

УДК 528.48 (075)
© 2010

**Ю.В. ОРЕШНИКОВ,
Н.П. РЕВА,**
кандидаты технических наук

А.Н. ЛУЦЕНКО,
ассистент

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ
ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
НИВЕЛИРОВАНИЯ IV КЛАССА
ПРИ ТРАССИРОВОЧНЫХ
РАБОТАХ

Обґрунтована доцільність використання елементів нівелювання IV класу в разі трасувальних робіт у меліоративному будівництві, що зменшує похибку визначення середніх значень перевищень на кожній станції на 1,5–2,5 мм, відбивається на точності визначення висотних відміток точок, які нівелюються, об'ємах земляних робіт і т.ін., дозволяє уникнути додаткових витрат за гідромеліоративного будівництва.

Вопросам повышения точности геодезических измерений, и в частности геометрического нивелирования, в разные годы были посвящены работы многих видных ученых-геодезистов А.С. Чеботарева, В.И. Звонова, Н.А. Павлова, Рунэ, Виньяла и др. Самую широкую известность при оценке точности результатов получили формулы французского ученого Лаллемана. Однако они не являются безупречными и неоднократно подвергались критике; сама формула вычисления среднеквадратической погрешности [4] не отражает закон накопления погрешностей на линиях большой протяженности и поэтому не характеризует реальную точность нивелирования.

Как подтверждает практика, при оценке точности геодезических измерений часто руководствуются значениями практически полученных невязок, сравнивая последние с предельно допустимыми для конкретных условий измерениями, что позволяет их считать хорошими характеристиками действительной точности. Очевидно, что наибольшая величина погрешности в нивелирном ходе, равная полученной невязке, будет соответствовать измерениям в конце хода. Таким образом, если выполнить уравнивание хода и полученная невязка будет равна половине допустимой, то появляется возможность повысить точность определения превышений. Согласно Инструкции [3], каждому классу нивелирования соответствует своя величина погрешности считывания по рейкам, за-

висящая от увеличения и качества оптики зрительной трубы и чувствительности уровня, а следовательно, и от значения среднеквадратической погрешности определения превышений на одной нивелирной станции. Главным критерием оценки точности измеренных превышений в проложенных нивелирных ходах при трассировании каналов оросительной или осушительной сети по полученной исходной информации в виде отсчетов по нивелирным рейкам принимают среднеквадратическую погрешность определения превышений на 1 км двойного хода.

В нивелирных ходах большой протяженности влияние систематических погрешностей при однообразном их накоплении на разность превышений в прямом и обратном направлении значительно больше, чем случайных. Поэтому для характеристики оценки точности определения превышений по их разности в прямом и обратном направлениях все же применяют формулы Лаллемана [4], хотя они и дают преуменьшенные значения случайных и систематических погрешностей из-за того, что не учитывают погрешности за счет рефракции.

В связи с этим представляется актуальным обоснование выбора критерия оценки точности по суммарной невязке в нивелирных ходах при трассировочных работах, т.к. появление невязки в превышениях обусловлено влиянием совокупности источников погрешностей нивелирования.

Изложенное позволяет определить цель данной работы – это обоснование целесообразности применения элементов нивелирования IV класса при трассировочных работах, которые составляют один из важнейших этапов в мелиоративном строительстве.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие основные задачи: совершенствование методики геометрического нивелирования с применением имеющихся технических средств; повышение точности получаемых результатов за счет введения элементов нивелирования IV класса, что позволит уменьшить погрешность определения превышений на каждой станции.

При проектировании мелиоративных систем составлению технического проекта сооружения предшествуют инженерно-геодезические изыскания, проводимые для разработки технико-экономического обоснования строительства и определения экономической целесообразности, технической возможности строительства, объема строительных работ и их стоимости.

Выполнение изыскательских работ по трассированию линейных сооружений в мелиорации, главным образом магистральных и распределительных каналов оросительной или осушительной системы, производят с таким расчетом, чтобы выбор их местоположения на местности был эффективен с технологической и экономической точек зрения. В соответствии с техническим заданием на проектирование в состав необходимых работ должно входить определение длины канала и отметок начальной и конечной точек, максимально допустимое число углов поворота трассы на 1 км длины, предельных значений расходов воды и уклонов по трассе канала, количества поперечников, параметров сопрягающих кривых при углах поворота и т.д. Для того чтобы представленный топографический материал содержал всю необходимую информацию для проектирования, по трассе разбивают поперечные профили, в основном в точках перегибов продольного уклона, на косогорных участках, в стесненных местах, главным образом перпендикулярно к продольной оси канала. В некоторых случаях по условиям рельефа местности попереч-

ный профиль разбивают под углом к оси, а в углах поворота трассы – по биссектрисе угла между смежными сторонами.

Заключительным этапом инженерно-геодезических изысканий является собственно нивелирование, условия проведения которого должны соответствовать: при уклонах 0,00005–0,0005 – требованиям IV класса; при уклонах более 0,0005 – техническому нивелированию [1].

После окончания разбивочных работ и разбивки пикетажа вдоль оси трассы прокладывают нивелирные ходы технического нивелирования с закреплением реперов, причем постоянные реперы чередуются с временными вдоль трассы не реже чем через 1 км и в стороне от оси на 200–500 м и в таких местах, чтобы они не подвергались воздействию строительных, транспортных механизмов и других факторов. Как правило, все реперы совмещаются с пунктами планового обоснования. Конструкция реперов такая же, как и у реперов III и IV классов нивелирования [2]. При трассировании внутрихозяйственных сетей постоянные грунтовые реперы не закладывают. На каждой площадке под гидросооружения, объекты мелиорации, независимо от их размеров, должно быть закреплено не менее двух постоянных нивелирных знаков, включая исходные фундаментальные реперы, расположенные не далее 2 км от объекта и не находящиеся в предполагаемой зоне деформаций и сдвижения пород.

Определение отметок производят методом геометрического нивелирования при высоте сечения рельефа до 1,0 м. Средние ошибки определения отметок пунктов высотного обоснования относительно реперов или принятых отметок исходных пунктов не должны превышать $0,1 h_{сеч}$ при высоте сечения рельефа 0,5 м и $0,2 h_{сеч}$ – при высоте 0,25 м. При нивелировании вдоль оси трасс линейных сооружений искомые превышения определяют с наивысшей степенью точности, которая в настоящее время характеризуется среднеквадратичными погрешностями: случайной 0,3–0,5 мм и систематической 0,03–0,05 мм на 1 км двойного нивелирного хода.

Для того чтобы обеспечить требуемую

точность измерений, используют нивелиры и нивелирные рейки соответствующей точности, а также применяют современные методы наблюдений и обработки результатов, которые позволяют наиболее полно ослабить влияние всех видов источников погрешностей, в том числе личных, приборных и от внешней среды. Одним из основных факторов, существенно влияющих на объем строительных работ и стоимость строительства в целом, является положение оси трассы в пространстве, при этом ее высотное положение обычно определяют техническим нивелированием. При введении элементов нивелирования, соответствующих параметрам IV класса, возможно существенно уменьшить объем строительных работ, а значит, и их стоимость за счет повышения точности определения положения оси трассы по высоте.

Для нивелирования IV класса и технического, как правило, применяют способ “из середины”, т.к. при этом исключается влияние кривизны Земли и существенно ослабляется влияние рефракции. С целью повышения точности получаемых результатов измерения выполняют в соответствии с принятой и утвержденной программой нивелирования для каждого класса [3], при которой количество станций между реперами в обоих направлениях одинаково и обязательно четно, чтобы исключить влияние погрешностей из-за неравенства нулей пятков реек. Для обеспечения заданных параметров нивелирования трасс каналов, помимо уменьшения влияния личных и приборных погрешностей, максимально учитывают возникающие погрешности из-за влияния внешней среды, особенно из-за вертикальной рефракции. Так как процесс геометрического нивелирования протекает в самом нижнем слое атмосферы, вблизи земной поверхности, где происходят более существенные изменения температуры на пути визирного луча, нежели в высоких слоях, то чем меньше по величине вертикальные градиенты температуры, тем меньше при прочих равных условиях и влияние рефракции. В солнечную жаркую погоду при низком прохождении визирного луча над подстилающей поверхностью (менее 0,2 м) и достаточно больших расстояниях от нивели-

ра до реек (120–150 м) вертикальная рефракция может существенно исказить результаты нивелирования, особенно на наклонных трассах большой протяженности.

При нивелировании на наклонных трассах визирный луч от нивелира до задней и передней реек проходит на разной высоте над подстилающей поверхностью. Поскольку градиенты температуры на большей высоте по модулю меньше, чем на низшей, то при нивелировании на наклонных трассах градиенты температуры на пути визирного луча будут возрастать по модулю при переходе от одной рейки, где луч проходит выше, к другой, где луч проходит ниже, над почвой. Это означает, что более низкий луч всегда будет больше искривлен из-за влияния рефракции, поэтому и влияние рефракции имеет характер явно выраженных систематических погрешностей.

Фактически такое положение приводит к существенному, неоправданному удорожанию строительных работ, поскольку заданные проектом параметры канала не выдерживаются.

Выполненными ранее исследованиями [4] установлено, что совершенствование методики геометрического нивелирования при трассировочных работах должно предусматривать:

- уменьшение до рационально минимальной величины нормальной длины визирного луча между нивелиром и рейками, учитывая конкретные условия выполнения нивелирования, трудоемкость и экономическую целесообразность;
- высоту визирного луча над подстилающей поверхностью не менее 0,8–1,0 м, т.к. при меньших значениях даже в благоприятное время дня для нивелирования погрешности в отсчетах за рефракцию могут достигать 1,5–2,0 мм;
- предпочтительное выполнение нивелирования в периоды самого выгодного для наблюдений времени, когда градиент температур на пути визирного луча минимальный, т.е. в период утренней и вечерней изотермии воздуха;
- выполнение трассирования сооружения в осенне-весенний период года в пасмурную

Отметки пикетов вдоль оси трассы канала

Класс нивелирования		Номер пикета											
		Исх. репер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Отметка пикета, м	Техн	10,000	9,502	9,170	8,984	8,022	7,374	6,136	6,170	5,538	5,014	3,056	3,105
	VI кл.	10,000	9,502	9,168	8,981	8,023	7,375	6,134	6,168	5,534	5,012	3,051	3,102
Разность отметок, мм		0	0	2	3	1	1	2	2	4	2	4	3
Класс нивелирования		Номер пикета											
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Кон. репер
Отметка пикета, м	Техн	3,340	4,188	4,979	6,718	7,113	7,843	8,227	8,273	8,917	8,988	8,909	9,000
	VI кл.	3,338	4,184	4,976	6,713	7,109	7,840	8,228	8,269	8,913	8,985	8,906	9,000
Разность отметок, мм		2	4	3	5	4	3	1	4	4	3	3	0

и прохладную погоду, когда видимость наилучшая, а колебания изображения штрихов на рейках отсутствуют.

Методика нивелирования с применением элементов IV класса прошла апробацию при прохождении учебной практики студентами эколого-мелиоративного факультета, где нивелирование производилось вдоль оси трассы предполагаемого канала оросительной сети на геодезическом полигоне агроуниверситета протяженностью до 2500 м с разбивкой пикетажа через каждые 100 м при техническом нивелировании и через каждые 50 м. Пикеты нивелировались как связующие точки способом «из середины» с выдерживанием главных параметров, соответствующих нивелированию IV класса (таблица).

Таким образом, обработка и анализ имеющихся материалов нивелирования вдоль оси

трассы линейного сооружения при техническом нивелировании и нивелировании с элементами IV класса показывает, что уменьшение длины луча визирования практически в 2 раза и увеличение наименьшей высоты визирования до 0,8–1,0 м над подстилающей поверхностью при трассировании на равнинных участках позволяют получить практические невязки, которые не превышают допустимых значений и соответствуют IV классу. Это в свою очередь уменьшает погрешность определения средних значений превышений на каждой станции на 1,5–2,5 мм, что отражается на точности определения высотных отметок нивелируемых точек, объемах земляных работ и т.д., и в конечном счете позволяет избежать неоправданных дополнительных затрат при гидромелиоративном строительстве.

Библиография

1. Шерстюков А.Д. Справочное пособие по геодезическим работам при возведении гидротехнических сооружений / А.Д. Шерстюков, А.И. Балашов. – М. : Недра, 1990. – 314 с.

2. Центры и реперы государственной гео-

дезической сети: инструкция. – М. : Недра, 1973. – 68 с.

3. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. – М.: Недра, 1974. – 160 с.

4. Яковлев Н.В. Высшая геодезия / Н.В. Яковлев. – М. : Недра, 1989. – 445 с.