

СЕЙСМОИЗОЛЯЦИЯ В СИСТЕМАХ СЕЙСМОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ

Т.А. Белаш⁽¹⁾

⁽¹⁾д.т.н., проф., Зав.каф. «Здания» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. На основании выполненных исследований поведения сейсмоизолированных зданий и сооружений при сейсмических воздействиях различного спектрального состава, представлены практические рекомендации по использованию сейсмоизоляции в качестве эффективного и надежного средства сейсмозащиты строительных объектов. Сформулированы основные концептуальные подходы к их проектированию.

SEISMIC ISOLATION IN SEISMIC PROTECTION SYSTEMS OF BUILDINGS

Т.А. Belash⁽¹⁾

⁽¹⁾Doctor of Engineering Sciences, Head of "Buildings" Department, FSBEI of Higher Education "Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University", Sankt-Petersburg, Russia

Abstract. Based on the executed research works regarding the behavior of seismic isolated buildings and structures under seismic effects of a different spectral composition, practical recommendations for use of seismic isolation as an effective and reliable means of seismic protection of building objects are presented. The basic conceptual approaches to their design are formulated.

ИМАРАТТАРДЫН СЕЙСМО КОРГОО ТУТУМУНДАГЫ СЕЙСМО ОБОЧОЛОНТУУ

Т.А. Белаш⁽¹⁾

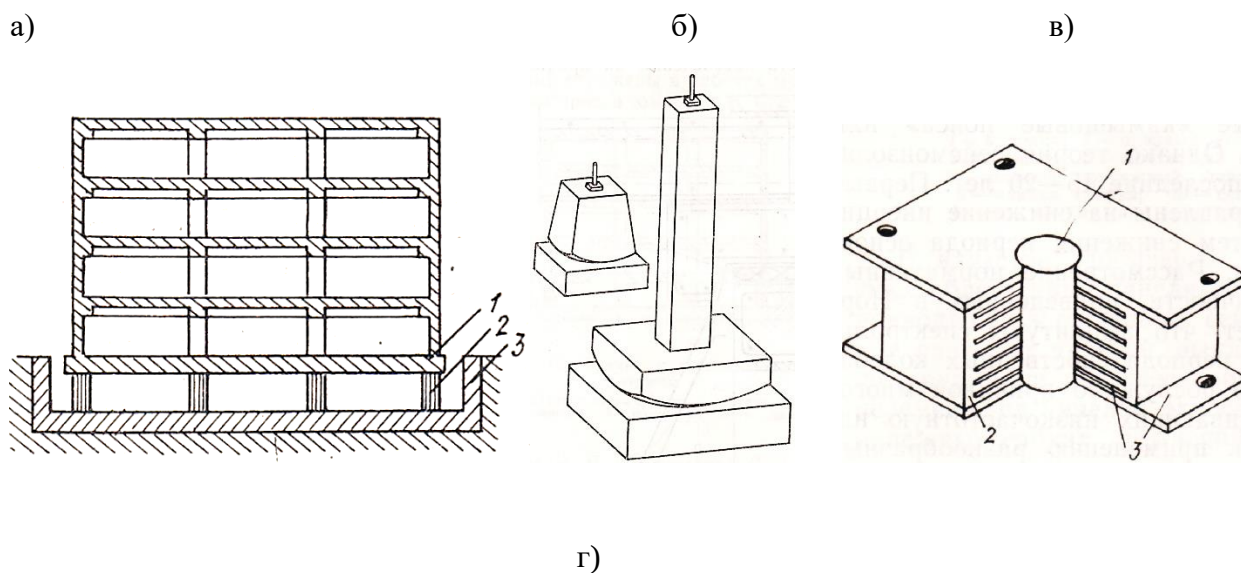
⁽¹⁾т.и.д., проф., каф.башч. «Здания» ФГБОУ ВО «Император Александр I кабарлоо жолдору Петербург мамлекеттик университети», Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Ар түрдүү спектралдык курамдагы сейсмикалык таасир этүүлөрдө сейсмо обочолотулган имараттардын жана курулмалардын жүрүм-турумуна жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн негизинде курулуш объектилерин сейсмо коргоочу натыйжалуу жана ишенимдүү каражат катары сейсмо обочолонтууну колдонуу боюнча практикалык сунуштар берилген. Аларды долбоорлоо боюнча негизги концептуалдык мамилелер чечмеленген.

В мировой практике сейсмостойкого строительства сложились определенные подходы в вопросах снижения уровня сейсмического воздействия на здания. Среди них особое место занимают системы сейсмозащиты в виде сейсмоизоляции, устройство которой предусматривает уменьшение сейсмической энергии, передаваемой строительному объекту, посредством установки специальных конструктивных элементов, повышающих период собственных колебаний здания относительно преобладающего периода сейсмического воздействия. В качестве таких элементов

могут быть использованы гибкие стойки, качающиеся опоры, резинометаллические, пружинные опоры и другие устройства (рис. 1).

Идея сейсмоизоляции была широко известна еще в глубокой древности, так например, при строительстве среднеазиатских минаретов в фундаментную часть строители укладывали специальные «камышовые пояса» или подушки из сыпучего материала. Однако теория сейсмоизоляции получила свое развитие и научное обоснование только в последние 20-30 лет. В настоящее время многочисленные конструктивные предложения по реализации систем сейсмоизоляции внедрены в практику сейсмостойкого строительства многих зарубежных стран, бывшего СССР, а также Российской Федерации. В качестве примеров внедрения сейсмоизоляции можно привести следующие статистические данные. Наибольшее число сейсмоизолированных объектов построено в Японии (около 3000). В России сейсмоизолировано около 550 зданий и сооружений, причем более 500 построено во времена бывшего СССР.



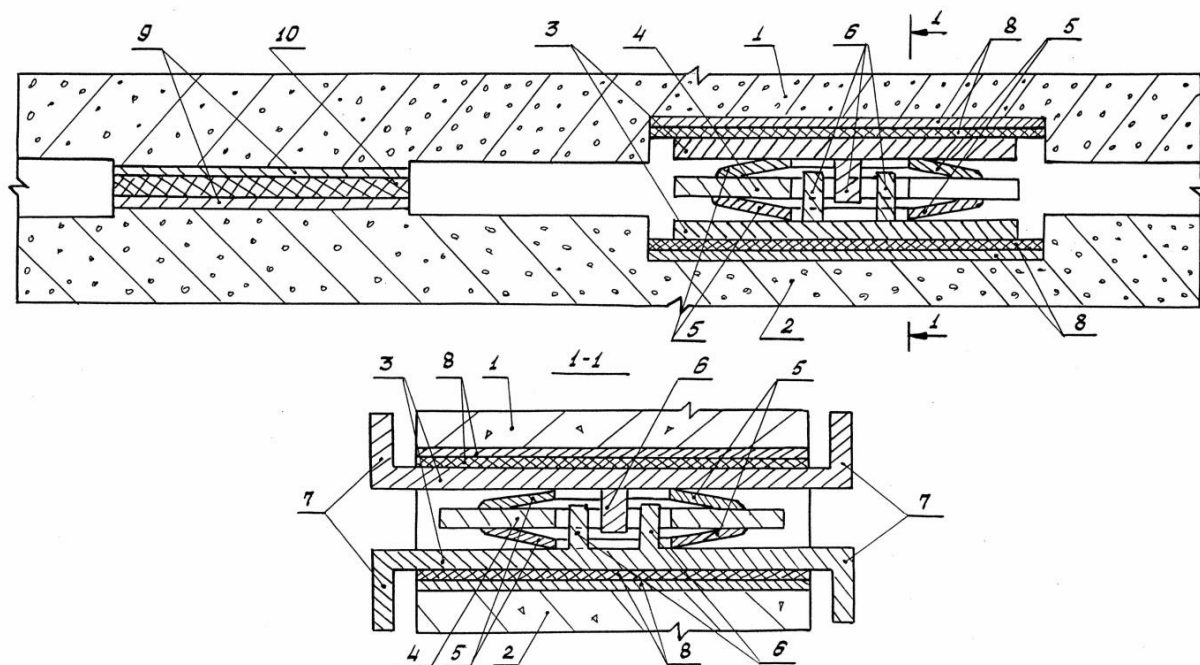


Рис. 1. Конструктивные примеры реализации элементов сейсмоизоляции [4]; [5]

а) здание с гибким нижним этажом: 1 – надземная часть здания; 2 – гибкие опорные элементы; 3 – подземные части здания; б) кинематические опоры фундамента, разработанные Ю.Д. Черепинским; в) антисейсмическая опора: 1 – свинцовый сердечник; 2 – резиновая опорная часть; 3 – металлические пластины; г) антисейсмическая опорная конструкция для транспортных зданий и сооружений: 1 – несущие конструкции здания; 2 – фундамент; 3 – опорные пластины; 4 – прокладка; 5 – упругие опорные элементы; 6 – внутренние выступы; 7 – наружные выступы; 8 – горизонтальные фрикционные поверхности; 9, 10 – фрикционные прокладки

В Китае построено более 500 сейсмоизолированных зданий, в том числе крупнейший в мире сейсмоизолированный комплекс Subway Hub из пятидесяти 7-9-этажных зданий общей площадью 480 000 м². Сейсмоизоляция установлена между надземной и двухэтажной подземной частями зданий. Площадь подземной части составляет 3 км². Сейсмоизоляция позволила на 25% снизить стоимость строительства. В Италии построено более сотни сейсмоизолированных зданий, причем активность внедрения этой системы защиты существенно возросла с принятием норм по проектированию сейсмоизоляции. Широко применяется сейсмоизоляция на Тайване, особенно после разрушительного землетрясения в Чи-Чи (1999). В Армении, в отличие от других стран бывшего СССР, системы сейсмоизоляции активно применяют в гражданском строительстве различных зданий. К концу 2005 г. было построено 21 здание с системами сейсмоизоляции. Сейсмоизоляция как средство сейсмозащиты внедрена также в сейсмостойкое строительство США, Новой Зеландии и других стран.

Анализ имеющихся материалов по обследованию зданий с системами сейсмоизоляции после сильных землетрясений подтверждает, что эта система является достаточно эффективной и сопровождается сохранением строительных конструкций.

На основании выполненных автором многочисленных исследований поведения сейсмоизолированных зданий при землетрясениях, в докладе представлены некоторые практические рекомендации по использованию сейсмоизоляции для создания надежной системы сейсмозащиты строительных объектов различного назначения.

Впервые основные концептуальные подходы к применению систем сейсмоизоляции были сформулированы в работе [1]. В последующем, в результате исследований, проведенных в [2] - [5], сложилась концепция сейсмостойкого строительства сейсмоизолированных зданий и сооружений, которая сводится к следующему.

1. Сейсмоизоляция обеспечивает необходимый уровень снижения инерционных нагрузок на здания, причем это снижение может быть весьма существенным, однако при этом возникают значительные взаимные смещения сейсмоизолированных частей объекта. Такие смещения приводят к разрушению опорных элементов или падению с них здания, что в конечном счете ведет к полному обрушению строительных конструкций. Причина этого заключается в том, что в спектре большинства землетрясений (в частности, всех глубокофокусных) имеются низкочастотные составляющие с амплитудами, измеряемыми десятками сантиметров. При достижении полной сейсмоизоляции эти смещения предстают как относительные смещения между основанием и изолируемым объектом, причем при определенных условиях они могут и превышать смещения основания. В подобной ситуации обеспечение прочности и устойчивости элементов сейсмоизоляции вызывает большие трудности, а в некоторых случаях, при низкочастотных воздействиях – практически непреодолимые трудности. Вследствие этого при оценке сейсмостойкости сейсмоизолированных зданий и сооружений необходимо прежде всего выполнять кинематический расчет, т.е. должна выполняться оценка взаимных смещений сейсмоизолированных частей зданий.

2. Для ограничения взаимных смещений сейсмоизолированных частей здания, между ними необходима установка демпфирующих устройств, энергопоглотителей. Их введение представляет собой средство, обеспечивающее надежную работу систем сейсмоизоляции во время землетрясений. В качестве таких устройств могут быть использованы устройства гашения колебаний, такие как энергопоглотители вязкого и гистерезисного типа, демпферы сухого трения, ограничители перемещений различного вида, динамические гасители колебаний. Примеры этих устройств представлены на рис. 2. Исследование всех видов дополнительных средств сейсмозащиты показало, что все они имеют свою рациональную область применения. Так, устройство ограничителей перемещений позволяет снизить расчетные перемещения, но при этом в момент соударения об

ограничители происходит возрастание ускорений колебаний и как следствие рост сейсмической нагрузки, что сказывается на конструкции ограничителей, они должны обладать достаточно высокими диссипативными свойствами, что в свою очередь может приводить к удорожанию такой защиты. Использование динамических гасителей в качестве дополнительных элементов, позволяет ограничить опасные перемещения сейсмоизолированных частей, однако при практической реализации таких устройств возникают трудности, связанные с возможностью изменения настройки гасителя, например, из-за влияния грунтовых условий, изменения динамических характеристик объекта. Наиболее эффективными являются энергопоглотители (демпферы) вязкого и сухого трения, дающие возможность уменьшить расчетные сейсмические нагрузки и одновременно ограничить относительные смещения системы на 30-60%. Исследования показали, что при использовании этих устройств задача создания эффективной системы сейсмоизоляции может быть успешно решена.

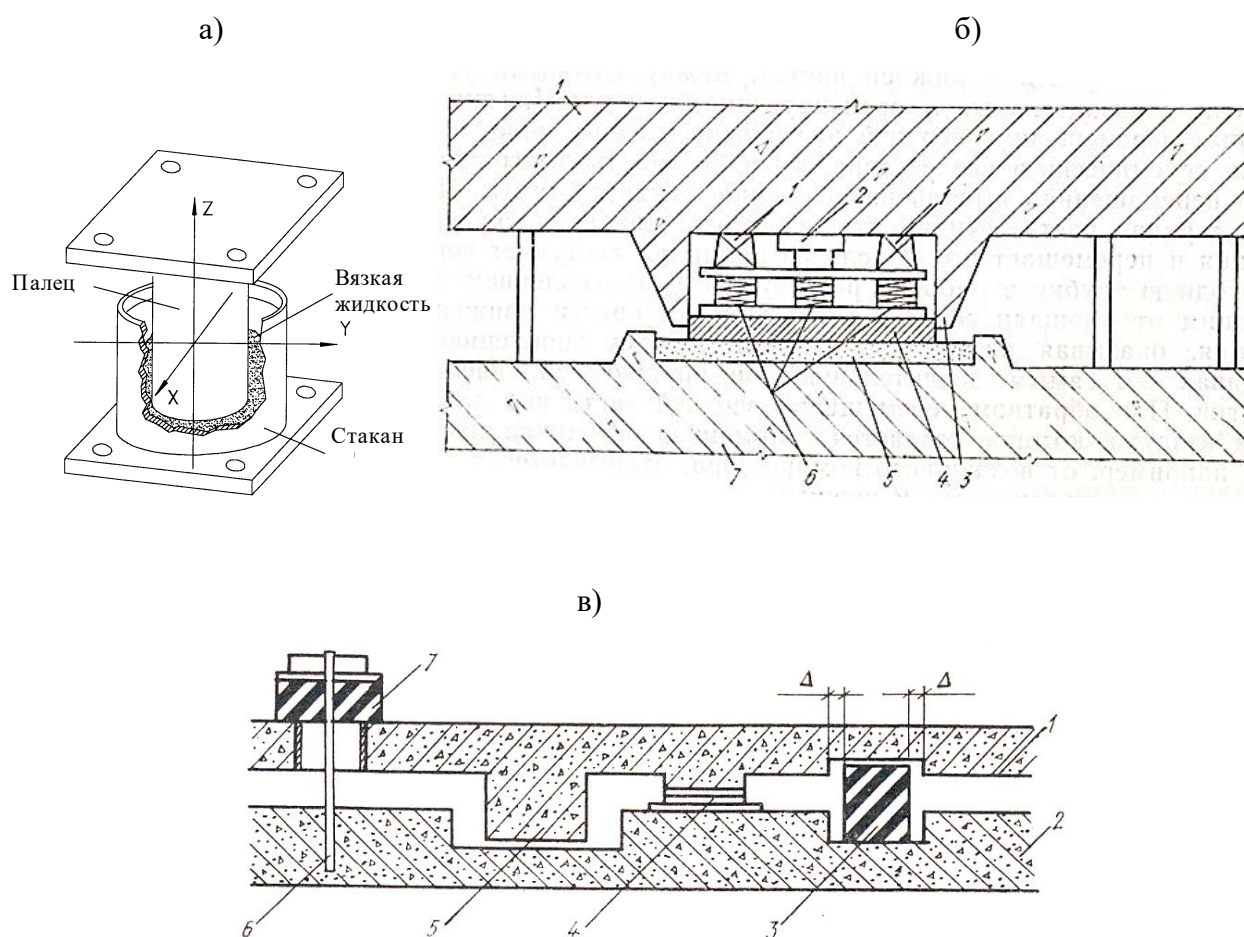


Рис. 2. Конструктивные примеры реализации элементов энергопоглощения [4]; [5]
а) вязкостный демпфер фирмы Gerb; б) конструкция сейсмостойкого фундамента:
1 – фиксаторы положения; 2 – место для установки домкрата; 3 – выступы верхней плиты; 4 – железобетонная плита; 5 – сыпучий материал; 6 – пружинные пригрузки; 7 – нижняя плита сооружения; в) конструкция сейсмоизолирующего пояса: 1 – верхняя

фундаментная плита; 2 – нижняя фундаментная плита 3 – упругий ограничитель горизонтальных перемещений; 4 – скользящая опора; 5 – жесткий ограничитель горизонтальных перемещений; 6 – ограничитель вертикальных перемещений; 7 – вертикальный амортизатор

3. При оценке кинематических характеристик сейсмоизоляции требуется соблюдать корректное задание расчетного воздействия, в частности, должны быть исключены искажения расчетных акселерограмм в длиннопериодной области. Такие искажения присутствуют в большинстве известных записей, а их использование делает результаты расчета случайными и дает ошибочное представление о сейсмостойкости строительного объекта.

Указанные выше концептуальные положения являются практической основой для проектирования и использования эффективных систем сейсмоизоляции в сейсмостойком строительстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Савинов О.А., Сандович Т.А. (Белаиш).** *О некоторых особенностях применения систем сейсмоизоляции зданий и сооружений // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. Сборник научных трудов, 1982, т. 161. – с.26-33.*
2. **Белаиш Т.А., Беляев В.С., Уздин А.М. и др.** *Сейсмоизоляция. Современное состояние // Избранные статьи профессора О.А. Савинова и ключевые доклады, представленные на четвертые Савиновские чтения. – СПб.: Ленинградский Промстройпроект, 2004. – с.95-128.*
3. **Савинов О.А.** *Сейсмоизоляция сооружений (концепция, принципы устройства, особенности расчета) // Динамические проблемы строительной техники. – СПб., 1993. – с.155-178.*
4. **Белаиш Т.А.** *Нетрадиционные способы сейсмозащиты транспортных зданий и сооружений: монография. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. – 75 с.*
5. **Уздин А.М., Сандович Т.А. (Белаиш), Аль-Насер-Мохомад Самих Амин.** *Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений. – С.-Петербург: Изд-во ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1993 – 176 с.*