

***СЕЙСМИКА***

***СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТЬ***

***КОНСТРУКТИВНАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ***

## СПИСОК СТАТЕЙ

1. Абовский, Н.П. Некоторые проблемные вопросы нормирования и научного обеспечения сейсмобезопасности в Красноярском крае /Н.П. Абовский, В.Г. Сибгатулин, В.И. Палагушкин, И.С. Инжутов, И.Р. Худобердин. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2010. № 4.

2. Абовский, Н.П. О проекте Федерального Закона : Технический регламент «Безопасность зданий и сооружений) (К обсуждению проекта Закона, внесенного в Государственную Думу депутатами М.Л. Шакумом, В.В. Пановым и др.) /Н.П. Абовский, В.И. Палагушкин, И.Р. Худобердин, В.В. Москвичев, В.Г. Сибгатулин. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2010. № 6.

3. Абовский, Н.П. Геодинамическое районирование – основа разработки нормативов сейсмостойкого строительства на территории Красноярск-2020./Н.П. Абовский, В.Г. Сибгатулин, И.Р. Худобердин, С.М. Забродин. Вестник отделения строительных наук РААСН, вып. 13, т. 1, Москва-Орел, 2009.- с.5-16.

4. Абовский, Н.П. Сейсмогеодинамический мониторинг и конструктивная сейсмобезопасность в Красноярском крае /Н.П. Абовский, В.Г. Сибгатулин, В.И. Палагушкин, С.А. Перетокин, Т.Г. Краснокаменская, С.М. Забродин, И.Р. Худобердин / Сборник статей академические чтения РААСН «Безопасность строительного фонда России». Курск 23-24 сент. 2010.

5. Абовский, Н.П. Системный подход к сейсмоизоляции зданий при сложных грунтовых условиях /Н.П. Абовский, В.И. Палагушкин, М.В. Лапеев. Жилищное строительство. 2010.

6. Абовский, Н.П. Об эффективности плитных фундаментов с искусственным основанием, предложенных Рамишвилли Д.Д., Мдивани К.И., Чхеидзе К.Г.5(«Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений» № 4, 2009, стр. 12-15) . Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2010. №1,-с. 58-60.

7. Абовский, Н.П. О формообразовании конструкций в сложных грунтовых условиях /Н.П. Абовский, В.И. Палагушкин. 3 Всероссийская научно-техническая конференция, посвященная 80-летию НГАСУ, Новосибирск, 2010.

8. Абовский, Н.П. Некоторые проблемы сейсмостойкого строительства в Красноярском крае / Н.П. Абовский, В.Г. Сибгатулин, В.И. Палагушкин, С.А. Перетокин, Т.Г. Краснокаменская, С.М. Забродин, И.Р. Худобердин / Сборник докладов международной конференции «Актуальные проблемы исследований по теории сооружений» ЦНИИСК им. Кучеренко.- М.- ОАО, 2009.- 296-307.



## **НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ НОРМИРОВАНИЯ И НАУЧНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТИ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ**

Абовский Н.П., д-р техн. наук, профессор, почетный член РААСН  
Сибгатулин В.Г., засл. геолог РФ  
(Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН)  
Палагушкин В.И., канд. техн. наук, доцент  
Инжутов И.С., д-р техн. наук, профессор, академик РАЕН  
Худобердин И.Р., инж.-геофизик  
Сибирский Федеральный университет, г. Красноярск

*Рассмотрены некоторые проблемные вопросы нормирования и научного обеспечения сейсмобезопасности в Красноярском крае и противоречивость действующих норм, порождающая несейсмостойкость зданий; внесен ряд предложений в новый проект, включающий необходимость проведения СМР. Необоснованность расположения сейсмоизоляции выше фундамента, которое ослабляет всю систему «здание-фундамент», а также пренебрежение типом фундамента и др. Указана эффективность использования фундаментных платформ на скользящем слое, расположенном между основанием и фундаментной платформой, которая игнорируется нормативами. Обозначены некоторые научные задачи, которые должны ликвидировать несистемность исследований*

### **I. Противоречивость СНиП II-7-81\* приводит к росту объемов несейсмостойкого строительства**

**С одной стороны,** СНиП II-7-81\* и его актуализированный проект относятся к территории сейсмичностью 7,8,9 баллов. В соответствии с картой ОСР-97 (А) территория города Красноярска характеризуется сейсмичностью 6 баллов, т.е. формально данный СНиП и его новый проект к *городу Красноярску не относится.*

**С другой стороны,** в связи с участвовавшими землетрясениями Сибирский Федеральный университет и КНЦ СО РАН (НИЦГиСС) по своей инициативе впервые в г. Красноярске провели первый этап работ по уточнению сейсмической опасности (УСО) и выяснили, что более 30% территории города находится в зонах с сотрясаемостью 7,0 – 7,5 баллов по шкале MSK-64. В данную зону попали многие ответственные объекты, не обладающие соответствующей сейсмостойкостью. Следует отметить, что за многие годы применения данного СНиП накопился большой объем проблем, связанных с сейсмостойкостью новых и старых строений. Более того

выяснилось, что **генеральный план города Красноярска не имеет карты инженерно-геологических условий, тем более карты сейсмического районирования.** Сейсмическое микрорайонирование в г. Красноярске не проводилось, т.к. действующим СНиПом (п.1.4) допускается в качестве исключения использование оценок сотрясаемости с карт ОСР-97. Это допущение негативно сказывается и на реализации ФЦП «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах РФ на 2009-2013 годы» (далее программа), т.к. без определения реальной сотрясаемости строительных площадок при прогнозных землетрясениях невозможно объективно оценить необходимые затраты на ликвидацию дефицита сейсмостойкости зданий и сооружений.

**Таким образом,** противоречивость СНиП II-7-81 фактически стимулирует увеличение объемов несейсмостойких зданий и препятствует эффективной реализации «Программы».

Считаем, что, до принятия нового СНиП по сейсмостойкому строительству, «Минрегионразвитию» необходимо направить в администрацию Красноярского края и другие субъекты Федерации **инструктивное письмо о необходимости проведения работ по МСР в первую очередь для ответственных социально-экономических объектов,** что соответствует требованиям ФЗ «Технический регламент безопасности зданий и сооружений» и будет способствовать снижению объемов несейсмостойкого строительства и успешной реализации программы.

На наши запросы Минрегион развития рекомендует решать данную проблему на местах путем утверждения региональных нормативов сейсмостойкости зданий и сооружений. Учитывая приоритет федеральных норм (национальные стандарты), которые пока отсутствуют и будут приняты не ранее конца 2012 года, проблема сейсмобезопасности зданий и сооружений загнана в тупик. К тому же краевые власти, начиная с 2006 года так и не приняли программу по сейсмобезопасности Красноярского края, без которой невозможно получить софинансирование за счет ФЦП «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах РФ на 2009-2013 годы» на инженерные укрепления зданий, имеющих сейсмодефицит .

## **II. Замечания и предложения в актуализированную редакцию СНиП II-7-81\***

К п.1.4. О проведении МСР (микросейсморайонирования).

**СНиП и проект новой редакции СНиПа не нацеливают** на проведение микросейсморайонирования, а допускают фиксацию обстановки, которая за десятилетия превратилась в серьезную проблему, подрывающую сейсмобезопасность. Как отмечено выше укажем в качестве примера, что генплан г. Красноярска, утвержденный в начале XXI века, не имеет инженерно-геологической и сейсמודинамической карты. Это прямо противоречит Градостроительному кодексу, но допускается упомянутым

СНиП. Стремление к наживе и мнимому удешевлению строительства позволяет проектировщикам и строителям благодаря «допущениям» СНиП не уточнять реальную сотрясаемость площадки. Определение сейсмичности площадки с целью уточнения расчетной нагрузки на проектируемый объект, является основным положением, влияющим на все последующее. **Необходимо четко указать в СНиП (п.1.4. основные положения), что не допустимо строительство ответственных сооружений без уточнения сейсмических свойств строительной площадки с помощью микросейсмораионирования.** Соответствующие разъяснения надо сделать в пояснительной записке СНиП.

Отметим, что ФЗ «Технический регламент безопасности зданий и сооружений», который в полной мере вступает в действие с 01 июля 2010 г., требует от заказчика, проектировщика, строителя выполнения комплекса геолого-геофизических исследований, который должен обеспечить надежную исходную базу обеспечения безопасности объекта на всех этапах (проект, строительство, эксплуатация и ликвидация).

### **III. О Сейсмоизоляции**

Требования проекта СНиП к размещению сейсмоизоляции между фундаментом и надземной частью относится только к определенным типам сейсмоизоляции. По-видимому, здесь подразумеваются резино-металлические, кинематические, шаровые и др. устройства, которые изолируют отдельные части здания путем ослабления некоторых связей. Но это требование неверно по отношению к другим типам защитных сейсмоустройств, которые предохраняют (защищают) всю систему (фундамент+здание) целиком без нарушения (ослабления) ее целостности. Сюда относятся, например, здания на сплошных фундаментных платформах на скользящем слое между фундаментом и основанием. Так построены многие древнейшие дошедшие до нас сооружения, а также сложнейших современные конструкции (например, высокий пилон-опора крупнейшего моста через пролив в Греции в сейсмоопасном месте, опирающийся на огромную железобетонную платформу на скользящем слое в виде гравийной подушки).

Наш опыт моделирования и исследования показал, что применение сплошных фундаментных платформ на скользящем слое снижает в десятки раз сейсмическое воздействие на систему (см. статьи в журнале «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений» 2008-2009 г.г., а также монографию [1]).

Категорическое требование п. 3.143 СНиП ставит запрет на развитие и применение инновационных решений сейсмозащиты. Предлагаем включить в СНиП положение (пункт), разрешающее осуществлять **экспериментальное строительство** с новыми устройствами сейсмоизоляции (сейсмозащиты) для накопления опыта и дальнейшего совершенствования.

#### **П.3.144. О роли фундаментов**

Этот пункт как очевидно бесполезный следует исключить, т.к. нормативные требования к фундаментам должны выполняться и без указания в данном СНиП.

Вместо этого следует указать на определяющую роль фундамента для обеспечения сейсмостойкости здания и выделить типы наиболее эффективные для этих целей с учетом грунтовых условий и формообразованием верхнего строения.

К примеру укажем, что сплошные пространственные фундаментные платформы лучше оберегают здания от несимметричных, в том числе крутильных, сейсмических воздействий, а скользящий слой под платформой уменьшает во много раз передачу сейсмического воздействия на всю систему (фундамент+верхнее строение). Целесообразно также указать, что для снижения нежелательного лобового воздействия сейсмической волны на заглубленную часть различных фундаментов устраивают воздушный зазор (или мягкую засыпку).

Раздел «фундаменты» в проекте СНиП нуждается в существенной доработке, особенно с позиции рассмотрения цельной системы (фундамент+здание).

#### **IV. Некоторые вопросы научного обеспечения. О несистемности исследований**

Сложность проблемы обеспечения сейсмостойкого строительства привела к разделению исследований на две части: геодинамическую и инженерно-строительную, между которыми, к сожалению, ослаблена системная связь. Эти работы осуществляются разобщенными группами специалистов.

Геологи и геофизики определяют сейсмические воздействия (т.е. нагрузку), которые строители используют для расчета и конструирования зданий. При этом:

- геодинамические данные, которые изучаются геофизиками, а затем аккумулируются в строительных нормах (как правило, балльность и редко акселерограммы), совершенно недостаточны для моделирования и расчета верхнего строения. В литературе приводятся сведения, что параметры сейсмического воздействия на земле и на фундаменте здания отличаются. Для устранения этого противоречия строительные нормы коррелируются многочисленными достаточно грубыми коэффициентами.

К сожалению, отсутствует практика комплексного исследования системы (земля-фундамент-верхнее строение) до и после строительства. Понятно, что конкретные исследования ограничены местными условиями, но тем не менее, они могут внести ясность в процесс моделирования и расчетов нагрузок. Величина горизонтального сейсмического смещения СНиПом почему-то не нормируется, хотя именно этот фактор является

причиной разрушения зданий (среза колонн, например, в «сейсмостойких» небоскребах Кобе Японии в 1995 г. и т.п.);

- геодинамические исследования проводятся до строительства, т.е. без учета нагрузки зданий. Если эта нагрузка велика (например, при высотном или гидротехническом строительстве), то возникает наведенная сейсмичность и другие последствия;
- строители не могут достоверно смоделировать сейсмическое воздействие ни при расчете конструкций, ни при их испытаниях. Используемые при натуральных испытаниях зданий динамические воздействия (в виде взрывов или колебательных процессов) не соответствуют реальным воздействиям землетрясений;
- в литературе (известной авторам) отсутствуют системные методические подходы, включая использование экспериментальных данных, которые позволили бы обеспечить стыковку геодинамических и строительных параметров. Установлены факты различных показаний приборов на основании и на фундаменте, по которым можно полагать, что не вся энергия воздействия от основания передается на сооружение. Большую роль играет тип фундамента и его связи с основанием и его свойства. Но действующий СНиП не учитывает особенностей фундамента, а от поведения фундамента зависит сейсмостойкость верхнего строения.

Вызывает удивление, что в нормативных материалах для расчета (оценки) сейсмостойкости зданий конкретные типы фундаментов рассматриваются как «жесткая заделка» (т.е. пренебрегают их реальными свойствами и возможностями). Учет сложных грунтовых условий оценивается весьма грубо, сейсмичность территории города определяется по весьма усредненным показателям, так как учет устройства внешней сейсмозащиты зданий не прописан в СНиПе и т.д. Очевидно, что данные факторы оказывают большое негативное влияние на сейсмостойкость зданий, замена этих факторов в СНиПе на неясные коэффициенты - это вынужденная мера, которая не нацеливает проектировщиков на разработку устройств, создающих конструктивную сейсмобезопасность. Не по этой ли причине во многих публикациях не даются оценки этим факторам, а при исследованиях новых конструкций, как например, при испытаниях американцами семиэтажного деревянного дома, прикрепленного к мощнейшей виброплатформе фундаменты не рассматриваются и тем более грунты.

Такие несистемные подходы к сложнейшей проблеме сейсмостойкого строительства не соответствуют требованиям ФЗ «Технический регламент безопасности зданий и сооружений» и оттесняют на задний план развитие методов конструктивной сейсмобезопасности, включая создание внешней сейсмозащиты системы (фундамент + здание).



Эти и другие вопросы требуют действий, но они, к сожалению, не нашли отражения в действующих грантах ФЦП 2009-2013 г.г. (программа). Необходимо развивать методы конструктивной безопасности и сейсмозащиты (изоляции). По поводу последней следует указать на ограниченность подходов, проникшую в проект новых строительных норм, в которых жестко указано, что **сейсмоизоляция должна устанавливаться выше фундамента**. Это неоправданное ограничение, которое не соответствует древнейшим сооружениям, дошедших до наших дней, и которые устраивались на большой наземной платформе.

В наших статьях, опубликованных в Сочи и Москве [2,3], а также в журнале «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений» была показана эффективность конструктивной сейсмобезопасности, в том числе использования пространственных фундаментных платформ **на скользящем слое, которые в десятки раз снижают сейсмические воздействия на фундамент и здание**. Развитие и применение данной сейсмозащиты заслуживает пристального внимания. Идеи использования подобной сейсмозащиты использованы еще в древнейших сооружениях, дошедших до наших дней. А сейчас развивается его современное конструктивное решение. Особое значение это имеет для сложных грунтовых условий в сейсмических зонах.

#### Литература

1. Абовский, Н.П. Конструктивная сейсмобезопасность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях /Н. П. Абовский, Н. И. Марчук, О. М. Максимова, В. И. Палагушкин, В. Г. Сибгатулин, И. Р. Худобердин :препринт; под ред. проф. Н. П. Абовского.- Красноярск : СФУ, 2009.- 186 с.

2. Абовский, Н.П. Геодинамическое районирование – основа разработки нормативов сейсмостойкого строительства на территории Красноярск-2020./Н.П. Абовский, В.Г. Сибгатулин, И.Р. Худобердин, С.М. Забродин. Вестник отделения строительных наук РААСН, вып. 13, т. 1, Москва-Орел, 2009.- с.5-16.

3. Абовский, Н. П. Некоторые проблемы сейсмостойкого строительства в Красноярском крае /Н. П. Абовский, В. Г. Сибгатулин, С.А. Перетокин, Т.Г. Краснокаменская, С. М. Забродин, И. Р. Худобердин. Сб. науч. статей. Междун. конф. Актуальные проблемы исследований по теории сооружений. Ч. 1. Москва. ЦНИИСК 2009.- 296-307 с.

**О ПРОЕКТЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗАКОНА: ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ» (К ОБСУЖДЕНИЮ ПРОЕКТА ЗАКОНА, ВНЕСЕННОГО В ГОСУДАРСТВЕННУЮ ДУМУ, ДЕПУТАТАМИ М.Л. ШАККУМОМ, В.В. ПАНОВЫМ И ДР.)**

Абовский Н.П., д-р техн. наук, проф.,  
Палагушкин В.И., канд. техн. наук, доцент,  
Худобердин И.Р., аспирант  
(Институт градостроительства и управления региональной экономики СФУ),  
Красноярск  
Москвичев В.В., д-р техн. наук, проф.,  
Сибгатулин В.Г.  
(Красноярский научный центр СО РАН), Красноярск

Необходимость в принятии Федерального Закона «О безопасности зданий и сооружений» (в Государственную Думу внесен проект Федерального Закона № 177567-5 «Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений». Законопроект разработан во исполнение пункта 1 статьи 9 Федерального закона от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ «О техническом регулировании») вызвана участившимися аварийными ситуациями [1]. Поэтому оценка действенности и результативности такого закона крайне важна.

1. Анализ основных причин происходящих аварий должен был бы предшествовать содержанию проекта «Закона» и нацеливать на устранение и предупреждение этих причин. Однако это не сделано и поэтому содержание проекта «Закона» не имеет нужной целенаправленности, хотя содержит обширный охват вопросов, но не всех.

Целесообразно акцентировать внимание на такие объективные причины:

- Недостоверность и неопределенность исходных данных для проектирования, в том числе сейсмических и других экстремальных воздействий, вызванных недостаточным развитием науки и недостаточным изучением техногенных процессов;

- Существенное снижение уровня подготовки и квалификации огромного количества современных проектировщиков, которые выросли при сниженных требованиях к инженерному образованию. Для примера скажем, что в 70-80 гг. прошлого столетия, когда в Красноярской государственной строительной академии учился будущий министр МЧС Шойгу С.К., на расчетно-конструкторские дисциплины выделялось в два-три раза больше учебного времени и практики, чем в последние 10-15 лет по государственному образовательному стандарту. Поэтому большинство

нынешних проектировщиков, не имея достаточной теоретической подготовки, ориентируются на компьютерные программы без понимания их принципов работы (как на «черный ящик»), безраздельно доверяя таким результатам. Эти результаты требуют глубокого осмысления особенно на предмет реального соответствия инженерной конструкции.

- Известно, что требования безопасности и экономичности проекта противоречивы, т.е., например, увеличение расхода материала и др. средств с целью повышения уровня безопасности увеличивает экономические затраты, которые традиционно подсчитываются без учета требований безопасности. Они отражают лишь начальный период строительства и эксплуатации и не учитывают долгосрочной перспективы надежности и безопасности. Эта «близорукая» экономичность нередко дорого обходится впоследствии. Известно, что существующие нормативные технико-экономические показатели проекта не включают требования безопасности. Аналогично при проведении экологической экспертизы проекта (оценка воздействия на окружающую среду - ОВОС) не рассматривается вопрос безопасности (это имело место, например, с проектом Богучанской ГЭС);

- Задача проектирования заключается в нахождении компромиссного решения многопараметрической задачи, т.е. достижение требуемого уровня безопасности (надежности) при рациональных затратах. Реализовано это может быть лишь при высококвалифицированном проектировании, научном и экспериментальном сопровождении. При использовании новых инженерных решений для ответственных сооружений, особенно в тех случаях, когда наука еще недостаточно развита (отстает от потребностей проекта) или имеется неопределенность внешних воздействий и т.п., необходимо проведение экспериментальных исследований, особенно на заключительном этапе до приемки в эксплуатацию.

Понятно, что никакой законодательный акт не может заменить все эти положения, которые должны быть предусмотрены в «паспорте проекта и территории» (см. ниже п. 2). Закон может лишь указать на его содержательность и определить ответственность и лиц за его исполнение. Необходимо узаконить документ «паспорт объекта и территории», его содержание и ответственность за его исполнение.

2. Главным недостатком данного проекта «Закона» является отсутствие концептуального положения и документа, определяющего безопасность зданий и сооружений. В законе не определяется понятие «безопасность объекта», «безопасность строительной площадки», «безопасность города» и т.п. В данном проекте «Закона» имеются многие расплывчатые качественные определения и требования (о некоторых четко указано в официальном отзыве зам. Председателя правительства Собянина С.) [2], которые не могут заменить конкретных четких данных, которые должны содержаться в «паспорте объекта и территории», отражающем индивидуальные особенности объекта. Определяющим документом должен

быть «паспорт объекта и территории», который должен являться неотъемлемой частью проекта и действовать на всех этапах жизненного цикла строительного объекта (проектирование, строительство, эксплуатация, плановые ремонты и мониторинг в процессе эксплуатации) Все состояния безопасности объекта должны на всех этапах отражаться в данном «паспорте», ответственность за его содержание и надежность несет проектировщик.

Предложение: ввести в «Закон» понятие «Паспорт объекта и территории» и переработать по отношению к нему все требования к эксплуатации и безопасности на всех этапах жизненного цикла объекта. Особое значение это имеет при стечении неблагоприятных грунтовых условий и сейсмичности. В паспорте должны быть отражены требования к территории, со стороны которой динамические воздействия могут служить причиной аварийных ситуаций сооружений.

3. Одной из главных причин небезопасности является несистемность и неполноценность исходных данных для проектирования, в первую очередь инженерно-геологических изысканий, которые, как правило, не оценивают сейсмичность строительной площадки (ориентируясь на усредненные нормативные показатели для обширной территории), наличие возможных оползней, карст и т.п. Этому способствует имеющиеся «допущение» в СНиПе, скрываясь за которым можно не проводить сейсмическое микрорайонирование данной конкретной площадки [3].

Предложение: включить в «Закон» как обязательное требование для ответственных объектов определение сейсмичности площадки путем проведения работ по сейсмическому микрорайонированию. В развитии данного федерального закона должны быть приняты соответствующие региональные акты.

4. Необходимо ожесточить требования к проведению экспертизы ответственных проектов. Одиочное одностороннее рецензирование часто недостаточно. Надо шире привлекать научно-техническое сопровождение проектирования, строительства и эксплуатации, а для ответственных объектов – проведение экспериментальных исследований (как это принято, например, в мостостроении).

5. Необходимость повышенной требовательности и ответственности к выполнению закона «Безопасность зданий и сооружений» объясняется тем, что имеющиеся в других нормативных документах (например, в «Градостроительном кодексе») требования безопасности прописаны недостаточно четко и не выполняются полностью или рассматриваются как второстепенные (к сожалению, печальный опыт работы на местах), т.к. текущие проблемы затмевают важность и перспективность безопасности сооружений. Отношение к выполнению мер безопасности должно быть такими как сказал президент РФ: «Экономить на безопасности преступно». К примеру, развитие города Красноярска происходит без наличия карты

сейсмического микрорайонирования, не проводится уточнение сейсмических нагрузок методом сейсмического микрорайонирования (СМР) для ответственных сооружений.

Также задерживается участие Красноярского края в реализации федеральной целевой программы "Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009 - 2013 годы", направленной на снижение объемов несейсмостойкого строительства, несмотря на то, что ряд построенных и строящихся объектов расположены в зонах повышенной сейсмической опасности (7-7,5 баллов по сравнению с нормативными 6 баллами) [4]. К сожалению, многие проектировщики продолжают пользоваться усредненной шкалой оценок сейсмической опасности территории и допущением п.1.4 СНиП II-7-81\*, которое создает лазейку для того, чтобы не проводить работы по СМР. Государственная экспертиза проектирования, к сожалению, пока не учитывает эти серьезные обстоятельства, отражающие изменение сейсмической опасности в городе Красноярске.

Произошедшие аварии в Красноярском крае еще не приучили к повышенной ответственности к безопасности и многие продолжают жить в надежде на «Авось» и стремлением к сиюминутной выгоде.

Необходимо принять правило зарубежных крупных банков, которые при инвестировании денежных средств, требуют как первоочередное обязательное условие, выполнение всех технически возможных мероприятий по обеспечению безопасности строительного объекта. По-нашему мнению в «Градостроительный кодекс» должны быть внесены изменения, предусматривающие как первоочередные приоритетные мероприятия, обеспечивающие безопасность зданий и сооружений, ибо потерявший голову по волосам не плачет.

Предложение: В «Градостроительный кодекс», гл.1, ст. 2 внести изменения в пункты 7 и 8, отражающие приоритетность безопасности, в том числе и сейсmobезопасности.

## Литература

1. Шаккум, М.Л. Проект федерального закона № 177567-5 «Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений»/ М.Л. Шаккум, В. В. Панов, И. Н. Руденский и др.
2. Официальный отзыв на проект федерального закона № 177567-5 «Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» зам. Председателя правительства РФ Собянина С. Исх. На №2.12-17/320 от 15 апреля 2009 г.
3. СНиП-11-7-81\* по состоянию на 1 января 2000 г. Строительство в сейсмических районах. - М.: Госстрой СССР, 1982. 80 с.

4. Конструктивная сейсмобезопасность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях. Препринт-научное издание. /Н.П. Абовский, В.Г. Сибгатулин, И.Р. Худобердин и др. / Красноярск : Сибирский федеральный ун-т. 2009, - с 186.

УДК 69.059:624.131

## **ГЕОДИНАМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ – ОСНОВА РАЗРАБОТКИ НОРМАТИВОВ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ТЕРРИТОРИЮ «КРАСНОЯРСК 2020»**

Н.П. Абовский

С.М. Забродин

Т.Г. Краснораменская

С.А. Перетокин

В.Г. Сибгатулин

И.Р. Худобердин

Сибирский Федеральный Университет

Институт градостроительства, управления и региональной экономики

Научный инженерный центр геодинамики и сейсмостойкого строительства

В настоящее время нормативная база, регламентирующая сейсмостойкое строительство фактически отсутствует, так как с принятием федерального закона «О техническом регулировании» (2003), отменены действовавшие нормативные документы, а технический регламент сейсмостойкого строительства до сих пор не принят Госдумой. На краевом уровне региональные нормативы сейсмостойкого строительства также не разработаны.

Несмотря на значительный рост объёмов строительства в Красноярском крае, в том числе и строительство уникальных зданий (более 100 метров высотой, метро, торгово-развлекательные и общественные центры) проблема сейсмобезопасности строительных объектов органами власти практически не контролируется.

В настоящей статье изложены общие подходы, которые по нашему мнению должны быть положены в основу региональных нормативов сейсмостойкого строительства. Это особенно актуально в связи с распоряжением правительства РФ №1197-р от 15.08.2008 г. об утверждении концепции федеральной целевой программы «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009-2013 гг.».

На основе данной концепции будет принята федеральная программа на 5 лет (2009-2013 гг.). В рамках федеральной программы с участием края в софинансировании мероприятий можно прогнозировать затраты на сейсмобезопасность красноярского края на уровне 3,0 – 3,5 млрд. руб. на 2009-2013 гг.

Вместе с тем, без знания реальных геодинамических рисков (влияние землетрясений, оползней, карста, изменение уровня грунтовых вод и т.д.) использование значительных финансовых ресурсов по сейсмобезопасности, в конечном итоге будет неэффективно. Только на основе детальных карт геодинамических рисков, включая карты сейсмического микрорайонирования, уточнения сейсмической опасности (УСО) можно обеспечить эффективные меры безопасности жилых и производственных объектов. Без реализации этих мероприятий неизбежен высокий уровень ущерба от потенциальных землетрясений с сотрясаемостью 6-7 баллов в районе Красноярска, которые прогнозируются в ближайшие 3 – 5 лет.

В целях учета при строительстве реальных геодинамических факторов институт градостроительства, управления и региональной экономики (ИГУРЭ) СФУ (Сибирского федерального университета) и СКТБ «Наука» Красноярского научного центра Сибирского Отделения Российской Академии Наук организовали в начале 2008 г. научный инженерный центр геодинамики и сейсмостойкого строительства (НИЦГиСС) – “центр”.

В 2008 году “центр” выполнил районирование территории г. Красноярска по геодинамической опасности. При этом установлено, что более 35 % территории города характеризуются прогнозной сотрясаемостью от 7 до 7,5 баллов при нормативной сотрясаемости согласно карт ОСР-97 (А, Б) 6 баллов. Результаты геодинамического районирования будут использованы при разработке региональных нормативов сейсмостойкого строительства в Красноярском крае, т.к. краевые власти, наконец, озаботились проблемой сейсмостойкого строительства и планируют в 2009 году принять соответствующие региональные нормативы.

### **Обоснование сейсмической опасности на основе экспертных оценок геодинамических факторов**

В настоящее время оценка сейсмической опасности территории Российской Федерации проводится по картам сейсмического районирования, составленным под научным руководством и под редакцией В.Н. Страхова и В.И. Уломова [Комплект карт ОСР-97, 1999]. Они позволяют определить вероятный сейсмический балл для конкретно выбранной площади в зависимости от заданного времени и требований обеспечения надежности и сейсмобезопасности объекта. Однако, такой подход не учитывает изменение сотрясаемости по территории города. Корректное решение проблемы – выполнить сейсмическое микрорайонирование города, но это требует значительных средств и времени.

Поэтому нами использован подход, который применялся иркутскими исследователями (Шерман С.И. и др., 2003) для создания схемы микросейсмического районирования г. Иркутска и его окрестностей по геодинамическим факторам.

Для изучения процессов в литосфере составляются карты геодинамики или активности, возбуждения верхней мантии. Например, Н.А. Логачевым, С.И. Шерманом и К. Г. Леви [1991] предложено строить карты геодинамической активности литосферы по интегральному показателю, который отражает взаимосвязь между основными геолого-геофизическими параметрами на поверхности земли. Величина последних прямо отражает энергию глубинных процессов.

Именно сейсмичность является результатом деформации верхней, преимущественно хрупкой части литосферы. Она несет информацию об образовании очага землетрясения как результата движений и деформаций определенного объема литосферы, а также резких подвижек по разрывам в очаговой области. Магнитуда землетрясения при прочих равных условиях пропорциональна скорости деформаций, размерам области накопления напряжений, мощности деформируемого слоя, размерам структур, глубине очага и некоторым другим параметрам. Важно, что потенциальная магнитуда землетрясений пропорциональна интенсивности тектонического процесса в литосфере. Поэтому зафиксированную за историческое время максимальную магнитуду землетрясения в определенном районе можно рассматривать в качестве одной из комплексных физических характеристик геодинамики литосферы - как его сейсмический потенциал [Логачев и др., 1987].

В таблице 1 приведена геодинамическая активность литосферы Сибири и ее сейсмический потенциал (по Шерману, 2003)

Таблица 1 - Геодинамическая активность литосферы Сибири и ее сейсмический потенциал

Интегральный показатель геодинамической активности литосферы [Логачев и др., 1990]	Максимальная магнитуда зарегистрированных землетрясений	Сейсмический потенциал	
		балл	его экспертная оценка
1	<5.7	<6	<120
2	5.7-6.5	6-7	120-140
3	6.5-7.0	7-8	140-160



4	7.0-7.3	8-9	160-180
5	>7.3	>9-11	>180

Заметим, что стандартная общепринятая 12-балльная шкала MSK-64 для удобства последующих подсчетов трансформирована в экспертную шкалу (Таблица2), где заложен полуколичественный принцип построения, основанный на экспертных оценках.

Основные геодинамические факторы и их экспертные оценки можно условно разделить на две генетические группы, существенно влияющие на региональные проявления сейсмичности и ее социальные последствия: 1) геолого-геофизические и 2) инженерно-геологические и гидрогеологические.

Таблица2 - Сейсмическая интенсивность и ее экспертная оценка [Шерман С.И., 2003].

Сейсмическая интенсивность, балл (по MSK-64, MMSK-92, уточнением)	Сумма экспертных оценок по геодинамическим факторам	Относительная устойчивость территорий для прогноза необходимой сейсмостойкости сооружений
12 - 11	240 - 220	Весьма неустойчивая (непригодна)
10 - 9	200 - 180	Весьма неустойчивая
8 - 7	160 - 140	Неустойчивая
6 - 5	120 - 100	Устойчивая
4 - 3	80 - 60	Весьма устойчивая
2	20	Тоже

*Региональные геолого-геофизические факторы объединяют тектонические, неотектонические и геоморфологические параметры. В основе этой группы факторов лежат типы пород, их комплексы или отдельные породы, крепость пород, структура геологического разреза, наличие разломов и их ранговая принадлежность. Каждому из названных факторов придана экспертная оценка, подобранная опытным путем по инженерно-геологическим изысканиям при строительстве в городе*

**Красноярске и его окрестностях. Исключение составляет показатель крепости горных пород (f). Как известно, крепость горных пород f определяется по таблицам М.М. Протодяконова [1955; Справочник (кадастр)..., 1975].**

Наличие прямой пропорциональности между безразмерным коэффициентом крепости М.М. Протодяконова и удельной энергией разрушения - важный фактор, объясняющий, почему коэффициенты крепости f хорошо отражают различные механические свойства горных пород при разрушении и прочно укоренились в практике.

Экспертная оценка интересующего нас комплекса пород принималась как  $10/f$ , т. е. чем слабее порода, тем выше ее экспертная оценка (3).

Таблица 3 - Горные породы и их экспертная оценка (по М.М. Протодяконову [1955]; с дополнениями) [Шерман С.И., 2003].

Категория	Степень крепости пород	Порода	f	Экспертная оценка
I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты. Исключительные по крепости другие породы	20	0,5
II	Очень крепкие	Очень крепкие гранитовые породы. Кварцевый порфир, кремнистый сланец. Самые крепкие песчаники и известняки	15	0,6
III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитовые породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Крепкий конгломерат	10	1
IIIa	То же	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор, доломит	8	1,2
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды	6	1,5
IVa	То же	Песчанистые сланцы. Сланцеватые песчаники	5	2
V	Средние	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4	2,5
Va	То же	Разнообразные сланцы (некрепкие). Плотный мергель	3	3,3
VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец, очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт.	2	5

		Мергель. Разрушенный Сцементированная галька		
VIa	То же	Щебенистый грунт. Разрушенный сланец, щебень. Отвердевшая глина	1,5	7
VII	Мягкие	Глина. Мягкий каменный уголь, глинистый грунт	1,0	10
VII a	То же	Легкая песчанистая глина, лесс, гравий	0,8	12
VIII	Землистые	Растительная земля. Торф. Легкий суглинок, сырой песок	0,6	16
IX	Сыпучие	Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5	20
X	Плывучие	Плывуны, болотистый грунт, разжиженные грунты	0,3	33

Существенное влияние на прочность горных пород оказывает степень тектонической деструкции региона. По масштабам проявления и в зависимости от детальности изучения региона предлагается выделять два уровня деструкции, определяемых наличием региональных и (или) локальных разломов и расстоянием до них оцениваемых объектов. Данные опираются на работы по оценке областей динамического влияния разломов [Шерман и др., 1983; Sobolev et al., 1997; Sherman, 1998; и многие др.]. В совокупности показатели степеней региональной и локальной деструкции отражают влияние разломной и трещиной тектоники на потенциальную сейсмичность и реакцию геологического субстрата на землетрясения. Эта реакция зависит от геологической значимости разлома и его иерархического уровня, ширины области его динамического влияния и расположения районированной по сейсмическому потенциалу территории от осевой части области динамического влияния разломов (таблица 4).

Таблица 4 - Экспертная оценка степени тектонической деструкции

Разломная тектоника	Расположение территории от осевой части области динамического влияния разломов, м	Экспертная оценка
---------------------	---	-------------------

Региональные Разломы	<200	2
	>200	1
Локальные разломы	<200	1
	>200	0

Особая роль в группе обсуждаемых факторов придается структуре вертикального разреза, для чего вводится показатель, отражающий вертикальную структуру разреза. Он учитывает два принципиальных типа разрезов: однородный и слоистый, причем в последнем случае экспертные оценки предусматривают варианты переслаивания пород высокой, низкой или разной степеней прочности. Наиболее низкая экспертная оценка принята для максимально устойчивого разреза, образуемого однородным прочным массивом (таблица 4).

Не меньшее значение имеет и угол наклона земной поверхности. С его увеличением изменяется динамическая устойчивость пород в разрезе и повышается вероятность их смещений при воздействии сейсмических колебаний, что и в определенной мере учтено в таблице 5.

Таблица 5 - Экспертная оценка структуры вертикального разреза

Строение разреза	Характеристика	Экспертная оценка	Поправочный коэффициент на уклоны		
			0-3	3.1-15	>15
Однородный	Породы низкой и высокой прочности	Соответственно 2/1	0/0	1.5/0	2.0/0.5
Слоистый	Переслаивание пород высокой, низкой и разной степеней	Соответственно 1/2/4	1	1.25	1.5

### **Группа региональных инженерно-геологических и гидрогеологических факторов**

Большую роль при региональном или микросейсмическом районировании играют экзогенные процессы. Нередко их интенсивное развитие в конкретных регионах или локальных участках может привести к полному отказу от строительства или других типов хозяйственного освоения территорий. Принято учитывать ведущие экзогенные процессы: закарстованность, оползни,

просадочные и криогенные явления, подтопление, суффозию. Экспертные оценки этих факторов растут по линейному закону, достигая максимальных значений для катастрофично протекающих процессов или процессов с площадным характером проявления (Таблица 6).

Таблица 6 - Экспертная оценка группы экзогенных факторов

Процесс	Степень развития процессов	Экспертная оценка степени развития процессов
Карстопоявление	Высокая/средняя/слабая	4/2/1
Оползни	Высокая/средняя/слабая	4/2/1
Просадочные	Высокая/средняя/слабая	4/2/1
Криогенные явления	Высокая/средняя/слабая	5/3/1
Эрозионные (овраги, плоскостной смыв)	Высокая/средняя/слабая	6/4/2
Суффозия		6

Существенное влияние на прочностные свойства и динамическую устойчивость геологического основания оказывают степень обводненности горных пород и положение верхнего уровня грунтовых вод. Чем выше уровень грунтовых вод, тем менее динамически устойчива территория по отношению к сейсмическим воздействиям. В качестве максимального значения экспертной оценкой принят уровень грунтовых вод – 5 метров (Таблица 7).

Таблица 7 - Экспертная оценка уровня подземных вод, влияющего на потенциальную реакцию геологической среды на сейсмические колебания

Уровень грунтовых вод от поверхности, м	Экспертная оценка по типам напора вод		
	Безнапорные	Напорные воды с величиной напора	
До5/10/15/>15		до 10 м	>10м
	Соответственно 2/1/0.5/0	Соответственно	Соответственно 2/2/1/1

**На основе изложенных принципов выполнена оценка потенциальной сейсмической опасности территории г. Красноярск и его окрестностей в соответствии с вышеперечисленными геодинамическими факторами**

Для этого территория города разбита на 247 прямоугольных ячеек. В результате составлена схема сейсмического районирования по

геодинамическим факторам (Рис. 1). По величине интенсивности вся территория разделена на районы с сейсмичностью 6.0, 6.5, 7.0, 7.5 баллов.

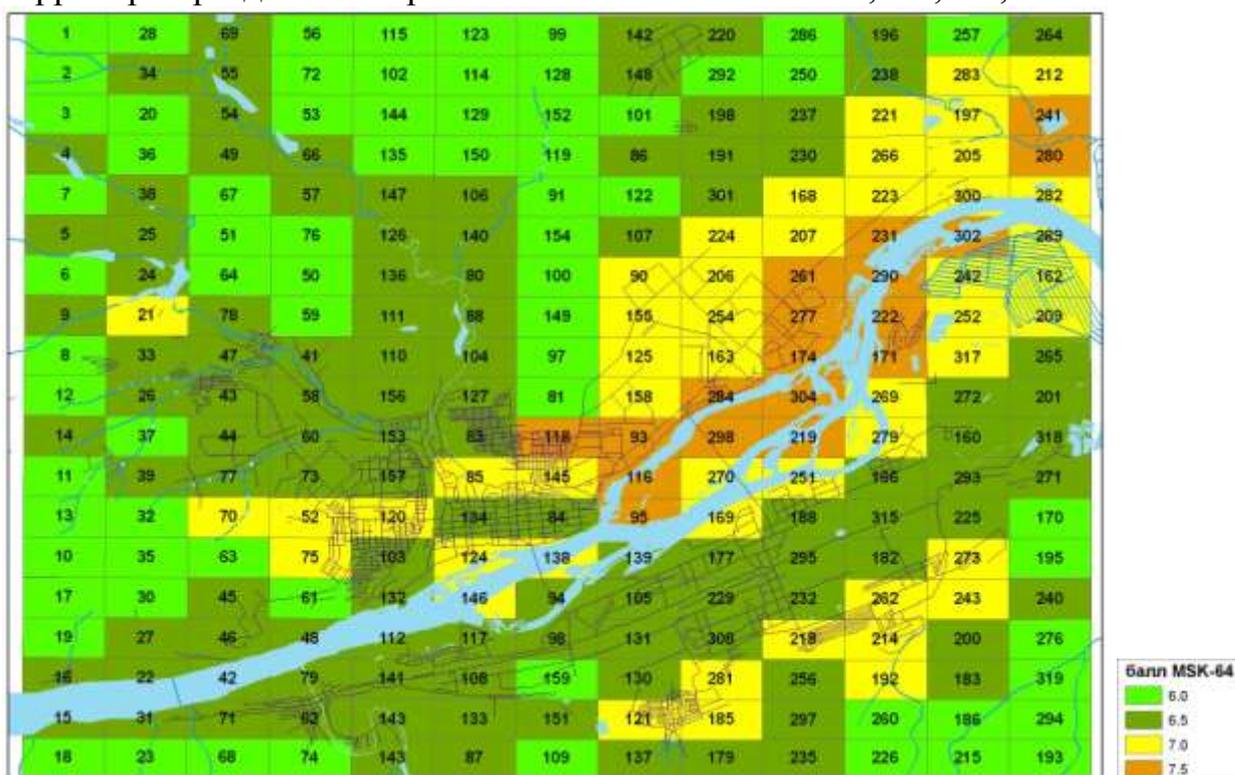


Рис. 1 – Схема сейсмического районирования территории г. Красноярск и его окрестностей на основе экспертной оценки геодинамических факторов.

Помимо районирования по экспертным оценкам геодинамических факторов специалистами “центра” на территории г. Красноярск выполнены инженерно-геофизические исследования по методу акустических жесткостей. В результате установлено приращение сейсмической интенсивности в 110 точках на территории города. При этом практически везде получен прирост сотрясаемости от 0,1 до 1,5 баллов по отношению к эталонным грунтам. На основе данных о геологическом строении по результатам бурения инженерно-геологических скважин на строительных площадках выполнено математическое моделирование и рассчитаны амплитудно-частотные спектры реакции геологической среды на сейсмические воздействия. Полученные в результате моделирования акселерограммы (Рисунок 2) в 110 точках на территории города позволяют наряду с приращением сотрясаемости (бальности) учитывать возможные амплитудно-частотные резонансы в основаниях проектируемых сооружений.

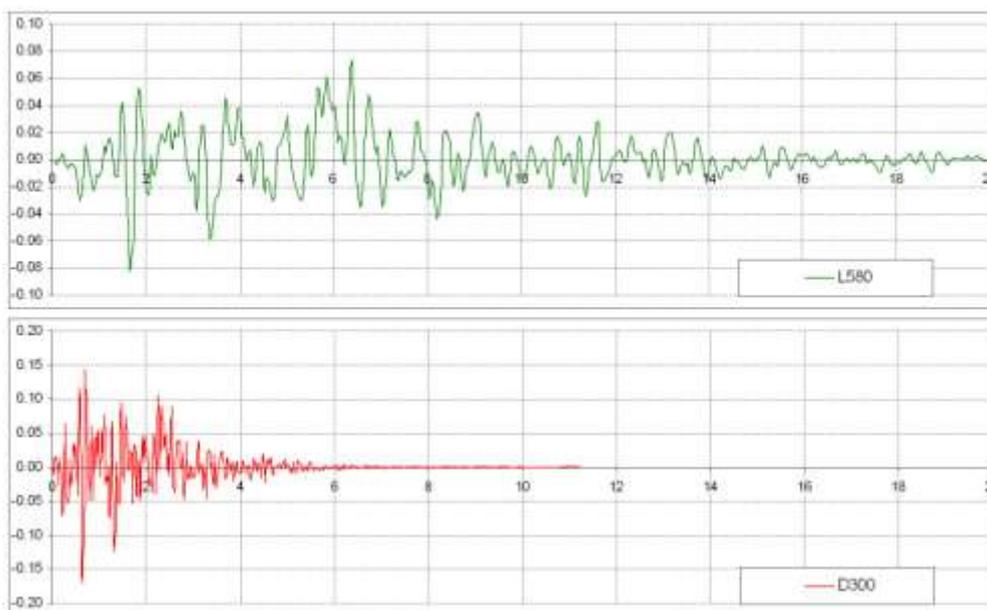


Рис. 2 – Синтетические акселерограммы для зон ВОЗ.

При этом получена хорошая сходимость инженерно-геофизических данных, результатов математического моделирования и экспертных оценок геодинамических факторов, что повышает достоверность выполненного сейсмического районирования территории г. Красноярска.

Для обоснования региональных нормативов сейсмостойкого строительства необходимо увязать между собой геодинамические риски и СНиПы на строительство. Новая концепция проектирования сейсмостойких зданий и сооружений состоит в обязательном выполнении трех условий:

- несущие конструкции зданий и сооружений должны обладать запасом сейсмостойкости, достаточным для неоднократного восприятия расчетной сейсмической нагрузки без существенных повреждений;
- несущие конструкции зданий и сооружений должны обладать запасом сейсмостойкости, достаточным для однократного восприятия сейсмической нагрузки, превышающей расчетную на один балл, без обрушения сооружения в целом или его отдельных частей;
- инженерные коммуникации должны обладать такой же сейсмостойкостью, как здания и сооружения.

Для достижения поставленной цели расчет сооружений и коммуникаций на сейсмическую нагрузку, соответствующую сейсмичности площадки, должен проводиться по второму предельному состоянию; расчет на нагрузку, превышающую сейсмичность площадки на один балл, — по первому предельному состоянию.

При проектировании особо ответственных зданий и сооружений несущие конструкции должны быть рассчитаны по второму предельному состоянию на нагрузки, превышающие расчетную сейсмичность площадки

на один балл, и по первому предельному состоянию — на нагрузки, превышающие расчетную сейсмичность площадки на два балла.

Поставленная цель соответствует основным положениям СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия», означает отказ от практики балансирования на грани сейсмического разрушения сооружений в современных условиях недостаточности знаний о силе и характере предстоящего землетрясения и об особенностях работы сооружений под сейсмической нагрузкой.

Сейсмическое районирование и сейсмическое микрорайонирование должны проводиться по двум параметрам; по ускорению и по упругому перемещению горизонтальных сейсмических движений грунта основания. На картах сейсмического районирования каждому району должны быть назначены соответствующие нормативные (средние) ускорения и упругие перемещения сейсмических движений грунта, а также диапазон их изменения в пределах района. Задача сейсмического микрорайонирования — уточнение расчетных значений ускорений и упругих перемещений сейсмических движений грунта в границах диапазона, установленного картой сейсмического районирования.

Исходя из опыта разрушительных землетрясений, следует отказаться от снижения приведенных в СНиП 2.01.07-85 коэффициентов надежности. Кроме того, в состав длительных нагрузок необходимо включать температурно-климатические воздействия. Параметры вертикальной составляющей сейсмического движения грунта и угловой составляющей сейсмических поворотов грунта вокруг вертикальной оси определяются по данным сейсмического микрорайонирования строительной площадки и эпицентрального расстояния до возможного очага землетрясения.

Сейсмостойкость зданий и сооружений рекомендуется рассчитывать методом бегущих волн. При этом необходимо учитывать: пространственный нелинейный характер сейсмической реакции сооружения, податливость и инерционные свойства грунтов основания, накопление повреждений в узлах и элементах сооружения вследствие деструктивной, усталостной, коррозионной, температурно-влажностной дегградации материалов.

Спектральный метод расчета сооружений на сейсмический резонанс — частный случай метода бегущих волн, применимый в пределах линейно-упругой реакции системы «сооружение — грунт основания». Технология спектрального метода должна быть основана на применении реальных динамических характеристик этой системы и очищена от эмпирических коэффициентов, лишенных физического содержания и потому не поддающихся проверке или уточнению экспериментальным путем. В расчетах высотных (более 15 этажей) сооружений на акселерограммы сейсмических воздействий необходимо отказаться от гипотезы мгновенного распространения в сооружении воли напряжений и деформаций и учитывать реальные скорости движения изгибных поперечных волн.



Расчет особо ответственных зданий и сооружений в общем случае следует производить методом бегущих волн на индивидуальную искусственную сейсмограмму-эталон. Сейсмограмма-эталон составляется после разработки расчетной модели сооружения и представляет собой последовательность участков сейсмограмм, наиболее опасных для сооружения во время действия каждого участка. Амплитуды перемещений и ускорений в сейсмограмме-эталоне ограничены сверху пределами их изменения в расчетном землетрясении. Если с помощью сейсмограммы-эталона не удалось довести расчетную модель сооружений до предельного состояния, это означает беспредметность поиска реальной инструментальной сейсмограммы той же интенсивности, способной довести расчетную модель сооружения до предельного состояния. В этом случае требование п. 2.2.6 СНиП II-7-81\* выполнено. Такой подход к расчету особо ответственных зданий и сооружений тем более обоснован, чем меньше уверенности в достаточной полноте выборки инструментальных записей сейсмических движений грунта.

В расчетах на сейсмостойкость расчетные модели типовых зданий и сооружений, в том числе параметры движения волн напряжений и деформаций, должны быть идентифицированы с помощью натуральных испытаний. При проектировании особо ответственных зданий и сооружений идентификации подлежит индивидуальная расчетная модель каждого объекта.

В качестве основного средства достижения поставленной цели проектирования рекомендуются специальные конструктивные мероприятия, направленные на снижение сейсмической нагрузки на здания и сооружения. Наиболее универсальное и эффективное средство снижения сейсмической нагрузки — сейсмоизоляция — позволяет достичь этой цели и обеспечить относительно небольшую стоимость сейсмостойкого строительства.

Применение сейсмоизоляции позволяет внести в сейсмостойкое строительство большее разнообразие архитектурных форм и размеров, в частности увеличить строительство зданий с несимметричными конструктивными схемами, расширить применение кирпичной и каменной кладки.

Конструктивная схема сооружения должна обеспечить статическую неопределимость внутренних сейсмических сил в основных несущих конструкциях. Для сейсмостойкого строительства неприемлема конструктивная схема сооружения с основными статически определимыми несущими связями, не обладающая в предельном состоянии способностью к перераспределению внутренних сил в другие — «лишние» связи. В пользу этого положения говорит опыт разрушения Спитакским землетрясением зданий с ядрами жесткости и разрушение «сейсмостойких» зданий в Кобе (Япония) в 1995 году.

Интеграция результатов выполненного сейсмического районирования территории г. Красноярска и изложенных выше требований к проектированию зданий и сооружений позволит разработать региональные нормативы сейсмостойкого строительства на территорию Красноярской агломерации (Красноярск 2020).

#### Литература

1. Бондарев, В.П. Геоморфологический анализ тектонических блоков / В.П. Бондарев // Общая и региональная геология, геология морей и океанов, геологическое картирование: обзор / АОЗТ «Геоинформмарк». – М., 1996. - 43 с.
2. Гурвич, И.И. Сейсморазведка / И.И. Гуревич М. : Недра, 1975. - 408 с.
3. Гусев, А.А. О сейсмологической основе норм сейсмостойкого строительства в России / А.А. Гусев // Физика Земли.- 2002.- № 12. - С. 56-70.
4. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8000000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах / В.И. Уломов, Л.С. Шумилина. М.: ОИФЗ, 1999.- 57 с.
5. Кофф, Г.Л. Изучение разломов при инженерно-геологических исследованиях в сейсмоактивных областях / Г.Л. Кофф, Р.М. Лобацкая. Варшава : -ПГИ, 1991.- 224 с.
6. Сибгатулин, В.Г. Оценка сейсмической опасности юга Центральной Сибири / В.Г. Сибгатулин, К.В. Симонов, С.А. Перетокин. – Красноярск : КНИИГиМС, 2004.- 194 с.
7. СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.- М. : ГУПЦПП,-1997.
8. СНиП П-7-81. Строительство в сейсмических районах: М.: Стройиздат, 1982.-49 с.
9. Шерман, С.И. Физические закономерности развития разломов земной коры / С.И. Шерман.- Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1977. - 102 с.
10. Шерман, С.И. Региональная шкала сейсмической интенсивности для Прибайкалья / С.И. Шерман, Ю.А. Бержинский, Н.И. Демьянович, В.А. Павленко / Проблемы сейсмичности Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский.- 1999. - С. 135-137.
11. Шерман, С.И. Некоторые проблемы построения региональной шкалы сейсмической интенсивности и пути их решения / С.И. Шерман, Ю.А. Бержинский, Н.И. Демьянович, В.А. Павленов // Проблемы земной цивилизации. Иркутск : ИрГТУ, Вып. 1, ч. 1. 1996. - С. 156-164.
12. Шерман, С.И. Региональная шкала сейсмической интенсивности для Прибайкалья / С.И. Шерман, Ю.А. Бержинский, В.А. Павленов / VI Междунар. конф. "Современные методы»

13. Шерман, С.И. Области динамического влияния разломов / С.И. Шерман, С.А. Борняков, В.Ю. Буддо. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1983. - 101 с.

14. Шкала и система измерения сейсмической интенсивности в баллах // Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. М. : Наука, 1975. - С. 7-10.

15. Айзенберг, Я. М. Концепция Федеральной программы сейсмической безопасности Российской Федерации (2009-2010). Основные аспекты / Я.М. Айзенберг. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2001. - № 4.

УДК 69.059:624.131

## **СЕЙСМОГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И КОНСТРУКТИВНАЯ СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТЬ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ**

*Абовский Н.П., д.т.н., почетный член РААСН, профессор, СФУ, Сибгатулин В.Г., заслуженный геолог РФ, директор НП «ЭЦ РОПР», Палагушкин В.И., к.т.н., профессор, зав. кафедрой СМиУК, СФУ, Перетокин С.А., к.т.н, СФУ, Краснораменская Т.Г., к.г.м.н., СФУ, Забродин С.М., соискатель, СФУ, Худобердин И.Р., соискатель, СФУ.*

1. Состояние вопроса. Первые результаты геодинамического мониторинга.

1.1 Сейсмическая активность Красноярского региона

Для г. Красноярска и прилегающих территорий список известных достаточно сильных исторических землетрясений охватывает временной интервал порядка 200 лет. Первым достоверным значительным по макросейсмике сейсмическим событием в г. Красноярске является землетрясение 11 июня 1858 года. Это землетрясение внесено в официальный каталог сильных землетрясений как 6–7-балльное сейсмическое событие.

В центральной части Алтае-Саянской складчатой области (АССО), являющейся составной частью Центрально-Азиатского сейсмического пояса, располагается южная и наиболее населенная территория Красноярского края. В центре Красноярской промышленной агломерации, кроме г. Красноярска – одного из крупнейших промышленных центров Сибири, расположены города Железногорск (с объектами Горно-химического комбината), Дивногорск (с Красноярской ГЭС). На территории агломерации проживает более 1,5 млн. чел. Сейсмической опасности здесь могут быть подвержены города Красноярск, Канск, Ачинск и другие, но наибольшую опасность последствиями землетрясений представляют подземные и надземные сооружения Горно-химического комбината, Красноярская ГЭС, а также Саяно-Шушенская ГЭС, расположенная на юге края.

Большой общественный резонанс вызвали два землетрясения, очаговые зоны которых расположены на юге Красноярского края: Караганское землетрясение 27.10.2000 г., в 180 км на юго-восток от г. Красноярска,  $M_S=5.5$ , энергетический класс  $K=13.6$ ; Синеборское землетрясение 25.01.03 г. в районе п. Шушенское  $M_S=3.75$ , энергетический класс  $K=10.8$ . Оба эти события создали интенсивность сотрясений в Красноярске, Канске, Ужуре, Железногорске от 3 до 4 баллов. В результате краевые власти озаботились проблемой сейсмобезопасности и создали региональную систему мониторинга сейсмических событий. Таким образом, была создана эффективная система мониторинга и прогноза сейсмических событий. Однако, сейсмобезопасность требует знания не только где, когда и какой силы произошло (произойдет) событие, но и оценку сейсмостойкости зданий и сооружений. Только в городе Красноярске более 300 тыс. м<sup>2</sup> жилого фонда находится в аварийном состоянии, т.е. при незначительных геодинамических подвижках грунта (не говоря уже о вероятных сейсмических событиях в 5-6 баллов) возможны массовые порывы коммуникаций, разрушение ветхих зданий. Поэтому, наряду с мониторингом и прогнозом геодинамических событий, необходима работа по обеспечению сейсмической безопасности городской инфраструктуры, оценке сейсмодефицита зданий и сооружений и инженерному укреплению объектов, имеющих сейсмодефицит.

Среди многообразия вопросов обеспечения сейсмической безопасности выделяются две первостепенные задачи:

Уточнение сейсмических нагрузок с учетом геологических условий на основе сейсмического мониторинга и сейсмического микрорайонирования.

Обеспечение сейсмобезопасности путем применения соответствующих конструктивных элементов, способных снижать сейсмическое воздействие на фундамент и в целом на сооружение.

Для решения упомянутых задач путем интеграции знаний и специалистов сейсмологии, инженерной геологии, геофизики, математического моделирования и строительных наук СФУ и Красноярский научный центр СО РАН организовали научный инженерный центр геодинамики и сейсмостойкого строительства (НИЦГСС) в Красноярске.

### ***1.2 Оценка потенциальной сейсмической опасности территории г. Красноярска и его окрестностей в соответствии с геодинамическими факторами***

Изучение геологической среды территории г. Красноярска с позиции геодинамики для уточнения сейсмической опасности ранее не проводилось. С целью учета влияния грунтовых условий на сейсмичность в 2008 году СФУ совместно с НИЦГСС провели работу по уточнению сотрясаемости и разработали схему сейсмического районирования территории г. Красноярска.

Для построения схемы использовалась методика определения сотрясаемости ИЗК СО РАН, апробированная при построении карты сейсмического микрорайонирования для территории г. Иркутска [4], а также

математическое моделирование сотрясаемости на основе применения программы (Nonlinear Earthquake Response Analysis - NERA) и инженерно-геофизические исследования для уточнения влияния грунтов на исходную сейсмичность территории. Результаты в виде схемы сейсмического районирования территории г. Красноярска представлены на рисунке 1.

В свою очередь опрос населения о макроэффектах последнего ощутимого землетрясения, произошедшего 24 марта 2009 г. в 150 км от города, подтверждает результаты исследований. По результатам оценки геодинамических факторов на территории г. Красноярска выделено четыре зоны с различной вероятной интенсивностью сотрясаемости: 6; 6,5; 7; 7,5 баллов.

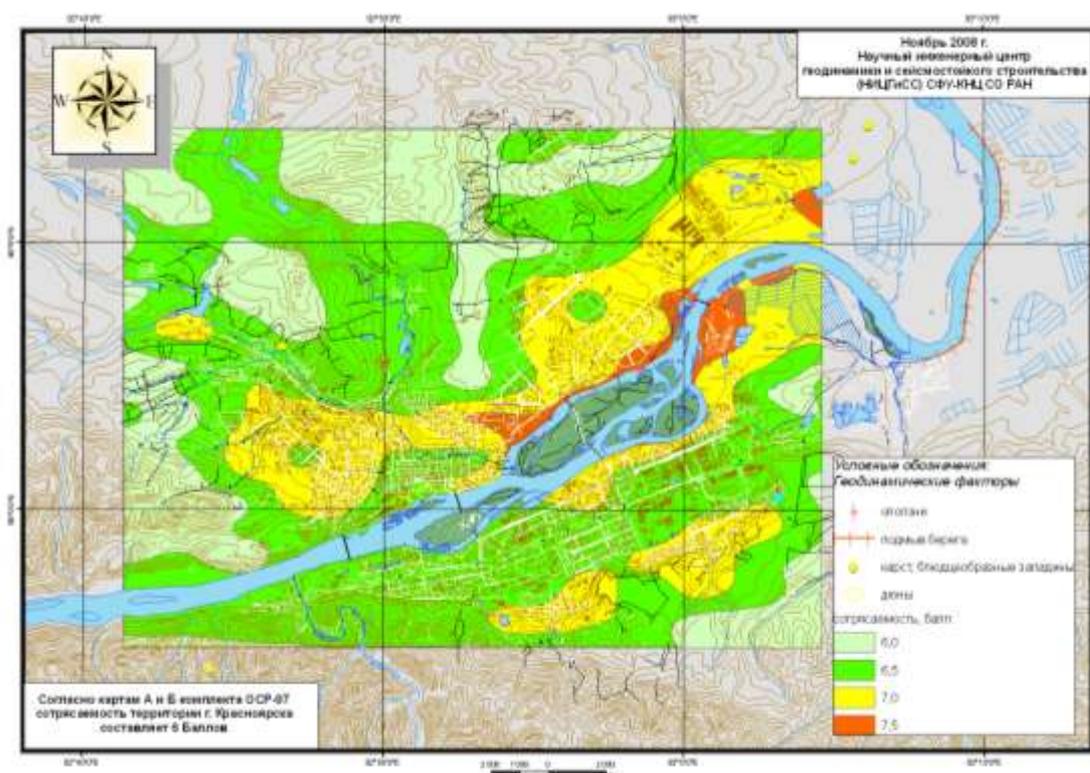


Рис. 1. Схема сейсмического районирования территории Красноярска

Город Красноярск и прилегающая территория относительно оценки сотрясаемости ОСП-97-А имеет в 70% приращение балльности от 0 до 0,5, и 30% от 1,0 до 1,5. Таким образом, около 30 % площади города находятся в 7-7,5 балльной зоне сотрясаемости при нормативной 6 баллов.

Зоны с самой высокой интенсивностью сотрясаемости в 7,5 баллов вытянуты вдоль береговой линии преимущественно на левом берегу р. Енисей в Центральном и Советском районах. Они приурочены к подмываемому берегу, осложненному развитием эрозионно-просадочных процессов и сложенному мощными лессовидными отложениями. Лесс,

легкая песчанистая глина, глинистый грунт относятся к III категории грунтов по сейсмическим воздействиям (СНиП-II-07-81\*, табл.1), эти породы значительно увеличивают интенсивность сотрясаемости земной поверхности при землетрясениях.

Семибалльные зоны сотрясаемости характеризуются преобладанием в разрезе рыхлых аллювиально-делювиальных четвертичных отложений, подверженных просадочным явлениям при техногенном затоплении, широко распространенном на территории большого промышленного города. К таким зонам отнесены отдельные площади преимущественно в Советском районе, отмечаются аналогичные неблагоприятные факторы, способствующие усилению сотрясаемости в Северо-Западном, Центральном, Ленинском районах города.

Зоны со значением 6,5 баллов занимают большую часть территории г. Красноярска. Для них характерно преобладание в разрезе непросадочной толщи грунтов, представленной галечниками или элювиальными отложениями, образованными в результате выветривания коренных пород. Осложняет данный разрез уклон поверхности рельефа, способствующий развитию плоскостного смыва и овражно-балочной сети, что значительно снижает крепость пород. С увеличением уклона изменяется динамическая устойчивость пород в разрезе и повышается вероятность их смещений при воздействии сейсмических колебаний, что и учтено при экспертной оценке.

Относительно устойчивые, 6-ти балльные зоны интенсивности сотрясаемости на территории города практически не распространены. Они приурочены к окрестностям города, на удалении от рыхлых речных отложений и техногенного подтопления, занимают отдельные поверхности пологих водоразделов. Разрез отложений здесь представлен в различной степени выветрелыми коренными породами средней крепости.

Очевидно, что существующая нормативная карта ОСР-97 масштаба 1 : 8 000 000 на территорию России [3], на основании которой строители должны устанавливать категории грунтов по сейсмическим воздействиям, не способна обеспечить необходимую детальность при городской застройке.

### ***1.3 Устранить противоречия между действующими федеральными документами***

До настоящего времени в Красноярском крае не проводились работы по сейсмическому микрорайонированию, а существующая нормативная карта ОСР-97 не обеспечивает детальность сейсмической опасности территории и дает весьма усредненные и зачастую заниженные оценки. Проведенный первый этап работ по сейсмическому районированию города выявил неравномерность и зоны повышенной на 1-1,5 балла сейсмической опасности. В свою очередь существующие федеральные документы на практике создают препятствие для проведения работ по сейсмическому микрорайонированию. Таким серьезным препятствием для проведения СМР является проявившееся противоречие между двумя действующими

федеральными документами: СНиП II-7-81\* пункт 1.4, в котором имеет место **допущение** использовать среднее значение интенсивности сейсмических воздействий на основе комплекта карт ОСР-97 и действующей ФЦП «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009 - 2013 годы» (постановление №265 от 23.04.2009 г.), нацеленной на снижение несейсмостойких зданий и сооружений. В Крае отсутствуют уточненные оценки сейсмических нагрузок на основе сейсмического микрорайонирования. Региональная власть не может отменить или ужесточить требование СНиПа II-7-81\* при проектировании и строительстве, а также при определении сейсмодефицита существующих зданий. Пользуясь этим, строительные и хозяйственные организации идут по пути наименьшего сопротивления и используют указанные допущения СНиПа II-7-81\* и не проводят работ по сейсмическому микрорайонированию. Это приводит к росту объемов несейсмостойкого строительства и неточности в определении сейсмодефицита для новых и старых строений.

## **2. Разработка вариантов конструктивной сейсмобезопасности для снижения сейсмических воздействий на систему в целом «фундамент-верхнее строение»**

Развитие и применение методов конструктивной сейсмобезопасности диктуется современной объективной необходимостью и объясняется требованиями повышения безопасности (живучести) строений, стремясь обойти сложности моделирования сейсмических воздействий и несовершенства теории и методов расчета.

В районах повышенной сейсмичности и сложных грунтовых условиях целесообразно вместо приспособления традиционных конструкций развивать новые конструктивные решения, в первую очередь фундаменты и сейсмозащитные устройства, снижающие сейсмические воздействия. Необходимо шире развивать применение конструкций и методов конструктивной сейсмобезопасности, используя как новые, так и древнейшие подходы. К таким подходам и принципам относятся:

- Рациональное пространственное формообразование цельной единой системы «фундамент-здание», в том числе многосвязанных замкнутых систем;
- Разработка конструкций малочувствительных к негативным сейсмическим воздействиям, в том числе пространственные фундаментные платформы (ПФП) на скользящем слое, расположенным между основанием и платформой;
- Первоочередное использование таких сейсмозащитных устройств, которые снижают (или предотвращают) передачу энергии сейсмических колебаний на фундамент и систему в целом. Таким устройствам целесообразно отдавать предпочтение по сравнению с

традиционной сейсмоизоляции, которая снижает воздействие на отдельные части здания.

### **2.1. О классификации методов сейсмозащиты**

Профессором Уздиным А.М. была предложена в 1993 году схема классификации сейсмозащиты, но в ней не предусмотрены способы внешнего снижения сейсмических воздействий и защитные устройства (экранные), в том числе малочувствительные конструкции, траншеи, фундаментные волногасящие платформы. Следует отметить, что в недавних обзорах и публикациях (в т.ч. в статье проф. В.И. Смирнова в журнале «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений» №2, 2008) по современным способам сейсмоизоляции также не упоминаются данные способы, т.е. данное направление развития способов внешней сейсмозащиты путем снижения сейсмического воздействия на здания (сооружения) не выделено и обделено вниманием, хотя его эффективность может быть в значительно большей степени, чем традиционные подходы.

Отметим принципиальные отличия данного направления от традиционных сейсмоизоляционных и защитных устройств: есть такое понятие в конструировании, как энергетическая (силовая) проводимость, т.е. оценка непрерывности силового потока от места приложения нагрузки через элементы конструкции к опорам. По мере энергетической проводимости можно оценивать взаимодействие элементов между собой, выяснять «узкие» места, концентрацию усилий и т.п.

Понимание состояния энергетической проводимости необходимо при создании (проектировании) конструкций и особенно важно для управления НДС конструкции. С этой позиции традиционная сейсмоизоляция и демпфирующие устройства, установленные между элементами конструкции (например, между фундаментом и верхним строением) нацелены на некоторое прерывание или рассеивание силового потока, который через фундамент поникает в другие части здания.

Говоря образно, языком военной стратегии «врага» (внешнее воздействие) пропускают на свою внутреннюю территорию «в ловушку, а затем рассеивают или уничтожают». Другая стратегия: врага не допустить на территорию «фундамент-здание». Эта стратегия предлагаемого снижения сейсмического воздействия, т.е. создание устройства (например, скользящий слой или заградительная траншея), при которых мощная сейсмическая волна «проскальзывает» под фундаментом или обходит его стороной, не проникая внутрь системы «фундамент-здание».

Примером может служить пространственная наземная фундаментная платформа на скользящем слое. Данная отличительная стратегия создает и новые конструктивные преимущества для сейсмостойкого строительства. Принципиально они объясняются следующим: при традиционной сейсмозащите используемые внутри здания устройства для прерывания или рассеивания энергетического потока ослабляют цельность системы, разделяя



одни части от других. Они являются как бы инородными включениями, которые при отсутствии сейсмике не нужны. Других функций не выполняют и удорожают строительство. Например, установка демпферов или кинематических опор и т.п. над фундаментом, или устройство гравийной подушки над свайным ростверком или скользящие пояса над фундаментом на металлических пластинах с упругими и жесткими демпферами – это традиционные примеры сейсмоизоляции, которые расчленяют систему на части и ослабляют ее.

Применяемые современные демпфирующие устройства, как правило, являются неконструктивными, т.е. дополнительными элементами. Предлагаемые устройства, например ПФП на скользящем слое, являются частью системы, которая укрепляет цельность всей системы и выполняет ряд конструктивных и эксплуатационных функций как при наличии, так и отсутствии сейсмике. Можно сказать, что ПФП на скользящем слое, представляет такое системное конструктивное решение, наделяющее систему свойствами, которые не имеют традиционные сейсмоизоляционные устройства.

Дополненная схема классификации приведена на рисунке 2.



Рис. 2. Дополненная классификация систем сейсмозащиты по принципу их работы (курсивом выделены дополнения)

## 2.2. О роли связей между фундаментом и основанием и возможности использования этих связей как управляющих

В действующих нормативных документах принято, что сейсмическое ускорение фундаментов (и всего сооружения) и основания совпадает. Однако инструментальные данные свидетельствуют, что ускорение фундаментов могут в несколько раз отличаться от ускорений грунтов основания [1].

Это обстоятельство можно объяснить тем, что не вся энергия сейсмического возмущения от грунта основания передается на фундамент,

т.е. передается некоторая часть возмущения из-за особенностей связей между фундаментом и основанием. «Потеря» (утечка) части этой энергии может происходить по двум причинам:

- из-за демпфирующего эффекта (естественного или искусственного инженерного) связей между фундаментом и основанием (в том числе из-за сейсмоизоляции);
- из-за «проскальзывания» горизонтальной сейсмической волны под фундаментом (при преодолении сил трения и специфики односторонних связей между фундаментом и основанием).

Отметим, что устройства демпфирования и сейсмоизоляции получили достаточное развитие. В то же время устройства для проскальзывания, в том числе путем регулирования и снижения трения, разработаны недостаточно. Хотя, современные успехи в создании новых материалов и технологий позволяют надеяться на прогресс в этой проблеме. Удалось показать на основе компьютерного моделирования [1], что устройство скользящего слоя (например, в виде нескольких слоев пленки) между фундаментной плитой и основанием приводит к снижению во много раз сейсмического воздействия на фундамент и верхнее строение.

Идея пространственных платформ с элементом проскальзывания имеет древнейшие исторические конструктивные корни во многих сооружениях, дошедших до наших дней. Можно надеяться, что конструкции проскальзывания получат современное конструктивное развитие и будут использованы в качестве управляющих параметров для повышения сейсмобезопасности зданий и сооружений.

### ***2.3. Некоторые принципы и решения конструктивной сейсмобезопасности***

С чего начинается конструктивная сейсмобезопасность? Прежде всего с пространственного формообразования системы и связи ее с окружающей средой (основанием), т.е. система, включающая верхнее строение вместе с фундаментом (будучи даже отделенной от основания) должна быть геометрически неизменяемой, многосвязной (так, чтобы обладать способностью перераспределения усилий при разрушении отдельных связей, т.е. чтобы локальные повреждения не вызывали глобального обрушения). Связи данной системы с основанием, т.е. источники сейсмических воздействий, не должны передавать (или уменьшать) негативные воздействия от основания на фундамент здания (сооружения). Таким негативным воздействием являются, главным образом (по мнению авторов) **горизонтальные** (тангенциальные) смещения. (В справедливости данной гипотезы авторы убедились на основе численного эксперимента моделирования).

Отсюда следует ряд принципиальных конструктивных предложений:

- фундамент вместе с верхним строением должен представлять замкнутую многосвязную (коробчатую) систему. Разобщение, устройство между фундаментом и верхним строением упругих демпферов, нежелательно. Создание зданий замкнутого типа, объединенных в одну цельную многосвязанную систему «фундамент - верхнее строение», например, коробчатого типа, способную воспринять сейсмические воздействия различного направления, что особенно важно при сложных грунтовых условиях, для неоднородных грунтовых площадок и др. Существенно снижается негативное воздействие несимметричных (в том числе крутильных) толчков, а также снимаются архитектурно-плановые ограничения, требующие проектирования симметричных конструкций. Важной эксплуатационной надежностью обладают здания замкнутого типа с пространственной фундаментной платформой на скользящем слое: они не теряют свойство сейсмостойкости при повторяющихся сейсмических воздействиях;
- используя пространственное формообразование, устраивать фундамент в виде сплошной платформы (ПФП) достаточной жесткости при уменьшенном весе, а также совмещение конструктивных и эксплуатационных функций. ПФП имеют малую чувствительность к неравномерности осадок (просадок), большая распределительная способность, большая изгибная жесткость при относительно меньшем расходе материала, теплоизоляционные свойства, резервную емкость и др.;
- между фундаментной плитой и основанием устраивать скользящий слой, минимизирующий передачу горизонтальных сейсмических смещений основания на фундаментную плиту, т.е. максимально снизить передачу сейсмических воздействий на фундамент. (сейсмическая волна проскальзывает под фундаментной плитой, оставляя ее практически на месте);
- между торцевой частью фундамента (в случае его заглубления) и основанием предусматривать воздушный зазор (или упругую засыпку), чтобы уменьшить (исключить) лобовое (фронтальное) воздействие волны на фундамент.

В итоге достигается экономичность и надежность, о чем свидетельствует опыт проектирования и строительства в сложных грунтовых условиях в г. Красноярске.

Отметим, что компьютерное моделирование платформ на скользящем слое показало снижение сейсмических воздействий во много раз.

*Таким образом, главной целью конструктивной сейсмобезопасности должны быть решения по снижению сейсмического воздействия на систему*

(здание+фундамент), а затем по изолированию (демпфирование, перераспределение и т.п.) отдельных частей здания от передавшихся на систему сейсмических воздействий.

В монографии [1] приведен ряд запатентованных разработок, в том числе зданий замкнутого типа с пространственной фундаментной платформой на скользящем слое (см. рисунок 3-5), а также опыт строительства в сложных грунтовых условиях.

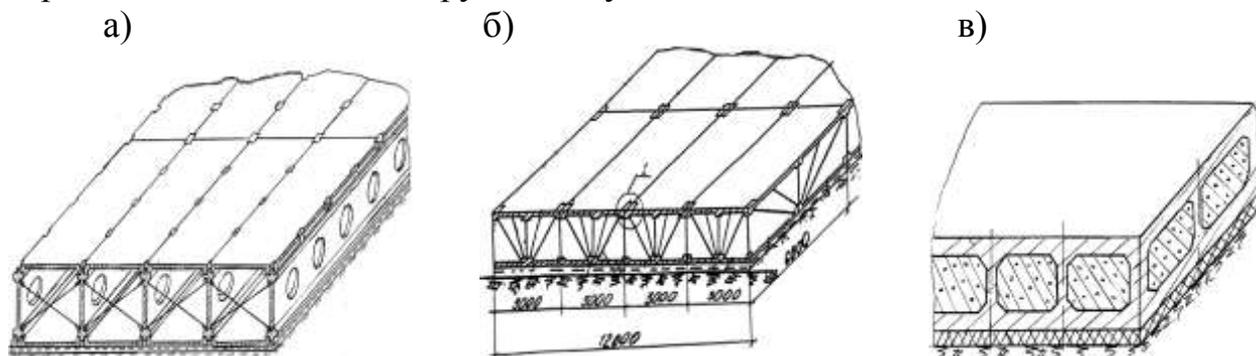


Рис. 3. ПФП для строительства на слабых и вечномёрзлых грунтах:  
 а) сборная железобетонная фундаментная платформа (патент № 2206665);  
 б) сборная сталежелезобетонная фундаментная платформа (патент № 38789);  
 в) монолитная фундаментная платформа (патент №44510)

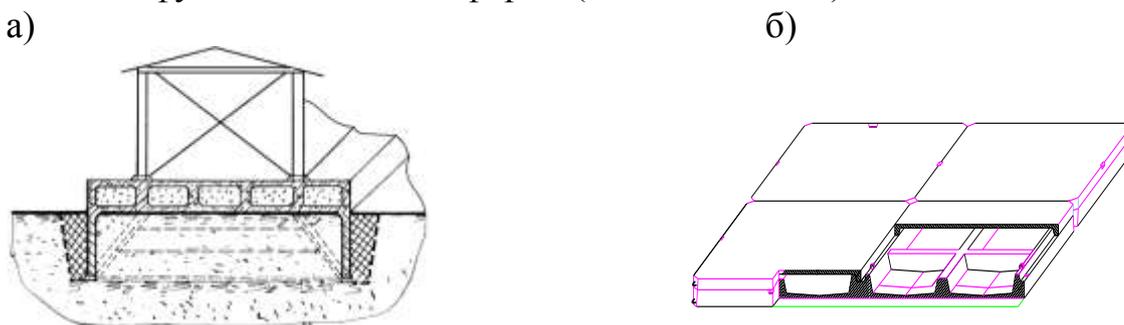


Рис. 4. а) ПФП со «стеной в грунте» под здания и сооружения для строительства на слабых грунтах и в сейсмических зонах (патент РФ № 64650); б) пространственная железобетонная фундаментная платформа в сборном и сборно-монолитном вариантах под малоэтажное строительство в сложных грунтовых условиях (патент РФ № 69094)

а) б)

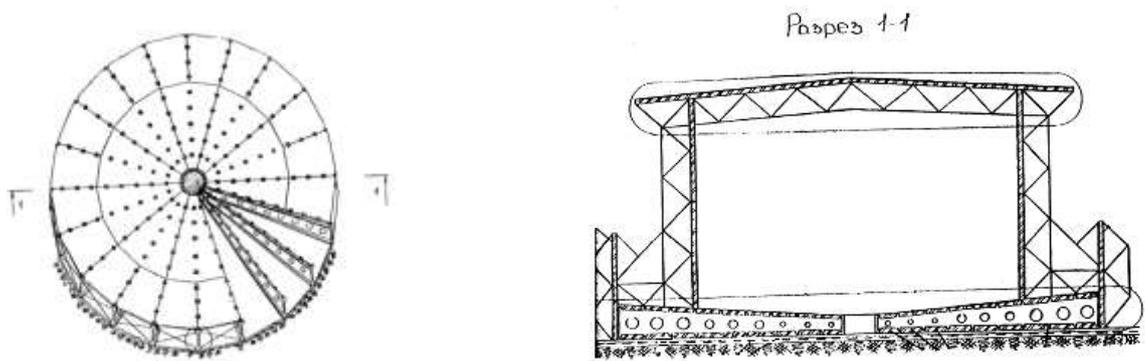


Рис. 5. а) пространственная фундаментная платформа б) поперечный разрез ПФП, объединенной с резервуаром в замкнутую систему, для строительства на слабых, вечномёрзлых, пучинистых грунтах и в сейсмических зонах (патент РФ №2273697)

Целесообразно, по идее, не допустить (или снизить) сейсмическое воздействие на систему, чем пропустить их и бороться с ними внутри самой системы.

Следует отметить, что традиционно методы и устройства сейсмоизоляции отдельных частей, например верхнего строения от фундамента покрытия от стен и т.п.) получили многообразные решения. В то же время методы и устройства, снижающие сейсмическое воздействие на систему в целом, разработаны недостаточно.

Действительно, в действующем СНиПе и многих публикациях даны полезные рекомендации по конструктивным решениям верхних строений из разных материалов, но практически полностью отсутствуют соображения (исследования) о влиянии типа фундамента и его связи с верхним строением как система и тем более приема уменьшения сейсмического воздействия на систему. Это касается и применения пространственных фундаментных платформ. В то же время изучение опыта древнейших выдающихся строений, дошедших до наших дней, показывает их эффективность и надежность [1].

### **3. Предложения в проект решения VIII Российской Национальной Конференции**

1. Устранить противоречие между действующими федеральными документами: пункт 1.4 СНиПа II-7-81\* и ФЦП «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009 - 2013 годы». Суть противоречия – в том, что допущение в п. 1.4 препятствует проведению работ по сейсмическому микрорайонированию. Строительные и хозяйственные организации, пользуясь этим допущением, не проводят работы по СМР, что ведет к росту объемов несейсмостойкого строительства. Региональная власть не может отменить и исправить такое сложившееся положение. Необходимо VIII Российской Национальной Конференции по

сейсмической безопасности сооружений и городов и сейсмическому районированию обратиться в Минрегион России с предложением устранить указанное противоречие для включения в комплекс инженерно-геологических изысканий работы по сейсмическому микрорайонированию для ответственных сооружений (не дожидаясь принятия нового СНИПа).

2. Учитывая состояние и развитие проблемы сейсмостойкого строительства необходимо активнее развивать методы и устройства конструктивной сейсмобезопасности особенно для сложных грунтовых условий, включая предложенные малочувствительные конструкции замкнутого типа с применением пространственных фундаментных платформ на скользящем слое.

Литература:

1. Абовский Н.П., Сибгатулин В.Г., Палагушкин В.И. и др. Конструктивная сейсмобезопасность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях. /препринт-научное издание. / Красноярск : Сибирский федеральный ун-т. 2009, - с 186.

2. Абовский Н.П., Сибгатулин В.Г., Перетокин С.А. и др. Геодинамическое районирование – основа разработки нормативов сейсмостойкого строительства на территории «Красноярск 2020» // Вестник отделения строительных наук РААСН. 2009. Т. 1. №13. С. 5-16.

3. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8000000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. М.: ОИФЗ, 1999, 57 с.

4. Шерман С.И. и др. Региональные шкалы сейсмической интенсивности. – Новосибирск: 2003.- 189 с.

УДК 69.059:624.131

## **НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ НОРМИРОВАНИЯ И НАУЧНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТИ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ**

Абовский Н.П., д-р техн. наук, профессор, почетный член РААСН

Сибгатулин В.Г., засл. геолог РФ

(Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН)

Палагушкин В.И., канд. техн. наук, доцент

Инжутов И.С., д-р техн. наук, профессор, академик РАЕН

Худобердин И.Р., инж.-геофизик

Сибирский Федеральный университет, г. Красноярск

*Некоторые проблемные вопросы нормирования и научного обеспечения сейсмобезопасности в Красноярском крае*

*Рассмотрена противоречивость действующих норм, порождающая несейсмостойкость зданий; внесен ряд предложений в новый проект, включающий необходимость проведения СМР. Необоснованность расположения сейсмоизоляции выше фундамента, которое ослабляет всю систему «здание-фундамент», а также пренебрежение типом фундамента и др. Указана эффективность использования фундаментных платформ на скользящем слое, расположенном между основанием и фундаментной платформой, которая игнорируется нормативами. Обозначены некоторые научные задачи, которые должны ликвидировать несистемность исследований*

### **I. Противоречивость СНиП II-7-81\* приводит к росту объемов несейсмостойкого строительства**

С одной стороны, СНиП II-7-81\* и его актуализированный проект относятся к территории сейсмичностью 7,8,9 баллов. В соответствии с картой ОСР-97 (А) территория города Красноярска характеризуется сейсмичностью 6 баллов, т.е. формально данный СНиП и его новый проект к *городу Красноярску не относится.*

С другой стороны, в связи с участвовавшими землетрясениями Сибирский Федеральный университет и КНЦ СО РАН (НИЦГиСС) по своей инициативе впервые в г. Красноярске провели первый этап работ по уточнению сейсмической опасности (УСО) и выяснили, что более 30% территории города находится в зонах с сотрясаемостью 7,0 – 7,5 баллов по шкале MSK-64. В данную зону попали многие ответственные объекты, не обладающие соответствующей сейсмостойкостью. Следует отметить, что за многие годы применения данного СНиП накопился большой объем проблем, связанных с сейсмостойкостью новых и старых строений. Более того выяснилось, что **генеральный план города Красноярска не имеет карты инженерно-геологических условий, тем более карты сейсмического районирования.** Сейсмическое микрорайонирование в г. Красноярске не проводилось, т.к. действующим СНиПом (п.1.4) допускается в качестве исключения использование оценок сотрясаемости с карт ОСР-97. Это допущение негативно сказывается и на реализации ФЦП «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах РФ на 2009-2013 годы» (далее программа), т.к. без определения реальной сотрясаемости строительных площадок при прогнозных землетрясениях невозможно объективно оценить необходимые затраты на ликвидацию дефицита сейсмостойкости зданий и сооружений.

**Таким образом,** противоречивость СНиП II-7-81 фактически стимулирует увеличение объемов несейсмостойких зданий и препятствует эффективной реализации «Программы».

Считаем, что до принятия нового СНиП по сейсмостойкому строительству, «Минрегионразвитию» необходимо направить в

администрацию Красноярского края и другие субъекты Федерации инструктивное письмо о необходимости проведения работ по СМР в первую очередь для ответственных социально-экономических объектов, что соответствует требованиям ФЗ «Технический регламент безопасности зданий и сооружений» и будет способствовать снижению объемов сейсмостойкого строительства и успешной реализации программы.

На наши запросы Минрегион развития рекомендует решать данную проблему на местах путем утверждения региональных нормативов сейсмостойкости зданий и сооружений. Учитывая приоритет федеральных норм (национальные стандарты), которые пока отсутствуют и будут приняты не ранее конца 2012 года, проблема сейсмобезопасности зданий и сооружений загнана в тупик. К тому же краевые власти, начиная с 2006 года так и не приняли программу по сейсмобезопасности Красноярского края, без которой невозможно получить софинансирование за счет ФЦП «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах РФ на 2009-2013 годы» на инженерные укрепления зданий, имеющих сейсмодефицит.

## **II. Замечания и предложения в актуализированную редакцию СНиП II-7-81\***

К п.1.4. О проведении МСР (микросейсморайонирования).

**СНиП и проект новой редакции СНиПа не нацеливают на проведение микросейсморайонирования, а допускают фиксацию обстановки, которая за десятилетия превратилась в серьезную проблему, подрывающую сейсмобезопасность.** Как отмечено выше укажем в качестве примера, что генплан г. Красноярска, утвержденный в начале XXI века, не имеет инженерно-геологической и сейсמודинамической карты. Это прямо противоречит Градостроительному кодексу, но допускается упомянутым СНиП. Стремление к наживе и мнимому удешевлению строительства позволяет проектировщикам и строителям благодаря «допущениям» СНиП не уточнять реальную сотрясаемость площадки. Определение сейсмичности площадки с целью уточнения расчетной нагрузки на проектируемый объект, является основным положением, влияющим на все последующее. **Необходимо четко указать в СНиП (п.1.4. основные положения), что не допустимо строительство ответственных сооружений без уточнения сейсмических свойств строительной площадки с помощью микросейсморайонирования.** Соответствующие разъяснения надо сделать в пояснительной записке СНиП.

Отметим, что ФЗ «Технический регламент безопасности зданий и сооружений», который в полной мере вступает в действие с 01 июля 2010 г., требует от заказчика, проектировщика, строителя выполнения комплекса геолого-геофизических исследований, который должен обеспечить надежную исходную базу обеспечения безопасности объекта на всех этапах (проект, строительство, эксплуатация и ликвидация).



### III. О Сейсмоизоляции

Требования проекта СНИП к размещению сейсмоизоляции между фундаментом и надземной частью относится только к определенным типам сейсмоизоляции. По-видимому, здесь подразумеваются резино-металлические, кинематические, шаровые и др. устройства, которые изолируют отдельные части здания путем ослабления некоторых связей. Но это требование неверно по отношению к другим типам защитных сейсмоустройств, которые предохраняют (защищают) всю систему (фундамент+здание) целиком без нарушения (ослабления) ее целостности. Сюда относятся, например, здания на сплошных фундаментных платформах на скользящем слое между фундаментом и основанием. Так построены многие древнейшие дошедшие до нас сооружения, а также сложнейших современных конструкции (например, высокий пилон-опора крупнейшего моста через пролив в Греции в сейсмоопасном месте, опирающийся на огромную железобетонную платформу на скользящем слое в виде гравийной подушки).

Наш опыт моделирования и исследования показал, что применение сплошных фундаментных платформ на скользящем слое снижает в десятки раз сейсмическое воздействие на систему (см. статьи в журнале «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений» 2008-2009 г.г., а также монографию [1]).

Категорическое требование п. 3.143 СНИП ставит запрет на развитие и применение инновационных решений сейсмозащиты. Предлагаем включить в СНИП положение (пункт), разрешающее осуществлять **экспериментальное строительство** с новыми устройствами сейсмоизоляции (сейсмозащиты) для накопления опыта и дальнейшего совершенствования.

#### П.3.144. О роли фундаментов

Этот пункт как очевидно бесполезный следует исключить, т.к. нормативные требования к фундаментам должны выполняться и без указания в данном СНИП.

Вместо этого следует указать на определяющую роль фундамента для обеспечения сейсмостойкости здания и выделить типы наиболее эффективные для этих целей с учетом грунтовых условий и формообразованием верхнего строения.

К примеру укажем, что сплошные пространственные фундаментные платформы лучше оберегают здания от несимметричных, в том числе крутильных, сейсмических воздействий, а скользящий слой под платформой уменьшает во много раз передачу сейсмического воздействия на всю систему (фундамент+верхнее строение). Целесообразно также указать, что для снижения нежелательного лобового воздействия сейсмической волны на заглубленную часть различных фундаментов устраивают воздушный зазор (или мягкую засыпку).

Раздел «фундаменты» в проекте СНиП нуждается в существенной доработке, особенно с позиции рассмотрения цельной системы (фундамент+здание).

#### **IV. Некоторые вопросы научного обеспечения. О несистемности исследований**

Сложность проблемы обеспечения сейсмостойкого строительства привела к разделению исследований на две части: геодинамическую и инженерно-строительную, между которыми, к сожалению, ослаблена системная связь. Эти работы осуществляются разобщенными группами специалистов.

Геологи и геофизики определяют сейсмические воздействия (т.е. нагрузку), которые строители используют для расчета и конструирования зданий.

При этом:

- геодинамические данные, которые изучаются геофизиками, а затем аккумулируются в строительных нормах (как правило, балльность и редко акселерограммы), совершенно недостаточны для моделирования и расчета верхнего строения. В литературе приводятся сведения, что параметры сейсмического воздействия на земле и на фундаменте здания отличаются. Для устранения этого противоречия строительные нормы коррелируются многочисленными достаточно грубыми коэффициентами. К сожалению, отсутствует практика комплексного исследования системы (земля-фундамент-верхнее строение) до и после строительства. Понятно, что конкретные исследования ограничены местными условиями, но тем не менее, они могут внести ясность в процесс моделирования и расчетов нагрузок. Величина горизонтального сейсмического смещения СНиПом почему-то не нормируется, хотя именно этот фактор является причиной разрушения зданий (среза колонн, например, в «сейсмостойких» небоскребах Кобе Японии в 1995 г. и т.п.);
- геодинамические исследования проводятся до строительства, т.е. без учета нагрузки зданий. Если эта нагрузка велика (например, при высотном или гидротехническом строительстве), то возникает наведенная сейсмичность и другие последствия;
- строители не могут достоверно смоделировать сейсмическое воздействие ни при расчете конструкций, ни при их испытаниях. Используемые при натуральных испытаниях зданий динамические воздействия (в виде взрывов или колебательных процессов) не соответствуют реальным воздействиям землетрясений;

- в литературе (известной авторам) отсутствуют системные методические подходы, включая использование экспериментальных данных, которые позволили бы обеспечить стыковку геодинамических и строительных параметров. Установлены факты различных показаний приборов на основании и на фундаменте, по которым можно полагать, что не вся энергия воздействия от основания передается на сооружение. Большую роль играет тип фундамента и его связи с основанием и его свойства. Но действующий СНиП не учитывает особенностей фундамента, а от поведения фундамента зависит сейсмостойкость верхнего строения.

Вызывает удивление, что в нормативных материалах для расчета (оценки) сейсмостойкости зданий конкретные типы фундаментов рассматриваются как «жесткая заделка» (т.е. пренебрегают их реальными свойствами и возможностями). Учет сложных грунтовых условий оценивается весьма грубо, сейсмичность территории города определяется по весьма усредненным показателям, так как учет устройства внешней сейсмозащиты зданий не прописан в СНиПе и т.д. Очевидно, что данные факторы оказывают большое негативное влияние на сейсмостойкость зданий, замена этих факторов в СНиПе на неясные коэффициенты - это вынужденная мера, которая не нацеливает проектировщиков на разработку устройств, создающих конструктивную сейсмобезопасность. Не по этой ли причине во многих публикациях не даются оценки этим факторам, а при исследованиях новых конструкций, как например, при испытаниях американцами семиэтажного деревянного дома, прикрепленного к мощнейшей виброплатформе фундаменты не рассматриваются и тем более грунты.

Такие несистемные подходы к сложнейшей проблеме сейсмостойкого строительства не соответствуют требованиям ФЗ «Технический регламент безопасности зданий и сооружений» и оттесняют на задний план развитие методов конструктивной сейсмобезопасности, включая создание внешней сейсмозащиты системы (фундамент + здание).

Эти и другие вопросы требуют действий, но они, к сожалению, не нашли отражения в действующих грантах ФЦП 2009-2013 г.г. (программа). Необходимо развивать методы конструктивной безопасности и сейсмозащиты (изоляция). По поводу последней следует указать на ограниченность подходов, проникшую в проект новых строительных норм, в которых жестко указано, что **сейсмоизоляция должна устанавливаться выше фундамента**. Это неоправданное ограничение, которое не соответствует древнейшим сооружениям, дошедших до наших дней, и которые устраивались на большой наземной платформе.

В наших статьях, опубликованных в Сочи и Москве [2,3], а также в журнале «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений» была показана эффективность конструктивной сейсмобезопасности, в том числе

использования пространственных фундаментных платформ **на скользящем слое, которые в десятки раз снижают сейсмические воздействия на фундамент и здание.** Развитие и применение данной сейсмозащиты заслуживает пристального внимания. Идеи использования подобной сейсмозащиты использованы еще в древнейших сооружениях, дошедших до наших дней. А сейчас развивается его современное конструктивное решение. Особое значение это имеет для сложных грунтовых условий в сейсмических зонах.

#### Литература

1. Абовский, Н.П. Конструктивная сейсмобезопасность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях /Н. П. Абовский, Н. И. Марчук, О. М. Максимова, В. И. Палагушкин, В. Г. Сибгатулин, И. Р. Худобердин :препринт; под ред. проф. Н. П. Абовского.- Красноярск : СФУ, 2009.- 186 с.

2. Абовский, Н.П. Геодинамическое районирование – основа разработки нормативов сейсмостойкого строительства на территории Красноярск-2020./Н.П. Абовский, В.Г. Сибгатулин, И.Р. Худобердин, С.М. Забродин. Вестник отделения строительных наук РААСН, вып. 13, т. 1, Москва-Орел, 2009.- с.5-16.

3. Абовский, Н. П. Некоторые проблемы сейсмостойкого строительства в Красноярском крае /Н. П. Абовский, В. Г. Сибгатулин, С.А. Перетокин, Т.Г. Краснокаменская, С. М. Забродин, И. Р. Худобердин. Сб. науч. статей. Междун. конф. Актуальные проблемы исследований по теории сооружений. Ч. 1. Москва. ЦНИИСК 2009.- 296-307 с.

УДК 69.03;534.074:624.139

*Н.П. Абовский, д-р. техн. наук ([nrnaumr4021949@mail.ru](mailto:nrnaumr4021949@mail.ru)),  
В.И. Палагушкин, канд. техн. наук, М.В. Ланеев, студент  
([abnaum@yandex.ru](mailto:abnaum@yandex.ru)),*

*Институт градостроительства, управления и региональной экономики  
Сибирского федерального университета (Красноярск)*

### **СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ ПРИ СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ**

Сейсмоизоляции как эффективному способу повышения сейсмобезопасности зданий уделяется все больше внимания. В последнее время обзору развития сейсмоизоляции посвящен ряд работ [1-3], в которых традиционно сейсмоизоляция рассматривается без должной связи с типом фундаментов и грунтовыми условиями. Проблема сейсмоизоляции зданий

при строительстве в сложных грунтовых условиях имеет свою специфику и требует системного подхода, которому посвящена данная статья.

**Традиционный подход** в сейсмоизоляции основан, как правило, на размещении сейсмоизоляционных устройств различного типа выше фундамента.

Системы сейсмоизоляции, рассматриваемые в обзорных статьях [1, 2, 3] представляют собой средства снижения сейсмического воздействия на часть сооружения, расположенную выше фундамента, при этом сейсмозащита не рассматривается как элемент формообразования всей системы «основание-здание-фундамент». Тем самым целостная система ослабляется, расчленяясь на части, хотя для обычных условий (при отсутствии сейсмике) такое расчленение не нужно и снижает эффективность конструкции. При таком традиционном подходе также не рассматриваются типы и устройства фундаментов, естественные свойства слабых грунтов, не учитываются и не используются слабые свойства грунтов, как правило, преодолеваются уплотнением, заменой грунта или устройством свайного поля.

Отметим, что анализ и оценка эффективности сейсмоизолированных зданий, построенных в Японии, в статье [ 5 ] почему-то делается это без связи с типом фундаментов зданий и свойствами грунтов. В то же время для обеспечения эффективной работы сейсмоизоляции установленной на фундаменте, требования к фундаменту, по-видимому, должны быть такими, чтобы обеспечить эффективность работы сейсмоизоляции, т.е. колебания и смещения фундамента не должны создавать неблагоприятных условий для её работы.

К традиционным типам сейсмоизоляции относятся резинометаллические упругие элементы, скользящие пояса, кинематические опоры и др., устанавливаемые выше фундамента.

Сейсмоизолирующие устройства на шаровых и других качающихся опорах располагаются между двумя фундаментными плитами. При этом жесткости этих плит должны быть достаточно большими, так как происходит передача фактически сосредоточенных усилий. Эти условия усугубляются в случае слабых просадочных и других грунтовых условиях. Таким образом, использование сейсмоизолирующих устройств такого типа при строительстве в сложных грунтовых условиях мало эффективно. В этих условиях предпочтение надо отдать такому типу фундамента, который вмещал бы свойства сейсмоизоляции и в то же время обеспечивал бы работу на слабых грунтах. Примером такого конструктивного решения является пространственная фундаментная платформа на скользящем слое [ 6-14 ].

Профессором Уздиным А.М. в 1993 г. была предложена схема классификации сейсмозащиты [ 4 ], но в ней, также как в недавних обзорах современных способов сейсмоизоляции [ 1-3 ] даже не упоминаются способы внешней сейсмозащиты от сейсмических воздействий всей системы

(фундамент + здание). Пренебрегать эффективным направлением развития способов внешней сейсмозащиты нельзя.

Несмотря на значительные успехи, традиционная сейсмозащита существенно удорожает строительство, достаточно сложна, защищает не от всех видов сейсмических воздействий (несимметричных, крутильных, вертикальных и т.д.) и часто не срабатывает при повторных сейсмических воздействиях.

### **Системный взгляд на проблему**

Постановка вопроса о применении традиционной сейсмоизоляции, для зданий на слабых грунтах содержит внутреннее противоречие. Действительно, традиционная сейсмоизоляция основана на ослаблении связей между фундаментом и верхним строением (путем установки, например, шаровых или качающихся опор между фундаментом и верхним строением), т. е. приводит к нарушению целостности и ослаблению системы «фундамент + верхнее строение». Строительство на слабых грунтах нуждается, наоборот, в сохранении и укреплении целостности системы с применением специальных фундаментов. К тому же сейсмические воздействия – это опасный, но временный фактор, а слабые грунты – это постоянное условие. Как отмечалось выше, в работах [1 – 3], сейсмоизоляция рассматривается без непосредственной связи с типом фундамента и грунтовыми условиями, что не соответствует системному подходу.

Системный подход позволяет преодолевать указанное противоречие, рассматривая сейсмоизоляцию (сейсмозащиту) как составную часть цельной системы «фундамент + верхнее строение». Совмещая функции и выбирая специальный тип фундамента, который объединяется с верхним строением в систему замкнутого многосвязного типа, а главное – выносит сейсмоизоляцию (сейсмозащиту) за пределы цельной системы без ее расчленения (ослабления), т. е. располагая ее, например, между фундаментом и основанием. Такое расположение сейсмозащиты, в отличие от традиционной, не пропускает сильные сейсмические воздействия внутрь системы, создавая пути обхода ее (например, проскальзывание мощной сейсмической волны под фундаментной плитой). Отметим, что если пропускать сейсмическое воздействие внутрь системы (от фундамента к верхнему строению), то происходит передача усилий от одних элементов к другим и необходимо обеспечить прочность и надежность каждого из этих элементов. Целесообразнее не пропускать сейсмическое воздействие внутрь системы, сохраняя ее целостность. В качестве примера реализации данного подхода разработаны и запатентованы пространственные фундаментные платформы (ПФП) на скользящем слое, расположенном между ПФП и основанием, которые эффективны для сейсмостойкого строительства на слабых грунтах [6-13].

**Недостатки традиционных подходов** состоят, главным образом, не только в применении мероприятий, преодолевающих негативные свойства

слабых грунтов, но и в использовании различных сейсмоизолирующих устройств, которые располагаются, как правило, выше фундамента, что приводит к некоторому нарушению целостности системы (фундамент + верхнее строение), т.е. к ее ослаблению.

**Альтернативный системный подход** состоит в применении конструкций, малочувствительных к негативным проявлениям слабых грунтов, причем снабженных защитными устройствами, которые снижают (полностью или частично) передачу сейсмических воздействий от грунта на фундамент и тем самым на всю систему в целом, при сохранении и использовании естественных свойств слабых грунтов. Примером такого формообразования могут служить применение пространственных фундаментных платформ, расположенных на скользящем слое (между платформой и основанием), и создание зданий замкнутого типа, объединенных с такой фундаментной платформой в единую цельную многосвязную пространственную систему [ 6-13 ]. Такой подход устраняет традиционные ограничения на формообразование зданий в виде обязательной симметричности, протяженности, расположения масс, повышенной чувствительности к крутильным и несимметричным сейсмическим воздействиям и т. д. Мощная сейсмическая волна, преодолевая трение, проскальзывает под такой платформой. В этом случае происходит отделение здания не от фундамента, а от основания, которое служит источником сейсмического возбуждения.

Одним из примеров эффективных вариантов такого подхода является применение пространственных фундаментных платформ (ПФП) на скользящем слое, объединенных с верхним строением в здание замкнутого типа [6-13]. Скользящий слой под ПФП препятствует возникновению больших горизонтальных сейсмических воздействий за счет снижения тангенциальных (сдвиговых) связей между ПФП и основанием.

Устройство эффективно как при наличии, так и при отсутствии сеймики, защищая от неравномерных деформаций грунтов и практически от полного спектра сейсмических воздействий и повторяемости. Относительная легкость и в тоже время жесткость фундаментной платформы, благодаря её пространственной форме, обеспечивают большую распределительную способность и малое давление на слабое основание, что позволяет использовать его естественные, хоть и слабые несущие свойства.

Нетрадиционное защитное устройство является неотъемлемым элементом системы «здание + фундамент», которая конструируется как пространственное многосвязное здание замкнутого типа.

Отметим, что это положение (гипотеза) имеет исторические корни и получила поддержку в статье профессора С. Б. Смирнова [15] «Сейсмический срез зданий - результат отдачи толщи грунта, сдвигаемой глубинными сейсмическими волнами». Он пишет «Для защиты сдвиговых импульсов необходимо исключить горизонтальные удары грунта по

фундаментам. Для этого здание надо поставить на мощную фундаментную плиту, лежащую поверх грунта на сваях, которые препятствуют ее вдавливанию в грунт. При этом здание должно быть устойчивым к опрокидыванию за счет ограниченной высоты и достаточно большой ширины и длины».

Следует отметить, что разработанные пространственные фундаментные платформы благодаря большой жесткости обладают большой распределительной способностью и оказывают малое давление на основание, даже при строительстве на слабых грунтах. ПФП малочувствительны к неравномерным деформациям грунтов, включая локальные просадки. Опыт исследования и проектирования ПФП показал, что использование свай под ПФП не требуется. Мощная сейсмическая волна проскальзывает под ПФП на скользящем слое. Опасность несимметричных крутильных и других сейсмических воздействий снижена. Устойчивость здания может быть обеспечена за счет размеров ПФП.

Разработки ПФП для малоэтажных и многоэтажных зданий и сооружений, в том числе результаты компьютерного моделирования, проекты и патенты, а так же опыт строительства в Красноярске, освещены в материалах и учебных пособиях [ 6-14 ].

Следует отметить, что пренебрежение типом фундамента при традиционном подходе является, наследием действующего СНИП и обсуждаемого его нового проекта, а так же спектрального метода расчета. В действительности, поведение фундамента во многом определяет сейсмостойкость верхнего строения. Например, здание на ленточных фундаментах ведет себя не так, как здание на сплошной фундаментной платформе, особенно при несимметричных сейсмических воздействиях. Такая фундаментная платформа может не только укрепить целостность верхнего строения, но и укрепить слабый грунт, например, с помощью «стены в грунте», присоединенной к платформе [13]. Целесообразно фундаментную платформу делать не толстой и тяжелой, а благодаря пространственному формообразованию (например, из двух слоев, скрепленных перекрестной системой ребер) более легкой, но достаточно жесткой [6-14].

Действующие нормативы категорически ограничивают возможность сейсмического строительства в сложных грунтовых условиях. Однако три четверти территории страны характеризуются сложными грунтовыми условиями. Новый подход позволяет расширить область возможностей сейсмостойкого строительства и его эффективность.

#### Литература

1. Фахридинов, В.А. Кондратьев, А.Т. Кулдашев У.Ф. Развитие систем активной сейсмозащиты зданий и сооружений // Жилищное строительство. 2009, № 8, -с. 36-39.



2. Смирнов, В.И. Предложения по системам с сейсмоизоляцией для включения в нормы проектирования // Сейсмостойкое строительство Безопасность сооружений. 2008. № 2.- с. 14-16.

3. Джинчвелашвили, А.В. Колесников, В.Б. Заалишвили, И.С. Годустов, Г.Я. Перспективы развития систем сейсмоизоляции современных зданий и сооружений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2009, № 6.

4. Уздин, А.М., Т.А. Сандович, Аль-Насед-Мохомад Самих Амин. Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений. С-Петербург: Изд-во ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1993.- с. 176.

5. Смирнов С.Б. Анализ надежности сейсмоизолированных зданий при разрушительных землетрясениях в Японии // Жилищное строительство. 2009. № 5.-с. 24-32.

6. В.И. Жаданов, Н.П. Абовский, Л.В. Енджиевский, И.С. Инжутов, В.И. Савченков. Индустриальные конструкции для строительства малоэтажных зданий и сооружений. Учебное пособие. - Оренбург-Красноярск: ОГУ-СФУ, ИПК ГОУ ОГУ, 2009. – 416 с. Пособию присвоены грифы УМО вузов РФ и МГСУ.

7. Пат. 45410. Российская Федерация. Монолитная пространственная фундаментная платформа /Абовский Н.П., Сиделев В.А., Сапкалов В.И., опубл. 8.10.2005, Бюл. № 34.

8. Пат. 64650. Российская Федерация. Пространственная фундаментная платформа под здания и сооружения для строительства на слабых, просадочных, пучинистых грунтах и в сейсмических зонах /Абовский Н.П., Андреев Н.П., Сиделев В.А., Сапкалов В.И. Оpubл. 10.07.07. Бюл. № 19.

9. Пат. 2374394. Российская Федерация. Пространственная фундаментная платформа на скользящем слое /Абовский Н.П., Максимова О.М., Марчук Н.И. Оpubл. 27.11.2009. Бюл. № 33.

10. Пат. 69094. Российская Федерация. Пространственная железобетонная платформа в сборном и сборно-монолитном вариантах под малоэтажное строительство в сложных грунтовых условиях и сейсмике /Абовский Н.П., Сиделев В.А., Желтов В.И., Сапкалов В.И., Корнеевец Е.С., Мутовина Е.А. Оpubл. 12.12.2007. Бюл. № 34.

11. Пат. 38789. Российская Федерация. Сборная пространственная железобетонная фундаментная платформа для строительства многоэтажных зданий в особых грунтовых условиях и сейсмичности /Абовский Н.П., Абовская С.Н., Матюшенко В.А., Сапкалов В.И., Морозов С.В., Пишутина Г.В., Темерова А.С. Оpubл. 10.07.2004. Бюл. № 19.

12. Пат. 2273697. Российская Федерация. Пространственная фундаментная платформа, объединенная с резервуаром в замкнутую систему, для строительства на слабых вечномерзлых, пучинистых грунтах и в сейсмических зонах (варианты) /Абовский Н.П., Абовская С.Н., Поповский Б.В., Майстренко Г.Ф., Сапкалов В.И. Оpubл. 10.04.2006 Бюл. № 10.

13. Пат. 64650. Российская Федерация. Пространственная фундаментная платформа под здания и сооружения для строительства на слабых, посадочных грунтах и в сейсмических зонах /Абовский Н.П., Андреев Н.П., Сиделов В.А., Сапкалов В.И. Оpubл. 10.07.2007, Бюл. № 19.

14.. Конструктивная сейсмобезопасность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях. Красноярск: Препринт / под ред. Н.П. Абовского – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2009.-186 с.

15. Смирнов, С.Б. Сейсмический срез здания – результат отдачи толщии грунта, сдвигаемой глубинными сейсмическими волнами // Жилищное строительство. 2009. № 9.-с. 32-34.

УДК 69.059:624.131

**ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С ИСКУССТВЕННЫМ ОСНОВАНИЕМ, ПРЕДЛОЖЕННЫХ РАМИШВИЛЛИ Д.Д., МДИВАНИ К.И., ЧХЕИДЗЕ К.Г.**

(«Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений» № 4, 2009, стр. 12-15)

**В порядке дискуссии**

Абовский Н.П., д-р техн. наук, профессор, почетный член РААСН,  
Палагушкин В.И., канд. техн. наук, доцент  
Сибирский федеральный университет, Красноярск

С целью создания совместной работы системы «Искусственное основание – конструкция фундамента» в условиях обводненных грунтов авторами обсуждаемой статьи предложена «конструкция плиточного фундамента с загнутыми ребрами жесткости, которая за счет слоя грунта под фундаментом и устройства искусственного основания (в виде песка или баланса) выполняет в определенной мере роль демпфера (рис. 1). Утверждается, что при этом достигается уменьшение сейсмических воздействий (периодов колебаний, перемещений и усилий) на 10-20%.

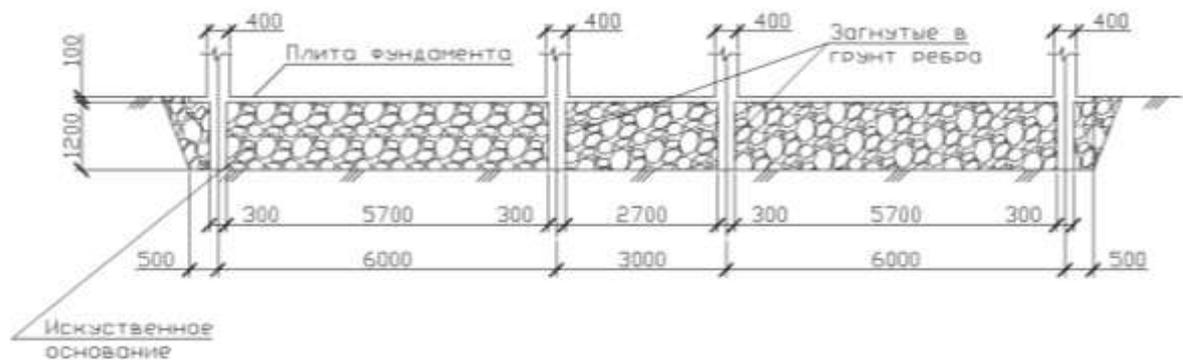


Рис. 1. Решение Рамишвилли Д.Д., Мдивани К.И., Чхеидзе К.Г.

С целью анализа приведем сначала принципиальные соображения, а затем оценим конструктивное решение.

Принципиально.

1. Чем сильнее связи и сцепление основания с фундаментом, тем в большей мере сейсмические колебания и подвижки основания передаются на плиточный фундамент. Происходит это, главным образом, за счет тангенциальных связей между основанием и плитой, лобового сопротивления заглубленной части фундамента сейсмической волне, а также увеличения присоединенной к фундаменту массы грунта. Все эти факторы присутствуют в конструкции авторов и выполняют негативную роль. Для уменьшения сейсмического воздействия на плиточный фундамент необходимо уменьшить трение (тангенциальные связи) между плитой и основанием, а для уменьшения лобового воздействия устранить воздушный зазор (или заполнить его «мягким» заполнителем).

2. Сочетание слабых обводненных грунтов и сейсмических воздействий требует принятия одновременных конструктивных мер в связи с возможными неравномерными осадками основания. Может ли достаточно тонкая плита (100 мм) с редко расставленными ребрами на искусственной подсыпке (1200 мм) противостоять неравномерным осадкам? Следует учесть, что заглубление фундамента и устройство искусственного основания нарушило подземный гидравлический режим обводненных грунтов, что вероятно приведет к плохо предсказуемым последствиям при эксплуатации.

Таким образом, данные принципиальные соображения нацеливают на совершенно другой подход и конструктивные решения. Целесообразно использование естественных, хотя и слабых, несущих свойств грунтов, не нарушать подземный гидрогеологический режим, применять конструкции, малочувствительные к негативным неравномерным смещениям грунтов и снижающие передачу сейсмических воздействий.

Данные требования реализуются при использовании сплошных пространственных платформ (ПФП), обладающих большой жесткостью и распределительной способностью, расположенных на скользящем слое между основанием и платформой. Скользящий слой уменьшает трение и препятствует передаче больших сейсмических воздействий на платформу и присоединенное верхнее строение, которое вместе с платформой целесообразно конструировать как замкнутую многосвязную систему [1-13]. ПФП могут быть поверхностными (без заглабления), а также заглабляться, превращая в ряде случаев подвальный этаж в ПФП.

Анализируя с этих позиций предложенную в рецензируемой статье конструкцию, можно сделать следующие замечания:

1. Формообразование данного плиточного фундамента с загнутыми ребрами (приведена толщина около 40 см) может быть существенно улучшено даже при меньшем расходе бетона, например, типа ПФП, при этом жесткость платформы будет чуть ли не на порядок выше и обеспечено пространственное распределение и перераспределение нагрузки так, что **не потребуется усиление слабого основания** (подсыпка, трамбовка и т.п.). Расчеты ПФП показывают малую чувствительность к просадкам и неравномерным осадкам основания [1-14].

Ориентировочно толщина верхней и нижней плиты - 10-12 см, а шаг скрепляющих их ребер порядка 1,5-2,0 м. Общая высота ПФП для рассмотренного проекта школы 0,7-1,0 м (рис. 2).

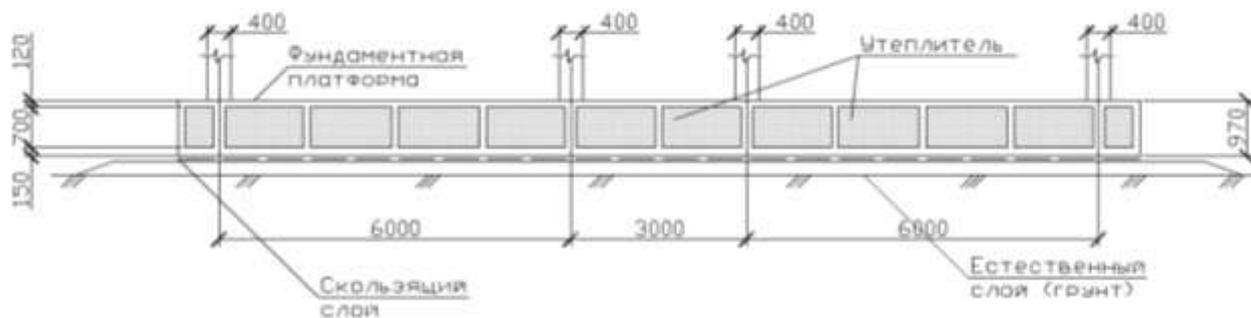


Рис. 2. Предлагаемое решение с использованием пространственной фундаментной платформы на скользящем слое с сохранением естественного основания

2. Благодаря скользящему слою, как показало пространственное компьютерное моделирование во много раз снижается передача больших сейсмических воздействий [14].

3. ПФП совмещает несущие конструкции пола и другие функции, в том числе теплозащитные [13].

Имеется вариант конструктивного объединения ПФП со «стеной в грунте» для повышения несущей способности слабых грунтов (рис. 3) [7].

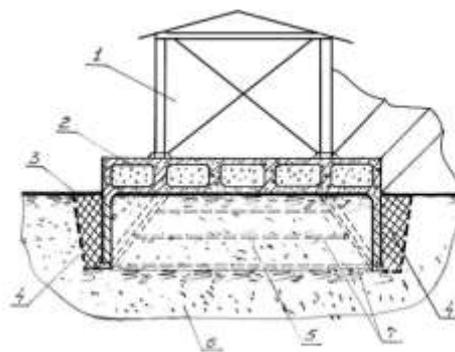


Рис. 3. Пример малоэтажных зданий замкнутого типа для строительства в сейсмических районах в сложных грунтовых условиях, объединенных с пространственной фундаментной платформой: конструкция «стена в грунте»

Отметим, что принятая в статье расчетная (не пространственная модель) весьма слабо отражает конструкцию, у которой размеры в плане больше высоты. Так что полученные результаты (10-20 %) могут не отражать желаемого авторами.

Таким образом, по нашему мнению, применение пространственных фундаментных платформ, обладающих большой жесткостью, расположенных на скользящем слое не требует устройства искусственного основания, образует единую цельную конструктивную структуру с верхним строением, обеспечивает весьма существенное снижение передачи больших сейсмических воздействий. Экономичность данного конструктивного решения прослеживается не только на стадиях проектирования, но и производства работ и эксплуатации.

Надеемся, что авторам будет интересно познакомиться с изложенной точкой зрения и опытом строительства зданий на ПФП в Красноярске [12-14].

#### Литература

1. Пат. 2206665. Российская Федерация. Пространственная фундаментная платформа/ Абовский Н. П. и др. 2003, Бюл. №17.

2. Пат. 2273697. Пространственная фундаментная платформа, объединенная с резервуаром, для строительства на слабых, вечномёрзлых, пучинистых грунтах и в сейсмических зонах / Абовский Н. П. и др. 2006, Бюл. №10.

3. Пат. 38789. Сборная пространственная железобетонная фундаментная платформа для строительства многоэтажных зданий в особых грунтовых условиях /Абовский Н. П. и др. 2005, Бюл. 19.

4. Пат. 45410. Монолитная пространственная фундаментная платформа / Абовский Н. П. и др. 2005, Бюл. №13.

5. Пат. 50553. Российская Федерация. Пространственная фундаментная платформа под агрегаты с динамической нагрузкой для строительства на слабых и вечномерзлых грунтах / Абовский Н. П. и др. 2006, Бюл. № 2.

6. Пат. 55388. Пространственная железобетонная фундаментная платформа для малоэтажных зданий для строительства в особых грунтовых условиях и сейсмичности в сборном и монолитном вариантах / Сиделев В. А., Абовский Н. П. и др. 2007, Бюл. № 22.

7. Пат. 64650. Пространственная фундаментная платформа под здания и сооружения для строительства на слабых, просадочных, пучинистых грунтах и в сейсмических зонах / Абовский Н. П. и др. 2007, Бюл. № 19.

8. Пат. 69094. Российская Федерация. Пространственная железобетонная фундаментная платформа в сборном и сборно-монолитном вариантах под малоэтажное строительство в сложных грунтовых условиях и сейсмике / Абовский Н. П. и др. 2007, Бюл. № 34.

9. Пат. 2215852. Российская Федерация. Полносборное здание или сооружение замкнутого типа, включающее фундамент, для строительства на вечномерзлых, слабых, пучинистых грунтах и в сейсмических зонах / Абовский Н. П. и др. 2003, Бюл. №31.

10. Пат. 73350. Российская Федерация. Комплексная система сейсмоустойчивости здания или сооружения /Абовский Н.П. и др. 2007. Бюл. № 17.

11. Абовский, Н. П. Системный подход к применению сейсмоизоляции и сейсμοзащитных устройств. /Н.П. Абовский, Н.И. Марчук, О.М. Максимова, В.И. Палагушкин // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2008. № 5. С.27-29.

12. Абовский, Н. П. Пространственные фундаментные платформы для малоэтажного строительства в сложных грунтовых условиях / Н.П. Абовский, В.И. Сиделев, В.И. Палагушкин, Е.С. Корнеевец, Е.А. Мутовина // Международная научно-практическая конференция. Городское строительство на слабых грунтах. Архангельск. 2007.

13. В. И. Жаданов, Н. П. Абовский, Л. В. Енжиевский, И. С. Инжутов, В. И. Савченков. Индустриальные конструкции для строительства малоэтажных зданий и сооружений. Учебное пособие – Оренбург – Красноярск: Огу – Сфу, 2009. – 416 С.

14. Абовский, Н. П. Конструктивная сейсмобезопасность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях: научное издание. Под ред. Проф. Абовского Н.П. / Красноярск : Сибирский федеральный ун-т. 2009, - с 186.

## О ФОРМООБРАЗОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ В СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ

Абовский Н. П., д.т.н., проф., Палагушкин В. И., к.т.н., доц.

Представлены некоторые новые принципы и конструктивные решения, альтернативные традиционным подходам.

Проблемы фундаментостроения в особых грунтовых условиях и сейсмичности являются весьма актуальными для многих регионов России.

Возникает ряд трудностей при строительстве на участках, отличающихся неоднородностью и неопределенностью физико-механических свойств грунтов. Например, в Красноярске имеются большие территории, которые отнесены к разряду «неудобных»: слабые, насыпные, просадочные, пучинистые, вечномёрзлые грунты. А также участки, где разработка котлованов трудоемка или нецелесообразна; где свайные основания применять нельзя и неэкономично; подтапливаемые территории; сложные грунтовые условия в сейсмических районах: стесненные городские условия. Однако низкая стоимость земли, а также близость к коммуникациям делают подобную территорию привлекательной для освоения строительством, в том числе для строительства коттеджей в рамках реализации национальной программы «Доступное жильё».

Традиционные способы устройства фундаментов малоэффективны в этих условиях, часто требуют применение тяжелой техники и большого объема земляных работ. Нередко стоимость свайного фундамента под коттедж превышает стоимость верхнего строения. В качестве примера можно привести тот факт, что в Архангельской области для возведения зданий на заторфованных грунтах требуется установка надежного, очень дорогого фундамента, длина свай для которого составляет от 12-24 метров.

Существуют места, в которых бить сваи невозможно или возникает необходимость сохранить природную среду. Хватит бить сваи под малоэтажные дома! В Красноярске найден эффективный выход из этого положения в виде пространственных фундаментных платформ (ПФП). Пространственные фундаментные платформы (ПФП) – это, как правило, поверхностные (незаглубленные) пространственные сборные или монолитные системы, состоящие из верхних и нижних плит, объединенных перекрестными балками (фермами, шпренгелями) [1-3]. В случае необходимости заглубления пространственная платформа может конструктивно объединяться с подвальным этажом (стенами и перекрытием) в цельный монолитный пространственный фундамент, т. е. нижние этажи могут проектироваться как развитие в плане пространственной

фундаментной платформы соответствующих габаритов, сочетая функции фундамента и эксплуатационного этажа.

Авторами предложены **основные положения (принципы) разработки конструктивных решений** для строительства зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях, которые **в совокупности** способствуют достижению поставленной цели.

## **1. Основные принципы формообразования конструкций в сложных грунтовых условиях [1-3]**

**1. Принцип системности.** Верхнее и нижнее строения здания (сооружения) рассматриваются как единая цельная (замкнутая) система, взаимосвязанная между собой и внешней средой, в том числе с основанием. При этом использование замечательных свойств пространственного формообразования является фундаментальной основой созидания.

Именно пространственная (а плоских конструкций в природе нет) создает возможность пространственного распределения напряжений, включая и работу всех элементов перераспределения усилий (в случае перегрузок одного из элементов) и т. п., создавая резервы прочности и надежности (живучести). Но для этого необходим соответствующий выбор структуры пространственного формообразования. Иерархическая структура, когда нижние элементы поддерживают верхний, может подвергнуться обвальному обрушению. Многосвязная цельная структура отличается повышенными качествами и надежностью. Возможны также параллельные, дублирующие и другие структуры. Решающую роль здесь имеет не только топология (размещение) элементов, но и тип и свойства связей между ними и внешней средой.

Такова очевидная основа системного подхода в пространственном формообразовании, которую необходимо соблюдать в инженерной практике и обучении будущих специалистов.

## **2. Принцип сохранения внешней среды (в том числе основания) в естественном состоянии, т.е. экологичности конструкции**

Данный принцип в первую очередь относится к фундаментостроению, в частности, к разработанным пространственным фундаментным платформам (ПФП). ПФП не нарушают сложившиеся геологический и гидродинамический подземные режимы, так как не требуют заглубления при минимуме земляных работ. В случае вечномерзлых грунтов ПФП служит теплозащитным устройством, способствующим сохранению их естественных свойств. ПФП в сочетании с традиционными водозащитными мероприятиями на территории предотвращает попадание поверхностных и техногенных вод под здание, что способствует сохранению естественных свойств (неравномерных осадок и просадок) просадочных, пучинистых и других слабых грунтов.

Данный принцип нацелен на создание экологичных конструкций.



Отметим, что традиционные способы строительства на слабых грунтах базируются, как правило, на усилении грунтов различными способами (например, уплотнением) или на применении таких конструктивных решений (например, свай), которые преодолевают слабые слои, т. е. **несущими свойствами слабого грунта пренебрегают**. Отметим, что всякого рода уплотнение грунта приводит к нарушению естественно сложившегося гидрогеологического режима, которое нередко имеет негативные последствия.

**Предлагается использовать свойства слабых грунтов путем применения наземных сплошных пространственных фундаментных платформ (ПФП)**, которые не нарушают подземный природный гидротехнический режим и позволяют предохранить подземные слои от температурных и других негативных разрушительных воздействий. Поэтому ПФП могут применяться не только на слабых грунтах, но и для просадочных, пучинистых, водонасыщенных, вечномёрзлых и других сложных грунтовых условиях [1-3].

**3. Принцип рационального пространственного формообразования таких конструкций, которые малочувствительны к негативным воздействиям внешней среды (основания).** При этом преодолевается фактически имеющаяся неопределенность и недостаточность информации инженерно-геологических изысканий для строительства из-за изменчивости расположения неоднородных грунтов и обычно малого числа проб грунтов при изысканиях, а также возможные негативные ситуации при эксплуатации.

**4. Принцип сейсмозащиты (сейсмоизоляции) системы фундамента и верхнего строения как цельной системы**

Особое значение приобретает этот принцип для строительства в сейсмических районах на слабых грунтах (в сложных грунтовых условиях). Принцип позволяет найти эффективные конструктивные решения при совмещении негативных условий неравномерных деформаций слабых грунтов и защититься от сейсмических воздействий. Например, применение ПФП на скользящем слое снижает большие сейсмические воздействия на здание в десятки раз.

В отличие от традиционных сейсмозащитных устройств, которые устанавливаются выше фундамента и фактически отделяют его от верхнего строения, данный признак ориентирует на установку защитных устройств (например, скользящий слой) между основанием и пространственной фундаментной платформой (ПФП), сохраняя целостность системы. Таким образом, реализуется конструктивная сейсмобезопасность.

**5. Принцип совмещения в пространственной фундаментной платформе (ПФП) конструктивных, функциональных и технологических свойств, включающих, например, ограждение, теплозащиту, несущий пол, размещение оборудования, коммуникаций и**

**т. п., а также удобство устройства скользящего слоя на основании под ПФП.**

Для реализации этих принципов целесообразно использовать следующие возможности конструктивных решений: **пространственность; многосвязность; замкнутость; сплошность** пространственной платформы.

Свойства ПФП:

- повышенная изгибная жесткость при малом весе (малом расходе материалов);

- большая распределительная способность передачи нагрузки на основание, позволяющей обеспечить практически равномерное давление на основание;

- малая чувствительность к неравномерным осадкам и просадкам основания; совмещение функции несущего пола с теплоизоляцией и фундаментом, отмосткой;

- экономичность: по материалоемкости, трудоемкости, себестоимости, по возможности строительства на дешевых бросовых (неудобных) землях и в стесненных городских условиях без применения тяжелой техники, по сокращению эксплуатационных затрат.

**Отметим, что ПФП могут реализовываться не только в незаглубленных (наземных) вариантах, но и в подземных** в виде одного или нескольких подземных этажей, монолитное конструктивное решение которых выполняет роль цельных пространственных коробчатых фундаментов типа глобального постамента под верхнюю часть замкнутого здания с ПФП. Его размеры в плане шире, чем здание.

Заметим, что в литературе для многоэтажных зданий имеются предложения о применении на слабых грунтах свайных фундаментов с утрамбованной песчанной подушкой, которая должна сейсмоизолировать верхнее строение, но при этом верхняя часть здания отделена от фундамента. Возникает сомнение о достаточной устойчивости такой конструкции. Применение ПФП, объединенных с верхним строением в замкнутую систему, представляется надежным и экономичным.

## **2. Некоторые рекомендации по формообразованию и созданию конструктивной сейсмобезопасности зданий и сооружений**

Прежде всего, это пространственное формообразование системы и связи ее с окружающей средой (основанием). Система, включающая верхнее строение вместе с фундаментом (будучи даже отделенной от основания), должна быть геометрически неизменяемой, многосвязной (так, чтобы обладать способностью перераспределения усилий при разрушении отдельных связей, чтобы локальные повреждения не вызывали глобального обрушения).

Связи данной системы с основанием не должны полностью или частично передавать негативные воздействия от основания на фундамент здания (сооружения). Таким негативным воздействием являются, главным образом (по мнению авторов), **горизонтальные** (тангенциальные) смещения. (В справедливости данной гипотезы авторы убедились на основе численного эксперимента моделирования) [5].

Отсюда следует ряд принципиальных конструктивных предложений:

- фундамент вместе с верхним строением должен представлять замкнутую многосвязную систему. Разобшение (отделение) фундамента от верхнего строения с помощью упругих демпферов и других устройств нежелательно;

- целесообразно устраивать фундамент в виде сплошной платформы достаточной жесткости, используя пространственное формообразование для повышения жесткости при ее уменьшенном весе [1-2];

- между фундаментной плитой и основанием устраивать скользящий слой, минимизирующий передачу больших горизонтальных сейсмических смещений основания на фундаментную плиту, т. е. максимально снизить передачу сейсмических воздействий на фундамент (сейсмическая волна, преодолевая трение, проскальзывает под фундаментной плитой, оставляя ее практически на месте);

- между торцевой частью фундамента (в случае его заглубления) и основанием предусматривать воздушный зазор (или упругую засыпку), чтобы уменьшить (исключить) лобовое (фронтальное) воздействие волны на фундамент.

Таким образом, главной целью конструктивной сейсмобезопасности должны быть решения устройства внешней защиты для снижения сейсмического воздействия на систему (здание+фундамент) и затем уже по изолированию (демпфирование, перераспределению и т. п.) отдельных частей здания от передавшихся на систему сейсмических воздействий. По идее, целесообразно не допустить (или снизить) сейсмическое воздействие на систему, чем пропустить их и бороться с ними внутри самой системы.

Следует отметить, что традиционно методы и устройства сейсмоизоляции отдельных частей, например верхнего строения от фундамента, покрытия от стен и т. п.), получили многообразные решения. В то же время методы и устройства, снижающие сейсмическое воздействие на систему в целом, разработаны недостаточно. В действующем СНиПе и многих публикациях даны полезные рекомендации по конструктивным решениям верхних строений из разных материалов, но практически полностью отсутствует информация о влиянии типа фундамента и его связей с верхним строением как цельной системы и их работе, а также приемы уменьшения сейсмического воздействия на систему. Это касается и применения пространственных фундаментных платформ. В то же время

изучение опыта древнейших выдающихся строителей, дошедших до наших дней, показывает их эффективность и надежность строений на их основе.

Отметим, что устройства демпфирования и сейсмоизоляции получили достаточное развитие. В то же время устройства для проскальзывания, в том числе путем регулирования и снижения трения, разработаны недостаточно. Хотя современные успехи в создании новых материалов и технологий позволяют надеяться на прогресс в этой проблеме. Удалось показать на основе компьютерного моделирования [5], что устройство скользящего слоя (например, в виде нескольких слоев пленки) между фундаментной плитой и основанием приводит к снижению во много раз сейсмического воздействия на фундамент и верхнее строение. Отметим, что идея пространственных фундаментных платформ с элементом проскальзывания имеет древнейшие исторические конструктивные корни во многих сооружениях, дошедших до наших дней. Можно надеяться, что конструкции проскальзывания получат современное конструктивное развитие и будут использованы в качестве управляющих параметров для повышения сейсмобезопасности зданий и сооружений.

#### Список литературы

1. Абовский, Н. П. Активное формообразование архитектурно-строительных конструкций зданий и сооружений из унифицированных строительных элементов для строительства в особых грунтовых условиях и сейсмических районах: научное издание /КрасГАСА, Красноярск, 2004. – 241 с.
2. Абовский, Н. П. Пространственные фундаментные платформы: сборник научных работ.- Красноярск: КрасГАСА.-2006. – 187 с.
3. Пат. 2068918. Российская Федерация. Способ управления строительными конструкциями / Абовский Н.П. 1996, Бюл. № 31.
4. Пат. 2090693 Российская Федерация. Плотина /Абовский Н.П. 1995, Бюл. № 35.
5. Пат. 2087622 Российская Федерация. Сейсмостойкое здание, сооружение /Абовский Н.П. 1997, Бюл № 23.
6. Пат. 2090486. Российская Федерация. Кран с системой автоматического управления /Абовский Н.П., Доронин С.В. и др. 2007, Бюл. № 26.
7. Пат. 2120515. Российская Федерация Устройство защиты моста от бокового ветра. / Абовский Н.П. 1999, Бюл. № 29.
8. Абовский, Н.П. Конструктивная сейсмобезопасность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях /препринт-научное издание / Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2009, – С. 186.
9. Абовский, Н. П. Пространственные сборные сплошные фундаментные платформы для строительства в особых грунтовых условиях и сейсмичности: учебное пособие. – Красноярск: КрасГАСА, 2004.

