ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

РУКОВОДСТВО
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ
ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ МИКРОРАЙОНИРОВАНИИ
ГОРОДОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОЩАДОК

ОНТИ ЦНИИГАиК
Москва 1977

gost.e-ecolog.ru

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

"Утверждаю"

Начальник Главного управления
геодезии и картографии
при Совете Министров СССР
И.А.Кутузов

"Согласовано"

Председатель Междуведомственного
совета по сейсмологии и
сейсмостойкому строительству
при Президиуме АН СССР
чл. корр. АН СССР
С.Ф.Савиренский

Р У К О В О Д С Т В О
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ МИКРОРАЙОНИРОВАНИИ ГОРОДОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОЩАДОК

ОНТИ ЦНИИГАиК
Москва 1977

УДК 528.45(083.I33):550.34

"Руководство по выполнению геодезических работ при сейсмическом микрорайонировании городов и промышленных площадок" является дополнением к действующим в системе ГУГК при СМ СССР инструкциям и наставлениям и предназначены для практического руководства, организации и выполнения геодезических работ при сейсмическом микрорайонировании.

Руководство составлено в геодезическом отделе Центрального научно-исследовательского института геодезии, аэросъемки и картографии в соответствии с "Основными положениями по геодезическим работам на геофизических полигонах в сейсмических районах страны", 1970 г., а также с учетом опыта работ предприятий № 6 и I2.

Руководство составлено Я.В.Наумовым, Л.М.Бланком (плановая сеть) и И.Н.Мещерским (высотная сеть).

© ЦНИИГАиК, 1977

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Геодезические работы являются частью комплекса научных геофизических исследований и инженерно-строительных изысканий, выполняемых при сейсмическом микрорайонировании территории города и территорий, предназначенных для строительства крупных промышленных зданий и сооружений.

При сейсмическом микрорайонировании создают преимущественно сеть повторного нивелирования, а в необходимых случаях в местах, где ожидаются значительные горизонтальные смещения - плановую сеть.

Настоящее руководство не распространяется на геодезические работы, выполняемые при сейсморайонировании территорий, предназначенных для строительства крупных гидросооружений и гидроэлектростанций.

I.2. Целью проведения геодезических работ при сейсмическом микрорайонировании на территории крупного города или уникального инженерного сооружения, расположенных в зоне с сейсмичностью 7-9 баллов, является изучение тектонического строения земной коры, выявление активных глубинных разломов, мелких поверхностных разрывов, наиболее активных участков и блокового строения земной коры, а также режима тектонической активности выявленных элементов.

Геодезические высотные и плановые сети строят с учетом требований "Основных положений по геодезическим работам на геофизических полигонах в сейсмических районах страны", 1970 г.; "Инструкции по нивелированию I, II, III и IУ классов", М., "Недра" изд. 1974 г.; "Временных указаний по методике нивелирования I и II классов в горных районах", М., ОНТИ ЦНИИГАиК, 1975 г; "Инструкции о построении государственной геодезической сети СССР", М., "Недра", 1966 г.; "Временной инструкции по измерению линий полигонометрии IУ класса, I и 2 разрядов светодальномерами СМ-3 и ЕОК-2000", М., ОНТИ ЦНИИГАиК, 1975 г. и настоящего руководства.

I.3. Сеть повторного нивелирования II класса города или промышленного объекта при сейсмическом микрорайонировании строят в виде полигонов с периметрами до I5 км на застроенных, и до 20 км на незастроенных территориях. Невязка в этих полигонах на должна превышать $\pm$ 3 мм $\sqrt{L}$, где L - периметр полигона или длина секции в километрах.

I.4. При сейсмическом микрорайонировании сроки повторных нивелирований устанавливают, исходя из анализа имеющихся материалов.

I.5. Нивелирные линии прокладывают с учетом геологической изученности по трассам с наименьшими перепадами высот и предпочтительнее на местности благоприятной для нивелирования: на застроенных территориях - по улицам с небольшим движением транспорта и людей, на незастроенных территориях - вдоль местных путевых магистралей (дорог, троп, по берегам рек и т.д.).

I.6. Плановые сети, в зависимости от характера рельефа, застроенности территории и других решаемых задач, создаются преимущественно в виде полигонометрических сетей и отдельных ходов IУ класса с параметрами, указанными в таблице:

Наименование элемента полигонометрии	Значения
Относительная ошибка полигонометрического хода	I:60 000
Предельная длина одиночного полигонометрического хода, км	I0
Число сторон в одиночном ходе	не более I0
Средняя квадратическая ошибка измерения угла (по невязкам ходов), с	$\pm$2,0
Средняя квадратическая ошибка измерения длины стороны, см	$\pm$2.0

I.7. Плотность и частота измерений плановых сетей должна быть такой, чтобы имелась возможность надежно выявить активные разломы, а также участки земной поверхности, испытывающие

деформации, связанные с тектоническими процессами. Конфигурация сети, длины сторон и расположение пунктов должны обеспечивать наилучший охват зон разломов, удобство измерений и возможность последующего расширения сети.

Пункты плановых и высотных сетей по возможности совмещаются; если же по условиям местности совместить их нельзя, то высоты пунктов плановых построений определяют нивелированием II класса и лишь в исключительных случаях нивелированием более низкого класса и тригонометрическим нивелированием с пунктов высотной сети.

2. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТА

2.1. Технический проект на геодезические работы при сейсмическом микрорайонировании составляют с учетом настоящего руководства, действующих инструкций по видам работ, "Инструкции по проектированию топографо-геодезических работ" и "Временной инструкции по составлению технических проектов и смет на топографо-геодезические работы", ОНТИ ЦНИИГАиК, М., 1974 и утверждают в установленном порядке.

2.2. Технический проект на геодезические работы при сейсмическом микрорайонировании разрабатывают с учетом существующих геодезических сетей, геологических особенностей района, выявленных на основе геофизических, геологических и геоморфологических исследований территории.

В основу проекта повторного нивелирования должны быть положены результаты рекогносцировки, выполняемой с участием геолога. Желательно, чтобы при рекогносцировке принимали участие представители научно-исследовательского института или организации, занимающихся сейсмическим микрорайонированием.

2.3. Техническим проектом устанавливают перечень и объем работ, их размещение, сроки повторений, порядок выполнения и сметную стоимость.

Проект состоит из текстовой части, карт и сметы.

В текстовой части проекта указывают:

а) характеристику геологического строения земной коры и тектонических явлений в изученном районе, расположение наиболее важных существующих и проектируемых сооружений и карту сейсмичности города;

б) краткую характеристику физико-географических условий района работ, глубины промерзания, протаивания грунта и другие характерные данные;

в) сведения о всех ранее выполненных геодезических измерениях с характеристиками их качества, типами знаков и способами их закладки;

г) материалы анализа всех повторных геодезических измерений, выполненных предприятиями ГУГК и ведомственными организациями. Материалы анализа представляются в виде графиков скоростей вертикальных движений земной поверхности по линиям, карт и схем вертикальных и горизонтальных движений земной поверхности в изучаемом районе. Производят оценку полученных величин деформаций земной поверхности;

д) результаты полевого обследования всех сохранившихся геодезических знаков и геологических условий их закладки.

2.4. Проектирование геодезических работ при сейсмическом микрорайонировании выполняют на картах масштаба I:25 000 - I:50 000, на которые по геологическим и геофизическим данным наносят разломы, разрывы, границы блоков и структур.

Нивелирные линии должны пересекать предполагаемые линии разломов, разрывов и блоков. При проектировании линий повторного нивелирования на карту наносят все существующие пункты нивелирования, триангуляции и полигонометрии. Следует по возможности совмещать линии повторного нивелирования с ранее проложенными линиями, производя дополнительно закладку знаков.

3. РЕКОГНОСЦИРОВКА И ОБСЛЕДОВАНИЕ НИВЕЛИРНЫХ ЛИНИЙ. НИВЕЛИРНЫЕ ЗНАКИ

3.I. При рекогносцировке и обследовании линий следует руководствоваться требованиями "Инструкции по нивелированию I, II, III и IУ классов", изд. I974, М., "Недра".

3.2. При сейсмическом микрорайонировании нивелирные линии закрепляют глубинными (неработающие скважины), фундаментальными, скальными, стенными и грунтовыми знаками. Предпочтение следует отдавать скальным и стенным реперам. Стенные реперы закладывают в прочные каменные, кирпичные, бетонные и железобетонные здания и сооружения, построенные не менее чем за 5 лет

до нивелирования. Грунтовые знаки, заложенные котлованным способом, первый раз нивелируют только в следующий после закладки сезон.

3.3. На застроенных территориях скальные и стенные знаки закладывают не реже, чем через 500 м, грунтовые реперы через 2,0 - 2,5 км. На каждом объекте должно быть заложено не менее 5 глубинных или фундаментальных реперов. Один фундаментальный или глубинный знак должен быть заложен на 20 - 25 кв. км территории города. На незастроенных территориях стенные знаки по возможности закладывают через 700 м, грунтовые - через 2,5 - 3,0 км.

Вблизи глубинных разломов и границ блоков скальные и стенные знаки закладывают чаще - через 200 - 250 м. На каждой стороне разлома, разрыва и вблизи граней блоков должно быть заложено не менее двух знаков.

3.4. Все неработающие скважины, находящиеся на расстоянии до 0,5 км и все старые знаки, находящиеся на расстоянии до 200 м от линии нивелирования, обязательно включают в ход или привязывают отдельными ходами между двумя постоянными знаками. К обсадным трубам скважины приваривают нивелирные марки.

3.5. При рекогносцировке нивелирных линий стремятся, чтобы передачи высот через водные препятствия проводились в тех местах, где их ширина менее 150 м; число секций, на которых уклоны более 0,05 должно быть минимально.

3.6. Места закладки знаков, внешнее оформление должны обеспечивать их долговременную сохранность и неизменность положения по высоте во времени. Все стенные знаки должны быть снабжены опознавательными плитами. Наиболее желательна закладка знаков в скальные породы.

4. ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ НИВЕЛИРОВАНИЯ

4.1. Нивелирование выполняют инструментами мало реагирующими на тепловые воздействия. Изменение угла i при изменении температуры на 1°С не должны превышать 0,5". Из современных нивелиров наиболее пригодны глухие нивелиры Н1, Ni 004, Н2 и нивелиры с компенсатором Ni 002, Ni A-3 и Ni 007.

4.2. Средняя длина метра комплекта реек и длины отдельных метровых интервалов не должны отличаться от номинала более, чем на 0,10 мм. Недопустимо применение таких комплектов инварных реек, интервалы которых 10–30 и 70–80 больше (меньше) номинала, а интервалы 30–50 и 90–110 – наоборот меньше (больше).

4.3. У реек, предназначенных для нивелирования, целесообразно определять термические коэффициенты на компараторе ЦНИИГАиК. Рекомендуется при сейсмическом микрорайонировании использовать инварные рейки с термодатчиками.

4.4. Инварные рейки необходимо эталонировать на компараторах МК-I в начале, в середине и в конце полевого сезона.

В полевых условиях компарирование реек следует выполнять при температуре $20^{\circ} \pm 5^{\circ}$C. Оно проводится для контроля за состоянием реек в поле (приложение I).

Если по результатам полевого компарирования средняя длина метрового интервала комплекта реек изменится более чем на 0,I мм, то производят дополнительное эталонирование реек на компараторе МК-I.

4.5. Перед началом полевых работ, кроме исследований инструментов, описанных в "Инструкции по нивелированию I, II, III и IV кл." устанавливают влияние тепловых воздействий на юстировку нивелира (приложение 2) и определяют качество вращения нивелира вокруг вертикальной оси (приложение 3). При вращении нивелира вокруг вертикальной оси по ходу и против хода часовой стрелки отсчеты по уровню, при одном и том же положении зрительной трубы по азимуту, не должны различаться между собой более, чем на 20".

Отличие цены деления отсчетного барабана оптического микрометра нивелира от номинала не должно превышать 0,0015.

4.6. Поверку и исправление угла i нивелира в начале полевого сезона выполняют ежедневно, а в дальнейшем, убедившись в его постоянстве, через 5–10 дней. Угол i должен быть менее 10".

4.7. Поверку установочного уровня (уровней) нивелира производят ежедневно. При повороте нивелира вокруг вертикальной оси на 180° пузырек уровня не должен отклоняться от середины более, чем на 0,3 деления.

5. НИВЕЛИРОВАНИЕ

5.I. Нивелирование проводят в прямом и обратном направлениях по костылям. Наблюдения на станции выполняют по способу "совмещения", по программе наблюдений на станции, предусмотренной для нивелирования II класса.

5.2. При выполнении повторных нивелирований следует стремиться к тому, чтобы трассы ходов, конструкции костылей, места постановки нивелира и костылей в каждом цикле измерений совпадали (или были близки). Число станций в секции должно быть четным.

5.3. По каждой секции нивелирование в прямом и обратном направлениях выполняют в разные половины дня.

5.4. Нивелирование выполняют по полигонам. В одних полигонах прокладывают первым прямой ход (по ходу часовой стрелки), в других - обратный.

5.5. Нормальная длина луча визирования - 50 м. На участках со значительным уклоном длину луча визирования можно уменьшить.

5.6. Высота луча визирования над подстилающей поверхностью должна быть не менее 0,8 м. При длине луча визирования до 25 м - не менее 0,5 м.

5.7. При нивелировании должны соблюдаться требования "Инструкции по нивелированию I, II, III и IУ классов" п.п 5.I3, 5.I4, 5.22 - 5.25, 5.28. 5.29а и 5.30.

5.8. При нивелировании желательно применять штативы с длиной ножек I60-I80 см. Они должны обеспечить устойчивость нивелира во время наблюдений и удобство работы наблюдателя. При работе на асфальте штатив следует устанавливать на газоны, на грунт или бордюрный камень, при этом, в случае необходимости работы по асфальту, рекомендуется применять штативы, у которых увеличена площадь опоры ножек на грунт.

5.9. При нивелировании по асфальту следует применять стальные гвозди длиной 6-7 см толщиной 4-6 мм, имеющие полусферические головки в форме сегмента, диаметром основания около 20 мм и высотой 5-I0 мм, или костыли длиной около I0 см и толщиной I,0 - I,5 см. При нивелировании по твердому, сухому или каменистому грунту следует использовать стальные костыли длиной I5-20 см и толщиной I,5 - 2,5 см.

5.I0. Каждая бригада должна быть снабжена двумя-тремя комплектами костылей разной длины и толщины. В каждый комплект должно входить 5-I0 костылей. Допускается использование постоянных костылей, которые забивают при первом цикле нивелирования.

Постоянные костыли обязательно пробивают перед обратным ходом и следующих циклах нивелирования.

5.II. На ~~нечетных~~ станциях пузырек установочного уровня (уровней) приводят на середину, при трубе нивелира, направленной на ту рейку, которую наблюдают на данной станции первой, т.е. на нечетных станциях на заднюю, а на четных - на переднюю. При нивелировании в обратном направлении (обратный ход) наблюдения на нечетных станциях начинают с передней рейки, а на четных - с задней.

5.I2. Для обеспечения правильности и точности привязки к нивелирным знакам поступают следующим образом. После взятия отсчетов по основной шкале рейки рабочий должен снять ее с головки репера и вновь поставить. Только после этого можно производить отсчеты по дополнительной шкале. При этом разность высот нулей реек, вычисленная и полученная из исследований, не должна быть более 0,5 мм. Такие же расхождения разностей нулей допускаются и при вычислениях на станциях.

5.I3. Во все измеренные превышения вводят поправки за среднюю длину метра комплекта реек, полученную по результатам эталонирования инварных реек на компараторе МК-I (или аналогичном) и за различие температуры при эталонировании на компараторе и при нивелировании. Поправки вычисляют по формуле

$$\delta h = h\Delta\ell_0 + h\alpha_{ср}(t'_и - t_э) - \Sigma\Pi\alpha_{ср}\Delta t,$$

где h - измеренное превышение в м;

$\Delta\ell_0$ - отличие средней длины метра комплекта реек от номинала;

α - средний коэффициент линейного расширения комплекта инварных реек. Если не выполнено специальное определение коэффициента, то его принимают равным 2×10^{-6};

$t_э$ - средняя температура реек при эталонировании;

$t'_и$ - среднее значение температуры воздуха при нивелировании, если температуру воздуха измеряли термометром-праком, или средняя температура инварной полосы задней рейки, если нивелирование выполнено рейками с термодатчиками;

Σn – сумма отсчетов по основной шкале передней рейки в м;

$\Delta t = t''_н - t'_н$, $t''_н$ – среднее значение температуры инварной полосы передней рейки, полученное при помощи термодатчиков.

Последний член формулы учитывают, если нивелирование выполняют рейками с термодатчиками.

6. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ И СОСТАВЛЕНИЕ ОТЧЕТА

6.I. Полевые вычисления выполняют согласно п.п. I4.0I - I4.06 "Инструкции".

6.2. Результаты каждого повторного нивелирования сопоставляют как с результатами смежных циклов, так и со всеми результатами, полученными в остальных циклах. Результаты первого цикла сравнивают с результатами нивелирования прежних лет. При сопоставлении результатов повторного нивелирования руководствуются правилами указанными в приложении 4.

6.3. Отчет о выполненных в каждом цикле измерений составляют согласно "Инструкции по составлению технических отчетов о геодезических, астрономических, гравиметрических и топографических работах". Кроме того, в отчете должны быть приведены все данные в соответствии с п.п. 2.3 и 2.4 настоящих указаний, а также приложения 4

- данные анализа результатов повторного нивелирования с указаниями точности скоростей движений, действующих разломов и разрывов земной коры.

6.4. При приемке работ ОТК оценку точности нивелирования производить:

а) по накоплениям разностей $d = h_{пр.} - h_{обр.}$ на линиях. Накопления разностей d при хорошем качестве нивелирования не должны превышать 0,I0 мм/км;

б) по средним квадратическим случайным h и систематическим θ ошибкам нивелирования. Значения средних квадратических ошибок h и θ, как правило, должны быть соответственно менее 0,75 мм/км и 0,I0 мм/км;

в) по невязкам полигонов, во всех полигонах должны быть получены допустимые невязки 3 мм $\sqrt{L}$. При невязках свыше

$\pm 3\sqrt{L}$ выполняют повторное нивелирование всех линий полигона и анализируют полученные результаты. Если невязки вызваны современными вертикальными движениями земной коры, то все результаты учитываются при вычислении скоростей;

г) по числу повторно измеренных станций и переделанных километров хода. Повторные измерения соответственно не должны превышать 5%;

д) по результатам повторного нивелирования. При сопоставлении результатов повторного нивелирования в разных циклах расхождения превышений $\Delta h = h_{нов} - h_{стар.}$ не должны превышать 6 мм $\sqrt{L}$, где L – расстояние между смежными знаками в километрах.

Если расхождения превышают указанный допуск, то для того чтобы убедиться в правильности полученных результатов, переделывают данную секцию в одном направлении.

Желательно, чтобы переделку выполнял другой исполнитель.

6.5. В техническом отчете о нивелировании должны быть приведены данные полевого контроля бригад и указано, кто именно и сколько раз производил полевую проверку работы бригады.

7. ПЛАНОВАЯ СЕТЬ

Для измерения сторон полигонометрии рекомендуется использовать светодальномеры типа 2СМ-2, ЕОК-2000 и др. им равноточные. Линии измеряются в соответствии с инструкциями по эксплуатации приборов и "Временной инструкцией по измерению линий полигонометрии IУ класса, I и 2 разрядов светодальномерами СМ-3 и ЕОК-2000", М. ОНТИ ЦНИИГАиК,I975.

Для измерения углов рекомендуется применять теодолиты Т1, Т2, Th-010 и им равноточные.

Связь геодезических построений, развиваемых при сейсмическом микрорайонировании с государственной геодезической сетью осуществляется только с целью определения положения пунктов в единой системе координат, поэтому независимо от числа совмещенных пунктов в сети ее следует рассматривать как свободную.

Обработка всей совокупности измеренных элементов с целью получения окончательных данных должна выполняться в уравни-

системах плановых и высотных координат, обеспечивающих наибольшую простоту редуцирования на неё измеренных элементов. В качестве исходных выбираются наиболее устойчивые пункты, координаты которых определены также и в единой государственной системе.

Если при повторных измерениях обнаружится нестабильность некоторых выбранных исходных пунктов, то вычисления координат и высот по всем циклам выполняются заново с исключением нестабильных пунктов из группы исходных.

При анализе расхождений результатов повторных измерений для составления таблиц и схем векторов смещений используются непосредственно измеренные элементы сетей, их уравненные значения, координаты и высоты точек.

На схемах векторов показывают графически изменение положений пунктов относительно исходных и зону вероятных ошибок сдвигов.

На основании анализа рядов расхождений непосредственно измеренных элементов и координат пунктов должен быть сделан вывод о возможной величине и характере деформаций земной поверхности. При этом должна быть учтена тектоническая и геологическая обстановка на исследуемой территории.

8. ХРАНЕНИЕ ОТЧЕТОВ

Принятый ОТК отчет направляется в Центральный картографо-геодезический фонд ГУГК - I экз., территориальной инспекции Госгеонадзора ГУГК - I экз., ЦНИИГАиК - I экз., предприятие - I экз.

Приложение I

Контрольные определения длин метровых интервалов шкал инварной рейки в полевых условиях производят при помощи контрольной линейки один раз в месяц. Рейку укладывают на упоры, которые должны находиться под делениями I2 и 48.

Метровые интервалы I0-30, 30-50, 70-90 и 90-II0 измеряют сначала в прямом, а затем в обратном направлениях. Перед обратным ходом контрольную линейку поворачивают на I80°. Отсчеты производят по двум краям штрихов два раза. Перед вторым измерением каждого интервала линейку немного сдвигают. Разности отсчетов по левому и правому концам на каждом интервале не должны различаться более чем на 0,I мм; длины метровых интервалов, полученные в прямом и обратном направлениях - 0,05 мм. При получении больших расхождений измерения повторяют, из полученных результатов берут среднее, исключая грубые отсчеты и просчеты. Перед началом измерений каждого интервала отсчитывают температуру контрольной линейки.

Основная шкала — Рейка № 2843

Контрольная линейка № 462 — $L = 1000 \text{ мм} - 0{,}03 + 0{,}018 \times (t - 20{,}7^{\circ})$

Наблюдатель Николаев И.П. — Дата: I5 сентября I974 г.

Интервал рейки	Температура линейки	Отсчеты по линейке, мм		П-Л, мм	Среднее П-Л	Поправка за длину и темп. линейки, мм	Длина интервала, мм
		Л	П				
I	2	3	4	5	6	7	8
I0-30	+23,0°	0,04	I000,I0	I000,06			
		I,I0	I00I,II	I000,0I			
		0,44	I000,50	I000,06			
		I,52	I00I,57	I000,05	I000,05	+0,0I	I000,06
30-50	+23,I	I,50	I000,09	999,99			
		I,08	I00I,I2	I000,04			
		0,56	I000,54	999,98			
		I,53	I00I,58	I000,05	I000,02	+0,0I	I000,03

I	2	3	4	5	6	7	8
50-30	+23,I	0,I6	I000,20	I000,04			
		I,24	I000,20	999,96			
		0,60	I000,60	I000,00			
		I,70	I00I,68	999,98	I000,00	+0,0I	I000,0I
30-I0	+23,3	0,24	I000,20	999,96			
		I,30	I00I,30	I000,00			
		0,60	I000,62	I000,02			
		I,64	I00I,66	I000,02	I000,00	+0,02	I000,02

Длины метровых интервалов в мм

I0 - 30	I000,04
30 - 50	I000,02

Приложение 2

Определение качества тепловой защиты нивелира выполняют или в лабораторных, или полевых условиях. В лаборатории эти исследования выполняют так:

I. Устанавливают нивелир на бетонный столб. Рядом с нивелиром крепят термометр, предварительно закрыв сосуд с ртутью от попадания прямых лучей. На расстоянии около I м от нивелира устанавливают с двух сторон по электронагревательному прибору (рефлектор, электроплитка и т.п.). На расстоянии 6-I0 м от нивелира на стене или столбе крепят лист бумаги, на котором проводят тушью горизонтальную черту длиной I см и толщиной около 0,3 мм. Лист бумаги прикрепляют так, чтобы горизонтальная черта располагалась в биссекторе нитей нивелира при отсчете по барабану, равному 50, и совмещенных изображениях концов пузырька уровня.

2. Производят трижды наведение биссектора на штрих и делают три отсчета по барабану. Затем отсчитывают термометр.

3. При помощи нагревательных приборов повышают температуру нивелира на 7-I0°С за I0-I5 мин. Наводят биссектор на штрих берут отсчеты по барабану нивелира, а также по термометру. За-

тем повышают температуру на 7-I0° и повторяют все наблюдения. После того, как температура нивелира повысилась на 45-50°С прекращают нагрев, но наблюдения продолжают в течение I,0-I,5 часа, производя через каждые I0-I5 мин отсчеты по штриху и термометру. Изменения угла i находят по формуле:

$$\Delta i = \frac{\Delta \rho''}{\ell \cdot \Delta t},$$

где Δ - изменения отсчетов по барабану в мм при изменении температуры нивелира на Δt в градусах, ℓ - расстояние от нивелира до штриха в мм, $\rho'' = 206\ 265''$.

В полевых условиях определение качества тепловой защиты производят так; в солнечный, ясный день, когда можно ожидать больших изменений температуры воздуха, устанавливают нивелир на штативе и на расстоянии 50 и 25 м от него, на реперах или на костылях две инварные рейки. Приводят нивелир в рабочее положение и через каждые I5-30 минут отсчитывают по обеим рейкам и термометру, находящемуся рядом с инструментом. Наблюдения продолжают в течение всего дня.

Изменения угла i находят по формуле:

$$i = \frac{\Delta h \cdot \rho''}{\ell \cdot \Delta t},$$

где Δh - изменение превышения между рейками в мм при изменении температуры воздуха на Δt в градусах; ℓ_1 - расстояние между рейками в мм.

Во время этих исследований нивелир закрывают от солнечных лучей зонтом. Изменения угла i у нивелиров, предназначенных для повторного нивелирования, при общем нагреве не должны превышать 0,5" на I°С.

Приложение 3

Для определения качества вращения зрительной трубы нивелира вокруг вертикальной оси используют цилиндрический уровень при трубе. При исследовании нивелиров с компенсатором используют вспомогательный уровень с ценой деления около I0" на 2 мм, который специально крепят на корпусе трубы нивелира.

Устанавливают нивелир на каменной тумбе и точно горизонтируют его по цилиндрическому уровню. Постепенно поворачивают верхнюю часть прибора вокруг вертикальной оси на 720°, причем каждые 60° поворота отсчитывают по концам пузырька уровня. Прежде чем взять отсчет, дают уровню успокоиться. Положение трубы

нивелира при отсчетах уровня показан на рис.I. В прямом ходе зрительную трубу вращают по ходу часовой стрелки, в обратном - против. Расхождения между отсчетами, полученными в прямом и обратном ходах, на одних и тех же установках, не должны превышать 20".

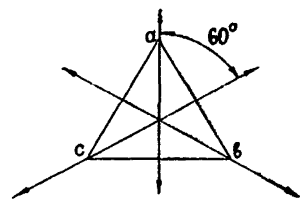


Рис. I

Пример записи измерений

Нивелир Ni004 № I25634 23 февраля I974 г.

Установка трубы	Прямой ход, дел. барабана			Обратный ход, дел. барабана			I-II
	Л	П	Л-П	Л	П	Л-П	
0	II,0	II,5	-0,5	I0,5	I2,0	-I,5	+I,0
60	I0,5	I2,I	-I,6	I0,8	II,6	-0,8	-0,8
I20	I0,2	I2,0	-I,8	II,2	II,3	-0,I	-I,7
I80	I0,0	I2,2	-2,2	II,I	II,3	-0,2	-2,0
240	I0,4	II,7	-I,3	II,5	I0,9	+0,6	-I,9
300	I0,9	II,3	-0,4	II,3	II,I	+2,2	-0,6
360	II,0	II,2	-0,2	II,0	II,4	-0,4	+0,2
420	II,2	II,0	+0,2	I0,5	II,9	-I,4	+I,6
480	II,4	II,I	+0,3	I0,6	II,7	-I,I	+I,4
540	II,5	I0,9	+0,6	I0,4	II,9	-I,5	+2,I
600	II,2	II,0	+0,2	I0,3	I2,0	-I,7	+I,9
660	II,5	I0,8	+0,7	I0,8	II,6	-0,8	+I,5

Максимальное колебание 4,I дел. уровня (τ нивелира равно 4,I) или I6",8

Наблюдал Вильчинский Ю.А.

Записывал Смирнов И.С.

Приложение 4

После каждого цикла нивелирования необходимо сопоставить результаты, полученные в разные годы, и вычислить скорости вертикальных движений земной поверхности. Итогом такого сравнения являются: "Ведомости и графики сопоставления результатов нивелирования разных лет по линиям" и "Карта скоростей современных вертикальных движений по объекту".

Прежде чем приступить к сопоставлению результатов первого цикла нивелирований с результатами нивелирования прежних лет, необходимо тщательно изучить все имеющиеся материалы, полученные в разные годы разными организациями. Такими материалами являются: ведомости превышений, отчеты организаций, выполнявших работы на данной линии или объекте, а также опубликованные и неопубликованные каталоги высот марок и реперов.

При сопоставлении в первую очередь используют ведомости превышений и только при их отсутствии можно выбирать данные, приведенные в отчетах и каталогах.

При вычислении и оформлении результатов следует руководствоваться "Инструкцией по вычислению нивелировок", М., "Недра", 1971. Все вычисления выполняют "в две руки" с обязательной сличкой. Расхождение результатов вычислений недопустимы. Все записи должны быть ясными и четкими, числа следует писать с интервалами, отделяющими разряды. Исправление вычислений следует делать аккуратно, путем срезки ошибочной части. На каждом вычислительном документе должны быть подписи вычислителя и дата вычислений. Сличка материалов фиксируется подписями обоих исполнителей.

При сопоставлении результатов нивелирования, находят знаки, которые нивелировались два и более раза. В ведомость включают все знаки, независимо от типа, года закладки и сохранности, а также футштоки, марсографы и подомерные посты. Результаты этого сравнения приводят в отчете о первом цикле нивелирований. Сравнение результатов, полученных при втором и последующих циклах повторного нивелирования выполняют только по тем знакам, которые нивелировались при первом цикле наблюдений или были дополнительно заложены в процессе повторений.

Сопоставление результатов повторного нивелирования разных лет производят в "Ведомостях сопоставления результатов нивелирования разных лет по линиям". В первую графу ведомости выписывают порядковый номер знака. Во вторую графу - номер или название знака, год закладки и тип. В третьей графе дается краткое описание местоположения знака. Описание берут из ведомости последнего нивелирования. В графу 4 выписывают расстояния между смежными знаками с точностью до 0,I км. Расстояния между смежными знаками при первом и втором нивелированиях могут различаться, в этих случаях в ведомость выписывают среднюю длину. Если расхождения в длинах большие, то должно быть дано объяснение: например, линии нивелирования шли по разным трассам.

Затем вычисляют расстояния от первого до всех остальных знаков линии (графа 5). Расстояние между первым и последним знаками является длиной линии повторного нивелирования.

В графы 6 и 7 выписывают значения измеренных превышений в метрах $h_{нов.}$, $h_{стар.}$ между одноименными знаками.

"Ведомость сопоставления результатов нивелирования разных лет" составляют отдельно для каждой пары повторных нивелирований, выполняемых при микросейсморайонировании. Превышения выписывают с точностью до 0,I мм. Если же первое нивелирование было выполнено более грубо или если превышения первого нивелирования известны с точностью I мм, то оба превышения выписывают с точностью до I мм. Выписанные в ведомость превышения должны быть исправлены поправками за среднюю длину метра комплекта реек и за различие температуры реек при эталонировании на компараторе и нивелировании. Поправки за переход к нормальным высотам или ортометрические поправки и поправки за уравнивание вводить в превышения не следует.

В графу 8 выписывают разность между превышениями, полученными при повторном и первом нивелированиях, по формуле:

$$h = h_{нов.} - h_{стар.},$$

где $h_{нов.}$ и $h_{стар.}$ - значения измеренных превышений между сохранившимися знаками, полученные при первом и повторном нивелированиях. Подсчитывают накопление этих разностей $\Sigma \Delta h$

ВЕДОМОСТЬ

сопоставления результатов нивелирования разных лет по линии стенной репер I345 и марка 2578

№ № п/п	Вид, номер, тип нивелирного знака и год закладки	Сокращенное описание местоположения нивелирного знака	Расстояние между знаками (км)	Расстояние от первого знака (км)	Измеренные превышения $h_{нов.}$ (м)	Измеренные превышения $h_{стар.}$ (м)	Разность превышений Δh (м)	Накопление разностей превышений $\Sigma\Delta h$ (м)	Интервал времени ΔT, лет	$\Delta V = \frac{h_н - h_с}{\Delta T}$ мм/год	$\Sigma\Delta V$ мм/год
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
I.	Стен.реп. I345 I935 г.	ул.Тернопольская, д.25	0,5	0,0	-I6,0077	-I6,0057	-0,0020	0,0000	I0	-0,20	0,00
2.	Марка б/№ I935 г.	ул.Тернопольская, д. 98	0,4	0,5	- I,2458	- I,2469	+0,00II	-0,0020	I0	+0,II	-0,20
3.	Марка б/№	ул.Львовская. д.I5	0,3	0,9	- 3,3804	- 3,3664	-0,0I40	-0,0009	I2	-0,09 -I,I7	-0,09
4.	Гр.рен. 2845 I945 г.	ул.Островского, д.27	0,4	I,2	+ 5,7070	+ 5,7040	+0,0030	-0,0I49	I2	+0,25	-I,26
5.	Марка б/н	ул.Южгородская, д.64		I,6				-0,0II9			-I,0I

по линии нивелирования относительно первого знака и выписывают их в графу 9.

Если интервал времени между повторными нивелированиями больше одного года, то вычисляют и выписывают в графу I0 интервал времени между повторными нивелирования ΔT:

$$T = T_{нов.} - T_{стар.},$$

где $T_{нов.}$ – год последнего нивелирования,

$T_{стар.}$ – год первого нивелирования.

В случае, если одно из нивелирований выполнялось в течение нескольких лет, а точное время измерений установить невозможно, то вычисляют среднюю дату с точностью до одного года. Вычисляют скорости современных вертикальных движений смежных знаков по формуле:

$$\Delta V = \frac{\Delta h}{\Delta T},$$

здесь $\Delta h = h_{нов.} - h_{стар.}$

T – интервал времени между повторными нивелированиями. Скорости вертикальных движений вычисляют с точностью 0,0I мм/год или 0,I мм/год, если превышения известны с точностью соответственно 0,I мм и I мм. Результаты вычислений записывают в графу II.

В последней графе ведомости подсчитывают накопления скоростей $\Sigma \Delta V$ по линии относительно первого знака.

После этого по каждой линии повторного нивелирования должен быть составлен "График скоростей современных вертикальных движений по линии", рис.2. На горизонтальной оси графика в масштабе откладывают расстояния от первого до всех остальных знаков и выписывают их номер. Условными знаками на графике показывают тип знака. Горизонтальный масштаб выбирают в зависимости от длины линии и числа знаков. Как правило, горизонтальный масштаб – I:25 000 – I:I00 000. По вертикальной оси в масштабе 5:I или I0:I откладывают скорости движений отдельных знаков относительно первого.

После составления "Ведомости сопоставления" и "Графика скоростей" выполняют анализ результатов повторного нивелирова-

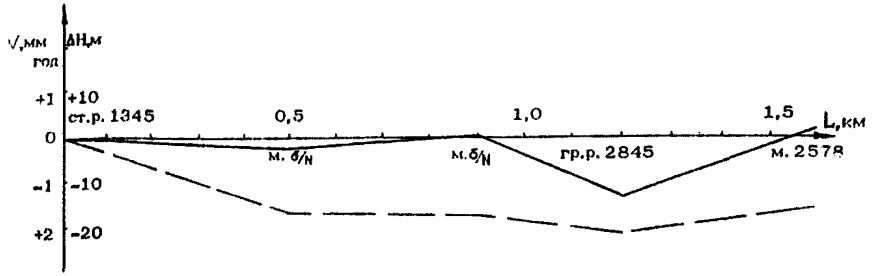


Рис. 2. График скоростей современных вертикальных движений по линии стенной репер I345 - марка 2578

Первое нивелирование - I945 г.
Второе нивелирование - I955 г.
Горизонтальный масштаб I:I0 000.

Условные обозначения:

линия скоростей вертикальных движений знаков;
профиль местности.

ния по невязкам скоростей современных вертикальных движений в полигонах и приступают к уравниванию. На схему (рис.3) выписывают скорости вертикальных движений по всем линиям между узловыми точками, длины линий в км, невязки скоростей полигона. Все знаки, которые на "Графиках скоростей" образуют "пики", т.е. скорости у этих знаков отличаются от скорости расположенных вблизи других знаков более чем на 3 мм/год, должны быть осмотрены на местности и сделаны заключения о причинах таких изменений скоростей.

Если в полигонах имеются большие невязки скоростей (больше 5 мм/год), то их уменьшают путем замены одних линий повторного нивелирования другими или путем исключения отдельных линий из сети повторного нивелирования.

При наличии разрывов на линиях повторного нивелирования, т.е. тогда, когда неизвестно значение превышения в одном из нивелирований, скорости движений и начальной и конечной точках

Схема сети повторного нивелирования
на территории города

Условные обозначения:

$\frac{-2,0}{16,4}$ – в числителе – скорости современных вертикальных движений по линии, мм/год; в знаменателе – длина линии, км;

P – периметр полигона, км;

f – невязка скоростей современных вертикальных движений полигона, мм/км.

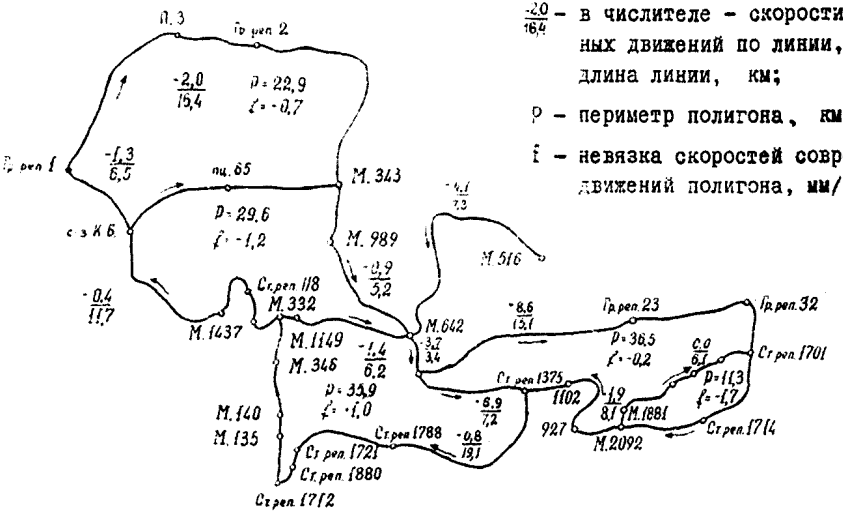


Рис. 3

разрыва считаются одинаковыми.

Приступают к уравниванию скоростей современных вертикальных движений. Как правило, уравнивание производят на ЭВМ методами непосредственных или условных измерений с учетом весов скоростей движений по линиям между узловыми точками.

При вычислении весов отдельных линий пользуются формулой:

$$P = \frac{10}{(m_1^2 - m_2^2)\,L} \left(\frac{\Delta T}{20}\right)^2,$$

где m_1 и m_2 – случайные ошибки на 1 км хода, полученные при первом и втором нивелированиях, L – длина хода повторного нивелирования в км, ΔT – интервал времени между повторными нивелированиями в годах.

В случае, если случайные ошибки m_1 и m_2 а также ΔT у всех линий сети повторного нивелирования одни и те же, или если неизвестны m_1 и m_2, то вес линии вычисляют по формуле:

$$P = \frac{10}{L}.$$

Если линия состоит из нескольких отрезков, пронивелированных с разной точностью или через разные интервалы времени, то вычисляют обратный общий вес для всей линии:

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} + \cdots + \frac{1}{P_n},$$

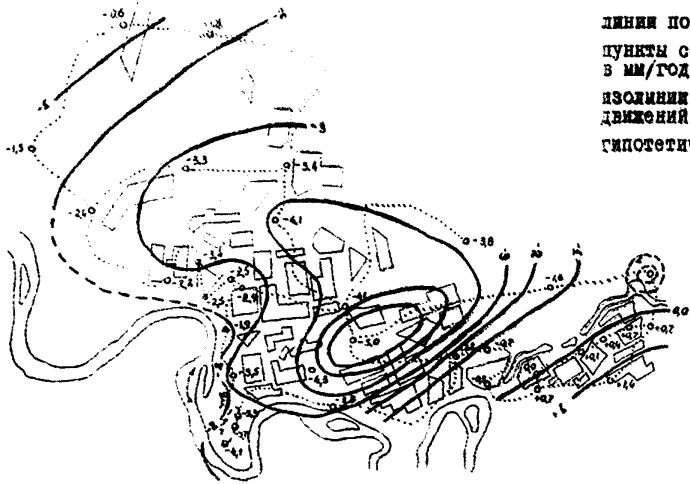
где $\frac{1}{P_1}, \frac{1}{P_2}, \cdots \frac{1}{P_n}$ – обратный вес каждого отрезка хода.

В результате уравнивания получают вероятнейшие значения скоростей вертикальных движений всех или только узловых точек и значение ошибки единицы веса. Если в результате уравнивания получены значения скоростей только узловых точек, то затем вычисляют скорости вертикальных движений остальных знаков, распределяя невязку пропорционально расстоянию между смежными знаками.

Полученные в результате уравнивания значения скоростей всех знаков наносят на топографическую схему, план или карту в масштабах 1:25 000 – 1:50 000, рис. 4. Эти данные являются основой для проведения изолиний на "Карте скоростей современных вертикальных движений объекта". Если вся сеть нивелировалась первый и второй раз одновременно, т.е. в течение 1 года, а при уравнивании нивелирной сети оба раза за "исходный" брали один и тот же репер, отметку которого не изменяли, то для составления кар-

СХЕМА СОВРЕМЕННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ГОРОДА.

(по данным повторного нивелирования 1957-1968 г.г.)



Условные обозначения:

линии повторного нивелирования;

пункты сети, значения V в них в мм/год;

изолинии скоростей вертикальных движений в мм/год;

гипотетические изолинии в мм/год.

Рис. 4

ты можно воспользоваться разностями высот одноименных знаков, полученными при первом и втором уравниваниях.

В этом случае скорости вертикальных движений знаков вычисляют по формуле:

$$V_i = V_{исх} + \frac{H_{нов} - H_{стар}}{\Delta T},$$

где V_i - скорость вертикальных движений в точке i;

$V_{исх.}$ - скорость вертикальных движений в исходной точке;

$H_{нов.}$ и $H_{стар.}$ - отметки точки i, полученные при первом и втором уравниваниях,

ΔT - интервал времени между повторными нивелированиями.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

1. Общие положения 3
2. Составление проекта 5
3. Рекогносцировка и обследование нивелирных линий. Нивелирные знаки 6
4. Инструменты для нивелирования 7
5. Нивелирование 9
6. Обработка результатов нивелирования и составление отчета 11
7. Плановая сеть 12
8. Хранение отчетов 13

Приложение 1. 14

Приложение 2. 15

Приложение 3. 16

gost.e-ecolog.ru