

Р. С. ПИРИГ

«Львовнефтегазразведка»

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ СКВАЖИН В РАВНИННЫХ РАЙОНАХ

Для надежного определения характерных точек геологического разреза в скважинах при построении структурных карт, карт водонефтяного контакта и для решения других задач, связанных с геометризацией залежей, отметки буровых скважин на эксплуатационных площадках необходимо определять с погрешностью, не превышающей 0,3 м.

Анализ производственных измерений по высотным привязкам скважин, выполненных в тресте «Львовнефтегазразведка» во всхолмленных и предгорных районах Карпат [5], а также результаты исследований других авторов [2] показали, что геодезическое нивелирование обеспечивает здесь точность 4 кл. при длине визирного луча порядка 5—8 км. Естественно, в производственных условиях трудно выполнить все требования применяемой при этом методики. Однако анализ производственных измерений, проводившихся по упрощенной методике, показал, что погрешности определения отметок скважин редко превышают 0,15 м.

Часть газопромислов в Западной Украине расположена в равнинной местности. Использование здесь геодезического нивелирования связано с дополнительными трудностями, обусловленными, с одной стороны, тем, что визирный луч проходит низко над почвой, т. е. в слоях воздуха с неустойчивым влиянием рефракции, трудно поддающейся учету. Однако применение геометрического нивелирования не выгодно экономически, а из-за специфики работ, когда плановое положение скважин определяется засечками с пунктов главной геодезической основы, необходимо также одновременно решать и вопросы о высотной привязке. Кроме того, при определении отметок скважин геодезическое нивелирование имеет существенное преимущество перед другими видами работ. Буровые вышки, являющиеся визирными целями, возвышаются на 40—60 м над землей, что значительно улучшает условия прохождения визирного луча.

Чтобы исследовать возможности применения геодезического нивелирования при высотной привязке скважин в равнинных районах на газовом месторождении Западной Украины, в течение 5 лет были определены отметки 95 скважин. Экспериментальные измерения заключались в следующем. В районе газового месторождения были выбраны три пункта триангуляции, имевшие отметки из геометрического нивелирования. С этих пунктов по мере продвижения буровых работ одновременно была выполнена плановая и высотная привязки скважин. Измерения вели со штативов визированием на верхний срез подкранблочных рам буровых вышек, возвышающихся на 40—45 м над землей. Таким образом, высота визирного луча увеличивалась с 1,5 м над точкой установки инструмента до 40—45 м над точкой визирования (рис. 1).

Все направления располагались над открытой местностью. По направлению пункт В—буровые визирный луч на расстоянии 1,2 км располагался на высоте 7 м над группой построек. Направление пункт С—буровые было расположено вблизи точки наблюдений на высоте 2 м над лесозащитной полосой.

Измерения проводили круглогодично и преимущественно в периоды спокойных изображений. Зенитные расстояния измеряли теодолитами Theo 010 и Theo 010А тремя приемами (по верхней, средней и нижней нитям сетки). Точность измерения

зенитных расстояний определяли методом последовательных разностей по формуле [3]

$$m_s^2 = \frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} d_i^2, \quad (1)$$

где n — число приемов; d_i — разность между соседними значениями зенитных расстояний.

○

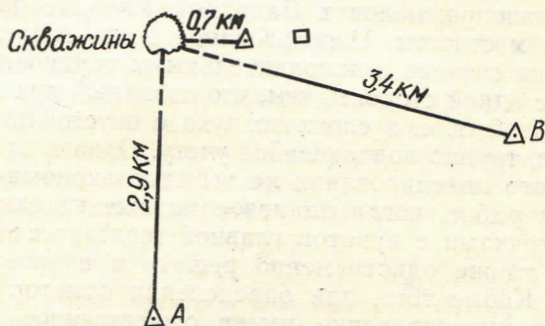


Рис. 1. Схема плано-высотной привязки скважин:

A, B, C — пункты триангуляции; ○ — колокольня церкви; □ — кирпичная труба.

Величина m_z , характеризующая точность измерения зенитных расстояний, выведена на основании обработки 100 тройных приемов производственных измерений и оказалась равной $\pm 1''{,}2$. Увеличение количества приемов не дает заметного повышения точности.

Для исключения влияния рефракции в программу измерений включали два пункта с отметками из геометрического нивелирования, расположенными в районе бурения. Такими пунктами являлись колокольня церкви и кирпичная труба на газопромисле. Оба пункта возвышались на 25 м над землей. Отметки на верх этих пунктов были переданы аналитически от реперов нивелирования 4 кл., расположенных у основания пунктов. По этим линиям определялась разность превышений

$$\Delta h = h_{\text{геом}} - h_{\text{геод}}. \quad (2)$$

Из двух значений этих разностей определяли среднее и на его величину исправляли превышения, измеренные на буровые вышки.

Правомерность принципа равного влияния рефракции основана на том, что визирный луч проходил в одинаковых условиях, вне пределов неустойчивого слоя атмосферы, находяще-

госа по исследованиям метеорологов в пределах 25 м. В более высоких слоях воздуха коэффициент рефракции сохраняет стабильность при переходе от одной линии к другой, в течение дня и день ото дня. Таким образом, при сходных условиях измерений и незначительном отличии в длинах линий следует ожидать и равного влияния рефракции. Это справедливо еще и потому, что основное влияние на рефракцию оказывают условия

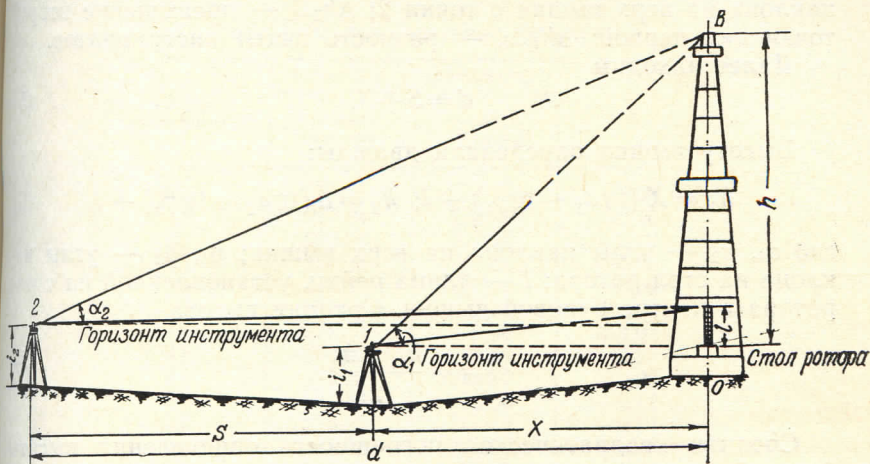


Рис. 2. Определение высоты буровой вышки:

1, 2 — точки установки инструментов; i_1, i_2 — высоты инструментов; s — расстояние между теодолитами; d — расстояние от второго теодолита до центра вышки; OB — вертикальная ось буровой вышки.

прохождения визирного луча вблизи точки наблюдений, что видно из структуры формулы коэффициента рефракции [1].

$$K = K_0 + q \frac{b}{h_3}, \quad \frac{1}{h_3} = \frac{2}{S^2} \int_0^s \frac{1}{h} l dl. \quad (3)$$

Хотя такая методика учета влияния рефракции и уступает по точности более совершенным способам, но зато выгодно отличается простотой обработки, поскольку исправление отметок производится в процессе вычислений, что весьма удобно в производственных условиях.

Высоты буровых вышек определяли по створному базису, измеренному между точками установки двух теодолитов, которые вместе с буровой вышкой находились в створе и по одну сторону от нее. Первый теодолит был установлен на расстоянии, равном полуторной высоте вышки, а второй в 60—100 м от первого (рис. 2). В точках установки инструментов измеряли углы наклона на верх вышки α , стол ротора β (на рисунке не показаны) и между теодолитами. Расстояние между теодолитами

измеряли непосредственно, а от первого теодолита до центра вышки находили по формуле

$$X = \frac{S \operatorname{tg} \alpha_2 + \Delta h_{2-1} + \Delta h_{i_2-i_1}}{\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_1}, \quad (4)$$

где α_1 — угол наклона на верх вышки с точки 1; α_2 — угол наклона на верх вышки с точки 2; Δh_{2-1} — превышение второй точки над первой; $\Delta h_{i_2-i_1}$ — разность высот инструментов.

Далее находим

$$d = S + X. \quad (5)$$

Высоту вышки определяли дважды:

$$h_1 = X (\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \beta_1) + l; \quad h_2 = d (\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \beta_2) + l, \quad (6)$$

где α_1, α_2 — углы наклона на верх вышки; β_1, β_2 — углы наклона на стол ротора; l — длина рейки, установленной на столе ротора в центре буровой вышки. Средняя высота

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_1 + h_2}{2}. \quad (7)$$

Средняя квадратическая погрешность определения высоты буровой установки может быть подсчитана на основании формулы

$$m_h^2 = h^2 \left\{ \left(\frac{m_\alpha}{d} \right)^2 + \left(\frac{m_\alpha}{\rho} \right)^2 \cdot \frac{\sec^4 \alpha + \sec^4 \beta}{(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta)^2} \right\}. \quad (8)$$

Обычно расстояние d лежит в пределах 100—200 м и его погрешность составляет 0,03—0,05 м, m_α для секундных оптических теодолитов не превышает 6". При этих условиях выражение в фигурной скобке формулы (8) имеет величину порядка 10^{-7} . Тогда

$$m_h^2 = h^2 \cdot 10^{-7}; \quad m_h = 0,00031 h. \quad (9)$$

Для буровых вышек высотой 40—45 м средняя квадратическая погрешность определения их высоты равна 0,01 м.

После окончания бурения отметки 26 скважин были определены нивелированием 4 кл. Результаты геодезического и геометрического нивелирования одноименных скважин приведены в таблице. Принимая отметки геометрического нивелирования за истинные, определяем среднюю квадратическую погрешность отметки

$$v_h = \pm \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}, \quad (10)$$

равную 0,11 м, что хорошо согласуется с требуемой точностью. Причем 84% разностей находится в пределах 0,10—0,15 м; для двух скважин эта разность лежит в интервале 0,15—0,20 м и

лишь одна скважина имеет расхождение между отметками 0,27 м.

Таким образом, отметки промысловых скважин в равнинных районах можно с необходимой точностью определять с помощью геодезического нивелирования, используя значительную высоту буровых вышек, с которых визирный луч проходит выше приземного слоя воздуха с неустойчивым влиянием рефракции.

Результаты нивелирования скважин

Номер скважины	Отметки из нивелирования		Δ
	геометрического	геодезического	
11	277,12	277,20	-0,08
12	277,84	278,00	-0,16
32	277,07	277,26	-0,19
33	277,22	277,30	-0,08
38	277,20	277,20	0,00
39	277,38	277,30	+0,08
40	278,34	278,30	+0,04
41	278,27	278,50	-0,23
45	278,70	278,70	0,00
50	278,38	278,50	-0,12
54	276,56	277,70	-0,14
51	278,63	278,90	-0,27
55	277,67	277,70	-0,03
56	277,46	277,40	+0,06
57	278,14	278,20	-0,06
58	277,82	277,70	+0,12
59	278,40	278,30	+0,10
64	278,16	278,20	-0,04
65	278,72	278,76	-0,04
66	278,70	278,80	-0,10
67	278,92	278,80	+0,12
93 ^a	277,86	278,00	-0,14
99	277,84	277,80	+0,04
112	276,23	276,20	+0,03
160	276,79	276,80	-0,01
178	276,43	276,40	+0,03

$$V_n = \sqrt{\frac{0,33}{26}} = \pm 0,11 \text{ м.}$$

При этом измерение зенитных расстояний следует производить одновременно с определением планового положения скважин, что дает значительный экономический эффект. Расчеты показывают, что геометрическое нивелирование скважины с закладкой реперов через 3 км обходится примерно в 40 руб., а геодезическое нивелирование скважины с трех пунктов геодезической сети — 10 руб.

Высоко расположенные точки определяются геодезическим нивелированием наиболее точно. Поэтому вначале следует определять отметки местных высоких предметов (церквей, башен, труб), а затем использовать их для передачи высот.

Список литературы: 1. Изотов А. А., Пеллинен Л. П. Исследование земной рефракции и методов геодезического нивелирования. — «Труды ЦНИИГАиК», 1955, вып. 102. 2. Маслич Д. И. Расчет точности геодезического нивелирования. — «Геодезия, картография и аэрофотосъемка», 1970, вып. 12. 3. Смирнов Н. В., Белугин Д. А. Теория вероятностей и математическая статистика в приложении к геодезии, М., «Недра», 1969. 4. Совершенствование методов маркшейдерских работ и геометризация недр. М., «Недра», 1972. 5. Соловьев Ф. Ф., Акуней Р. И. Высотная привязка глубоких скважин методом геодезического нивелирования. — «Инженерная геодезия», 1966, вып. 4.

Работа поступила 5 мая 1977 года. Рекомендована топогеодезическим отрядом треста «Львовнефтегазразведка».