

Аэрогель активно применяется в трубопроводных системах, устанавливаемых в арктических регионах. Например, трубопроводы для транспортировки природного газа на Аляске и в Сибири используют аэрогель для минимизации теплопотерь в экстремально холодных условиях.

Из сказанного выше можно заключить, что современные ПИ-трубопроводы теплосетей представляют собой сложные и надежные технологические системы, играющие важную роль в обеспечении устойчивого теплоснабжения для наших городов и общества в целом. Постоянное развитие новых технологий и методов проектирования будет продолжать повышать эффективность и экологическую устойчивость этих систем, обеспечивая комфорт и безопасность в будущем. Однако при замене ПИ-труб образуется много пены и оболочки, которые нежелательны для утилизации, поэтому есть несколько альтернативных вариантов замены вредной пены в ПИ-трубах – аэрогель. Применение аэрогеля в качестве теплоизоляционного материала в ПИ-трубах представляет собой значительный шаг вперед в области трубопроводных технологий. Высокая эффективность теплоизоляции, уменьшение толщины изоляционного слоя и устойчивость к высоким температурам делают аэрогель отличным выбором для специализированных и высокотехнологичных приложений. Однако высокая стоимость и технологические сложности ограничивают его массовое применение [5].

#### **Список использованных источников**

1. Применение ПИ-труб в тепловых сетях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/141349/549-551.pdf?/>. – Дата обращения: 01.05.2024.
2. Предварительно изолированные трубы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pvc.by/predvaritelno-izolirovannyye-truby/>. – Дата обращения: 01.05.2024.
3. Что такое Аэрогель? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://венторус.рф/articles/что-такое-aerogel/>. – Дата обращения: 02.05.2024.
4. Аэрогель. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Аэрогель/>. – Дата обращения: 02.05.2024.
5. Что такое аэрогель и его характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://m-strana.ru/articles/aerogel-eto/>. – Дата обращения: 05.05.2024.

УДК 550.34.01

*Макаревич Д. В., Макаревич Е. А.*

*Научные руководители: к. т. н. Тур А. В.; ст. преподаватель Воробей А. В.*

## **СЕЙСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ С ПОМОЩЬЮ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Термин “сейсмический” обозначает “связанный с колебаниями земной коры”. Сейсмическими называют районы, в которых возможны землетрясения. Сейсмические воздействия относятся к динамическим.

Силы землетрясения оцениваются по 12-ти бальной шкале и принимают по картам сейсмического районирования.

Землетрясения силой до шесть баллов не вызывают заметных повреждений в строениях и поэтому практически не учитываются, предъявляя повышенные

требования к качеству монтажа. В семь баллов вызывают трещины и другие повреждения в стенах каменных зданий. В восемь баллов – значительные повреждения и отдельные разрушения, в девять баллов – сильные разрушения и обвалы зданий. При землетрясениях в десять и более баллов строить экономически нецелесообразно.

Степень сейсмического воздействия зависит от грунтовых условий. При строительстве на плотных и сухих грунтах сейсмические воздействия ослабевают, а на рыхлых и водонасыщенных грунтах – усиливаются. Неблагоприятны участки с расчлененным рельефом (овраги, обрывистые берега и т. д.).

Сейсмостойкость здания обеспечивается:

- Выбором благоприятной в сейсмическом отношении площадки строительства, конструктивно-планировочной схемы и соответствующими материалами.
- Применение специальных конструктивных мероприятий.
- Соответствующим расчетом несущих и ограждающих конструкций. особенно высоким качеством выполнения строительно-монтажных работ.

### **Принципы проектирования сейсмостойких зданий и сооружений:**

1. При выборе объемно-планировочных и конструктивных решений необходимо обеспечивать симметричное относительно главных осей и равномерное в плане распределение масс и жесткостей.

2. Зданию в плане рекомендуется простое очертание (круг, квадрат, прямоугольник). Не рекомендуется возводить пристройки и ассиметрично располагать лестничные клетки.

3. Большое по площади здание со сложным очертанием расчленяют на отдельные блоки с антисейсмическими деформационными швами.

4. Основные несущие конструкции должны быть монолитными и однородными. Им придают равнопрочность, так как преждевременный выход из строя слабых узлов и элементов может привести к разрушению здания до исчерпания несущей способности основных конструкций.

5. При проектировании сборных элементов по возможности укрупняют их, тем самым уменьшая количество стыков. Стыки располагают вне зоны максимальных усилий.

6. Поскольку величина сейсмических нагрузок зависит от веса здания, стремятся уменьшить вес здания и полезных нагрузок.

Сейсмостойкие здания и сооружения проектируют:

- по жесткой конструктивной схеме из несущих вертикальных элементов (диафрагм), работающих под действием сейсмической нагрузки преимущественно на сдвиг и обладающих малыми деформациями. Она способствует затуханию колебаний;

- по гибкой конструктивной схеме из несущих вертикальных элементов, работающих под действием сейсмических толчков преимущественно на изгиб. Она снижает сейсмическую нагрузку на здание [1].

### *Каркасы сейсмостойких зданий*

В каркасных зданиях конструкцией, воспринимающей сейсмическую нагрузку, может служить:

- рамный каркас с жесткими узлами сопряжений ригелей и колонн;
- связевой каркас с вертикальными устоями жесткости (стальные связи, диафрагмы, стены, ядра жесткости).

При числе этажей более пяти связевый каркас может выполняться с жесткими узлами сопряжений ригелей и колонн.

Может использоваться также комбинированный каркас – с рамной схемой в поперечном направлении и связевой – в продольном направлении.

Для зданий более девяти этажей используются только связевые каркасы с вертикальными устоями жесткости [2].

*Как влияет пространственная жесткость на устойчивость конструкции?*

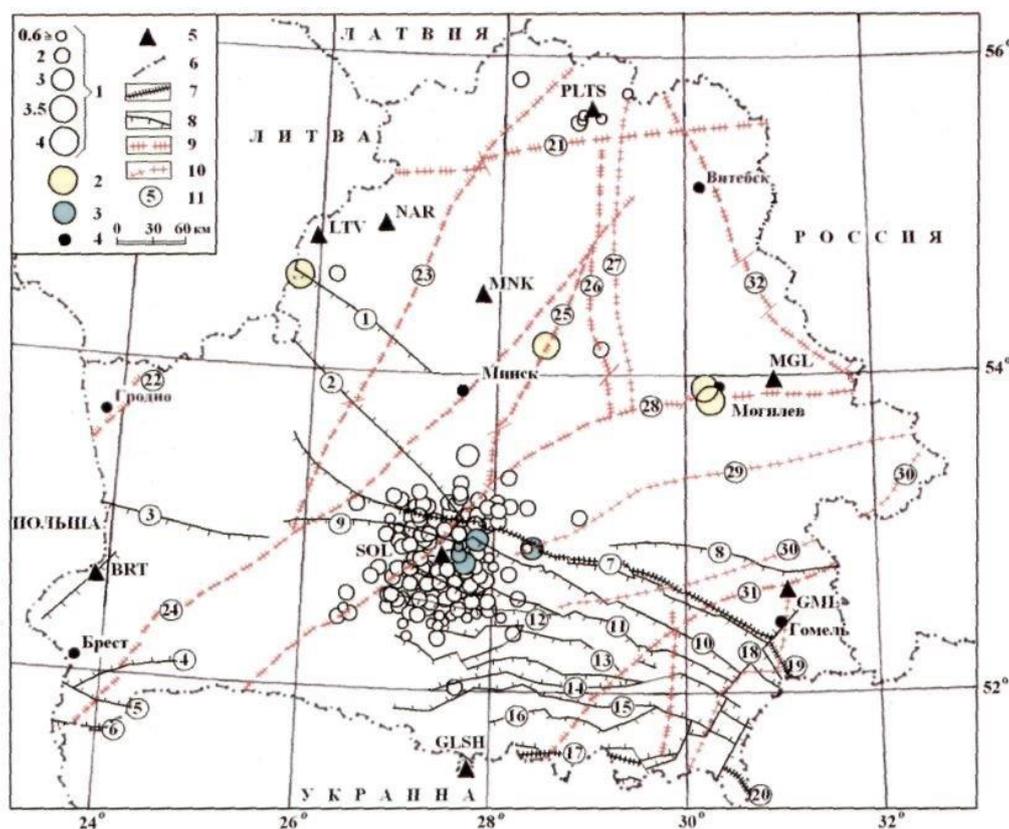
Пространственная жесткость – способность здания и его элементов сохранять первоначальную форму при действии приложенных сил.

Устойчивость – способность здания сопротивляться опрокидыванию при действии горизонтальных нагрузок.

Общая устойчивость и пространственная жесткость здания зависят от взаимного сочетания и расположения конструктивных элементов, прочности узлов соединений и т. д.

### Сейсмичность территории Беларуси

В целом наша страна характеризуется относительно слабой сейсмической активностью, однако и в её пределах происходили достаточно сильные сейсмические события с магнитудой в 4–5 баллов. Проявления сейсмичности в регионе связывалось с существованием разломов в фундаменте. За весь период наблюдений на территории Беларуси произошло шесть землетрясений, которые имели ощутимый характер (рисунок 1). Последнее ощутимое и наиболее сильное – Ошмянское землетрясение, произошло в 1908 г. [3].



1 – магнитуда землетрясений, 2 – эпицентры,  
3 – ощутимые инструментально зарегистрированные землетрясения, 4 – город  
**Рисунок 1 – Карта землетрясений на территории Беларуси**

## Симуляции с макетами

Несмотря на то, что Республика Беларусь характеризуется относительно малой сейсмической активностью, данная тема в современном мире очень актуальна. Даже на территории СНГ землетрясения являются важной проблемой. В связи с этим было принято провести эксперимент с разными типами каркасов. Эксперимент состоял из двух этапов: симуляция с нагрузками в программе SAP2000 и испытание макетов, состоящих из макарон и деревянных шпажек.

Имеется два типа каркаса: рамный (рисунок 2) и связевой (рисунок 3). В симуляции можно наглядно увидеть, как дополнительные связи уменьшают колебания каркаса.

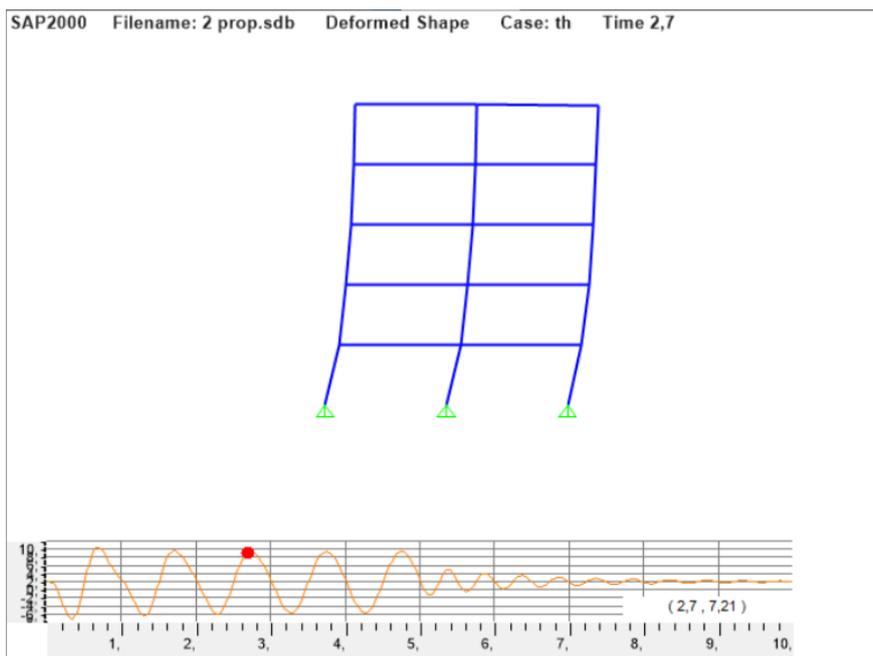


Рисунок 2 – Симуляция с нагрузками в программе SAP2000 рамного каркаса

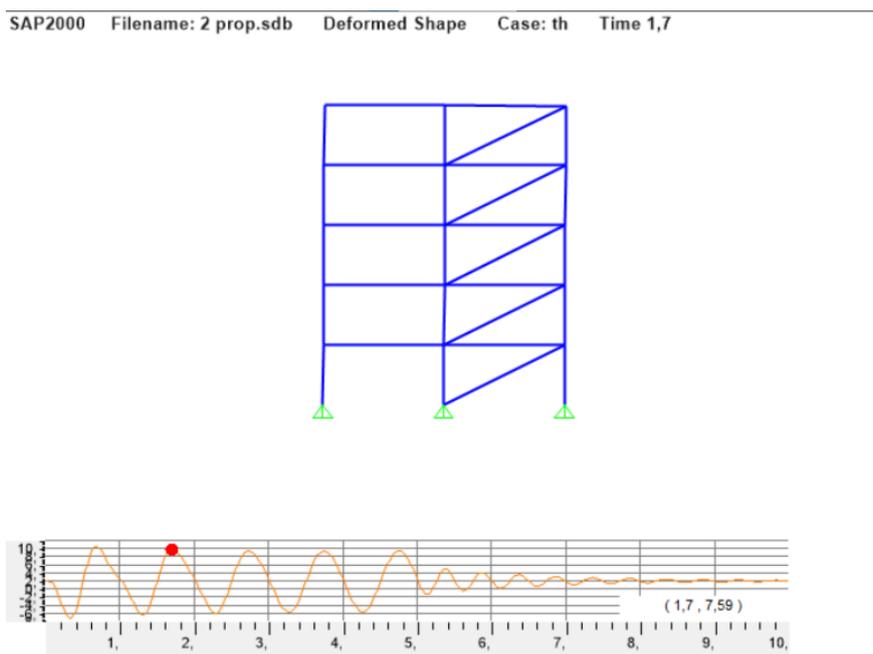


Рисунок 3 – Симуляция с нагрузками в программе SAP2000 связевого каркаса

Касаемо симуляции с макетами из макарон, мы сделали рамный, связевой и рамно-связевой каркас (рисунок 4), а также дополнительно добавили макет из деревянных шпажек с четырьмя диагональными связями на нижнем этаже. Помимо специально записанного на видео эксперимента, было проведено несколько экспериментов в рамках мероприятий “Каникулы в БрГТУ”. У нас получилась небольшая статистика, причем довольно интересная: в большинстве случаев первым разрушался рамный каркас из макарон, затем связевой, затем комбинированный. Каркас из деревянных шпажек оставался целым.



*Рисунок 4 – Типы каркасов из макаронных изделий*

А вот последний наш эксперимент закончился необычно. На видео видно, что первым разрушается комбинированный каркас, затем связевой и только потом рамный. Каркас из деревянных шпажек неизменно остается целым. Скорее всего, дело здесь в дефекте сборки.

### **Заключение**

Таким образом, возведение каркасных конструкций в сейсмоопасных районах имеет ряд особенностей, которые заключаются в создании устойчивой каркасной основы, снабженной диагональными связями, диафрагмами и ядрами жесткости, что позволяет существенно снижать влияние колебаний почвы при землетрясении. И, соответственно, чем больше дополнительных связей в каркасе здания, тем выше его пространственная жесткость и устойчивость.

### **Список цитированных источников**

1. Строительство зданий в сейсмических районах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/9515451/page:35/>. – Дата доступа: 9.04.2024.
2. СП 31-114-2004 “Правила проектирования жилых и общественных зданий для строительства в сейсмических районах” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/45/45786/?ysclid=lx21q3geg2523192989>. – Дата доступа: 9.04.2024.
3. Сейсмический режим территории Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/9697043/page:10/>. – Дата доступа: 10.04.2024.