

Петтай Матвей Владимирович

магистрант, 2 курс

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ
АДАПТАЦИИ К ПРОГНОЗИРУЕМЫМ ИЗМЕНЕНИЯМ ВЕЧНОЙ
МЕРЗЛОТЫ**

Аннотация. Статья посвящена решению проблем эксплуатации объектов инфраструктуры, расположенных на территориях с многолетнемерзлыми грунтами, в условиях меняющегося климата. Рассматриваются методы предотвращения разрушения фундаментов зданий и сооружений, вызванного таянием грунтового основания. Особое внимание уделено современным технологиям искусственной стабилизации грунта путем замораживания с использованием различных типов термостабилизаторов и методов охлаждения. Представлены теоретические обоснования и практические рекомендации по выбору оптимального способа замораживания грунтов, включая использование твердого углекислого газа («сухого льда») в качестве наиболее распространенного криоагента. Предложенная методика позволяет сохранить существующие постройки путём перемещения их на новый фундамент без демонтажа и обеспечить длительную надёжность и безопасность эксплуатируемых объектов в регионах распространения вечной мерзлоты.

Annotation. The article is devoted to solving the problems of operating infrastructure facilities located in areas with permafrost in a changing climate. The methods of preventing the destruction of the foundations of buildings and structures caused by the melting of the soil base are considered. Special attention is paid to modern technologies of artificial soil stabilization by freezing using various types of thermostabilizers and cooling methods. Theoretical justifications and practical recommendations for choosing the optimal method of soil freezing are presented, including the use of solid carbon dioxide ("dry ice") as the most common cryoagent.

The proposed methodology makes it possible to preserve existing buildings by moving them to a new foundation without dismantling and to ensure long-term reliability and safety of operated facilities in permafrost regions.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

История, глобальное потепление, температурный коэффициент, BIM, перемещение зданий, заморозка грунтов

KEY WORDS:

History, global warming, temperature coefficient, BIM, building relocation, soil freezing

1. Введение

С учетом изменений в характеристиках вечномёрзлых грунтов, обеспечение эксплуатационной пригодности уже возведённых зданий, сооружений и элементов инфраструктуры становится всё более актуальной задачей. Проблема эта привлекает внимание не только научного сообщества, но и специалистов, непосредственно ответственных за их эксплуатацию.

На территориях с устойчивой вечной мерзлотой разместились промышленного назначения предприятия и объекты энергоснабжения, одновременно прокладываются основные магистральные трубопроводы, а также автомобильные и железнодорожные сети, что в совокупности способствует развитию индустриальной, социальной и государственной сферы.

Анализ результатов исследований наглядно демонстрирует, что эксплуатация сооружений, возведённых на многолетнемерзлых грунтах, сталкивается с основополагающей проблемой [1].

При разработке новых проектов, когда возможно внедрение современных технологий с учетом изменений в состоянии многолетнемерзлых грунтов уже на стадии проектирования, следует корректировать подходы к ремонту и реконструкции существующих сооружений. Если выявляется, что их эксплуатация становится опасной в результате размораживания грунтов вследствие глобального потепления, необходимо либо провести мероприятия по

усилению фундамента, либо полностью сносить здание с последующим возведением нового сооружения.

2. Метод сохранения зданий

В представленной статье предложен метод сохранения зданий и сооружений методом переноса их на новые фундаменты без разборки.

Фундаментальное положение данного утверждения формулируется следующим образом:

-при возведении здания на новом участке применение современных строительных технологий включает в себя устройство фундаментов посредством замораживания грунтов. При этом проектирование конструкции основывается на расчетных методах, использующих современные строительные нормы и теорию температурного коэффициента, что позволяет адекватно учитывать потенциальные климатические изменения.

- далее сооружение отделяют от его действующего фундамента с последующей транспортировкой на заранее определённое новое место.

При реализации проекта здание размещается непосредственно на специально возведённом новом фундаменте, что обеспечивает необходимую структурную устойчивость конструкции.

Современные инженерные практики демонстрируют, что применение технологии искусственного замораживания грунтов представляет собой проверенный и универсальный метод для усиления механических характеристик несущих оснований.

Применение метода термостабилизации грунта обеспечивает эффективное решение проблемы размягчения основы, служащей опорой зданий и сооружений, что, в свою очередь, препятствует оседанию и последующим разрушительным изменениям фундаментов.

С точки зрения конструкции термостабилизатор представляет собой замкнутую трубку, внутри которой содержится хладагент. Ее схема включает две функциональные части: секцию, отвечающую за испарение, и секцию, осуществляющую конденсацию.

На рисунке 1 изображены устройство термостабилизатора и механизм его функционирования.



Рисунок 1 Конструкция и принцип работы термостабилизатора

Испаритель размещают под землей, в то время как конденсатор устанавливают на поверхности. Рабочее тело перемещается по трубопроводу, реализуя эффект сифона, что приводит к понижению температуры окружающего грунта.

При снижении температуры атмосферы ниже уровня температуры почвы, где размещена испарительная секция термостабилизатора, активируется сезонное охлаждающее устройство (СОУ).

В конденсаторной секции СОУ наблюдается понижение давления, вслед за которым хладагент начинает переходить в жидкое состояние, осаждаясь на внутренних стенках устройства.

В испарительной зоне хладагент переходит в паровую фазу, что приводит к эффективной передаче тепловой энергии из грунтовых слоев в прилегающую среду и способствует снижению их температуры.

Важной особенностью термостабилизаторов является то, что они естественно действующие, то есть не нуждаются во внешних источниках энергии» [2].

В зависимости от функциональной категории и назначения конкретного здания или сооружения, можно выделить следующие разновидности термостабилизаторов:

Представленные устройства имеют вертикальное исполнение, при этом нижняя испарительная секция, как правило, простирается от 3 до 25 метров. Такие системы находят применение в антенно-мачтовых конструкциях, нефтяных вышках и иных объектах, характеризующихся значительной высотой.

Эти элементы представляют собой наклонные конструкции с загибом, изменяющимся от 50 до 85° относительно уровней земной поверхности. Такая геометрия обеспечивает сохранение устойчивости грунтовых масс в зонах, удалённых от опорных краёв зданий, что особенно важно при реализации проектов строительства резервуаров, насыпей, а также транспортных магистралей – автодорог и железных путей.

Териостабилизаторы с небольшим уклоном устанавливаются относительно поверхности грунта под углом в диапазоне от 2 до 4 градусов и используются для обеспечения устойчивости линейных конструкций.

С целью определения оптимальной технологии заморозки многолетнемерзлого грунта, применяемой при устройстве нового фундамента здания, проанализированы несколько альтернативных вариантов.

Замораживание грунта *рассольным способом* в качестве «хладагента» применяют охлажденный водный раствор хлористого кальция (рассол). Данный рассол обладает свойством оставаться жидким даже при отрицательных температурах. Этот водный раствор, охлажденный на замораживающей станции, по системе труб попадает к замораживающим колонкам, в предварительно пробуренных скважинах» [3].

При реализации данного метода замораживания производится бурение скважины, заглубленной на 2–5 м водоупорного грунта, куда впоследствии устанавливается замораживающая труба. Внутри неё размещают питающую трубу с открытым нижним концом, которая располагается так, что её нижняя граница отстоит от дна замораживающей трубы на 40–50 см. Затем, посредством

специально разработанной системы, замораживающие колонны соединяются с питающими трубами, по которым подается рассол.

На станции замораживания происходит снижение температуры данного рассола. В этом процессе применяется специально разработанная аммиачная система, нацеленная на его охлаждение. Дополнительно, круговорот раствора обеспечивается посредством замораживающих труб, которые посредством теплообмена понижают температуру грунта.

3. Заключение

Технология, основанная на замораживании грунтов посредством использования твердых криоагентов, находится на экспериментальной стадии. При этом метод может реализовываться с привлечением любого вещества, которое характеризуется наличием свойства сублимации.

С учётом специфики добычи исходного материала, требований безопасности и экономических расходов, чаще всего используется диоксид углерода, известный как «сухой лёд». Технология проведения работ во многом идентична ранее применяемым подходам: сначала бурятся скважины, в которые затем размещают замораживающие колонны, оснащённые питающими трубами.

Трубопровод соединяется с ёмкостью, содержащей две компоненты: жидкость-хладагент и твёрдый охлаждающий агент. Внутри данного резервуара твердый криоагент переходит в парообразное состояние посредством процесса сублимации, что приводит к резкому снижению температуры находящегося там жидкого хладоносителя.

После прохождения стадии охлаждения хладагент направляется в специальные блоки замораживания, где реализуется процесс обмена тепловой энергией с грунтовой массой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павлов, А.В., Г.В. Ананьева, Д.С. Дроздов, Н.Г. Москаленко, В.А. Дубровин, Н.Б. Какунов, Г.П. Минайлов, Б. Скачков, П.Н. Скрыбин,

2002. Мониторинг сезонного слоя и температуры мерзлого грунта на севере России.- Криосфера Земли, № 4, с. 30-39.
2. Забенкова Н.А., Галкин Н.С. и др. Анализ вариативных способов заморозки грунта,- Техника. Технологии. Инженерия №1 (7) , январь 2018 г.
3. Пакет программ для прогнозных расчетов при проектировании на многолетнемерзлых грунтах Frost 3D , - <https://frost3d.ru/termostabilizacziya-gruntov/>