

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Г. И. Тер-Степанян

О корректировании результатов наблюдений
за смещением оползневых реперов

Несмотря на применение точной аппаратуры, инструментальные наблюдения за горизонтальным смещением оползневых реперов дают значительно более грубые результаты сравнительно с данными прецизионной нивелировки, служащей для определения вертикальных смещений тех же пунктов.

Средняя абсолютная погрешность определения горизонтальных смещений для обычных работ в этой области составляет 10—20 мм, увеличиваясь в неблагоприятных случаях до 50—80 мм. Между тем погрешность прецизионной нивелировки на оползне может составить всего 1,5—2 мм, т. е. быть, по крайней мере, раз в 10 меньше.

В силу столь большой разницы между погрешностями определения обоих составляющих оползневых векторов смещения существует мнение о том, что высокая точность измерения вертикальных смещений является излишней, так как результативная предельная абсолютная погрешность определения оползневого вектора смещения равняется наибольшей предельной абсолютной погрешности обоих слагаемых, в данном случае погрешности определения горизонтальной составляющей.

Можно, однако, использовать результаты значительно более точных наблюдений за вертикальными смещениями оползневых реперов для корректирования наблюдений за их горизонтальными смещениями.

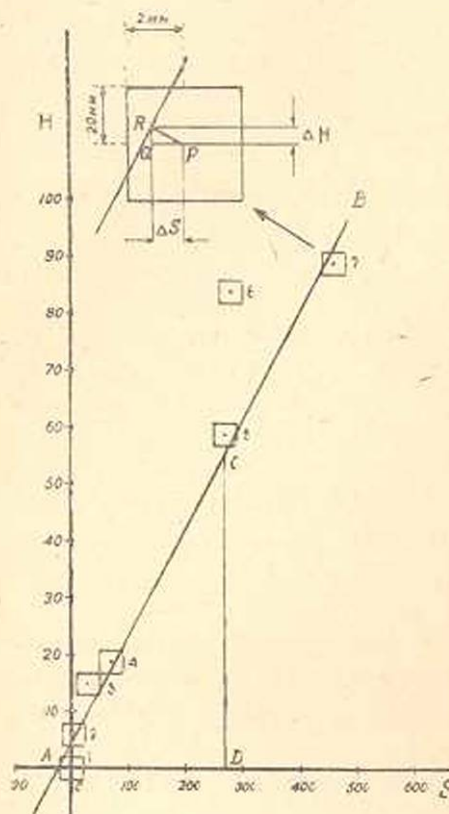
В настоящей работе описан метод корректировки результатов наблюдений за смещением оползневых реперов при условии, что вертикальная и горизонтальная составляющие смещения определены одновременно.

Эта задача может быть решена на основании того соображения, что угол наклона оползневого вектора смещения каждого пункта оползня для достаточно малых величин оползневых деформаций является малоизменяющейся величиной.

График наклона вектора смещения

Для определения угла наклона вектора смещения к горизонту строится график зависимости между горизонтальными S и вертикаль-

ными H смещениями, называемый графиком вектора смещения (фиг. 1). Точки, отвечающие результатам наблюдений в различные моменты времени, лежат на весьма пологих кривых, применяемых за отрезки прямых линий.



Фиг. 1

Практически, вследствие погрешности наблюдения, положение этих точек более или менее отклоняется от теоретического. Так как предельная абсолютная погрешность наблюдения за горизонтальными и вертикальными смещениями различна, то наблюдаемые точки располагаются внутри некоторого прямоугольника погрешностей, построенного вокруг каждой действительной точки. Стороны этого прямоугольника равны удвоенным величинам соответствующих предельных абсолютных погрешностей наблюдений. С другой стороны, если построить прямоугольники погрешностей вокруг каждой наблюдаемой точки, то действительное положение точки также окажется внутри этого прямоугольника. Поэтому необходимо, чтобы прямая, изображающая вектор смещения, пересекала все прямоугольники погрешностей, построенные на наблюдаемых точках или, по крайней мере, касалась их.

Так как предельные абсолютные погрешности наблюдений горизонтальных смещений приблизительно в 10 раз больше погрешностей наблюдений вертикальных смещений, то в таком же соотношении находятся и стороны прямоугольника погрешностей.

Квадраты приведенных погрешностей

Для того, чтобы сохранить относительную точность графика в направлении обеих координатных осей, рекомендуется строить *равноточные* графики наклона векторов смещения. С этой целью вертикальные смещения следует откладывать в 10 раз более крупном масштабе, по сравнению с масштабом горизонтальных смещений. Тогда прямоугольники погрешностей превратятся в квадраты.

Стороны этих квадратов берутся равными предельной абсолютной погрешности в вертикальных смещениях; в отношении горизонтальных смещений, стороны представляют собой погрешности,

приведенные к погрешностям вертикальных смещений; поэтому они были названы квадратами приведенных предельных абсолютных погрешностей, или коротко, квадратами п р и в е д е н н ы х погрешностей.

Тогда все те точки, горизонтальные смещения которых были определены с абсолютной погрешностью, не превышающей предельную абсолютную погрешность определения вертикальных смещений более, чем в 10 раз, окажутся расположенными таким образом, что через построенные на них квадраты приведенных погрешностей можно провести прямую линию.

При корректировке графика наклона вектора смещения можно исходить из следующих положений:

а) вертикальные смещения реперов определяются таким образом, что ни в одном случае абсолютная погрешность определения не превышает заранее известного предела;

б) предельная абсолютная погрешность горизонтальных смещений в нормальных условиях работы не превышает известного предела; однако, применяемые методы наблюдений не дают гарантий в том, что не могли быть случайные обстоятельства, повысившие величину этой погрешности;

в) наиболее вероятное положение оползневых реперов соответствует условию наименьшей суммы квадратов приведенных абсолютных погрешностей определения каждого положения репера.

Отсюда следует, что наиболее вероятное положение R действительной точки на прямой наклона вектора смещения AB получится на пересечении перпендикуляра PR , опущенного из точки P на эту прямую (фиг. 1).

Тогда абсолютные погрешности измерения представляют собой катеты $PQ = \Delta S$ и $RQ = \Delta H$ прямоугольного треугольника PQR , измеренные каждый в своем масштабе.

В качестве примера корректировки рассмотрим смещения одного из реперов на Кара-Чухурском оползне*.

Результаты полевых наблюдений сведены в нижеследующей таблице.

График наклона вектора смещения этого репера показан на фиг. 1. Вокруг каждой наблюдаемой точки построены квадраты со стороной, равной 2 мм. Прямая AB пересекает квадраты приведенных погрешностей или касается их. Исключение составляет только точка 6.

Переходим к методу корректировки. Вначале исправляем данные для всех тех точек, квадраты приведенных погрешностей которых пересекаются прямой AB ; примером может служить корректировка точки 7, выделенная на той же фиг. 1 в крупном масштабе.

* Наблюдения за движением Кара-Чухурского оползня проводились Закавказской партией треста Фундаментстрой в 1949-50 гг. Автор пользуется случаем выразить благодарность своим товарищам по этим работам—И. А. Логвинову (нач. партии) и Н. А. Кернеру (тех. руководитель).

№ № циклов	Дата наблюдений	Вертикальные смещения			Горизонтальные смещения		
		наблюд.	истин.	погреш.	наблюд.	истин.	погреш.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	27. 9.49	9	+ 1	-1	0	- 15	+ 15
2	20.10.49	6	+ 6	0	5	+ 10	- 5
3	20.11.49	15	+13	+2	29	+ 46	- 17
4	20.12.49	19	+19	0	71	+ 78	- 7
5	" 4.50	59	+58	+1	272	+282	- 10
6	25. 5.50	84	+84	0	281	+420	-139
7	13. 6.50	89	+90	-1	460	+450	+ 10

Результаты корректировки таких точек внесены в столбцы 4, 5, 7 и 8 таблицы. В отношении „выпадающих“ точек (как, напр., точка 6) можно пренебречь квадратом малого катета по сравнению с квадратом большого катета, и приравнять последний квадрату гипотенузы. Отсюда следует, что всю погрешность определения таких точек следует отнести только за счет горизонтальных смещений и считать их вертикальные смещения определенными точно. Это показано в таблице, где исправленное значение вертикального смещения точки 6 (84 мм) равно наблюдаемому.

Любая точка С на прямой АВ (фиг. 1) годится для определения угла наклона вектора смещения к горизонту; этот угол может быть найден из соотношения:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{CD}{AD} = \frac{CD}{AO + OD}, \quad (1)$$

где величины CD, AO и OD должны быть прочитаны с графика, каждая в своем масштабе. Из рис. 1 получаем: CD=55 мм, AO=20 мм и OD=270 мм; отсюда находим величину угла наклона вектора смещения:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{55}{20+270} = 0,189, \\ \varphi = 10^{\circ}40'.$$

Корректировка графика суммарных смещений

График суммарных смещений показывает зависимость между вертикальными смещениями Н (ось ординат слева) и горизонтальными смещениями S (ось ординат справа) с одной стороны и временем t (ось абсцисс)—с другой (фиг. 2).

Масштаб горизонтальных смещений должен быть выбран в соответствии с масштабом вертикальных смещений.

Могут быть рекомендованы следующие соотношения масштабов горизонтальных и вертикальных смещений: при угле наклона век-

параллельная оси абсцисс до пересечения с линией МК, от этой точки проводится линия, параллельная оси ординат до пересечения с линией NQ и, наконец, от этой последней точки пересечения проводится линия, параллельная оси абсцисс до пересечения с вертикалью, на которой взята исходная точка H_1 ; полученная точка S_1 представит собой исправленное значение горизонтального смещения. Линии Н и S представляют собой исправленные графики суммарных смещений репера № 30. Для сравнения на том же чертеже пунктиром показан график горизонтальных смещений по полевым данным. Если не принимать во внимание погрешности, прибавившейся при графическом построении, указанном в последнем абзаце, то предельная абсолютная погрешность откорректированного графика суммарных горизонтальных смещений будет относиться к предельной абсолютной погрешности графика вертикальных смещений, как масштабы смещений на фиг. 2, в соответствии с отношением цен деления равной длины.

Таким образом, предлагаемый способ корректировки горизонтальных смещений позволяет довести предельную абсолютную погрешность этих смещений до следующих значений:

- при угле наклона вектора смещения свыше 35° — до 2 мм,
- при угле наклона между 20° и 35° — до 4 мм,
- при угле наклона между 10° и 20° — до 10 мм,
- и при угле наклона между 5° и 10° — до 20 мм,

принимая предельную абсолютную погрешность вертикального смещения равной 2 мм. Для реперов, вектор смещения которых имеет наклон к горизонту в пределах от 5° до 10° , метод корректировки позволяет устранять только грубые случайные ошибки наблюдений, так как корректировка не уменьшает величины погрешности, с которой делаются обычные работы. При угле наклона вектора смещения к горизонту, меньшем чем 5° , предлагаемый метод не применим.

Из фиг. 2 и из таблицы наблюдений видно, что в результате произведенной корректировки горизонтальное смещение репера № 30 для 6-го цикла оказалось равным 420 ± 10 мм, иными словами, горизонтальное смещение точки в 6-ом цикле было определено неправильно: абсолютная погрешность определения составила 139 мм, с помощью же прилагаемого метода корректировки эта погрешность была доведена до 10 мм.

Исправленный график обоих составляющих суммарных смещений оползневой репера представлен на фиг. 2.

Вопросы, связанные с его дальнейшей обработкой, выходят за пределы настоящей статьи.

Դ. Ի. Տեր-Սահակյան

ՍՈՂԱՆՔԱՅԻՆ ՌԵՊԵՐՆԵՐԻ ՏԵՂԱՇԱՐԺԻ ԴԻՏՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ ՃՇՏԵԼՈՒ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Աշխատության մեջ նկարագրվում է մի մեթոդ, որը հնարավորություն է տալիս սողանքային սեպերների հորիզոնական տեղաշարժը ճշտելու համար օգտագործել այդ սեպերների վերտիկալ տեղաշարժի տվյալները, որոնք շատ ավելի ճշգրիտ են:

Այդ մեթոդը հիմնված է այն ենթադրության վրա, որ սողանքային տեղաշարժի վեկտորի թեքման անկյունը շատ փոքր չափով է փոփոխվում, երբ սեպերի տեղաշարժը մեծ է: Կառուցվում է վեկտորի թեքման անկյան դրափիկ (նկ. 1). սեպերի ճշգրիտ դրություները համապատասխանում է այն պայմանին, որ վերածված բացարձակ սխալների քառակուսիների գումարը լինի մինիմալ: Տեղաշարժի վեկտորի թեքման AB ուղղի վրա վերցվում է ցանկացած C կետ: Այդ կետի կոորդինատներն օգտագործվում են գումարային տեղաշարժերի գրաֆիկի վրա կառուցելու համար երկու ժամանակ դժեր՝ KM և NQ (նկ. 2): Նկարի վրա ցույց է տրված հորիզոնական տեղաշարժը՝ S_4 , եթե հայանի է նրա վերտիկալ տեղաշարժը՝ H_4 :