

з) трубы большинства современных нивелиров достаточно совершенны и исследования будут носить лишь контрольный характер.

Список литературы: 1. Ганшин В. Н. Измерение вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов. — М.: Недра, 1981. 2. Гириберг М. А. Геодезия. — М.: Недра, 1967. 3. Деймлик Ф. Геодезическое инструментоведение. — М.: Недра, 1970. 4. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов. 5. Камнев А. В. Исследование хода фокусирующей линзы нивелира створным методом. — Геодезия и картография, № 5, 1979. 6. Маслов А. Н. Геодезия, ч. I. М., 1958. 7. Чеботарев А. С. Геодезия, ч. II. М., 1949. 8. Чермысин М. С. Нивелиры с компенсаторами. — М.: Недра, 1970.

Статья поступила в редколлегию 16.04.82

УДК 528.482

В. И. РУДСКИЙ, Г. П. ХОХЛОВ

ОПЫТ ЗАКЛАДКИ НИВЕЛИРНЫХ ЗНАКОВ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ОСАДКАМИ ФУНДАМЕНТОВ СООРУЖЕНИЙ В ОСОБО СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

В период с 1976 по 1980 г. кафедра геодезии Полтавского инженерно-строительного института выполняла наблюдения за осадками фундаментов газоперекачивающих агрегатов (ГПА) и разводки труб высокого давления на одной из крупных компрессорных станций (КС) мощного газопровода. КС была построена в 1973 г. Проектом не предусматривалось проводить наблюдения за осадками фундаментов ГПА и разводки труб высокого давления, вследствие чего при строительстве осадочные марки заложены не были. Однако современные ГПА, работающие при оборотах свыше трех тысяч в минуту, очень чувствительны к осадкам фундаментов.

Также весьма чувствительны к перемещениям фундаментов трубы разводки газа от ГПА к магистральному газопроводу, работающие под давлением до 7 МПа. Поэтому уже в процессе эксплуатации возникает необходимость проверить устойчивость фундаментов. Для обеспечения надежной работы ГПА эксплуатационники требуют, чтобы предельная ошибка измерения осадок фундаментов не превышала 1 мм. Это обусловило выбор класса нивелирования. Такую точность можно было бы обеспечить только нивелированием I класса. Приняв предельную ошибку определения превышения из нивелирования I класса на одной станции равной 0,3 мм [1], можно определить из неравенства

$$0,3\text{мм} \sqrt{\frac{n}{2}} \leq 1\text{мм}$$

максимальное количество n станций в нивелирном ходе с тем, чтобы наиболее слабая (средняя) марка имела ошибку не более 1 мм. Как видно, $n \approx 20$.

Корпус КС имеет длину 300 м и состоит из двух отдельных цехов. Внутри каждого цеха расположено по шесть ГПА. Было установлено, что для нивелирования фундаментов этих агрегатов в каждом цехе необходимо минимум 15 станций. Если учесть, что для перехода с улицы внутрь цехов требуется еще несколько станций, то это составит нивелирный ход между реперами с предельно допустимым количеством станций (20).

Условия нивелирования осадочных марок фундаментов разводки труб высокого давления за пределами каждого цеха требовали



Рис. 1. Высотная опорная сеть и осадочные марки в корпусе КС и на разводке трубопровода.

включения этих марок в отдельные нивелирные ходы. Таким образом, для обеспечения необходимой точности измерений требовалось заложить по периметру КС четыре глубинных репера (рис. 1).

ГПА, включающие газовые турбины и нагнетатели, установлены на несущих железобетонных колоннах в сечении 1,0×0,6 м, заключенных в металлические каркасы и составляющие с ними единое целое. Колонны передают нагрузки на фундаменты, представляющие собой железобетонные плиты, заложенные на глубине 1,5 м. Размер плит 4,2×12,2×1,15 м. Разводка труб высокого давления, выходящих из цехов, отдельными точками опирается на железобетонные колонны сечением 0,7×0,7 м, установленные на фундамент-стаканы размером 1,6×1,6 м.

Сложность условий работы при закладке реперов и осадочных марок характеризуется следующими факторами.

1. Большая насыщенность территории компрессорной станции подземными коммуникациями;
2. Наличие рядом с новыми старых цехов, в которых в качестве приводов служат дизели, вызывающие во время работы вертикальные колебания грунта;
3. Тяжелые геологические условия;
4. Повышенная пожаро- и взрывоопасность.

Первые два фактора значительно осложняли выбор мест для закладки глубинных реперов. Прежде всего необходимо было убе-

дятся, на каком расстоянии от источника вибраций вертикальные колебания грунта становятся пренебрегаемо малыми и практически не влияют на реперы. Для этого была использована формула В. В. Голицына [2].

$$A_r = A_0 \sqrt{\frac{r_0}{r}} e^{-\alpha(r-r_0)},$$

где A_r — амплитуда вертикальных колебаний грунта на расстоянии r от центра источника колебаний; A_0 — амплитуда колебаний фундамента под источником колебаний, принимается согласно [4]; r_0 — радиус окружности, равный наибольшей стороне фундамента под источником колебаний; α — коэффициент поглощения энергии, зависит от типа грунтов; e — основание натуральных логарифмов.

Было принято, что практически грунт можно считать устойчивым, если $A_r \leq 0,02$ мм. Для конкретных условий компрессорной станции затухание колебаний до указанного уровня происходит уже на расстоянии $r=30$ м от фундаментов дизелей. Определенным образом минимальное расстояние от источников вертикальных колебаний грунта, необходимо было выбрать места закладки реперов так, чтобы не повредить существующих подземных сетей. Для решения этой сложной задачи распоряжением руководства предприятия была создана комиссия, в которую вошли начальники всех служб: электроснабжения, связи, водоснабжения и т. п. Путем изучения топографических материалов, рекогносцировки местности намечались точки для бурения скважин под реперы. Сложность и спорные ситуации возникали из-за отсутствия исполнительных съемок. Здесь большую помощь оказывали те работники, которые помнили о местах прокладки коммуникаций. Использовались трубокабелеискатели, а в одном месте для уточнения положения подземных коммуникаций был заложен шурф. На выбранные для закладки реперов места оформлялись акты за подписью всех начальников служб, которые затем утверждались главным инженером предприятия. Эти мероприятия позволяют исключить аварии и несчастные случаи и обязательно должны предшествовать бурению скважин.

Третий фактор — геологические условия — влияет на выбор конструкции глубинных реперов, их размеров и способов закладки.

Для уточнения геологических условий площадки КС была пробурена пробная скважина глубиной 13 метров (рис. 2). Установлено, что до глубины 4,5 м идут влажные суглинки, обладающие просадочными свойствами. На глубине 4,6 м вскрыты грунтовые воды и до глубины 8,5 м находится водонасыщенный лесс-пльзун, моментально заполняющий скважину. С глубины 8,5 м начинается практически полускальная порода в виде плотной непросадочной глины. С учетом врезки в нее на глубину не менее трех метров глубинные реперы приняты длиной 12 м. Конструкция металлического глубинного репера взята согласно [3]. Несмотря на то что скважины под реперы бурились с обсадкой, сложность при

закладке реперов заключалась в том, что полностью скважину осушить не удавалось и в ней постоянно находилось небольшое количество жидкой грязи. На дно скважины опускался раствор водонепроницаемого расширяющегося цемента (ВРЦ), в который репер погружался основанием. Извлечение из скважины обсадных труб также представляло трудности, поскольку репер внутри их колебался и при этом повреждалось битумное покрытие защитной трубы. Поэтому, в виде эксперимента, один из четырех реперов был опущен в скважину, пробуренную без обсадки. При массе 0,6 т хорошо покрытый битумом репер легко прошел через жидкий лёсс и своим башмаком-якорем стал на полускальное основание. Защитная труба у этого репера была удлинена так, что сальник касался башмака репера. В дальнейшем наблюдения за устойчивостью этого репера велись особо тщательно.

Пространство между стенками скважины и защитной трубой каждого репера от забоя до

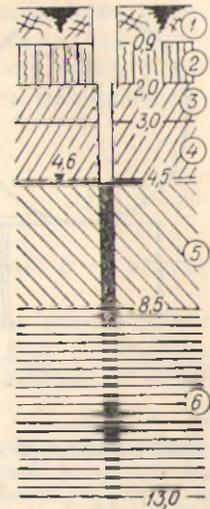


Рис. 2. Разрез, вскрытый скважиной.

(Цифрами указаны: глубина скважины, глубина уровня грунтовых вод (4,6), глубины отдельных слоев почв; 1 — почва черноземная твердая, влажная; 2 — суглинок гумусированный твердый, влажный; 3 — суглинок светло-коричневый, твердый, влажный; 4 — суглинок темно-коричневый с конкрециями твердый, влажный; 5 — лесс светло-желтый текуче-пластичный, водонасыщенный; 6 — глина серо-желтая, горизонтально-слоистая, тугопластичная, плотная.

глубины 4,5 м заполнялось выжимаемым под давлением жидким лёссом, а выше засыпалось песком.

Реперные колодцы устраивались согласно рекомендациям [3]. Однако для ускорения и удешевления работ вместо кирпичной кладки стенок колодцев были использованы унифицированные железобетонные кольца диаметром и высотой 1000 мм. При глубине колодцев 2 м, на устройство каждого из них использовалось два железобетонных кольца. Пространство между стенками колодцев и защитными трубами реперов заполнялось сухим шлаком.

В связи с некоторыми отступлениями, допущенными при закладке глубинных реперов от требований руководства, вызванными специфическими геологическими условиями, нивелирование реперов было начато через месяц после их установки.

Четвертый фактор — повышенная пожаро- и взрывоопасность — оказал влияние на выбор конструкции осадочных марок и способа закладки их в фундаменты разводки труб высокого давления. В целях безопасности на несущих колоннах разводки труб высокого давления полностью запрещались сварочные, механические и другие виды работ, которые могли бы вызвать сотрясение или появление искры. Это сделало невозможным использование рекомендуемых осадочных марок и применение известных способов их крепления. Поэтому были изготовлены специальные марки. К металлической пластине размером 25×10 см приваривался изо-

СПОСОБ МИНИМИЗАЦИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК СЕЙСМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Известно, что скорость распространения сейсмических волн в поверхностном слое земли сильно зависит от плотности грунта, его температуры, влажности, наличия растительного покрова и различного рода сооружений, а также разнообразия форм рельефа на данной территории. В общем виде скорость распространения прямой волны выражается формулой [4]

$$V_p = \sqrt{\frac{E(1-\sigma)}{\delta(1+\delta)(1-2\delta)}} \quad (1)$$

где E — модуль Юнга; σ — коэффициент Пуассона; δ — акустическая вязкость грунта.

Для равнинной местности, например, величина скорости распространения в зависимости от типа грунтов [1] показана в табл. 1. Из таблицы видно, что при изменении физических свойств грунта скорость распространения сейсмических волн имеет различное значение, изменяющееся для каждого типа грунта в широких пределах.

Однако согласно данным работы [4] общее изменение скорости обычно не более 500 м в секунду, причем диапазон изменений скорости уменьшается с глубиной.

При аппаратурной реализации автоматических систем определения координат точек земной поверхности, где произведен сейсмический взрыв, зависимость скорости распространения волны от указанных выше причин является основным сдерживающим фактором развития таких систем, несмотря на кажущуюся простоту осуществления и высокую техническую и экономическую эффективность.

гнутый металлический прут диаметром 30 мм. Для придания жесткости прут от места изгиба при помощи стержня приваривался к верхней грани пластины таким образом, чтобы конец стержня выходил за пластину на 30—40 мм. Выходящим за пластину концом стержня марка накладывалась на верхнюю грань железобетонной несущей колонны и приклеивалась всей поверхностью металлической пластины к боковой грани колонны специальным клеем. Размеры марок несколько колебались в зависимости от того, насколько трубы разводки газа выдвигались за несущие колонны. На рис. 3 показаны труба высокого давления, несущая колонна с приклеенной маркой и установленной на ней рейкой.

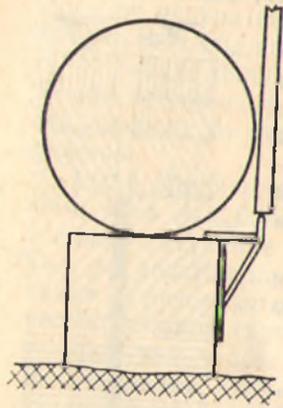


Рис. 3. Осадочная марка, приклеенная к несущей колонне трубопровода с установленной на ней рейкой.

Клей изготавливался из таких компонентов: 1. Смола эпоксидная — 1 кг. 2. Дибутилфталат — 0,1 кг. 3. Полиэтиленнаминамин — 0,1 кг. Изготовленного в таком количестве клея хватало для крепления 20—25 марок. Всего на фундаменты разводки труб высокого давления было приклеено 94 марки.

Внутри цехов в фундаменты ГПА было заложено 120 марок, изготовленных из уголкового железа согласно руководству [3]. Каждая марка приваривалась к металлическому каркасу несущей колонны.

Опыт четырехлетних наблюдений подтвердил, что все знаки были заложены надежно. Глубинные реперы были устойчивы, ни одна из осадочных марок не разрушилась и не отпала.

Список литературы: 1. Брайт П. И. Геодезические методы измерения деформаций оснований и сооружений. — М.: Недра, 1965. 2. Журнажи В. М., Николаев В. В. Механика грунтов, основания и фундаменты. — М.: Высшая школа, 1967. 3. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. — М.: Стройиздат, 1975. 4. СНиП II—19—79. Фундаменты машин с динамическими нагрузками. — Нормы проектирования. М.: Стройиздат, 1980.

Статья поступила в редколлегию 18.03.82

Таблица 1
Скорость распространения сейсмических волн в зависимости от типа грунтов

Тип грунтов	Толщина пласта	Скорость распространения сейсмической волны
Чернозем	0—2 м	100 м/с
Глина рыхлая	0—8 м	400 м/с
Суглинок	0—2 м	450 м/с
	0—10 м	500 м/с
	0—20 м	400—600 м/с
	5—7 м	500—1500 м/с
Галечник	0	550 м/с
Песок с галькой	0	600—800 м/с
Песчано-глинистый	0—12 м	710 м/с
Сухой галечник		200—1800 м/с
Песок влажный		1800—4000 м/с
Песчаник мокрый		1800—3500 м/с
Мел		2500—6000 м/с
Известняк, доломит		2000—3500 м/с
Мергель		4500—6500 м/с
Ангидрид, гипс		4200—5500 м/с
Лед		4500—5700 м/с
Гранит		4500—6800 м/с
Метаморфическая порода		100—500 м/с
Выветренный почвенный слой		310—360 м/с
Воздух		1430 м/с
Вода		