

П. В. ПАВЛИВ, Н. А. МЕЛЬНИЧУК

**СОПОСТАВЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЙ
ЛУННО-СОЛНЕЧНЫХ ПРИЛИВОВ
И ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
В ГРУНТАХ НА РЕЗУЛЬТАТЫ
ВЫСОКОТОЧНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ**

В современном высокоточном нивелировании все чаще возникают ситуации, когда требования к точности конечных результатов находятся на границе технических возможностей приборов или даже за ней. Практика же показывает, что даже теоретически возможную точность достичь весьма сложно из-за трудности учета влияний внешней среды. В связи с этим высказываются мнения о нецелесообразности повышения точности приборов [7].

Основной источник погрешностей в данном случае — нивелирная рефракция. Это явление давно изучается геодезической наукой, и в настоящее время разработан ряд методик, позволяющих исключить или учесть его влияние. Несмотря на учет нивелирной рефракции, результаты нивелирования искажаются другими факторами, характер действия, природа которых еще недостаточно изучены.

Одно из проявлений указанных ошибок — изменение температуры. Влияние изменений температуры на нивелир и рейки достаточно хорошо изучено. Разработанные методики учета этих явлений дают удовлетворительные результаты. Что же касается температурного изменения в грунтах и их влияний на перемещение связующих точек, реперов, то тут необходимо отметить недостаточную изученность данного явления.

В нашей стране длительное время проводят наблюдения за наклонами земной поверхности с помощью наклономеров, вариометров и других геофизических приборов. По результатам этих наблюдений обнаружены вертикальные смещения точек земной поверхности, имеющие периодический характер.

На графике хода наклонов выявлено несколько периодов: годовой, суточный, полусуточный. В монографии [1], где описаны и проанализированы эти явления с геофизической точки зрения, сделан вывод, что основная причина возникновения суточного и годового хода наклонов — изменение температурного режима в верхних слоях Земли. Поэтому их обычно называют температурными, или тепловыми. Амплитуда таких наклонов в годовом ходе до $10''$, в суточном до $0,3''$. Кроме тепловых наклонов наклонометры, чувствительность которых достигает $0,001''$ на 1 мм записи, зарегистрировали периодические изменения в положении земной поверхности с достаточно выраженным полусуточным периодом. Амплитуда этих колебаний, являющихся следствием влияния лунно-солнечного прилива на положение отвесной линии, незначительна и составляет несколько тысячных долей секунды. По сравнению с влиянием приливовообразующих сил Луны и Солнца тепловые наклоны больше по величине в десятки раз. Естественно, возникает вопрос: в какой мере такие наклоны земной поверхности сказываются на результатах прецизионного нивелирования?

Примерно в таком плане ставил вопрос Б. С. Русанов [7]. Но в связи с тем, что он изучал перемещение точек верхнего слоя грунта под воздействием изменений температуры и водного режима, он принял термин «гидротермические движения». Понятие тепловых наклонов Б. С. Русанов отвергал, несмотря на то что многие работы В. Ф. Бончковского уже были опубликованы и в них убедительно доказывалась несостоятельность такого подхода. Что же касается термина, применяемого Б. С. Русановым, то ему, на наш взгляд, следует придавать более широкий смысл, т. е. считать основным фактором проявления этого явления температурные изменения, что следует из

[1]. В этом случае тепловые наклоны будут составной частью гидротермических движений.

Б. С. Русанов предпринял попытку детально исследовать механизм влияния гидротермических движений на результаты нивелирования. Но, к сожалению, при определении знака величины гидротермических движений в результатах нивелирования он допустил ошибку, вызвавшую ряд неверных выводов, что отметил А. К. Певнев [6]. Он считал рекомендации Б. С. Русанова относительно организации процесса нивелирования с целью уменьшения влияния гидротермических движений ценными, не теряющими своего значения несмотря на допущенную ошибку. Эти рекомендации заключаются в следующем:

создать вдоль трасс нивелирования специальные станции, по результатам наблюдения на которых можно вводить поправки;

с целью сокращения времени нивелирования максимально уменьшить длину нивелирных ходов; не допускать перерывов в работе с остановкой на костылях;

исследовать возможность одновременного проложения прямого и обратного ходов двумя нивелирами.

Экспериментальные определения значения гидротермических движений [2, 5] показали, что изучаемое явление не может быть источником систематических ошибок нивелирования даже в районах Севера и Северо-Востока СССР. Кроме того, ставилась под сомнение сама возможность влияния гидротермических движений земной поверхности на результаты нивелирования. При этом основное внимание уделялось определению изменений в высотном положении исследуемых связующих точек во время интенсивного изменения водного режима грунтов, которое, как известно, весьма ограничено во времени. Зависимость превышений от изменений температуры не исследовалась, явление тепловых наклонов не принималось во внимание. Действие последних факторов не могли быть обнаружены по методике, предложенной в [2, 5]. Одна из причин — небольшое расстояние между исследуемыми точками. Кроме того принятие гипотезы о неподвижности одной из точек (грунтового или глубинного репера) также могли внести ошибочные коррективы в результаты эксперимента. Поэтому нельзя считать обоснованными столь категоричные выводы, сделанные в работе [2].

Специальная обработка результатов экспериментальных наблюдений [4] позволила установить сезонность в изменениях отметок реперов. В частности, установлено влияние температуры окружающей среды при нивелировании на измеренные превышения. Не исключена возможность проявления в результатах этих наблюдений тепловых наклонов земной поверхности. Поэтому мы провели теоретические исследования механизма воздействия тепловых наклонов на результаты высокоточного нивелирования, если оно выполнено в соответствии с требованиями действующей инструкции, при следующих необходимых допущениях:

суточный и годовой тепловой наклоны совпадают по направлению и соответствуют поднятую точек хода;

нивелирные хода прокладываются одновременно в прямом и обратном направлениях.

Механизм накопления ошибок, вызванных тепловым наклоном, в этом случае можно представить графически (см. рисунок). Анализируя механизм действия этой ошибки, мы пришли к выводу, что результат действия теплового наклона не исклю-

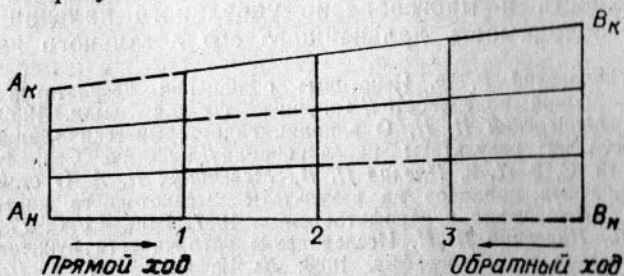


Схема действия ошибки, вызванной тепловым наклоном.

————— положение земной поверхности в средний момент определения превышения на станции в прямом ходе; A_N, B_N , A_K, B_K — соответственно положение земной поверхности в начальный момент нивелирования и в момент окончания нивелирования хода; 1, 2, 3 — связующие точки.

чается в среднем превышении из прямого и обратного ходов даже в случае их одновременного проложения; величина исследуемой ошибки зависит от общей продолжительности нивелирования линии; для рассматриваемого случая (см. рисунок) разность прямого и обратного превышений не искажена ошибкой за тепловой наклон, а в остальных случаях, т. е. при наличии промежутка времени между прямым и обратным ходом, эта разность имеет постоянный знак.

Для сопоставления и сравнительной оценки влияния гидротермических изменений в грунтах выполнены вычисления поправки за лунно-солнечное влияние в результаты работы [4] по методике, предложенной в [3]. Наибольшая поправка в превышение между конечными точками ходов составила 0,02 мм. В угловом выражении это 0,01". Такое значение приливного влияния хорошо согласовывается с результатами наклономерных наблюдений [1]. Сами же превышения между исследуемыми точками изменялись приблизительно на 0,1 мм, что составляет 0,4" в угловом выражении. Как видим, относительные смещения точек земной поверхности за счет тепловых влияний примерно на порядок выше воздействий лунно-солнечного притяжения.

В заключение необходимо отметить следующее:

результаты специальных экспериментальных исследований зависимости превышений от температуры внешней среды подтверждают существование установленного наклономерными из-

мерениями явления тепловых наклонов и их влияние на результаты нивелирования;

в случае проложения нивелирных ходов по территории, где геологическое строение представляет собой структурную единицу, исследуемая ошибка имеет систематический характер действия;

влияния изменений температурного режима внешней среды и грунта на порядок превышают приливные влияния;

сложность и многообразие указанного явления подчеркивают необходимость дальнейшего его детального изучения.

1. *Бончковский В. Ф.* Некоторые обобщения результатов наблюдений наклонов земной поверхности // Тр. ин-та физики Земли. 1959. № 7(174). С. 62.
2. *Мещерский И. Н.* О влиянии гидротермических движений земной поверхности на результаты нивелирования // Реф. сб. Сер. геодезическая. 1972. № 18. С. 3—7.
3. *Павлов П. В., Мельничук Н. А.* О степени влияния лунно-солнечных приливов на результаты высокоточного нивелирования // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1987. Вып. 45. С. 77—82.
4. *Павлов П. В., Пневский П. И.* Исследование устойчивости пунктов нивелирной сети // Геодезия и картография. 1983. № 12. С. 15—17.
5. *Пандул И. С., Зверевич В. В.* Гидротермические движения земной поверхности как возможный источник систематических ошибок высокоточного нивелирования // Современные движения земной коры. К., 1980. С. 79—83.
6. *Певнев А. К.* Гидротермические движения земной поверхности и их влияние на выводы о современных движениях земной коры // Современные движения земной коры. 1963. № 1. С. 372—380.
7. *Русанов Б. С.* Гидротермические движения земной поверхности. М., 1961.