

ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫСОКОТОЧНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

И. Пандул, Ю. Корнилов, А. Zubov, В. Потюхляев
Санкт-Петербургский государственный горный институт

Ключевые слова: движение земной поверхности, грунтовый репер.

Актуальность поставленной задачи

При геодезическом мониторинге оснований зданий и сооружений используют метод геометрического нивелирования коротким лучом. В положенные сроки мониторинга опорные и осадочные реперы нивелируют по методике высокоточного нивелирования II класса. Нивелирование коротким лучом имеет следующие особенности.

1. Длина визирного луча не превышает 20 м, при среднем расстоянии от нивелира до рейки 10 м и высоте прохождения визирного луча над землёй не менее 0,8 м.

2. Нивелирование на каждой станции выполняется при двух горизонтах прибора.

3. Наблюдения ведутся на одни и те же штрихи рейки.

Оценка точности по разностям двойных изменений показала, что средняя квадратическая ошибка превышения, полученного на станции при двух горизонтах нивелира, составляет 0,16 мм.

Но даже абсолютно стабильные фундаменты зданий и сооружений подвержены сезонным колебаниям вследствие гидротермических перемещений почвы. Они обусловлены процессами обмена теплом и влагой атмосферы и верхнего слоя литосферы. Перемещения эти зависят от влажности грунта, определяемой количеством выпавших осадков. Очевидна также связь между температурой воздуха и гидротермическими движениями почвы. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

Постановка задачи

Гидротермические движения почвы являются одной из экзогенных форм вертикальных движений земной поверхности. Они не являются детерминированными во времени и зависят от соотношения температуры и влажности почвы. Температура замерзания или оттаивания грунтов обусловлена свойствами воды, содержащейся в порах грунта и находящейся во взаимосвязи с его минеральными частицами. Помимо твёрдых минеральных частиц в состав

грунтов входят воздух и вода, заполняющие поры между частицами. Обычно в связи с малым содержанием воздуха в грунте его влияние на несущие способности грунтов не учитывают.

Вода, содержащаяся в грунте, делится на три основные категории.

1. Связанная вода, которая обладает иными физико-химическими свойствами, нежели вода свободная. Толщина слоя такой воды, присоединенной к поверхности минеральных частиц, ограничивается размерами в несколько рядов молекул. Она имеет большую плотность, чем свободная вода, не расширяется и обладает сопротивлением сдвигу и растяжению. Связанная вода не выделяет скрытой теплоты льдообразования.

2. Ориентированные (плёночные) слои воды также подвержены молекулярному давлению, убывающему по мере удаления от частиц грунта; они образуют пленки толщиной в несколько десятков молекулярных слоёв, обволакивающие грунтовые частицы. При понижении температуры ниже нулевой замерзает лишь часть водяной плёнки. Некоторое количество ориентированной воды остаётся в жидкой фазе, которая переходит в твёрдую фазу только при понижении температуры до -78°C , что нереально при зимнем промерзании грунтов в Европейской части России.

3. Свободная вода находится в крупных порах грунта, имеет температуру замерзания близкую к 0°C ; при этом чем тоньше капилляры грунта, тем температура замерзания будет ниже. При переходе массы гравитационной и капиллярной воды в лёд происходит увеличение объёма грунта при замерзании.

При пучении различных пород грунты ведут себя по-разному, ибо промерзание различных видов грунта происходит различно как по скорости, так и по глубине промерзания. Разные грунты имеют различную температуру замерзания (от 0° до $-1,5^{\circ}\text{C}$ и ниже). Нулевая **изогеотерма** характеризует глубину промер-

зання лишь крупнозернистых песчаных грунтов. Для грунтов супесчаных, пылеватых, суглинистых и глинистых изогеотерма всегда располагается ниже фактической глубины промерзания. Глинистые грунты, содержащие большое количество ориентированной воды, заметно увеличиваются в объёме и при дальнейшем повышении температуры. Чем дисперснее грунт, тем больше удельная поверхность его частиц и тем больше расстояние между глубиной промерзания и границей расположения нулевой изогеотермы. Глубже всего промерзают песчаные грунты, затем глинистые и, наконец, торфяно-болотные.

В различные годы глубина фактического промерзания грунта различна. На неё влияют физические и тепловые свойства грунтов, а также внешние климатические условия: температура воздуха, интенсивность отдельных волн холода, ветры, количество морозных дней в году, высота и длительность сохранения снежного покрова и т. д.

Атмосферное давление воздуха оказывает влияние на направление ветра, на облачность и на ряд других климатических факторов, от которых зависят колебания температуры воздуха, а, следовательно, и температуры почвы.

Пасмурность неба является существенной причиной уменьшения количества тепловой энергии, идущей от Солнца и поступающей в грунты. В дневные часы служит причиной меньшего нагревания поверхности Земли, а в ночные часы способствуют уменьшению её охлаждения.

Атмосферные осадки оказывают одно из наиболее значительных влияний на термический режим грунтов. Осадки существенно изменяют коэффициент теплопроводности грунтов, который уменьшается при обильных осадках, и возрастает при высыхании грунта. При отсутствии данных о влажности грунтов сведения об атмосферных осадках в известной степени компенсируют этот пробел.

В процессе промерзания грунтов увеличение их объёма происходит не только из-за расширения замерзающей капиллярной воды, но и вследствие возникновения ледяных прослоек и их роста. Особенно при подтоке воды в тонкозернистых, пылеватых и вообще дисперсных грунтах, обладающих значительной капиллярностью. Таким образом, опасность пучения зависит не только от температуры, но и от интенсивности увеличения объёма льда в замерзающем слое грунта за счёт миграции влаги – её притока из нижележащих пластов талого грунта.

В грунтах крупнозернистых песков происходит отжатие влаги, и в них нельзя ожидать больших усилий при выпучивании. При промерзании мелкодисперсных грунтов происходит интенсивное подсосывание влаги и наблюдается рост ледяных кристаллов. Но основной опасностью для сооружений является не само замерзание воды под фундаментами, а явление температурной миграции влаги в грунтах. Пучение тем больше, чем ближе к подошве фундамента подходит уровень грунтовых вод.

Решение поставленной задачи

Следует отметить, что в летний безморозный период режим грунтовых вод зависит непосредственно от количества выпадающих осадков и температуры воздуха. В годовом ходе уровней грунтовых вод имеется два максимальных (паводковых) и два минимальных (меженных) положения. Максимальные уровни приурочены к периодам наиболее интенсивного питания грунтовых вод, связанных с весенним снеготаянием и выпадением обильных осенних дождей затяжного характера. При этом грунты в основаниях сооружений набухают. Минимальные уровни обусловлены сокращением питания грунтовых вод зимой (зимняя межень) и летом, когда благодаря высокому испарению и значительной транспирации влаги растениями выпадающие атмосферные осадки почти не поступают на инфильтрацию в почву (летняя межень).

В целом годовой ход уровней грунтовых вод Северо-Запада России представляется в следующем виде. Весенний подъём уровней совпадает с началом интенсивного снеготаяния и оттаиванием почвы, он обусловлен главным образом инфильтрацией талых вод. Подъём уровней в районе работ начинается в конце апреля. В зависимости от температуры воздуха, интенсивности снеготаяния и оттаивания почвы подъём уровней в одних случаях происходит быстро и равномерно, а в других – нарушается кратковременными спадами, вызванными весенними заморозками. Наивысшего положения весенние уровни достигают в середине – конце мая. Весенний паводок – это 30% от годового стока воды.

После этого начинается постепенный спад уровней к летней межени, которая наблюдается в конце августа – сентябре. Неустойчивость погоды в отдельные сезоны и годы вызывает смещение весенних максимальных и летних минимальных уровней по времени.

Осенний подъём уровней, обусловленный выпадением затяжных дождей, при уменьшении испарения и транспирации влаги растения-

ми, достигает максимума в октябре и даже в ноябре. Время наступления осеннего максимума в значительной степени зависит от температуры воздуха. Более устойчивая морозная погода вызывает падение уровней, а оттепели, ведущие к полному таянию выпавшего снега, вызывают продолжительное их поднятие.

В конце октября – ноябре, а иногда даже в декабре начинается постепенное снижение осенних уровней, иногда нарушаемое небольшими подъёмами, вызванными оттепелями, и продолжается в течение зимы. Зимняя межень обычно наблюдается в конце февраля – начале марта.

Максимальные весенние уровни обычно соответствуют наивысшим, а минимальные зимние – наименьшим годовым уровням. Летние меженные уровни несколько выше зимних (если только лето не исключительно засушливое). Осенние максимальные уровни ниже максимальных весенних уровней грунтовых вод.

Выводы и рекомендации

Научно обоснованные сроки мониторинга за стабильностью фундаментов зданий и сооружений следует выбирать на основании гидротермического режима почвы. Первый период наблюдений надо приурочить к концу зимы. За зимний период деятельный слой почвы промерзает, и это положение грунта следует зарегистрировать. Следующий период наблюдений – весенний. В конце апреля – мае бурное снеготаяние перенасыщает грунты влагой. В это время надо ожидать максимального поднятия дневной поверхности. Третий срок наблюдений: сентябрь – октябрь. Почвенная влага уходит в нижележащие горизонты, происходит структурное уплотнение и оседание почвы, чему отвечает осенняя межень, приходящая на это время года. При мониторинге оснований давно построенных зданий в подавляющем большинстве случаев достаточно ограничиться двумя циклами наблюдений в год – весенним и осенним. При стабильности несущих фундаментов абсолютные высоты осадочных реперов повторяются из года в год в весенний и осенний периоды. Но в результате гидротермических движений земной поверхности они отличаются по срокам в пределах, обычно не превышающих 3 – 6 мм.

В заключение рассмотрим вопрос о необходимой устойчивости государственных нивелирных реперов. В этом отношении существуют следующие нормативы: репер I класса считается устойчивым, если при повторном нивелировании I-го класса его абсолютная высота изменится не более чем на 2 мм. Для реперов нивелирования II класса этот допуск составляет 4 мм, для реперов III класса – 8 мм, а для реперов IV класса – 16 мм. Эти допуски установлены, в том числе и с учётом влияния гидротермических движений земной поверхности на результаты нивелирования.

Влияние гидротермических движений земной поверхности на результаты высокоточного нивелирования

И. Пандул, Ю. Корнилов,
А. Зубов, В. Потюхляев

Рассматривается физическая сущность гидротермических движений земной поверхности и её влияние на результаты высокоточного нивелирования. Приводятся допуски стабильности государственных грунтовых реперов.

Вплив гідротермічних рухів земної поверхні на результати високоточного нівелювання

І. Пандул, Ю. Корнілов,
А. Зубов, В. Потюхляєв

Розглядаються фізична суть гідротермічних рухів земної поверхні та її вплив на результати високоточного нівелювання. Приводяться допуски стабільності державних ґрунтових реперів.

Influence of hydrothermal moving a terrestrial surface on results highexact leveling

I. Pandul, Yu. Kornilov,
A. Zubov, V. Potjuhlyayev

We consider the physical essence of the hydrothermal movements of the earth surface and its influence on the results of high-precision leveling. Tolerances are given the stability of the state of ground bench mark.