УДК 69+624.154:624.139

Нурлыгаянов Р.Ф.
магистрант группы СМ-311
кафедра природообустройства, строительства и гидравлики
Башкирский государственный аграрный университет
(г. Уфа, Россия)

Тагрифуллина А.И.
студент группы С-403
кафедра природообустройства, строительства и гидравлики
Башкирский государственный аграрный университет
(г. Уфа, Россия)

Булатов Б.Г.
старший преподаватель
кафедра природообустройства, строительства и гидравлики
Башкирский государственный аграрный университет
(г. Уфа, Россия)

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СВАЙНЫХ ОСНОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ

***Аннотация**: в статье рассмотрены особенности мониторинга свайных оснований сооружений, расположенных в районах распространения многолетнемерзлых грунтов. Рассмотрены основные контролируемые параметры, способы наблюдения за температурным режимом и деформациями основания. Проанализирована роль постоянного накопления и сопоставления данных при оценке состояния свайного фундамента. Выделены основные направления организации мониторинга на этапах строительства и эксплуатации.*

***Ключевые слова**: многолетнемерзлые грунты, свайный фундамент, геотехнический мониторинг, температурный режим, деформация, осадка основания, термометрическая скважина.*

Работа свайного фундамента в многолетнемерзлом грунте связана с состоянием самого грунтового массива. Изменение его температуры может влиять на физико-механические свойства и условия взаимодействия сваи с основанием. Поэтому для сооружений, возводимых на многолетнемерзлых грунтах, контроль должен включать не только состояние конструкций, но и наблюдение за грунтами основания [1]. СП 25.13330.2020 предусматривает геотехнический мониторинг, включающий наблюдения за температурным режимом, состоянием основания и перемещениями фундаментов.

Особенность такого мониторинга заключается в необходимости учитывать изменения во времени. Разовое измерение позволяет зафиксировать состояние объекта только в конкретный момент, тогда как последовательные наблюдения дают возможность выявить тенденции изменения температуры и деформаций.

Цель статьи — рассмотреть основные принципы мониторинга свайных оснований в условиях многолетней мерзлоты.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

определить основные параметры мониторинга,

рассмотреть способы наблюдения за состоянием основания,

охарактеризовать организацию мониторинга,

показать значение накопления и анализа данных.

В работе использованы СП 25.13330.2020 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах», СП 497.1325800.2020 «Основания и фундаменты зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах. Правила эксплуатации», а также научная публикация А. Н. Шеина и А. А. Башковой по температурному мониторингу грунтов оснований [1–3]. СП 497.1325800.2020 содержит отдельный раздел по геотехническому мониторингу в период эксплуатации и предусматривает наблюдение за температурой грунтов и деформациями сооружений.

Проведено качественное сопоставление контролируемых параметров, способов их измерения и назначения получаемых данных. Собственные эксперименты и расчёты не выполнялись.

Геотехнический мониторинг на многолетнемерзлых грунтах включает несколько взаимосвязанных направлений. Основными являются контроль температуры грунта, наблюдение за деформациями фундамента и оценка глубины сезонного оттаивания. СП 497.1325800.2020 также связывает результаты наблюдений с проектными значениями и прогнозом состояния основания [2].

Температурные наблюдения позволяют отслеживать состояние мерзлого массива вокруг свай. Для этого применяются термометрические скважины с установленными датчиками. Современные системы могут передавать данные автоматически, что упрощает их накопление и дальнейшую обработку. Подобный подход рассматривается в исследованиях мониторинга оснований зданий в Салехарде [3].

Одновременно контролируются перемещения фундамента и сооружения. При наличии свайного фундамента особое внимание уделяется осадкам и другим деформациям, способным свидетельствовать об изменении условий работы основания.

В таблице 1 приведены основные параметры мониторинга и их назначение.

Таблица 1. Основные параметры геотехнического мониторинга.

Контролируемый параметр	Назначение
Температура грунта	Оценка состояния мерзлого основания
Глубина оттаивания	Контроль изменения границы мерзлого грунта
Осадка фундамента	Выявление вертикальных перемещений
Крен и другие деформации	Оценка изменения пространственного положения сооружения

Из таблицы видно, что отдельные параметры дополняют друг друга. Например, изменение температуры может быть связано с изменением глубины оттаивания, а дальнейшее развитие деформаций позволяет оценивать последствия для работы фундамента. Поэтому наиболее информативным является комплексный анализ данных.

Система наблюдений должна формироваться ещё на стадии проектирования. Для неё предусматриваются точки и устройства контроля, а результаты строительства используются как исходные данные для последующей эксплуатации [2]. СП 497.1325800.2020 предусматривает ведение наблюдений за температурным режимом грунтов, глубиной оттаивания и деформациями сооружения.

Упрощённая схема организации такого контроля показана на рисунке 1.

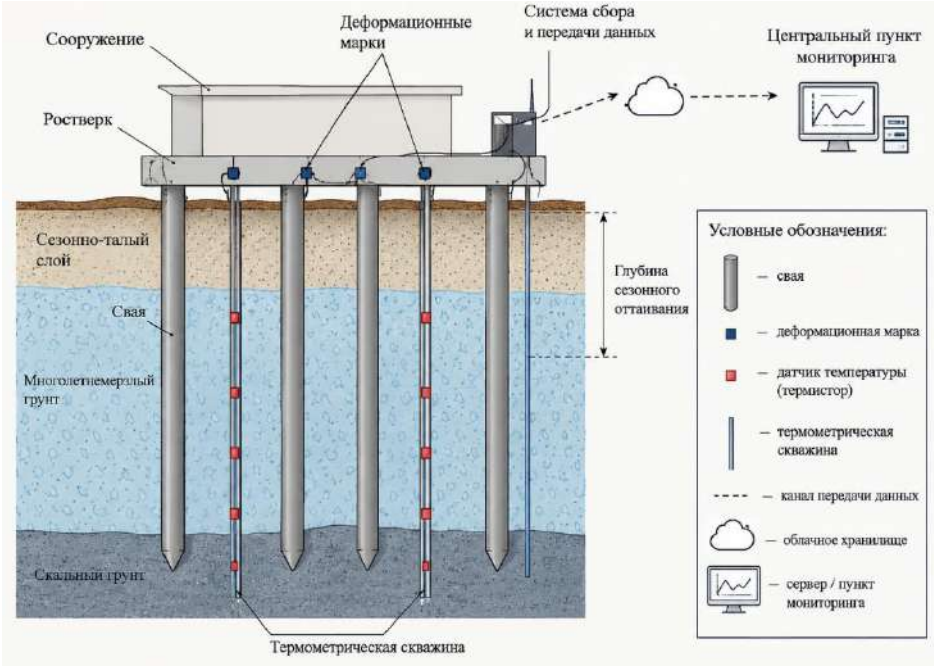

Рис. 1. Схема геотехнического мониторинга
свайного основания в условиях многолетней мерзлоты.

Основная задача мониторинга заключается не только в получении измерений, но и в выявлении изменений состояния основания. Данные, накопленные за разные периоды, позволяют сравнивать фактическую температуру грунта и деформации с исходными или проектными значениями.

Исследования автоматизированного температурного мониторинга показывают возможность использования длительных рядов наблюдений для выявления участков с изменяющимся температурным режимом основания [3].

При выявлении отклонений контролируемых параметров требуется установить их характер и возможные причины. В зависимости от ситуации может потребоваться дополнительное обследование основания, фундамента или работающих систем термостабилизации [2].

Мониторинг свайного основания в условиях многолетней мерзлоты отличается от обычного наблюдения за фундаментами тем, что механические деформации необходимо рассматривать вместе с температурным состоянием грунта. Изменение одного параметра может сопровождаться изменением другого, поэтому оценка только осадок или только температуры не всегда даёт полную картину.

Наиболее полезным является непрерывное или регулярное накопление сопоставимых данных. При таком подходе можно выявлять не отдельное отклонение, а устойчивую тенденцию изменения состояния основания. СП 25.13330.2020 и СП 497.1325800.2020 рассматривают мониторинг как часть системы обеспечения работы сооружений на многолетнемерзлых грунтах [1, 2].

Автоматизация температурных измерений дополнительно упрощает обработку больших массивов информации. Однако результаты наблюдений требуют технической интерпретации и сопоставления с проектными решениями и фактическим состоянием фундамента. Применение цифровых технологий также расширяет возможности систематизации и анализа информации в учебной и исследовательской работе [4].

Таким образом:

Основными параметрами мониторинга свайных оснований являются температура грунта, глубина его оттаивания и деформации фундамента.

Температурные наблюдения позволяют контролировать состояние мерзлого основания и отслеживать его изменения во времени.

Для оценки состояния свайного основания необходимо совместно анализировать температурные и деформационные данные.

Организация мониторинга должна предусматриваться на стадии проектирования и продолжаться в период эксплуатации сооружения [1, 2].

Накопление и сопоставление результатов наблюдений позволяет своевременно выявлять изменения состояния основания и определять необходимость дополнительного обследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. СП 25.13330.2020. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах: Свод правил. М., 2020
2. СП 497.1325800.2020. Основания и фундаменты зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах. Правила эксплуатации: Свод правил. М., 2020
3. Шеин А.Н., Башкова А.А. Статистические характеристики данных температурного мониторинга грунтовых оснований фундаментов зданий города Салехарда за 2018–2023 годы как основа для автоматизации процесса первичной обработки данных // Вестник Забайкальского государственного университета. 2024. Т. 30, № 3. С. 58–69. DOI 10.21209/2227-9245-2024-30-3-58-69
4. Хатмуллин А.А. Использование цифровых технологий в процессе изучения дисциплин в агрономии // Актуальные проблемы современной науки: взгляд молодых учёных: Материалы Национальной научно-практической студенческой конференции, Брянск, 07–08 декабря 2022 года / Отв. редакторы: Е.Д. Селифонова, Т.А. Степченко, О.В. Тишина. Т. 1. Брянск: Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, 2022. С. 655–660. EDN MLYEMI

Nurlygayanov R.F.
master's degree student of group SM-311
Department of Environmental Engineering, Construction and Hydraulics
Bashkir State Agrarian University
(Ufa, Russia)

Tagrifullina A.I.
student of group S-403
Department of Environmental Engineering, Construction and Hydraulics
Bashkir State Agrarian University
(Ufa, Russia)

Bulatov B.G.
Senior Lecturer
Department of Environmental Engineering, Construction and Hydraulics
Bashkir State Agrarian University
(Ufa, Russia)

MONITORING OF PILE FOUNDATION CONDITIONS IN PERMAFROST ENVIRONMENTS

Abstract: *in the article, specific features of monitoring pile foundations of structures located in permafrost soil areas are considered. Main controlled parameters, methods for observing temperature regime and foundation deformations are examined. Role of continuous data accumulation and comparison in assessing pile foundation condition is analyzed. Key directions of monitoring organization at construction and operation stages are identified.*

Keywords: *permafrost soils, pile foundation, geotechnical monitoring, temperature regime, deformation, foundation settlement, thermometric borehole.*