

ГРАЖДАНСКИЕ ЗДАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ СОВМЕСТНОМ ПРОЯВЛЕНИИ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ

АКТИВНОСТИ

Филимонов Даниил Сергеевич, аспирант
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
E-mail: daniilo.filimonov@yandex.ru

Аннотация. Районы Крайнего Севера на сегодняшний день обладают достаточно большим потенциалом развития, что в первую очередь связано с наличием богатых природных ресурсов, освоение которых непосредственно влияет на перспективы и направления развития добывающей промышленности и сопряженных с ней отраслей, что в то же время требует формирования целого ряда вспомогательных гражданских объектов различного назначения, без которых невозможно существование любого предприятия добывающей отрасли. Часть районов Крайнего Севера, затрагивающих регионы Дальнего Востока, Западной и Восточной Сибири, находятся в условиях совместного распространения многолетнемерзлых грунтов и высокой сейсмической активности, которые диктуют особые требования и условия для проектирования и строительства, а также ставят для инженера особые нетиповые задачи. В данном докладе проведен анализ влияния упругого основания, представленного многолетнемерзлыми грунтами в твердомерзлом, пластичномерзлом и талом состоянии на сейсмостойкость гражданского многоэтажного жилого здания, имеющего различные конструктивные схемы (условно жесткую, средне-жесткую и гибкую) и фундаментные конструкции (свайный, плитный, ленточный и коробчатый фундаменты).

Ключевые слова: сейсмические воздействия, грунтовое основание, многолетнемерзлые грунты, конструктивные схемы, фундаменты.

Введение

Большая часть отдаленных территорий Крайнего Севера Российской Федерации на сегодняшний день обладают достаточно большим потенциалом развития, что в первую очередь связано с наличием богатых запасов полезных ископаемых, большого количества редких металлов, а также драгоценных камней. К таким территориям относятся вся территория Якутии, часть городских округов Республики Коми, весь Камчатский край, северные части Красноярского и Хабаровского краев, Иркутская (частично), Сахалинская (частично), Мурманская и Магаданская область, также часть Тюменской и Архангельской областей и др. [1]. Кроме того, часть территорий, затрагивающих регионы Дальнего Востока, Западной и Восточной Сибири, находятся в условиях совместного влияния сурового климата и сложных инженерно-геологических условий – наличие многолетнемерзлых грунтов (ММГ), в совокупности с сейсмической активностью, интенсивность которой варьируется от 6 до 10 баллов (рисунок 1).

В районах распространения ММГ принимается несколько принципов использования грунтов в качестве оснований, в соответствии с требованиями свода правил СП 25.13330 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах»:

❖ I принцип – грунты основания сохраняются в вечномерзлом состоянии на весь период строительства и эксплуатации зданий и сооружений;

❖ II принцип – грунты используются в оттаявшем состоянии, как при возведении объектов, так и при их эксплуатации.

Реализация принципов может осуществляться через различные конструкции фундаментов, которые как известно могут быть выполнены в виде свайных фундаментов, плитных, ленточных и других фундаментов. При этом, наиболее надежным вариантом, как показала практика строительства в условиях вечной мерзлоты, являются свайные фундаменты, которые при реализации принципа I могут рассматриваться, как элементы податливой связи. Исследования таких решений проводились различными авторами, например Аубакировым А. Т., Гриб С. И., Харитоновым А. В., Сергеевым Д. А., Митрофановой М. Н. и другими, и отражены в работах [2]-[5].

В районах совместного распространения ММГ и сейсмике необходимо принимать симметричные конструктивные схемы с равномерным распределением жёсткостей и масс, чтобы в плане и по высоте они имели простую и компактную геометрию. Наиболее предпочтительными формами зданий в плане являются круг, квадрат или прямоугольник без перепада высот и выступающих углов [6].

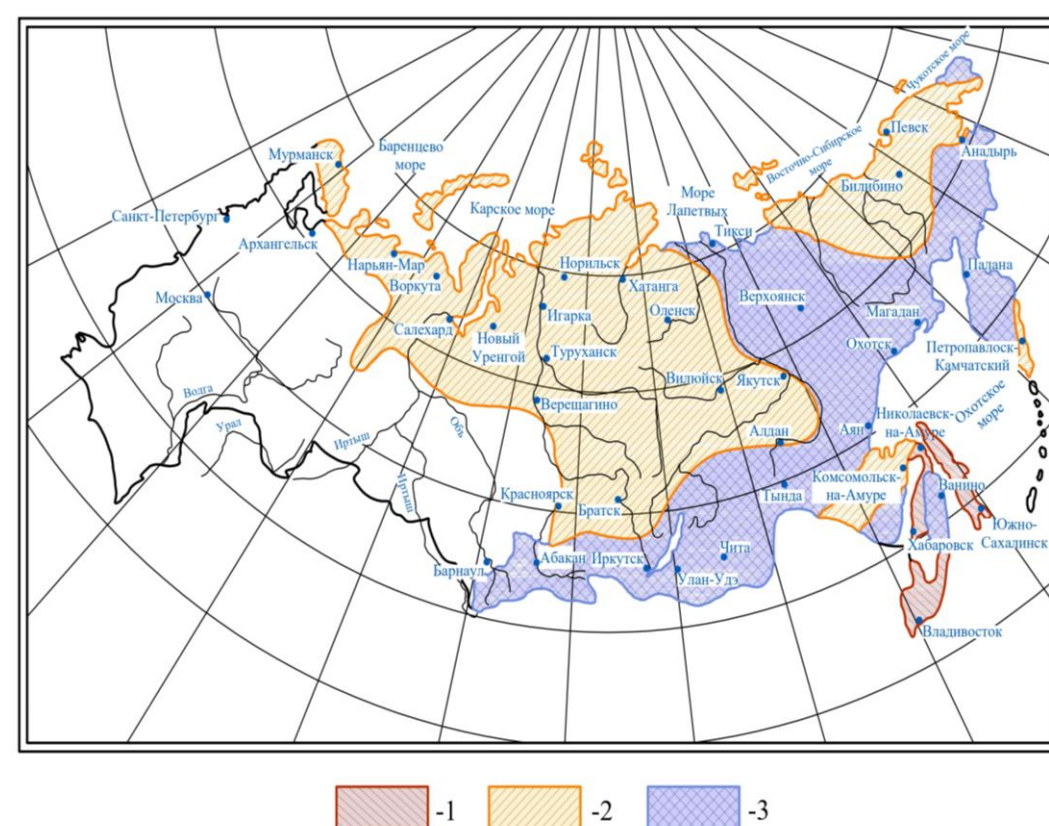


Рисунок 1 – Схема районов с ММГ в сейсмоопасной области России

1 – сейсмоопасная область (интенсивностью 6 баллов и выше);
2 – площадь развития многолетнемерзлых пород;
3 – сейсмоопасные районы в области многолетнемерзлых пород

В основном здания следует проектировать с бескаркасной (стеновой) и каркасной конструктивными системами. Как известно, динамические характеристики этих зданий весьма разнообразны, период основного тона колебаний изменяется от 0,1 до 1 с и более. Соответственно, поведение этих зданий при землетрясении будет также существенно отличаться друг от друга.

Таким образом, проектирование зданий гражданского назначения в таких сложных условиях (наличие многолетнемерзлых грунтов и сейсмической активности) представляет собой достаточно сложную инженерную задачу.

Конструирование и расчет

В качестве исходных параметров исследования выбран объект – многоэтажный жилой дом этажностью 10 этажей, который имеет различные конструктивные схемы:

- условно жесткая, конструктивное решение здания – с наружными и внутренними несущими стенами из монолитного железобетона. Объект имеет бескаркасную конструктивную систему с расположением несущих стен в двух направлениях (продольном и поперечном) (рисунок 2, а);
- условно средне-жесткая, конструктивное решение здания – монолитный железобетонный каркас с ядром и диафрагмами жесткости. Конструктивная система – каркасно-стеновая с ядром жесткости в зоне лестнично-лифтового узла и диафрагмами жесткости. Заполнение каркаса из пенобетонных блоков (рисунок 2, б);
- условно гибкая, конструктивное решение здания – монолитный железобетонный облегченный каркас с ядром жесткости. Конструктивная система – каркасно-стеновая с ядром жесткости в зоне лестнично-лифтового узла. Колонны и балки переменного сечения, первые два этажа сечением 0,4x0,4 м далее 0,3x0,3м. Заполнение каркаса из пенобетонных блоков (рисунок 2, в);

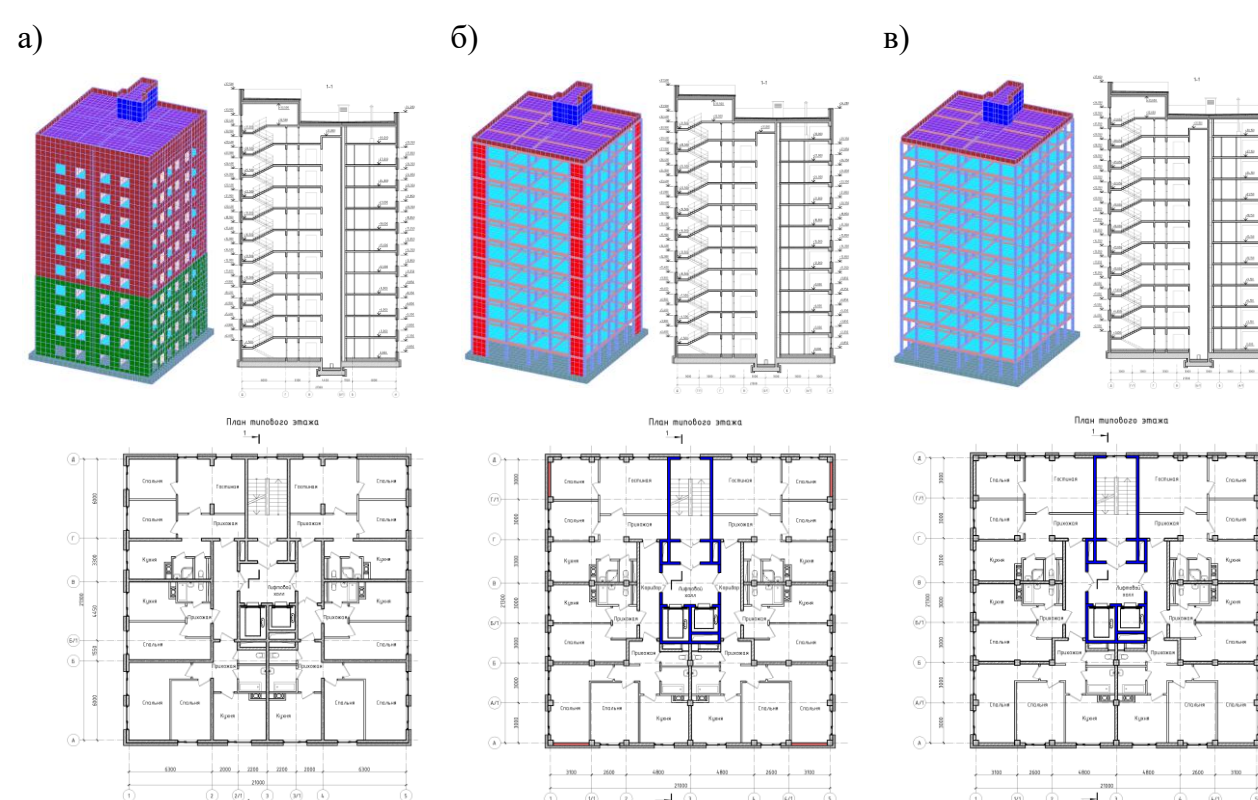


Рисунок 2 – Объект исследования с различными вариантами конструктивных схем: а) жесткая, $T=0,1-0,4$ с; б) средне-жесткая (синим цветом – ядро жесткости, красным – диафрагмы жесткости), $T=0,5-0,8$ с; в) гибкая (синим цветом – ядро жесткости), $T=0,9$ с

В качестве фундаментов различных конструктивных схем многоэтажного жилого здания приняты:

- Свайный фундамент с высоким ростверком и проветриваемым подпольем. Сваи забивные с конусным наконечником, трубчатого сечения с наружным диаметром 402 мм и толщиной стенки 20 мм, длиной 10 м (рисунок 3, а).
- Плитный фундамент высотой 1 м по бетонной подготовке 0,1 м, на щебеночной подушке (рисунок 3, б).
- Ленточный фундамент, состоящий из ленты шириной 0,5 м и подошвы шириной 2 м (рисунок 3, в);
- Монолитная пространственная фундаментная платформа (коробчатый фундамент), состоящая из двух железобетонных плит и перекрестных железобетонных балок (рисунок 3, г).

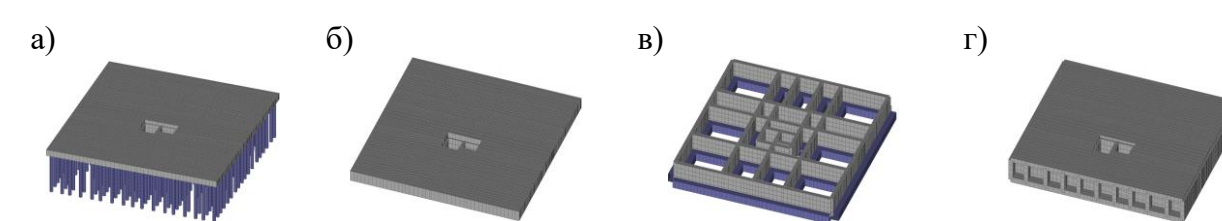


Рисунок 3 – Фундаменты

а) свайный фундамент с высоким ростверком и проветриваемым подпольем; б) плитный фундамент; в) ленточный фундамент; г) монолитная пространственная фундаментная платформа (коробчатый фундамент)

Исследование проводилось с учетом физико-механических свойств однородного грунтового основания в виде ММГ в твердомерзлом, пластичномерзлом и талом состоянии. Упругое основание моделировалось при помощи объемных элементов с заданными жесткостными характеристиками. Объемный вес однородного упругого основания не учитывался, предполагалось, что оно лишено динамических масс, чтобы исключить воздействие на него горизонтальных инерционных сил.

Результаты

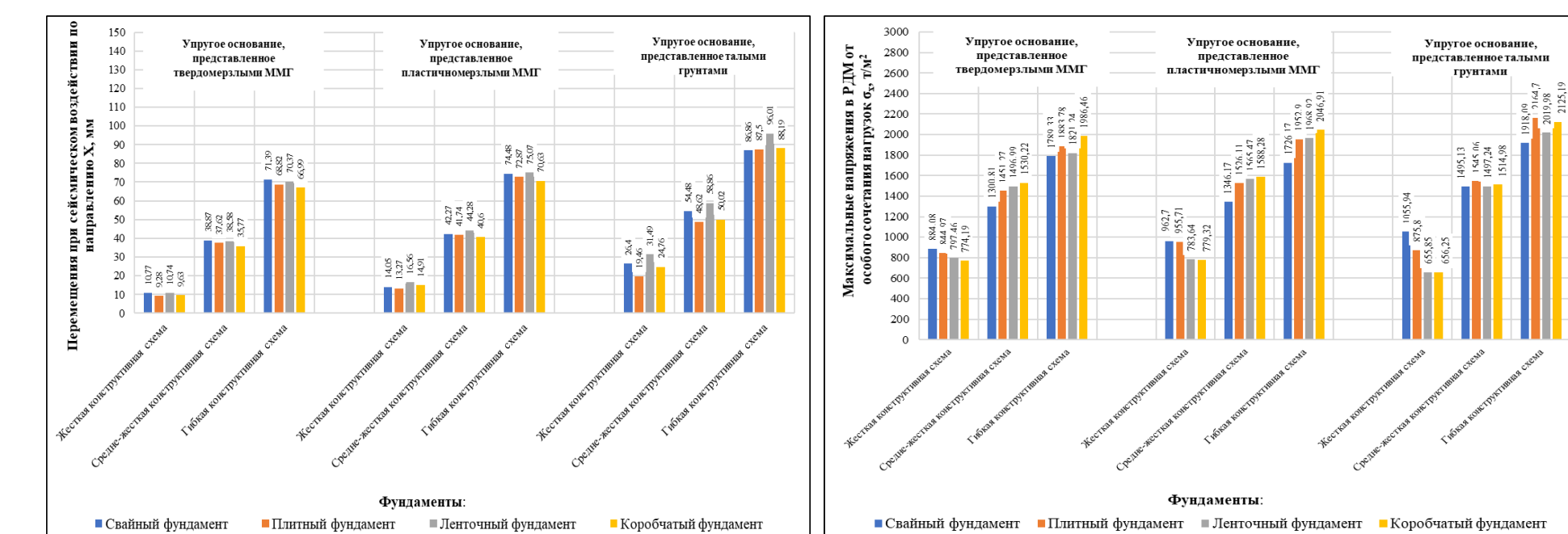


Рисунок 4 – Влияние типов фундаментных конструкций, конструктивных схем и жесткости упругого основания на горизонтальное перемещение верхних этажей объектов исследования при сейсмическом воздействии по направлению X

Рисунок 5 – Влияние типов фундаментных конструкций, конструктивных схем и жесткости упругого основания на максимальные напряжения в конструктивных элементах от особого сочетания нагрузок s_x

Выводы

Сравнительная оценка полученных результатов показала, что для всех конструктивных схем жесткой, средне-жесткой и гибкой конструкции на упругом основании с тальми грунтами, значения горизонтальных перемещений верхних этажей выше, чем у аналогичных схем на упругом основании с твердомерзлыми ММГ, результаты перемещений на пластичномерзлых ММГ имеют сравнительно средние значения. При этом разница в максимальных перемещениях между объектами, имеющих жесткую, средне-жесткую и гибкую конструктивные схемы на фундаментах глубокого и мелкого заложения на однородном основании с твердомерзлыми ММГ минимальна. У жестких конструктивных схем, на рассматриваемых типах упругих оснований с коробчатым вариантом фундамента, ввиду его значительной жесткости возникают наименьшие напряжения в конструктивных элементах. В целом, у объектов с жесткими конструктивными схемами самые низкие значения перемещений и максимальных напряжений в конструктивных элементах. В свою очередь, объекты с гибкой схемой ввиду своей значительной податливости имеют самые наибольшие перемещения и напряжения на всех типах фундаментов и упругих оснований.

Таким образом, у объектов с жесткой конструктивной схемой самые низкие значения перемещений и максимальных усилий в конструктивных элементах, в сравнении с остальными рассмотренными конструктивными решениями, они более устойчивы к сейсмическому воздействию независимо от типа фундамента и упругого основания.

Литература

1. Frolov, V. Some Problems of Buildings and Structures Service Within Permafrost Area / V. Frolov // Procedia Engineering : Underground Urbanisation as a Prerequisite for Sustainable Development, St.Petersbug, 12–15 сентября 2016 года. Vol. 165. – Amsterdam: Elsevier Ltd, 2016. – P. 385-393. – DOI 10.1016/j.proeng.2016.11.714
2. Аубакиров А.Т. Сейсмоизолирующие свайные фундаменты. Алма-Ата, 1987. 168 с.
3. Гриб С. И. Свайные фундаменты на вечномерзлых грунтах в сейсмических районах. Ленинград : Стройиздат, Ленинградское отделение, 1983. – 152 с.
4. Харитонов В. А. Сейсмостойкое строительство в районах распространения вечномерзлых грунтов. Москва : Центральный институт научной информации по строительству и архитектуре (ЦИНИС), 1978
5. Belash T. A., Mitrofanova M. N. Pile Foundations for Areas with a Joint Manifestation of Permafrost and High Seismic Activity. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vladivostok : Institute of Physics Publishing, 2018. – Vol. 463, Part 2. – P. 022076. – DOI 10.1088/1757-899X/463/2/022076
6. Белаш, Т. А. Сейсмостойкие конструкции транспортных зданий и сооружений / Т. А. Белаш, А. М. Уздин, С. В. Елизаров. – Москва : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2012. – 501 с.