

Э. Ж. Абдулина¹✉, Н. Н. Кобелева¹

Методика геодезического контроля устойчивости откосов и ступенчатых террас при разработке проекта объекта капитального строительства каскадно-секционного типа

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: Abdulina-EZH2023@sgugit.ru

Аннотация: Развитие городской инфраструктуры и постоянный рост населения часто приводят к необходимости строительства жилых объектов на участках со сложной топографией. Такие участки вызывают большой интерес у архитекторов, инженеров и градостроителей, так как требуют нестандартных и инновационных подходов и стратегий для разработки проектов объектов капитального строительства жилого назначения. Особую актуальность приобретает проблема обеспечения устойчивости инженерных сооружений, расположенных на откосах и террасированных участках. В работе рассматривается методика геодезического контроля устойчивости откосов и ступенчатых террас при реализации проекта капитального строительства каскадно-секционного типа на участке в г. Новосибирске, в Заельцовском районе, уклон которого составляет 12,3°, площадь 8,16 га. Посадка здания и благоустройство территории выполнены с учетом главного критерия застройки: максимальное сохранение существующего ландшафта, выполнение зданием функции «пригруза» грунта, обыгрывающий городскую среду архитектурный вид здания, а также укрепление откосов (90°) подпорными каменными стенками. Для осуществления геодезического мониторинга сдвигов откосов, проектом предусмотрен способ расположения рабочих реперов на основании и конце террас, а расположение опорного репера и пункта принудительного центрирования вне зоны воздействия оползневых процессов. Рассмотренная методика может быть использована как в ходе строительства, так и на этапах эксплуатации объектов, обеспечивая повышение надёжности, снижение рисков и предотвращение последствий геодинамических процессов.

Ключевые слова: геодезический контроль, сложный рельеф, устойчивость откосов, каскадно-секционная застройка, ступенчатые террасы, мониторинг, объекты капитального строительства

E. J. Abdulina¹✉, N. N. Kobeleva¹

Methodology of geodetic control of the stability of slopes and stepped terraces in the development of a project for a capital construction project of a cascade-sectional type

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: Abdulina-EZH2023@sgugit.ru

Abstract: The development of urban infrastructure and the constant growth of population often lead to the need to build residential properties on sites with complex topography. Such sites are of great interest to architects, engineers and urban planners, as they require non-standard and innovative approaches and strategies for the development of projects for capital construction of residential purposes. The problem of ensuring the stability of engineering structures located on slopes and terraced areas is becoming especially relevant. The paper examines the methodology of geodetic control of

the stability of slopes and stepped terraces during the implementation of a capital construction project of a cascade-sectional type on a site in Novosibirsk, in the Zael'tsovsky district, the slope of which is $12,3^\circ$, the area of which is 8.16 hectares. The building's placement and landscaping were carried out taking into account the main criteria for development: maximum preservation of the existing landscape, the building's function of "loading" the soil, the architectural appearance of the building that plays with the urban environment, as well as the strengthening of the slopes (90°) with retaining stone walls. To carry out geodetic monitoring of slope shifts, the project provides for a method of locating working benchmarks at the base and end of terraces, and the location of the reference benchmark and forced centering point outside the zone of influence of landslide processes. The considered methodology can be used both during construction and at the stages of operation of facilities, ensuring increased reliability, reduced risks and prevention of the consequences of geodynamic processes.

Keywords: geodetic control, complex terrain, slope stability, cascade-sectional development, stepped terraces, monitoring, capital construction projects

Введение

Развитие городской инфраструктуры и ограниченность пригодных для строительства равнинных участков вынуждают расширять границы освоения территорий, включая зоны с выраженным рельефом и крутыми уклонами. Во многих регионах такие участки составляют значительную часть доступной земли, особенно в горных и предгорных районах, вблизи транспортных узлов, промышленных зон или природных объектов, представляющих интерес для рекреационного и жилого строительства. Освоение участков со сложной топографией позволяет рационально использовать дефицитные земельные ресурсы, реализовывать оригинальные архитектурно – планировочные решения, сокращать протяженность инженерных коммуникаций за счёт компактной застройки, обеспечивать выразительные виды и благоприятные условия инсоляции в жилых и общественных зданиях.

Выбор участков с крутым уклоном (более 20%) под возведение объектов капитального строительства имеет ряд трудностей, связанных с естественными склоновыми процессами, такими как, оползни, обвалы и осыпи, которые представляют собой смещение грунтов и горных пород на склоне под действием сил гравитации, а также дополнительных внешних факторов, таких как гидродинамические, вибрационные, сейсмические и другие воздействия [1].

К участкам со сложным рельефом относятся земли с наличием холмов, оврагов, склонов, сопок, резких перепадов высот и т.д. При освоении таких территорий чаще всего применяют одно из наиболее распространённых инженерных решений – каскадно-секционные типы застройки, предполагающие формирование системы ступенчатых террас и откосов. Элементы таких зданий сдвинуты относительно друг друга по вертикали. Объекты капитального строительства такого типа выполняют функцию «пригрузки» грунта, способствуя его стабилизации и предотвращению развития оползневых процессов и денудационных изменений. Рассматриваемый тип застройки обширно используется при строительстве на земельных участках с крутым уклоном, как в зарубежной, так и в отечественной практике, поскольку представляет собой рациональный способ обеспечения устойчивости склонов с одновременным сохранением и адаптацией природного

ландшафта. Наряду с инженерно-технической ролью, такие сооружения вносят вклад в формирование разнообразной архитектурной среды, повышая эстетическую выразительность и пространственную идентичность городской застройки [2].

Геодезический контроль играет ключевую роль при строительстве объектов на территориях с крутым уклоном, где возрастает вероятность развития деформационных процессов, связанных с нестабильностью грунтов, оползневыми явлениями и осадками сооружений. В условиях сложного рельефа высока чувствительность инженерных конструкций к даже незначительным смещениям и деформациям, что требует точного и систематического наблюдения за геометрическими параметрами объекта и окружающей среды на всех этапах – от подготовительных работ до эксплуатации [3].

Целью данного исследования является разработка методики геодезического контроля за горизонтальными и вертикальными сдвигами откосов и ступенчатых террас при создании проекта объекта капитального строительства каскадно-секционного типа в конкретной природно-климатической и грунтовой ситуации в городе Новосибирск.

Разработка проекта посадки здания на выбранном участке

Разработка проекта посадки здания на территории со сложным рельефом представляет собой ключевой этап проектирования, от которого напрямую зависит устойчивость, функциональность и безопасность будущего объекта. При выборе места размещения здания учитываются как геометрические характеристики рельефа, так и инженерно-геологические условия, включая тип и состояние грунтов, уровень грунтовых вод, склонность территории к оползневым или эрозионным процессам.

В работах [4, 5] выполнен анализ территории города Новосибирска и отмечено переменчивое повышение абсолютных отметок в сторону северо-востока правобережья г. Новосибирска. В результате для исследования выбрана территория земельного участка с кадастровым номером 54:35:000000:21224, уклоном территории равной 12.3° (218.04 ‰) и площадью 8.16 га, расположенный по ул. Сухарная, Заельцовского района, 55° 04' 76,81" северной широты, 82° 05' 69,26" восточной долготы [4 – 7].

При выборе проектной площадки необходимо учитывать наличие сетей инженерно-технического обеспечения, существующей дорожно-транспортной инфраструктуры, а также направление и характер изменения высотных отметок рельефа местности, что имеет принципиальное значение для обоснования проектных решений по посадке здания и организации вертикальной планировки.

На основании анализа материалов топографической съёмки исследуемого земельного участка (рис. 1) выявлено наличие инженерных сетей, включая линии электроснабжения, газопровода, водопровода и канализации. По южной границе участка проходит асфальтобетонная проезжая часть (ул. Сухарная), которая может быть использована в качестве основного въезда на территорию при формировании внутренней транспортной схемы. Рельеф характеризуется понижением

высотных отметок в направлении к северной части участка, в сторону русла реки Нижняя Ельцовка.

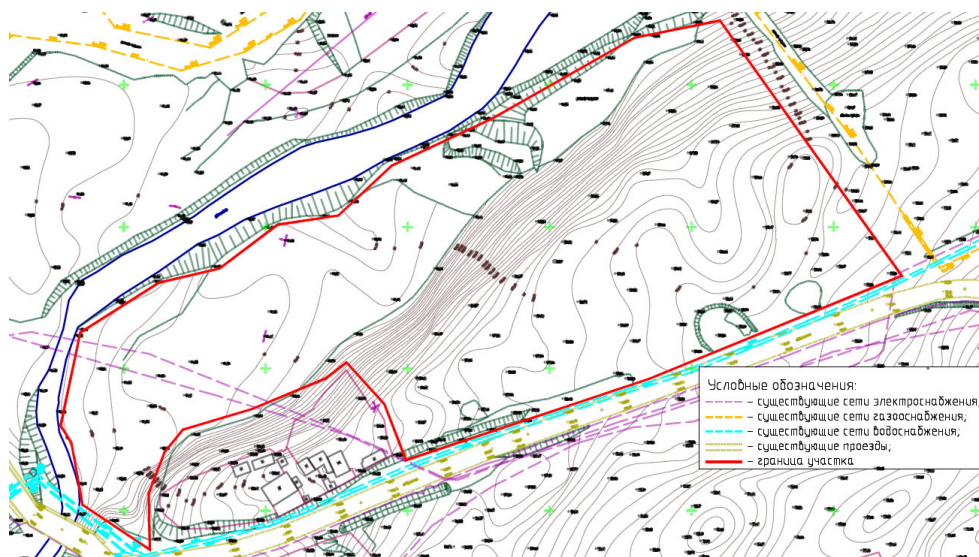


Рис. 1. Топографическая съемка территории земельного участка

Одной из основных задач при посадке объектов на существующий рельеф является максимальное сохранение ландшафта, поэтому целесообразно возводить здания каскадно-секционного типа параллельно существующим горизонталям (Рис.2) [8].



Рис. 2. Проект посадки здания на рельеф

Далее, проектируется линия продольного профиля вдоль здания (рис. 3).

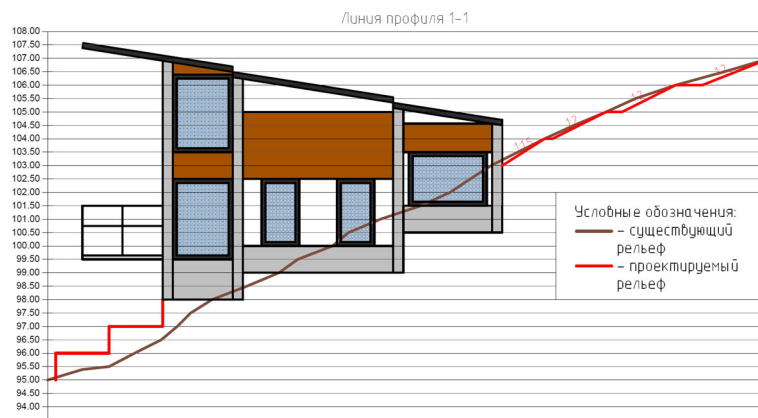


Рис. 3. Посадка здания на рельеф

Визуализация объекта капитального строительства, размещенного на выбранном земельном участке, показана на рис. 4.



Рис. 4. Визуализация проектируемого объекта

При таком расположении объекта капитального строительства соблюдаются следующие критерии: максимальное сохранение существующего рельефа; объект выполняет функцию «пригруза» грунта, что предотвращает обвалы и смещение земной поверхности; архитектурный вид вписывается в окружающую среду земельного участка.

Помимо укрепления откоса при размещении здания каскадно-секционного типа, откосы в 90° следует укреплять подпорными стенками (рис. 5), выполненными из камня, выложенным способом мощения, под каждую из которых требуется свой фундамент.

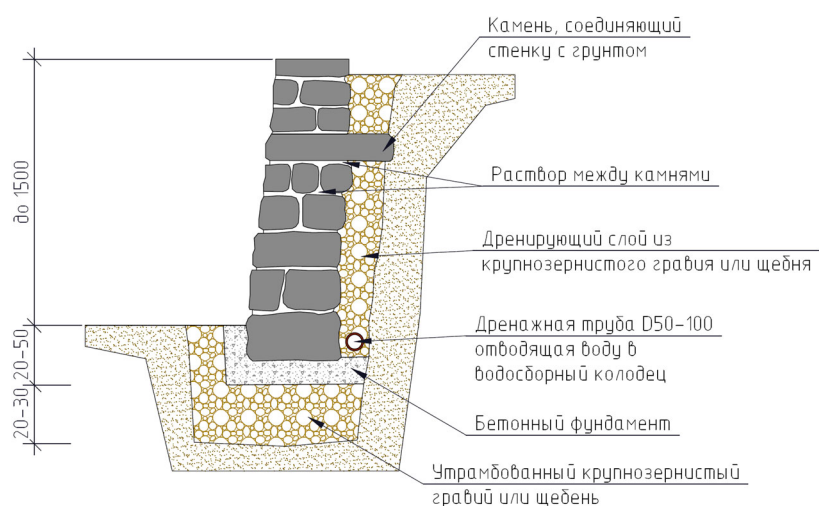


Рис. 5. Конструкция подпорной стенки

В проекте особое внимание уделяется обеспечению устойчивости основания здания за счёт его рационального размещения на естественных или искусственно сформированных горизонтальных площадках, что снижает нагрузку на склон и минимизирует вероятность деформаций.

Методика геодезического контроля устойчивости откосов и ступенчатых террас

Геодезический контроль представляет собой неотъемлемую часть системы инженерно–геологических наблюдений, направленных на обеспечение устойчивости откосов и террас, формируемых при освоении сложных территорий. В условиях каскадной застройки, где активно используются многоярусные планировочные решения, геодинамическая устойчивость склонов приобретает критическое значение для обеспечения безопасности и долговечности, как самих объектов капитального строительства, так и окружающей инфраструктуры.

Основная роль геодезического контроля заключается в высокоточной фиксации пространственных перемещений характерных точек на откосах, террасах и строительных конструкциях, позволяющей своевременно выявлять признаки неустойчивости. Постоянный мониторинг с применением современных методов – таких как высокоточное нивелирование, тахеометрические измерения, GNSS-наблюдения и лазерное сканирование – обеспечивает объективную оценку состояния контролируемой территории и позволяет прогнозировать развитие опасных деформационных процессов.

В работе предложен способ наблюдения за состоянием ступенчатых террас и откосов в 90° , используемый в промышленной отрасли для мониторинга устойчивости карьерных откосов путем заложения в начале и конце уступа откоса рабочих реперов [9].

Суть данного метода состоит в том, что рабочие репера располагаются у основания и на конце террас, при этом в обычное время столбы реперов высотой

1,50 м и с отсеками для размещения светоотражающих пластин (рис. 6) играют роль лестничных перил.

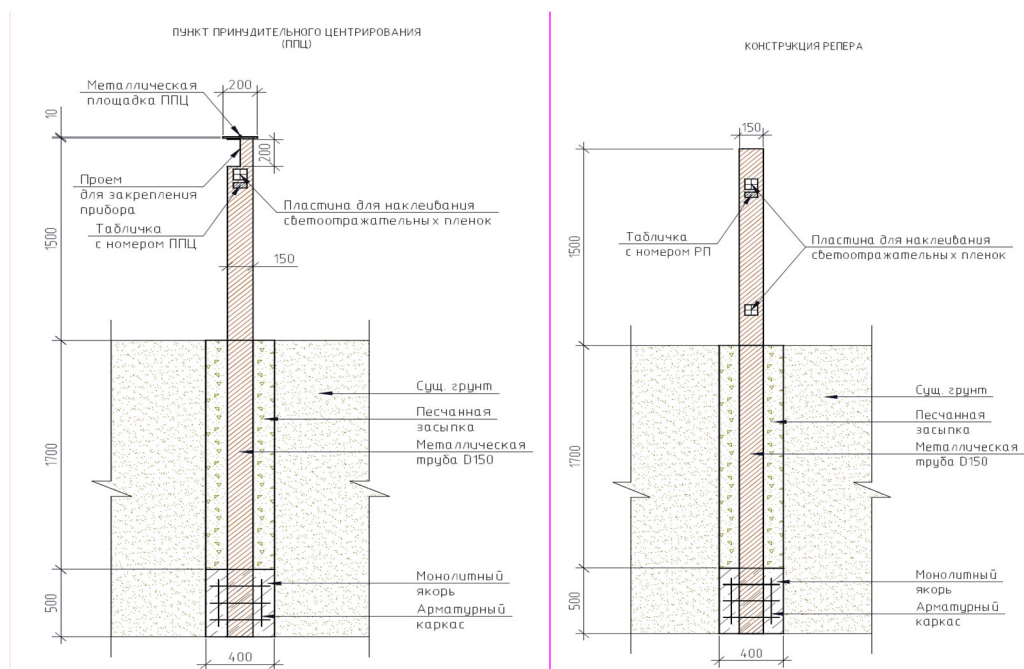


Рис. 6. Конструкция ППЦ и рабочего репера

При этом, пункт принудительного центрирования (ППЦ) для установки прибора (тахеометра) должен располагаться в зоне отсутствия влияния оползневых процессов, как и опорный репер (Рис. 7, 8). Максимальное расстояние от тахеометра до светоотражающей пластины составляет 30,0 м, угол визирования на пластину не более 30° , что обеспечивает отсутствие фактора потери точности измерений.

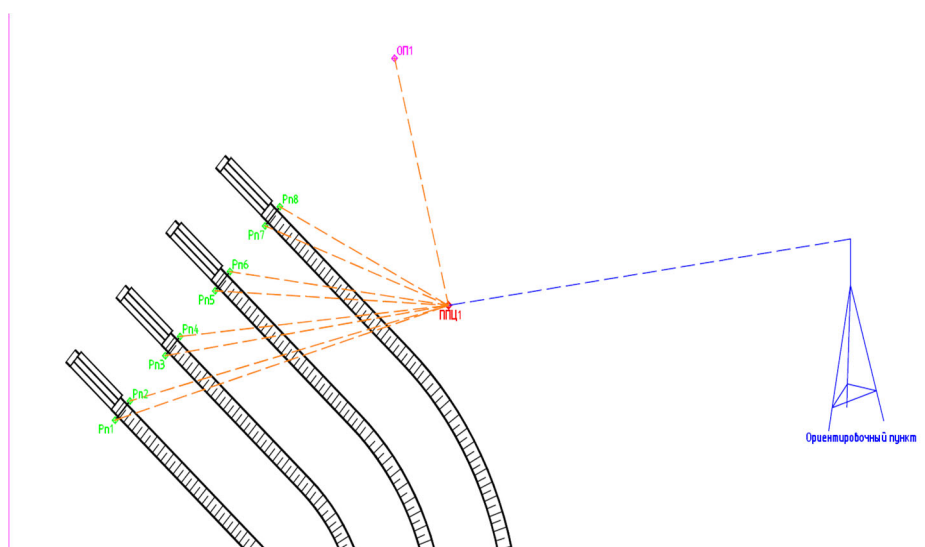


Рис. 7. Схема расположения ППЦ, рабочих реперов (Рп) и опорного репера (ОП)



Рис. 8. Наглядная визуализация расположения реперов

Предложенная методика наблюдения за состоянием террас позволяет увидеть сдвиги опасных зон ступеней (оснований и концов) для своевременного принятия решений о дополнительном укреплении грунта. Для правильного выполнения работ по мониторингу в таких случаях следует собрать сведения о наличии пунктов государственной геодезической сети, данные о системе координат и высотных отметок, а также определить периодичность проведения измерений.

При использовании систем на основе автоматизированных тахеометров необходимо составить: план расположения измерительных инструментов, рабочих и опорных реперов, схему крепления светоотражающих пластин, а также конструктивную схему базы, на которой должен располагаться прибор.

Заключение

Строительство объектов капитального типа на участках со сложным рельефом, в том числе с формированием откосов и ступенчатых террас, требует комплексного подхода к обеспечению устойчивости инженерных сооружений и прилегающей территории.

Разработанная методика геодезического контроля предусматривает регулярное высокоточное наблюдение за деформациями откосов и террас с использованием современных измерительных технологий. Она включает этапы подготовки сети наблюдений, выбор рационального состава геодезических средств, определение периодичности измерений, а также анализ и интерпретацию полученных данных в контексте оценки устойчивости. Методика может быть эффективно интегрирована в процесс инженерно-геологических наблюдений при проектировании и эксплуатации каскадных застроек.

Проектирование на участках со сложным рельефом является уникальной, но выполняемой задачей для инженеров-проектировщиков, архитекторов, градо-

строителей и т.д. При соблюдении всех норм и правил такое проектирование зданий каскадно-секционного типа на ступенчато-разработанном земельном участке является интересным решением для разнообразия городской инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 436.1325800.2018. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от оползней и обвалов. Дата введения 2018-12-05 // Минстрой России [электронный ресурс]. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18471/> (дата обращения: 03.03.2025).
2. Пономарев, Е.С., Покка, Е.В., Андреева, К.А. Террасированная застройка как основной фактор создания комфортного визуального восприятия архитектурной среды при освоении сложного рельефа // Известия КГАСУ. – Казань, 2022 – С. 72-81.
3. СП 305.1325800.2017. Здания и сооружения. Правила проведения геотехнического мониторинга при строительстве. Дата введения 2017-10-17 // Минстрой России [электронный ресурс]. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/16046/> (дата обращения: 03.03.2025).
4. Абдулина Э. Ж., Кобелева Н.Н. Разработка проекта объекта капитального строительства на участке с крутым уклоном // Сборник материалов «Национальной научно-практической конференции Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопро пространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения». Новосибирск: СГУГиТ, 2024. – № 1. – С. 3–9.
5. Абдулина Э. Ж., Кобелева Н.Н. Разработка проекта объекта капитального строительства жилого назначения на участках со сложным рельефом на территории г. Новосибирска // Сб. материалов международного научного конгресса «ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ», Новосибирск: СГУГиТ, 2024. Т. 1. – С. 138–149.
6. Градостроительный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 29.12.2004 (ред. от 14.07.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.12.2022) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2022. – № 190.
7. Постановление №3018 от 30.08.2022. О проекте планировки территории, ограниченной улицами Сухарной, Владимировой, береговой линией реки Оби, в Железнодорожном и Заельцовском районе // Департамент строительства и архитектуры мэрии города Новосибирска. [электронный ресурс]. – URL: <https://novo-sibirsk.ru/upload/iblock/5f2/> (дата обращения: 03.03.2025).
8. Леонтович, В.В. Вертикальная планировка городских территорий // Пособие для вузов – Москва, 1985 – 109 с.
9. Низаметдинов, Ф.К., Мустафин, М.Г., Ожигин, С.Г., Туякбай, А.С. Геомониторинг состояния устойчивости карьерных откосов // Известия КарГТУ. – Караганда, Республика Казахстан, 2020 – С. 176-185.

© Э. Ж. Абдулина, Н. Н. Кобелева, 2025