

**Строительство и эксплуатация
инфраструктурных объектов в условиях
вечной мерзлоты (подборка статей)**

Москва
«Книга по Требованию»

УДК 33
ББК 65
С86

С86 Строительство и эксплуатация инфраструктурных объектов в условиях вечной мерзлоты (подборка статей) / — М.: Книга по Требованию, 2020. — с.

ISBN 978-5-8853-5395-3

ISBN 978-5-8853-5395-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2020
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2020



Строительство и проектирование зданий и сооружений в условиях вечной мерзлоты

Т.В. Охлопкова, Г.Р. Гурьянов, А.А. Плотников

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), Москва

Аннотация: В статье приводятся исследования по проблематике строительства и проектирования зданий и сооружений в условиях вечной мерзлоты России. На основании исследований работы сформированы принципы строительства на вечномерзлых грунтах. Показано, что проектирование и строительство зданий и сооружений может вестись как, при условии, что почвы основы остаются мёрзлыми как при строительстве, так и в процессе эксплуатации, так и в том случае, когда почвы обязательно приобретут талое состояние в период строительства или в процессе эксплуатации зданий и сооружений.

Ключевые слова: строительство, проектирование, вечная мерзлота, грунт, фундамент, конструкции, Крайний Север, климат, почва, здание, сооружение.

Введение. Общеизвестный факт, что большая часть территории Российской Федерации расположено в условиях вечной мерзлоты, создает основание к актуальности использования ресурсов и богатств данных территорий для эффективного социально-экономического развития нашей страны. Именно виду того, что большая часть ресурсного потенциала России сосредоточено в недрах северных территорий, уже достаточно большой период времени ведутся успешные исследования и проектные разработки различных строительных и инженерных объектов широкого круга сфер промышленности России: нефтегазовой, добывающей, жилищно-строительной и др. Это позволило достичь такой ситуации, что сегодня новые объекты в северных территориях строятся уже не путем проб и ошибок, а на основании научных знаний, для таких сооружений существуют особые требования к проектированию и изысканиям. Вопросами строительства на мерзлоте занимается целая научная отрасль - инженерная геокриология. Причем Россия более полувека является лидером в этой области. Современные ученые подтверждают, что технологии строительства на вечномерзлых грунтах отработаны хорошо. Однако все еще остается научно актуальным вопрос повышения эффективности процессов



строительства и проектирования зданий и сооружений в условиях вечной мерзлоты.

Цель статьи: исследование эффективных условий строительства и проектирования зданий и сооружений в условиях вечной мерзлоты.

Основной особенностью Северной строительно-климатической зоны являются низкие зимние температуры воздуха и вечномерзлые грунты, которые распространены на 11 млн. км², что составляла 47% территории России. Исходя из влияния строительно-климатических характеристик на объемно-планировочные и конструктивные решения жилых зданий территорию Крайнего Севера можно разделить на три зоны.

Первая зона охватывает территории, прилегающие к арктическому побережью, и отличаются сильными ветрами, в сочетании с низкими зимними температурами до -40°C , снегозаносами и солнечным климатом, характерном для зоны, расположенной за полярным кругом, когда солнце светит круглые сутки, низко поднимаясь над горизонтом – до 23° севернее полярного круга. В этой зоне находятся такие города как Норильск и Воркута.

Вторая зона отличается резко-континентальным климатом с очень низкими зимними температурами до -55°C и жарким летом, с температурой до 30°C , малым количеством осадков, как в жидком, так и твердом виде, слабыми ветрами. Инсоляция и солнечная тепловая радиация отсутствует зимой, длина светового дня составляет 2 – 4 часа. Большие перепады температур приводят к значительным температурным деформациям, сопутствующие замерзанию-оттаиванию влаги в конструкциях. При низких среднегодовых температурах воздуха, ниже -6°C , и малой толщине снеговых отложений, грунты промерзают и образуется устойчивая мерзлая толща с постоянной температурой грунта в -2°C на глубине 10-15 м и ниже. Для этой зоны характерна разница среднегодовых температур воздуха и грунта в $2-4^{\circ}\text{C}$. В этой зоне находятся такие города как Якутск и Мирный.

Третья зона является переходной от мерзлых грунтовых оснований к обычным грунтам с положительными температурами. Проектирование в этой зоне наиболее сложное, так как там имеются в основании как мерзлые, так и талые грунты. Причем островные талики, также, как и мерзлые могут со временем изменять свою конфигурацию и местоположение. Это прежде всего связано с большими снеготаносами и ветром.

В этой зоне находятся такие города как Чита и Магадан.

Основной особенностью, которая влияет на объемно-планировочные и конструктивные решения зданий на Севере, является наличие вечномёрзлых грунтов в основании и особенно низкие температуры воздуха зимой. [1-3]

При возведении зданий и сооружений на вечномёрзлых грунтах строителям приходится решать вопрос о выборе принципа строительства - основного направления, которому необходимо следовать при проектировании, возведении и эксплуатации: в каком состоянии использовать грунты в качестве основания здания - в мёрзлом или талом. В зависимости от конструктивных и технологических особенностей зданий и сооружений, а также от геокриологических условий территории строительства, принимается тот или иной принцип использования вечномёрзлых грунтов в качестве оснований. [1,2]

I принцип - вечномёрзлые грунты основания используются в мерзлом состоянии, сохраняемом в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации здания или сооружения.

II принцип - мёрзлые грунты основания используются в оттаявшем состоянии, с допущением оттаивания их в процессе эксплуатации здания и сооружения, или оттаивания грунтов на расчётную глубину до начала возведения здания.

Абсолютное большинство жилых многоэтажных зданий в городах, расположенных в зоне устойчивых вечномёрзлых грунтов построены по I

принципу.[3] Достигается это за счет открытого пространства под зданием, так называемого вентилируемого подполья как это показано на примере многоэтажного жилого дома в г. Мирном- (рис.1). Как известно прочностные и деформационные свойства мерзлых грунтов определяются прежде всего значением их отрицательной температуры [3,4,5,6]. Поэтому сохранение расчетного температурного режима грунтов основания является основной задачей при проектировании зданий, возводимых по I принципу. В настоящее время известны два основных средства для охлаждения грунтовых массивов оснований зданий. Это *проветриваемое подполье*, и *глубинные охлаждающие устройства*.



Рис. 1. - Проветриваемое подполье в жилом доме

Конструкции фундаментов. В качестве фундаментов зданий, построенных по I принципу, применяются сваи, установленные в заранее пробуренные скважины и вмороженные в грунты основания. Сваи работают как стойки, жестко защемленные одним концом в грунт, а верхним концом закрепленные в монолитный фундаментный ростверк. При температурных

деформациях ростверка верхние концы свай перемещаются в зависимости от длины ростверка. Особенно это касается крайних свай.

Уменьшить нагрузку от температурных деформаций возможно за счет увеличения свободой длины свай, и путем устройства температурных швов. Необходимо отметить, что при включении отопления температурные деформации ростверка сокращаются, так как он жестко связан с конструкциями здания.

Проветриваемое подполье представляет собой часть здания, заключённую между перекрытием первого этажа и грунтом основания. Высота подполья определяется расстоянием от поверхности грунта до низа выступающей конструкции и составляет не менее 1.2 - 1.7 м до балки ростверка. По режиму охлаждения и вентилирования холодные подполья подразделяются на закрытые, открытые и с регулируемым проветриванием. ограждается сеткой или стенкой со щелью внизу высотой 20 см по контуру здания. На рис. 2. представлено вентилируемое подполье в здании без технического этажа.

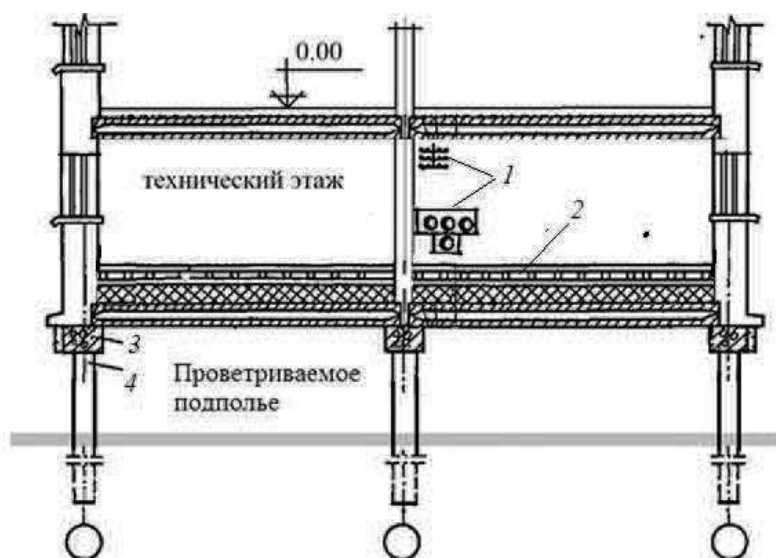


Рис. 2. - Конструкция проветриваемого подполья в жилом доме:
1— инженерные коммуникации; 2 — цокольное перекрытие; 3 — ростверк;
4 — свая.



В качестве охлаждающих устройств, применяемых для повышения надежности мерзлых оснований как, правило используются сезонно-охлаждающие устройства (СОУ), работающие за счет естественного холода. СОУ могут быть жидкостные, парожидкостные или вентилироваться холодным воздухом [7]. Они могут располагаться рядом со сваей или внутри сваи.

Конструктивной особенностью СОУ-1 с однофазным теплоносителем в виде коаксиального термосифона, является возможность обеспечить необходимую интенсивность теплообмена в зимнее время только за счет поверхности надземной части устройства, вмонтированного в сваю. В летнее время при положительном значении разности температур атмосферного воздуха и грунта циркуляция теплоносителя устраняется автоматически. Это исключает кратковременное повышение температуры на поверхности сваи и опасность потери несущей способности холодной сваи. За счет применения в качестве теплоносителя авиационного керосина СОУ-1 является абсолютно надежным [8,9].

СОУ-2 с двухфазным теплоносителем представляет собой трубу, внутри которой происходят процессы испарения - конденсации рабочей жидкости - теплоносителя. В качестве теплоносителя используются: аммиак, углекислота, пропан, фреон [7]. Существенным преимуществом конструкции явилось уменьшение диаметров испарителя и конденсатора. В большинстве случаях, используются трубы диаметром 32-57 мм. При этом масса СОУ-2 не превышает 70 кг. Недостатком СОУ-2 недостаточная надежность. В случае утечки хладоносителя устройство выходит из строя. СОУ-2 широко применяются на объектах нефтегазовой добычи в Салехарде, Лабытнанги на Ямале. В городах Воркута, Норильск, Мирный СОУ-2 применяются для экстренного охлаждения грунтов оснований в случае повышения их температуры.

Строительство по II принципу допускает оттаивание грунтов основания во время эксплуатации здания. Такой метод строительства актуален для районов, где в течение срока эксплуатации здания возможен переход грунта из мерзлого в талое состояние или наоборот. Как известно при промерзании сильновлажных грунтов происходит активное деформации в виде пучения. При оттаивании лед переходит в воду и объем грунта уменьшается. Для снижения амплитуды температурных колебаний в грунтах основания применяется метод стабилизации. Но надежность этого метода недостаточна из-за резких климатических изменения температуры воздуха и влажности, особенно толщины снегового покрова.

Современный опыт показал, что строительство не ограничивается применением только I или II принципа использования грунтов основания в качестве фундаментов. В Якутске основания зданий, построенных на намывных грунтах по I принципу со столбчатыми фундаментами, постепенно оттаивали, но осадки фундаментов оказались допустимыми для данной конструкции здания, и, таким образом, здания, построенные по Принципу I, постепенно, в связи с деградацией вечной мерзлоты, эксплуатируются по Принципу II[10]. Это можно объяснить тем, что при массив намывных грунтов состоит главным образом из песков, который характеризуется как мощный (6,5–8,5 м) слой уплотнившихся грунтов с малой влажностью, мало подверженный деформациям при промерзании-оттаивании. Аналогичные ситуации могут возникать также при наличии крупнообломочных или скальных грунтов на небольшой глубине.



Рис. 3. - Жилой дом на намывных грунтах без вентилируемого подполья в Якутске в 203 мкр-не.



Рис. 3. - Жилой дом на намывных грунтах с вентилируемым подпольем в Якутске в 202 мкр-не.

Научная новизна исследования состоит в определении применимости двух принципов строительства на вечномёрзлых грунтах с учетом современных технологий, таких как намывные песчаные основания, само-охлаждающие устройства, автоматизация регулирования вентиляции подполья под зданием
