-теоретическую оценку эффективности КФ в зданиях различного конструктивного исполнения;
 - экспериментальные исследования динамической (сейсмической) реакции зданий, в том числе испытания около 20 натурных зданий на КФ;
 - проектные разработки и анализ поведения зданий на КФ в условиях реальных землетрясений;
 - разработку нормативных материалов по проектированию.
5. В список работ входит 2 монографии и около 40 статей (все по проблеме сейсмоизоляции), а также:
 - три авторских свидетельства и два патента по той же проблеме.
 - участие в проектировании и оценка сейсмостойкости более 100 зданий, построенных с использованием сейсмоизолирующих фундаментов КФ в России, Казахстане, Узбекистане.
 - Инструкция по проектированию зданий с использованием сейсмоизолирующих фундаментов КФ. РДС РК-07-6 98 (Казахстан).