

А. И. ДОЛЖЕНКО

О СПОСОБАХ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ НИВЕЛИРНЫХ ЗНАКОВ ПРИ ПРЕОБЛАДАНИИ ДЕФОРМАЦИЙ УПЛОТНЕНИЯ НАД ВЫПУЧИВАНИЕМ

Для оценки устойчивости реперов и марок при производстве повторного нивелирования свободных опорных сетей через определенный промежуток времени предложено ряд способов. В связи с некорректностью задачи выбор исходного репера или

уровня для счета высот не является однозначным. Он не вытекает из сущности того или иного способа, а устанавливается исследователями априори. Однако в некоторых работах не дается методологического обоснования принимаемых дополнительных условий для решения данной задачи и не устанавливается область (границы) применения способов, не учитывается, что каждый из них конкретен и применим лишь в ограниченных условиях и для решения определенных задач. Поэтому исследователи в одних и тех же условиях могут устанавливать различные исходные уровни для счета высот, которые приведут к полифонизму результатов анализа устойчивости реперов.

Это положение можно в некоторой степени исправить, если учесть, что объективными, с диалектико-материалистической точки зрения, признаются такие способы, применение которых адекватно лишь в определенной области и в одинаковых условиях с однозначными результатами в пределах погрешностей измерений. Исходной посылкой наших исследований является то обстоятельство, что некорректная задача может иметь несколько приближенных решений в зависимости от реальных условий, в которых находятся реперы. В противном случае она перестала бы быть таковой.

При выборе исходного уровня или репера наиболее распространенными являются: метод медианизации (от лат. *medium* — средний), реализуемый способами П. Марчака [11], В. Н. Ганьшина и А. Ф. Стороженко [8], и метод минимизации, предусматривающий выбор такого репера, для которого сумма квадратов накопления разностей превышений минимальна (способ А. Костехеля) [6, 8].

Предметом наших исследований является метод негативации, реализуемый способами преимущественных и преобладающих осадок. Необходимо отметить, что принцип негативизации, предложенный впервые Л. И. Серебряковой [7] и примененный в работе [2], не находит поддержки у некоторых авторов [8, 9], а в работе [6] указано на ограниченный характер его применения. Однако в работах [3, 10] для оценки устойчивости реперов также применен указанный принцип.

Целью этой статьи является исследование сущности метода негативизации и способов его реализации [3, 7, 10], а также выявление области их применения в зависимости от реальных условий, в которых находятся нивелирные знаки.

Смысл способа Л. И. Серебряковой состоит в том, чтобы в системе глубинных реперов выбрать в качестве исходного такой, который получил наименьшую осадку, иными словами, по отношению к которому все остальные реперы имеют отрицательные смещения. Такой репер на графике накоплений разностей превышений (рис. 1, а) занимает верхнее положение (уровень «верхнего» репера 3). Автор обосновывает исходное положение о том, что глубинные реперы подвергаются только

осадке, однако неточно, неполно, и не отмечает, что это положение верно только для определенных условий, всегда требует конкретного анализа, описания и доказательства.

Во-первых, расчеты сжимающих напряжений от статических нагрузок по формулам механики грунтов показывают, что радиус воронки оседания от веса здания может быть значительным только в случае жестких фундаментов коробчатого типа. В случае ленточных фундаментов влияние веса здания

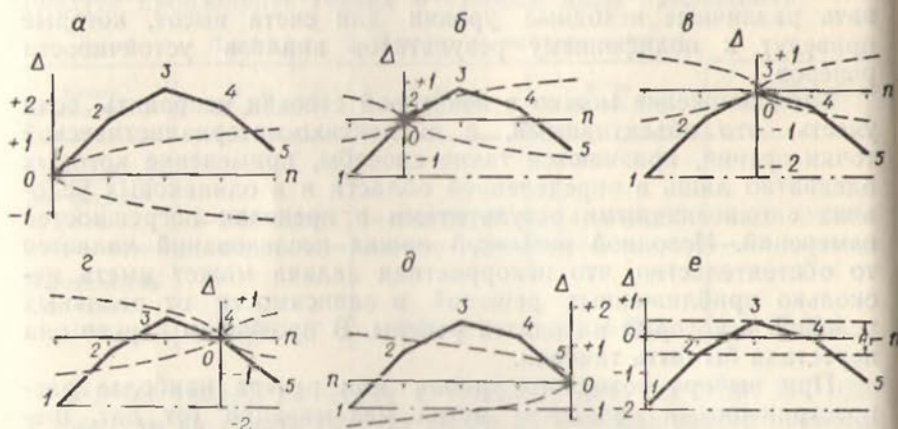


Рис. 1. Применение критерия параболического вида для оценки устойчивости реперов.

прекращается на расстоянии, равном 2—3-х кратной ширине фундамента, т. е. 5—8 м. Во-вторых, глубинные реперы, не имеющие компенсационных устройств, подвергаются подъему до 1 мм и более вследствие температурных деформаций. В-третьих, они могут также подвергаться подъему, если при повышении уровня грунтовых вод сумма удельных сил взвешивания или пучения набухающих грунтов больше удельной нагрузки от веса реперов. Однако следует отметить справедливость утверждения автора работы [7] о том, что реперы могут оседать под действием силы тяжести, динамических нагрузок и в случае замачивания основания, сложенного лессовыми грунтами II типа по просадочности [5].

Таким образом, чтобы установить возможность применения уровня «верхнего» репера, необходимо определить тенденцию движения реперов путем учета погрешностей измерений и выполнения предварительных расчетов деформаций грунтов и самих реперов по существующим методикам [1, 4, 5] для конкретного реального объекта. В общем виде способ преимущественных осадок [7] применим в условиях лессовых грунтов II типа по просадочности при наличии геологических процессов, способствующих только осадке реперов, но сами они защищены от действия сил морозного пучения.

Если тенденция только к осадке не будет подтверждена расчетами, то для оценки устойчивости реперов применяются другие способы, в частности указанные в работах [3, 10].

А. В. Камнев считает устойчивыми те реперы, для которых выполняется условие

$$\Delta_i < K_i = 2m_{\text{ст}}\sqrt{n_i}, \quad (1)$$

а «все остальные значения осадок от принятого исходного отрицательны» [3].

В условии (1) Δ_i — условные осадки (накопления разностей превышений) относительно каждого из реперов сети, записанные в виде кососимметрической матрицы; K_i — критерий стабильности; $m_{\text{ст}}$ — средняя квадратическая погрешность превышения на станции; n_i — количество станций от начального репера.

В указанном способе нет четких рекомендаций, какой же из «устойчивых» реперов данного цикла измерений взять за исходный. Кроме того, применение критерия K_i при исчислении n_i от каждого из реперов создает неопределенность и неравнозначность вывода об устойчивости всей системы, что убедительно доказано в работе П. Марчака [11]. Попадание того или иного репера в зону «устойчивости» в виде параболы (критерий (1)) при перенесении начала координат Δ и n в каждый репер (рис. 1, а—д) само по себе еще не указывает на исходный уровень и устойчивость всей системы. По рекомендации П. Марчака необходимо установить интервал допусков (размах) не в виде графика степенной функции, а в виде двух параллельных линий (рис. 1 е), расстояние A между которыми мы рекомендуем определять по формулам

$$A = t\sigma_{\text{ст}}\sqrt{2N}, \quad (2) \quad \text{или} \quad A = t\sigma_{\text{км}}\sqrt{2d}, \quad (3)$$

где t — критерий предельных погрешностей ($1 \leq t \leq 2$); N , d — соответственно количество станций или расстояние в км между двумя наиболее удаленными реперами сети; $\sigma_{\text{ст}}$, $\sigma_{\text{км}}$ — стандарты измерения превышения на станции или на 1 км хода соответственно.

Тогда относительно устойчивыми следует считать такие реперы r_j , которые удовлетворяют условию

$$\Delta_{\text{max}} \geq \Delta_{r_j} \geq \Delta_{\text{max}} - A. \quad (4)$$

По значениям Δ_{r_j} для таких реперов вычисляется среднее арифметическое, которое вводится с обратным знаком во все условные осадки Δ_j . Таким образом, получаются вертикальные смещения относительно среднего уровня из «верхних» реперов, учитывающие влияние погрешностей измерений.

Принцип преобладания осадок над подъемами реперов положен в основу способа, предложенного автором работы [10]. По условным смещениям D_i вычисляются значения сумм $[d]$ по формуле

$$[d]=[D]-nD_i, \quad (5)$$

где n — число реперов.

Далее находят редукции $\delta_{r,i}$ для каждого репера по формуле

$$\delta_{r,i} = \frac{[d]_{\min} - [d]_i}{n}, \quad (6)$$

в которой значения $[d]_{\min}$ берутся минимальными для r реперов, отличающимися друг от друга в пределах погрешности одного превышения. Вероятнейшие значения смещений v_N определяются как среднее арифметическое из r значений $\delta_{r,i}$.

В этом способе, отягощенном лишними вычислительными операциями, первоначально трудно обнаружить сущность, однако некоторые преобразования вскрывают ее.

На основании (5) и (6) редукции $\delta_{r,1}$ для репера 1 относительно реперов 2, 4, 8, 11, 3, 7 и 10, взятых в работе [10] в качестве устойчивых, определяются из системы

$$\left. \begin{aligned} \delta_{2,1} &= \frac{[D] - nD_2 - [D] - nD_1}{n} = D_1 - D_2; \\ \delta_{4,1} &= D_1 - D_4; \\ \dots\dots\dots &\dots\dots\dots \\ \delta_{10,1} &= D_1 - D_{10}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Общая формула для вычисления редуций $\delta_{r,i}$ для всех реперов будет иметь вид

$$\delta_{r,i} = D_i - D_{r \max}. \quad (8)$$

Смещения v_{N_i} определяются как среднее арифметическое из 7 значений $\delta_{r,i}$ по формуле

$$v_{N_i} = \frac{[\delta_{r,i}]}{7} = \frac{7D_i - (D_2 + D_4) + \dots + D_{10}}{7} = D_i - D_{\text{сред}}. \quad (9)$$

В формуле (9) $D_{\text{сред}}$ равно const для данной сети и цикла измерений.

Вычисления смещений по формуле (9) приведены в таблице. Вместо так называемых «редукций» достаточно вычислить $D_{\text{сред}}$ из максимальных значений $D_{r \max}$, удовлетворяющих условию (4).

В работе [10] интервал A_1 равен 0,4 мм, но формула для его вычисления не приводится. Поэтому для выбора относительно устойчивых реперов применим интервал допусков (2). При $t=1$, $\sigma_{\text{ст}}=0,3$ мм и $N=5$ значение A_2 равно 0,95 мм.

На рис. 2 показан график накоплений разностей превышений D_i с интервалами допусков A_1 и A_2 . При вычислении $D_{\text{сред}}$ взяты такие реперы, для которых удовлетворяется условие (4), т. е.

$$D_{\max} \geq D_r \geq 0,75. \quad (10)$$

- грунты обладают просадочными свойствами;
- геологические процессы и явления, способствующие выпучиванию грунта, отсутствуют или их влияние незначительно;
- в районах расположения реперов и марок имеют место ударные, вибрационные воздействия на грунты и движение средств транспорта;
- предвычисленная суммарная осадка реперов меньше интервала допусков.

Тогда указанный способ применим в следующих случаях:

1. На стройплощадке, если реперы разных типов заложены на разную глубину, но замачивания оснований не происходит — для выявления тенденций в их движении.
2. При оценке устойчивости городских опорных сетей, закрепленных большей частью стенными знаками в фундаментах зданий с глубоким заложением.
3. При оценке устойчивости нивелирных сетей высших классов на больших территориях, если большинство марок и реперов заложены в мосты, железнодорожные здания и сооружения.

В заключение следует отметить, что выполненные исследования не являются исчерпывающими, возможно носят дискуссионный характер, поэтому проблема выбора исходной отметки и оценки устойчивости нивелирных знаков должна решаться впредь комплексно.

Список литературы: 1. Долженко А. И. Метод определения поправок за температуру в отметки трубчатых глубинных реперов. — В кн.: Вопросы геодезического контроля точности и качества в строительстве. Куйбышев: Изд-во Куйбышев. ун-та, 1980. 2. Зеленский А. М., Дорофеева В. В. Об анализе устойчивости исходных реперов на территории промышленного предприятия. — Геодезия и картография, 1973, № 9. 3. Камнев А. В. Анализ устойчивости реперов. — В кн.: Применение инженерной геодезии в транспортном строительстве, Новосибирск, 1978, вып. 178. 4. Пилягин А. В. Опыт определения температурных деформаций глубинных реперов. — Геодезия и картография, 1971, № 6. 5. Руководство по проектированию оснований зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1978. 6. Рунов И. В. Анализ способов оценки устойчивости реперов исходной основы. — Геодезия и картография, 1976, № 7. 7. Серебрякова Л. И. К вопросу о выборе исходного репера в группе реперов, предназначенных для определения осадок сооружений. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1968, вып. 7. 8. Стороженко А. Ф. К вопросу о выборе исходной высоты при повторном нивелировании. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1980, № 3. 9. Федосеев Ю. Е. Разработка и исследование методов анализа результатов наблюдений за деформациями прецизионных сооружений. — Автореф. дис. ...канд. техн. наук. М.: МИИГАиК, 1977. 10. Eidam Ch. Ein Verfahren zur Ermittlung der unveränderten Punkte in Nivellementsnetzen. — Vermessungstechnik, Berlin, 1978, v. 26, N 12. 11. Marčák P. O probléme referenčnej výškovej sústavy pre opakované nivelácie na geodynamických polygónoch. — Geodetický a kartografický obzor, Praha, 1974, v. 20, N 3.