



# СЕЙСМОЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТИ

Монография

Наум Абовский

**Сейсмозащитные устройства:  
актуальные проблемы  
сейсмобезопасности**

«Сибирский федеральный университет»

2013

УДК 699.841  
ББК 38.798

**Абовский Н. П.**

Сейсмозащитные устройства: актуальные проблемы  
сейсмобезопасности / Н. П. Абовский — «Сибирский  
федеральный университет», 2013

ISBN 978-5-7638-2727-9

Рассмотрены актуальные вопросы разработки и создания фундаментов на скользящем слое как одного из вариантов внешней сейсмозащиты зданий и сооружений. Эффективность применения фундаментных платформ на скользящем слое подтверждена компьютерным моделированием и теоретическим расчетом. Разработана система оперативного автоматического управления внешней сейсмозащитой здания (сооружения) в виде автоматического выключателя аварийного уровня сейсмического воздействия. Описан «фундаментальный парадокс» и предложены методы его преодоления. Предназначена для научных работников, занимающихся проблемами сейсмостойкого строительства.

УДК 699.841

ББК 38.798

ISBN 978-5-7638-2727-9

© Абовский Н. П., 2013  
© Сибирский федеральный  
университет, 2013

## Содержание

Введение	5
Глава 1. О необходимости системного подхода к организации исследований по сейсмобезопасности строительства	7
Глава 2. О роли фундаментов в сейсмостойком строительстве	10
2.1. К вопросу о системном рассмотрении системы «здание – фундамент – основание»	10
Конец ознакомительного фрагмента.	11

**Н. П. Абовский, И. С. Инжутов, В.  
Г. Сибгатулин, С. В. Деордиев, В.  
И. Палагушкин, Е. А. Хорошавин,  
И. Р. Худобердин, А. А. Дуров**  
**Сейсмозащитные устройства: актуальные  
проблемы сейсмобезопасности**

**Введение**

Обобщая работы по теории и практике сейсмостойкого строительства, проследим логику исследований по данной проблеме.

Принципиальное отличие сейсмозащитного устройства от сейсмоизоляции, которая традиционно в соответствии с нормативами располагается выше фундамента, состоит в том, что сейсмоизоляция пропускает сейсмические воздействия внутрь здания, снижая при этом их уровень, а сейсмозащита здания вместе с фундаментом не пропускает их внутрь системы полностью или снижает до допустимого уровня. Сейсмозащита охраняет объекты, а не окружающую их территорию.

Необходима системная организация исследований для эффективного перспективного развития сейсмостойкого строительства, так как существующее состояние характеризуется проблемными просчетами, среди которых:

- несоответствие нормативной теории спектрального метода расчета реальной физической природе сейсмического воздействия (неучет первого толчка и т. д.);
- разрыв между геодинамической информацией в баллах и ее воспроизведением и использованием в строительном проектировании;
- пренебрежение характеристиками реальных фундаментов, которые существенно влияют на сейсмостойкость верхнего строения, отсутствие разработок сейсмостойких фундаментов;
- парадоксы, возникающие при стремлении «уточнить» нормативную теорию в случае сложных грунтовых условий;
- практическое отсутствие разработок по применению внешних сейсмозащитных устройств и систем автоматического управления сейсмобезопасностью зданий (сооружений) и др.

Таким образом, путем актуализации и модернизации действующих норм нельзя обеспечить перспективное развитие, необходимы более глубокие (коренные) изменения.

В теории и практике фундаментостроения обнаружился «фундаментальный парадокс»: традиционно фундаменты рассчитываются на нагрузку сверху вниз, в то время как сейсмическое воздействие имеет противоположное направление.

Недостатки (слабость) нормативной теории негативно отражаются на развитии способов конструктивной сейсмобезопасности, которые по инженерному замыслу должны опираться на реальную картину сейсмического воздействия, а нормативная теория ей не соответствует. Видимо, по этой причине ряд конструктивных принципов и рекомендаций, не вытекающих непосредственно из нормативной теории, в действующих нормах не отражены. Например, стремление проектировать сейсмостойкие строения посредством создания многосвязных про-

странственных систем замкнутого типа (вместе с фундаментом, например с плитой) в нормах отсутствует.

Методы сейсмозащиты представлены в действующих нормах весьма ограниченно: внешняя сейсмозащита не предусматривается, а применение сейсмоизоляции внутри здания не обосновано, ограничено требованием размещать ее выше фундамента. Способы обеспечения внешней сейсмостойкости имеют древнейшие корни и сейчас получают современное развитие в виде фундаментных платформ на скользящем слое.

Государственным научным планированием развития сейсмостойкого строительства в России (а есть ли оно вообще?) не предусмотрены поисковые и внедренческие инновационные разработки по внешней и внутренней сейсмозащите. В практической деятельности специалисты ориентируются на дорогие зарубежные (китайские и др.) устройства, пренебрегая отечественными разработками. Например, применение строений на фундаментной платформе со скользящим слоем, эффективность которых подтверждена теоретическим, модельным и компьютерным моделированием, не получило еще в стране должного развития, хотя все предпосылки, включая экономичность и надежность, для этого имеются.

Авторами впервые разработана и предложена система оперативного автоматического управления внешней сейсмозащитой здания (сооружения) в виде автоматического выключателя аварийного уровня сейсмического воздействия.

Таким образом, логично прийти к выводу о том, что учитывая слабость теории, актуальными направлениями развития в данный период следует считать конструктивные разработки, включая, в первую очередь, способы сейсмозащиты, особенно *внешнюю сейсмозащиту*.

## **Глава 1. О необходимости системного подхода к организации исследований по сейсмобезопасности строительства**

В данной главе обращено внимание на необходимость системного подхода к проблеме сейсмобезопасного строительства. Это такие вопросы, как: разрыв между геодинамической и строительной частями; несовершенство моделирования и методов расчета, в том числе нормативного; пренебрежение конкретным типом фундаментов как передаточной связи от основания к верхнему строению; неучет начального момента сейсмического толчка, т. е. неучет энергии толчка, который является определяющим фактором; недостаточность развития и использования внешних устройств сейсмозащиты, способных снизить передачу энергии толчка, в частности устройства скользящего слоя между основанием и плитным фундаментом; необходимость совершенствования методов микросейсморайонирования. Особое внимание обращено на разработку методов конструктивной сейсмобезопасности, способной перекрыть недостатки теории. В существующей литературе, в том числе учебной, этому вопросу уделяют недостаточное внимание.

Известна сложность и неопределенность многих вопросов сейсмобезопасности строительства, тем более необходимо обратить внимание на системность исследования.

Существует разрыв между геодинамической и строительной частями исследований. Институтом Физики Земли выполнены работы по общему сейсмическому районированию территории России и разработан комплект карт ОСР-97, на основании которых определяются геодинамические воздействия в отдельных регионах России, а строительная часть выполняется другими институтами, между которыми нет должной взаимосвязи. Суть в том, что результаты геодинамических работ не могут быть полностью использованы при осуществлении строительного проектирования и моделирования сейсмических воздействий. Геофизики определяют смещение, скорость, ускорение, переводя всё в баллы, т. е. передают строителям зашифрованную информацию. Балл является весьма обобщенной и приближенной характеристикой, которую строители стараются также весьма приближенно расшифровать в своих расчетах, но воспроизвести (смоделировать) сейсмические воздействия не могут (набираются погрешности с обеих сторон: как от геофизиков, так и от строителей). В строительных нормативах смещения вообще не учитываются (хотя смещения, особенно тангенциальные, являются наиболее опасными). В стране отсутствует единый научный орган, который координировал бы и согласовывал эти исследования.

Не вдаваясь в подробный анализ методов расчета, отметим, что нормативный метод расчета (спектральный) учитывает расчетный балл по спектру колебаний, но при этом теоретическое определение частот и форм собственных колебаний существенно отличается от реальных. В связи с этим вводится система достаточно грубых коэффициентов, компенсирующих недостатки нормативного моделирования. Многие параметры сейсмических воздействий, кроме балла, не используются. Результаты, полученные с использованием других методов расчета (волновой, по акселерограммам), существенно отличаются от полученных спектральным методом. Эти расхождения известны, но далеко не в полной мере анализируются и сопоставляются с результатами экспериментальных исследований.

Следует отметить, что стремление учесть свойства слабых грунтов (податливость) по нормативной теории вызывает ряд противоречий.

В расчетах влияние конкретных типов фундаментов совместно с основанием исследуется совершенно недостаточно, хотя известно, что поведение фундамента при сейсмических воздействиях существенно определяет поведение верхнего строения и его сейсмостойкость, т. е.

расчетные схемы весьма далеки от реальности. Накладываются погрешности определения сейсмической нагрузки и упрощение расчетной схемы здания. Эти сложные вопросы достаточно известны, но в публикациях не просматривается стремление к их решениям. Много неопределенностей. Например, зная ускорение сейсмической волны, не можем сказать, какая масса грунта воздействует на фундамент здания, (т. е. рассчитать силу воздействия), что не позволяет определить прямое сейсмическое воздействие на строительную систему.

В натуральных экспериментальных исследованиях воспроизвести сейсмическое воздействие не удается. При сильных землетрясениях (Кобе, 1995 г. и др.) зафиксированы «срезы» колонн, что не должно происходить при колебательном разрушении конструкций. Вероятно, этот эффект связан с распространением ударной волны от сейсмического очага. Этот эффект описан в литературе и объясняется как «специфический сдвиговой пластический шарнир» [4, 5].

В новые нормативные материалы впервые включаются методы сейсмоизоляции. Однако влияние сейсмоизоляции в имеющихся публикациях рассматривается вне зависимости от фундамента и допускается размещение сейсмоизоляции выше фундамента, т. е. предполагается расчленение системы на две части: фундамент и верхнее строение. В нормативах и технической литературе недостаточно освещена внешняя сейсмозащита зданий и строительных систем, в том числе волногашение, проскальзывание сейсмической волны под фундаментной плитой, использование защитных траншей с мягким заполнителем и др., не допускающих или снижающих сейсмическое воздействие на всю строительную систему. В отличие от традиционной сейсмоизоляции, располагаемой внутри здания, внешняя сейсмозащита не допускает (или снижает) сейсмическое воздействие внутрь здания. Отметим, что в имеющейся литературе классификации сейсмоизоляции внешняя сейсмозащита не предусмотрена и в новых нормативах отсутствует [2].

Известные в литературе сопоставления и анализ сейсмических колебаний грунта и верхнего строения проводятся почему-то без учета конкретной конструкции фундамента, а также свойств основания. При этом начальный момент сейсмического воздействия (толчок, удар) не принимается во внимание. Тем не менее именно после этого толчка возникают колебания, энергия этого толчка неполностью (частично) через фундамент передается на верхнее строение. Именно здесь в этот момент и происходит рассеивание энергии возмущения и наличие внешнего защитного сейсмического устройства, снижающего передачу толчка, может быть наиболее эффективно.

Заметим, что в нормативных материалах возможность устройства подобной внешней сейсмозащиты не предусмотрена, а традиционные методы расчета не учитывают этот начальный толчок.

Понятно, что характер колебаний основания и верхнего строения различны и определяются жесткостными характеристиками каждого из них, но имеет большое влияние и передаточная связь (фундамент), роль которой(го) не выявлена. По-видимому, характер колебаний верхнего строения определяется суперпозицией вынужденных и собственных колебаний. Несомненно, что большое влияние имеет энергетическая проводимость или непроводимость фундаментом сейсмического толчка (например, при устройстве скользящего слоя между фундаментной плитой и основанием).

Учитывая сложность и недостатки, указанные выше, особое место следует уделить развитию методов конструктивной сейсмобезопасности [1]. Использование искусства инженерного конструирования, не поддающееся формализации, содержит в себе огромные резервы создания надежных конструкций и способно перекрыть недостатки теоретических расчетов и неточность определения сейсмической нагрузки.

Целесообразно вспомнить исторический опыт строительства древнейших конструкций, дошедших до наших дней, выдержавших многие испытания. Большое внимание в этих сей-

смостойких конструкциях уделено устройству основания и фундамента, в целом создающих малую чувствительность к негативным сейсмическим воздействиям. К сожалению, в нашей стране даже в специальных журналах устройству фундаментов и их расчету на сейсмические воздействия уделяется мало внимания. Также мало внимания уделено способам усиления сейсмостойкости существующих зданий, хотя действующая Федеральная целевая программа по повышению сейсмостойкости зданий нацелена на решение именно вопросов сейсмоусиления существующих зданий. Разработка рационального усиления сейсмостойкости существующих зданий является актуальной задачей сегодняшнего дня. Здесь требуются, как правило, нестандартные решения, которые плохо освещены в литературе и недоступны многим проектировщикам.

Также мало внимания уделяется исследованию и анализу сейсмостойкости специальных конструкций (магистральных трубопроводов, отдельных надземных резервуаров, мостов и др.). Результаты мониторинга автоматического учета и регулирования колебаний и сейсмичности недостаточно освещены в литературе, и неизвестно, кем они обобщаются.

Огромное значение имеет подготовка и переподготовка научных и инженерных кадров для обеспечения сейсмобезопасности строительства. К сожалению, во многих университетах эта работа не налажена. Это в первую очередь касается учебных планов и учебных пособий, которые, как правило, стремятся подчинить обучение существующей системе нормативно-правового регулирования.

Совершенно недостаточно освещаются и разрабатываются методы конструктивной сейсмобезопасности. Отметим, что в традиционных учебниках по конструкциям из разных материалов даже отсутствует раздел по формообразованию сейсмостойких конструкций. Думаем, что это серьезный недостаток в организации обучения методам сейсмостойкого строительства, так как при нынешних недостатках развития теории и методов расчета именно рациональное конструктивное формообразование позволяет обеспечить сейсмобезопасность.

***О геодинамических погрешностях.*** Отметим только вопросы сейсмического микрорайонирования, т. е. определение сейсмической опасности локальной площадки.

Сейсмическое микрорайонирование проводится, как правило, до строительства объекта, т. е. не учитывается его влияние (в том числе уплотнение грунта, добавленная жесткость основания и т. д.). Корректировки после строительства не вносятся и не могут быть учтены, так как проект реализован.

Вероятно, сейсмическое микрорайонирование не должно быть одноразовым только до строительства. Целесообразно сопровождать мониторингами эксплуатацию здания и не ограничиваться только показателями наземных датчиков, отражать состояние всего сооружения, для чего использовать стационарные следящие устройства хотя бы для ответственных сооружений. Необходимо дополнить нормативные материалы указанием необходимости такого мониторинга для ответственных объектов.

Воспринимает ли традиционная сейсмоизоляция энергию сейсмолотчка или учитываются только его последующие колебания?

Нельзя игнорировать тот факт, что развитие многих городов, в том числе и Красноярска, не базируется на картах сейсмического микрорайонирования, хотя это и предусмотрено Градостроительным кодексом РФ [3]. А ведь без определения сейсмичности строительной площадки нельзя принять надежные конструктивные решения для строительства и реконструкции зданий. Имеющиеся в СНиПе разрешительные допущения по этому поводу весьма негативны.

В заключение считаем необходимым отметить большое значение журнала «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений», который в определенной мере позволяет сосредоточить внимание на этих вопросах и координировать работы отдельных групп исследователей в стране, но, видимо, этого совершенно недостаточно для решения такой сложной проблемы, учитывая слабость теории, методов расчета и необходимость их развития.

## Глава 2. О роли фундаментов в сейсмостойком строительстве

### 2.1. К вопросу о системном рассмотрении системы «здание – фундамент – основание»

Отметим, что недооценка роли фундамента в сейсмостойком строительстве была указана нами при обсуждении актуализированного проекта норм и в ряде статей, но наши предложения, к сожалению, не были учтены в новой редакции норм, хотя фамилия одного из авторов включена в список их разработчиков. Возможное объяснение кроется в том, что нормативный спектральный метод эти изменения учесть не может. Требуются коренные изменения.

Дальнейший анализ показал, что традиционное проектирование фундаментов в условиях сейсмичности противоречит физической картине сейсмического воздействия снизу вверх. Эта проблема привела авторов к выводу о том, что слабость нормативной теории расчета на сейсмостойкость в настоящее время можно преодолевать, активно развивая конструктивные методы, которые опираются на действительную картину сопротивления сейсмике. И действительно, предлагаемые конструктивные методы исходят, как правило, не из теории спектрального метода, а из здравого инженерного смысла и практики.

Отметим, что выбор типа фундамента (как и других конструктивных решений) продолжает оставаться в области инженерного искусства и поиска (удачного и менее удачного). Примером этому может служить разработка грузинских авторов и ее обсуждение.

**О роли фундамента.** Приведем высказывание Б.А. Кирикова: «Действие сейсмической волны на здание начинается с фундамента, и в зависимости от того, как повел себя фундамент, определяется поведение всего здания». В нормах не обнаружены какие-либо рекомендации по применению фундаментов того или иного типа и оценка их влияния на сейсмостойкость здания. Получается, что тип используемого фундамента не имеет значения? С этим нельзя согласиться. Тем более, если стремится учесть деформативность основания.

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.