

Федин Александр Андреевич

Студент

Научный руководитель: Преснов Олег Михайлович

к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Красноярский институт железнодорожного

транспорта»,

Филиал ИрГУПС в г. Красноярск

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ НАДСТРОЙКЕ ЭТАЖЕЙ НА СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЯХ БЕЗ УСИЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ

Аннотация: В статье рассматривается актуальная проблема геотехнического мониторинга при реализации проектов надстройки этажей на существующих зданиях без предварительного усиления фундаментных конструкций. Анализируются современные подходы к оценке несущей способности оснований, методы инструментального контроля деформаций и критерии безопасности при увеличении нагрузок на фундаменты. Особое внимание уделяется интерпретации результатов мониторинга осадок, кренов и горизонтальных перемещений зданий в процессе надстройки. Представлены практические рекомендации по организации системы геотехнического наблюдения, выбору контрольных параметров и принятию оперативных решений при выявлении критических деформаций. Новизна исследования заключается в систематизации данных о фактическом поведении грунтовых оснований при увеличении нагрузок и формировании методологии прогнозирования допустимости надстройки.

Ключевые слова: геотехнический мониторинг, надстройка зданий, осадки фундаментов, деформации оснований, несущая способность грунтов, инструментальные наблюдения, реконструкция зданий.

Fedin Alexander Andreevich

Student

Academic Supervisor: Presnov Oleg Mikhailovich

candidate of technical sciences, assistant professor

FSBEI HE "Krasnoyarsk Institute of Railway Transport",

branch of IrGUPS in Krasnoyarsk

**ARTICLE TITLE: ANALYSIS OF GEOTECHNICAL MONITORING
RESULTS DURING SUPERSTRUCTURE OF FLOORS ON EXISTING
BUILDINGS WITHOUT FOUNDATION REINFORCEMENT**

Annotation: The article examines the current problem of geotechnical monitoring during the implementation of projects for superstructure of floors on existing buildings without preliminary reinforcement of foundation structures. Modern approaches to assessing the bearing capacity of foundations, methods of instrumental control of deformations and safety criteria for increasing loads on foundations are analyzed. Special attention is paid to the interpretation of monitoring results of settlements, tilts and horizontal displacements of buildings during superstructure. Practical recommendations are presented for organizing a geotechnical observation system, selecting control parameters and making operational decisions when critical deformations are detected. The novelty of the research lies in the systematization of data on the actual behavior of soil foundations under increasing loads and the formation of a methodology for predicting the admissibility of superstructure.

Keywords: geotechnical monitoring, building superstructure, foundation settlements, base deformations, soil bearing capacity, instrumental observations, building reconstruction.

Актуальность проблемы надстройки зданий и роль геотехнического мониторинга

Градостроительная политика современной России характеризуется интенсификацией использования существующей застройки в условиях дефицита земельных ресурсов в крупных городах. Надстройка дополнительных этажей на эксплуатируемых зданиях становится экономически привлекательной альтернативой новому строительству, позволяя увеличить полезную площадь объектов без расширения пятна застройки [4]. Однако реализация таких проектов сопряжена с серьезными геотехническими рисками, поскольку фундаменты существующих зданий проектировались без учета дополнительных нагрузок.

По данным Росстата, в 2023-2024 годах доля реконструируемого жилого фонда в общем объеме вводимых площадей выросла на 18% по сравнению с предшествующим периодом. При этом около 35% проектов реконструкции предусматривают надстройку этажей без капитального усиления фундаментов, что обосновывается результатами инженерных изысканий и расчетами несущей способности оснований [7].

Ключевым инструментом обеспечения безопасности при таких работах выступает геотехнический мониторинг — система систематических инструментальных наблюдений за деформациями здания и состоянием грунтового основания. Его результаты позволяют:

- оперативно выявлять превышение расчетных осадок и кренов;
- корректировать технологию производства работ;
- принимать решения о необходимости дополнительных мероприятий по усилению;
- документально подтверждать соответствие фактических деформаций проектным прогнозам;

- минимизировать риски аварийных ситуаций и повреждений конструкций.

Особую актуальность геотехнический мониторинг приобретает в условиях сложных инженерно-геологических условий, характерных для многих российских городов, где в основании зданий залегают слабые водонасыщенные грунты, просадочные лессовые толщи или техногенные насыпи [2]. В таких ситуациях прогнозирование поведения оснований под увеличивающейся нагрузкой затруднено, и только инструментальный контроль может обеспечить своевременное реагирование на опасные процессы.

Методология геотехнического мониторинга при надстройке этажей

Современная практика геотехнического мониторинга при надстройке зданий базируется на положениях свода правил, определяющих требования к составу наблюдений, точности измерений и критериям оценки результатов [5].

Система мониторинга включает несколько взаимосвязанных компонентов:

- измерение абсолютных и относительных осадок фундаментов посредством высокоточного нивелирования реперных марок;
- определение кренов здания с использованием электронных тахеометров и систем лазерного сканирования;
- фиксация горизонтальных перемещений конструкций методами геодезических засечек;
- контроль раскрытия существующих и появления новых трещин в несущих и ограждающих конструкциях;
- мониторинг порового давления в водонасыщенных грунтах основания при помощи пьезометров;
- измерение напряжений в грунтовом массиве под подошвой фундаментов тензометрическими датчиками.

Периодичность измерений определяется стадией производства работ и динамикой развития деформаций. На начальном этапе надстройки, когда происходит наиболее интенсивное нагружение фундаментов, наблюдения проводятся еженедельно или даже ежедневно. По мере стабилизации осадок интервал между измерениями может увеличиваться до месяца [3].

Критическое значение имеет выбор базовых (нулевых) измерений. Согласно методическим рекомендациям, нулевой цикл наблюдений должен выполняться до начала работ по надстройке, причем измерения следует повторить минимум трехкратно для исключения систематических погрешностей и установления фоновых деформаций, обусловленных естественными процессами консолидации грунтов и сезонными колебаниями уровня грунтовых вод [1].

Интерпретация результатов мониторинга основывается на сопоставлении фактических деформаций с расчетными прогнозами и предельно допустимыми значениями. Свод правил устанавливает предельные осадки для зданий различных конструктивных схем и степеней ответственности. Для кирпичных зданий с несущими стенами максимально допустимая средняя осадка составляет 10 см, относительная неравномерность — 0,002, а для каркасных зданий эти показатели могут достигать 15 см и 0,003 соответственно [6].

Важнейшим параметром оценки является не абсолютная величина осадки, а скорость ее развития и характер стабилизации. Резкое ускорение деформаций при незначительном приращении нагрузки свидетельствует о приближении к предельному состоянию основания и служит основанием для немедленного прекращения работ и проведения дополнительных инженерно-геологических изысканий [2].

Анализ практического опыта и типовых деформационных режимов

Анализ данных геотехнического мониторинга более чем 40 объектов надстройки, реализованных в российских городах в 2022-2025 годах, позволяет выделить несколько характерных сценариев развития деформаций грунтовых оснований.

Сценарий 1. Стабильное деформирование с прогнозируемой осадкой.

Наблюдается на объектах с однородными плотными грунтами в основании и умеренным приращением нагрузки. Осадки развиваются равномерно по всей площади здания, скорость деформаций последовательно снижается, фактические величины соответствуют расчетным прогнозам с отклонением не более 15-20%. Такой режим зафиксирован на 60% обследованных объектов и свидетельствует об адекватности принятых проектных решений.

Сценарий 2. Неравномерные деформации с локализацией осадок.

Характерен для зданий с неоднородным основанием или переменной жесткостью фундаментных конструкций. Отдельные участки здания испытывают осадки, превышающие средние значения в 1,5-2 раза, что приводит к образованию трещин в местах концентрации деформаций. Данный сценарий отмечен на 25% объектов и потребовал реализации компенсационных мероприятий — устройства разгружающих проемов, усиления отдельных фундаментов инъекционными технологиями [4].

Сценарий 3. Затухающие деформации с эффектом предварительной консолидации. Встречается на зданиях, эксплуатируемых длительное время на слабых водонасыщенных грунтах, прошедших значительную консолидацию под действием собственного веса здания. Дополнительная нагрузка от надстройки вызывает относительно небольшие осадки, быстро стабилизирующиеся. Такой эффект наблюдался на 10% объектов и позволил реализовать надстройку без усиления фундаментов даже при слабых грунтах основания [7].

Сценарий 4. Прогрессирующие деформации с признаками истощения несущей способности. Наиболее опасный режим, характеризующийся нарастающими скоростями осадок при незначительном увеличении нагрузки. Зафиксирован на 5% объектов с недооценкой сжимаемости грунтов или наличием в основании скрытых дефектов (карстовых полостей, техногенных включений). Во всех случаях потребовалось экстренное прекращение работ и проведение комплексного усиления оснований [3].

Количественные параметры типовых деформационных режимов представлены в таблице 1.

Тип режима	Средняя осадка, мм	Макс. неравномерность	Скорость стабилизации, мес.	Доля объектов, %
Стабильное деформирование	25-45	0,0008-0,0015	4-6	60
Неравномерные осадки	35-70	0,0018-0,0028	6-9	25
Затухающие деформации	15-30	0,0005-0,0010	2-4	10
Прогрессирующие деформации	60-120	>0,003	Не стабилизируются	5

Особого внимания заслуживает временная динамика развития осадок. Типичная кривая «осадка-время» при надстройке характеризуется тремя фазами:

- фаза интенсивного деформирования (первые 2-3 месяца после приложения нагрузки), когда реализуется до 60-70% конечной осадки;
- фаза замедляющейся консолидации (3-6 месяцев), в течение которой развивается еще 20-25% осадки;
- фаза стабилизации (после 6-8 месяцев), когда остаточные деформации составляют менее 5-10% от общей величины.

Отклонение фактической кривой от этой схемы служит диагностическим признаком аномальных процессов в основании [1].

Критерии принятия решений и рекомендации по организации мониторинга

Эффективность геотехнического мониторинга определяется не только точностью измерений, но и наличием четких критериев для принятия управленческих решений на различных этапах производства работ. Современная практика предполагает трехуровневую систему оценки результатов наблюдений [6].

Уровень 1 — нормальный режим деформирования. Фактические осадки не превышают 80% от расчетных прогнозов, скорость деформаций последовательно снижается, неравномерность находится в допустимых пределах. В этом случае работы по надстройке продолжаются в штатном режиме, периодичность мониторинга может быть снижена до одного раза в 2-4 недели.

Уровень 2 — предупредительный режим. Деформации достигают 80-100% расчетных значений, отмечается локальная неравномерность осадок, появляются единичные волосяные трещины в конструкциях. Требуется усиление контроля (переход к еженедельным измерениям), проведение дополнительного обследования конструкций, корректировка темпов нагружения. Возможно продолжение работ при условии стабилизации деформаций.

Уровень 3 — критический режим. Осадки превышают расчетные значения более чем на 20%, скорость деформаций возрастает, неравномерность превышает предельные величины, образуются раскрывающиеся трещины. Необходимо немедленное прекращение работ по надстройке, проведение

инженерно-геологических изысканий, разработка мероприятий по стабилизации деформаций и усилению основания [5].

Практический опыт показывает, что критическими индикаторами являются не только абсолютные величины, но и относительные показатели. Так, увеличение скорости осадок более чем в 1,5 раза за один цикл наблюдений при неизменной нагрузке должно рассматриваться как тревожный сигнал, даже если абсолютные величины деформаций остаются в допустимых пределах [2].

Для повышения достоверности результатов мониторинга рекомендуется применять комплексный подход, сочетающий различные методы измерений:

- традиционное геодезическое нивелирование для определения вертикальных перемещений;
- автоматизированные системы на базе наклономеров и акселерометров для непрерывного контроля кренов;
- волоконно-оптические датчики деформаций для мониторинга напряженно-деформированного состояния конструкций;
- георадарное обследование для выявления скрытых дефектов в грунтовом основании.

Сочетание этих методов позволяет получить объемную картину происходящих процессов и своевременно диагностировать опасные тенденции [4].

Важнейшим аспектом организации мониторинга является обеспечение квалифицированной интерпретации данных. Анализ результатов должен выполняться специалистами-геотехниками, обладающими опытом оценки поведения грунтовых оснований. Формальное сопоставление цифр с нормативными значениями без понимания механизмов деформирования может привести к ошибочным выводам. Так, временное замедление осадок может быть связано не со стабилизацией основания, а с сезонным промерзанием грунтов,

после оттаивания которых деформации возобновятся с прежней интенсивностью [7].

Перспективным направлением развития геотехнического мониторинга является внедрение методов математического моделирования для прогнозирования деформаций в режиме реального времени. Построение численных моделей взаимодействия здания с основанием в программных комплексах (Plaxis, Midas GTS) и их калибровка по данным фактических измерений позволяют экстраполировать развитие деформаций и оценивать запасы несущей способности на различных этапах надстройки [3].

Заключение

Геотехнический мониторинг является неотъемлемым элементом обеспечения безопасности при реализации проектов надстройки этажей на существующих зданиях без усиления фундаментов. Систематический инструментальный контроль деформаций позволяет своевременно выявлять отклонения от расчетных прогнозов и принимать обоснованные решения о корректировке производства работ или необходимости дополнительных мероприятий по усилению оснований.

Анализ практического опыта показывает, что в большинстве случаев (около 60%) надстройка этажей без усиления фундаментов реализуется в режиме стабильного прогнозируемого деформирования, не требующего экстренных вмешательств. Однако в 30-40% случаев возникают ситуации, требующие корректировки проектных решений на основе данных мониторинга.

Критическими факторами успешной реализации таких проектов являются:

- качественные инженерно-геологические изыскания на стадии проектирования, обеспечивающие достоверность прогнозов деформаций;
- организация комплексного геотехнического мониторинга с момента начала работ по надстройке;

- наличие четких критериев оценки результатов наблюдений и алгоритмов принятия управленческих решений;
- квалифицированная интерпретация данных мониторинга специалистами-геотехниками;
- готовность к оперативной реализации компенсационных мероприятий при выявлении опасных тенденций.

Дальнейшее совершенствование методологии геотехнического мониторинга должно быть направлено на внедрение автоматизированных систем непрерывных наблюдений, разработку математических моделей прогнозирования деформаций в режиме реального времени и создание баз данных типовых деформационных режимов для различных инженерно-геологических условий. Это позволит повысить надежность прогнозов, сократить риски аварийных ситуаций и расширить возможности безопасной надстройки зданий без капитального усиления фундаментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базанов Д.А., Крылов С.М. Мониторинг деформаций зданий при реконструкции в сложных грунтовых условиях // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2024. № 3. С. 12-18. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54218763> (дата обращения: 25.02.2026).
2. Ващенко А.Н., Королев М.В. Оценка несущей способности оснований существующих зданий при надстройке этажей // Жилищное строительство. 2023. № 7. С. 24-29. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53896542> (дата обращения: 25.02.2026).
3. Голубев С.А. Геотехническое сопровождение реконструкции зданий: современные подходы и технологии. Москва: Изд-во АСВ, 2024. 256 с.
4. Пронозин Я.А., Степанов М.А. Практика надстройки этажей на существующих зданиях без усиления фундаментов // Промышленное и гражданское строительство. 2024. № 5. С. 45-51.
5. Свод правил СП 22.13330.2016 "Основания зданий и сооружений" Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. Москва: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ, 2016. 225 с.
6. Свод правил СП 305.1325800.2017 «Здания и сооружения. Правила проведения геотехнического мониторинга при строительстве». Москва: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ, 2017. 133 с.
7. Улыбин А.В., Васильева Н.В. Анализ деформаций оснований при увеличении нагрузок на фундаменты эксплуатируемых зданий // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. № 11. С. 1678-1689.