

Министерство образования и науки Российской Федерации
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет



РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ В СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТРАСЛЯХ НИЖНЕГО ПОВОЖЬЯ

Материалы ежегодной научно-технической конференции студентов,
17 апреля 2014 г., Волгоград



Волгоград
ВолГАСУ
2014



© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный
архитектурно-строительный университет», 2014
© Авторы статей, 2014

УДК 528.48:69(470.45)(063)
ББК 38.115(2Рус-4Вог)я431
Р277

Р 277 **Рационализация** выполнения геодезических работ в строительных отраслях Нижнего Поволжья: материалы ежегодной научно-технической конференции студентов, 17 апреля 2014 г., Волгоград / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. Электронные текстовые и графические данные (1,0 Мбайт). — Волгоград : ВолгГАСУ, 2014. — Научное электронное издание сетевого распространения. — Систем. требования: PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. — Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-98276-679-3

Содержатся материалы ежегодной студенческой научно-технической конференции, целью которой является обеспечение возможности занимающимся научной работой в области инженерной геодезии студентам представить результаты своих исследований, их анализа и обобщения широкому кругу научной общественности, ознакомление специалистов строительной отрасли с инновационными разработками в области повышения эффективности производства картографических, картометрических и геодезических работ при изысканиях, строительстве и эксплуатации зданий, сооружений и автомобильных дорог.

УДК 528.48:69(470.45)(063)
ББК 38.115(2Рус-4Вог)я431

ISBN 978-5-98276-679-3



© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», 2014
© Авторы статей, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Апалько Т.А., Россинский С.В. Определение отметок точек по горизонталям.....	4
Игнатов В.М., Непокрытая И.А. Сравнение различных способов интерполирования горизонталей.....	6
Бандалиев Т.А., Толстов Г.Г. Сравнение различных способов определения площадей криволинейных фигур.....	8
Арчакова К.А. Особенности проведения геодезических работ при строительстве высотных сооружений.....	10
Лоскутова О.А., Мелентьева А.И. Геодезические технологии диагностики технического состояния зданий.....	17
Гулканян Е.Р. Аэрогеодезические работы при реконструкции автомобильных дорог....	21
Суппесс А.А. Аэрометоды при изучении транспортных потоков.....	23
Акимова С.С., Сыроежкина М.А. Виды цифровых фотограмметрических систем.....	26
Бойко Ю.В. К вопросу тестирования программных средств и спутниковых приемников.	34
Голоколенов Д.В. Основные принципы развития широкозонной системой спутниковой дифференциальной навигации.....	37
Фомиченко Ф.Н., Попов С.Г. Геодезическое обеспечение при строительстве мостов.....	40

Апалько Т.А. (СУЗ-1-13), Россинский С.В. (СУЗ-1-13)
 Научный руководитель - д-р геогр. наук, проф. Анопин В.Н.
 Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Приведены материалы оценки точности и трудоемкости выполнения картографических работ по определению отметок точек по горизонталям топографических карт.

Численное значение абсолютной высоты (отметку) точки на картах и планах определяют, используя горизонтали (начерченные коричневым цветом сплошные линии, толщиной 0,1мм, соединяющие точки с равными отметками). Разность высот соседних горизонталей называется высотой сечения рельефа $h_{сеч.}$. Она подписывается на картах и планах под южной рамкой ниже масштаба. Отметки горизонталей могут иметь значения только кратные высоте сечения рельефа. Каждую пятую горизонталь наносят утолщенной и обычно подписывают так, чтобы низ цифры был направлен в сторону понижения склона.

На картах кроме основных горизонталей, могут быть полугоризонталей и четвертьгоризонталей, нанесенные прерывистыми линиями (коричневого цвета) соответственно через половину или четвертую часть основной высоты сечения рельефа.

При расположении точки на горизонтали ее высота равна отметке этой горизонтали. Если отметка горизонтали не подписана, то ее определяют по отметке другой горизонтали или подписанных точек с учетом высоты сечения рельефа.

При расположении точки B между горизонталями ее отметку определяют интерполяцией. Для этого по кратчайшему расстоянию между горизонталями через точку B измеряют на карте общую длину заложения (d), и длину заложения от горизонтали с меньшей отметкой до т. B (d_1).

Тогда:

$$H_B = H_{м.г.} + \frac{d_1}{d} h_{сеч.}, \quad (1)$$

где $H_{м.г.}$ — отметка меньшей (младшей) горизонтали
 $h_{сеч.}$ — высота сечения рельефа [1].

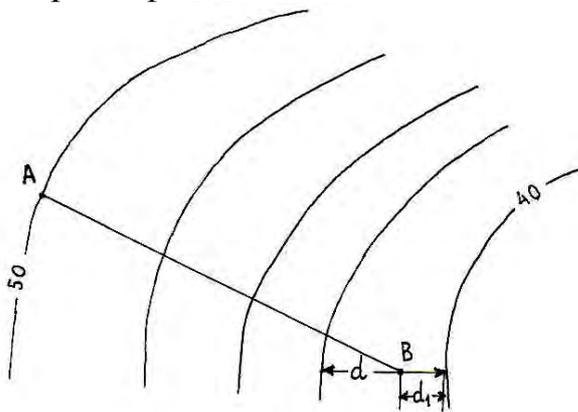


Рис. 1. Схема измерений между горизонталями для определения отметок точек

Пример. Определить отметку точек *A* и *B* (рис. 1).

$H_A = 50$ м;

$d = 13$ мм, $d_1 = 4$ мм, $h_{\text{сеч.}} = 2,5$ м.

$H_B = 40 \text{ м} + (4 \text{ мм} : 13 \text{ мм}) \cdot 2,5 \text{ м} \approx 40,76 \text{ м}$.

Другой способ определения отметки точки между горизонталями с использованием палетки с нанесенными на прозрачной основе шестью лучами, выходящими из одной точки с равными углами между ними [2].

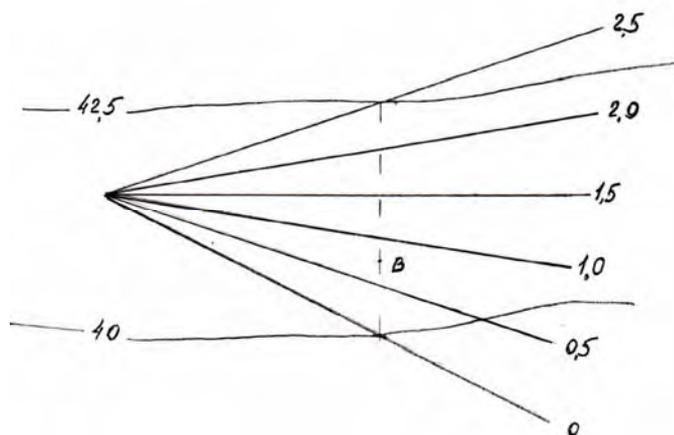


Рис. 2. Определение отметки точки с помощью палетки

Каждый луч подписан (указана величина превышения от первого луча). При высоте сечения рельефа, равной 2,5 м они имеют значения 0,5 м; 1,0 м; 1,5 м; 2,0 м; 2,5 м (рис.2), при высоте сечения 5 м соответственно 1,0 м; 2,0 м; 3,0 м; 4,0 м; 5,0 м. Палетку накладывают на план или карту так, чтобы крайние лучи касались горизонталей в месте кратчайшего расстояния между ними, проходящего через точку *B*. На рисунке точка *B* находится примерно посередине между лучами, имеющими превышения 0,5 м и 1,0 м над младшей (меньшей) горизонталью, расположенной на высоте 40 м. Следовательно, отметка точки *B* равна 40,75 м.

Третий способ – «на глаз». Его выполнение основывается на том, что на участке однородного равномерного склона значения превышений пропорциональны расстояниям между точками и ближайшей меньшей горизонталью. Расстояние от точки *B* до горизонтали «40» составляет примерно третью часть всего расстояния между горизонталями «40 м» и «42,5 м», следовательно превышение составляет третью часть величины сечения рельефа (2,5 м) и равно $2,5 \text{ м} : 3 = 0,83 \text{ м}$. Отметка точки *B* равна $40 \text{ м} + 0,83 \text{ м} = 40,83 \text{ м}$.

По нашей оценке способ «на глаз» отличается наибольшей производительностью, но наименьшей точностью и может быть использован только специалистами, имеющими большой опыт работы и хороший глазомер. Наиболее точным может быть расчетный способ, но он наиболее трудоемкий и обеспечивает хороший результат при правильной оценке долей миллиметровых делений в измеряемых расстояниях d_1 и d . Способ палетки с лучами, выходящими из одной точки в целом является средним по точности, не требует использования калькуляторов и очень хорошего глазомера.

Библиографический список

1. В.Н. Анопин. Решение задач по топографической карте: методические указания к лабораторному практикуму/ В.Н. Анопин, В.Д. Латенко. – Волгоград: ВолгГАСУ. 2013. – 13 (1) с.
2. В.Н. Анопин. Особенности выполнения картометрических и съемочных работ при разработке мероприятий по мелиорации пригородных деградированных ландшафтов / В.Н. Анопин // Вестник ВолгГАСА «Естественные науки». Вып. 2(6). 2002. – С. 100 – 105.

УДК 528.42

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ИНТЕРПОЛИРОВАНИЯ ГОРИЗОНТАЛЕЙ

Игнатов В.М. (СУЗ-1-13), Непокрытая И.А. (СУЗ-1-13)

Научный руководитель - д-р геогр. наук, проф. Анопин В.Н.

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Приведены результаты анализа трудоемкости и точности интерполирования горизонталей на топографических планах различными способами.

Интерполирование (положение точек горизонталей на плане) выполняют между речными точками с линиями равномерного ската [1]. Работу производят с помощью палетки (графический способ) или по результатам вычислений (аналитический способ), а при достаточном опыте — глазомерно.

Палетка — это лист прозрачной бумаги с начерченными через равные расстояния, например 0,5см, параллельными линиями. Линии оцифровывают значениями, кратными заданной высоте сечения рельефа в пределах величин отметок точек журнала тахеометрической съемки. При $h_{\text{сеч.}}=1,0\text{м}$ (в задании) они могут быть 1,0; 2,0; 3,0; ...114,0; 115,0м и т.д.

Лист накладывают на чертеж так, чтобы одна из нанесенных на плане речных точек совместились с соответствующей ее высоте точкой между оцифрованными линиями палетки. Затем палетку поворачивают вокруг этой точки до совмещения другой речной точки с соответствующей уже ее высоте точкой между линиями палетки. Пересечения линий палетки с линией, соединяющей речные точки, являются положением точек соответствующих горизонталей[2].

Пример: Между точками с отметками 12,4м и 15,8м будут проходить горизонталы 13, 14, 15 м. На отрезок *AB* плана накладывают палетку таким образом, чтобы речная точка *A*, имеющая высоту $H = 12,4$ м, расположилась между линиями палетки с отметками 12 и 13 на расстоянии 0,4 их промежутка от линии, оцифрованной числом 12 (рис). В точке *A* палетку прикалывают к плану иглой и поворачивают вокруг нее до совмещения точки *B* с точкой палетки, соответствующей отметке 15,8 м (между отметками 15 и 16 на расстоянии 0,8 их промежутка от линии оцифрованной значением 15). В этом положении палетку закрепляют и делают иглой наколы в точках пересечения линии *AB* с параллельными линиями палетки. Через эти точки будут проходить горизонталы с отметками 13, 14 и 15 м.

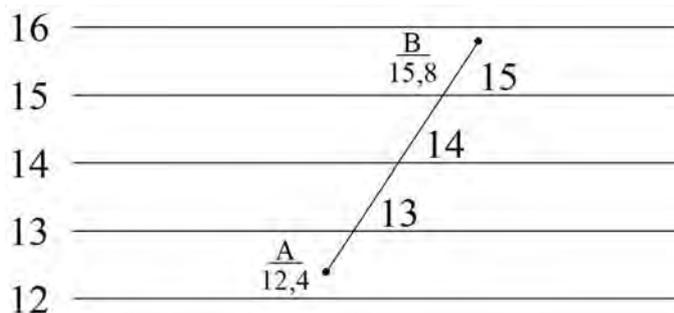


Рис.1. Интерполирование горизонталей с помощью палетки

При *аналитическом способе* положение горизонталей определяют по результатам вычислений. Расстояние от точки до горизонтали и между горизонталями вычисляют по формуле (1):

$$l_i = \frac{h_i \cdot l}{h}, \quad (1)$$

где h — превышение между точками; l — расстояние между точками на плане; h_i — превышение между точкой плана и горизонталью или между соседними горизонталями.

Пример: Между точками A и B находящимися на плане на расстоянии 40 мм и имеющими отметки соответственно 12,40 и 15,80м, горизонтالي могут принимать значения 13,00, 14,00 и 15,00м. Превышение между точкой A и горизонталью 13 м h_1 равно 13,00 – 12,40 = 0,60 м; между горизонталями 13 и 14м равно 14,00 – 13,00 = 1,00 м; между горизонталями 14м и 15м

$h_3 = 15,00 - 14,00 = 1,00$ м; между горизонталью 15м и точкой B

$h_4 = 15,80 - 15,00 = 0,80$ м, общее превышение между точками A и B равняется 15,80 – 12,40 = 3,40 м.

Соответствующие расстояния будут составлять:

$$l_1 = \frac{h_1 l}{h} = \frac{0,60 \text{ м} \cdot 40 \text{ мм}}{3,40 \text{ м}} = 7,0 \text{ мм};$$

$$l_2 = \frac{h_2 l}{h} = \frac{1,00 \text{ м} \cdot 42 \text{ мм}}{3,40 \text{ м}} = 11,8 \text{ мм};$$

$$l_3 = \frac{h_3 l}{h} = \frac{1,00 \text{ м} \cdot 42 \text{ мм}}{3,40 \text{ м}} = 11,8 \text{ мм};$$

$$l_4 = \frac{h_4 l}{h} = \frac{0,80 \text{ м} \cdot 21 \text{ мм}}{3,40 \text{ м}} = 9,4 \text{ мм};$$

$$l = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 = 7,0 \text{ мм} + 11,8 \text{ мм} + 11,8 \text{ мм} + 9,4 \text{ мм} = 40 \text{ мм} \text{ (контроль).}$$

При *интерполировании на глаз* исходят из того, что расстояния между точками и горизонталями или соседними горизонталями пропорциональны вычисленным в уме превышениям. В приведенном примере если принять превышение 0,60 м за единицу, то каждое из двух превышений между горизонталями, равных 1,00 м, будет составлять около 2 единиц, последнее превышение (0,80м) немного более 1 единицы (всего 6 единиц). При мысленном разделении расстояния меж-

ду точками *A* и *B* на шесть частей, расстояние от точки *A* до точки горизонтали с отметкой 13,00 м должно составлять одну часть, каждое из расстояний между горизонталями — немного менее двух частей, от горизонтали с отметкой 15,0 м до точки *B* — немного более 1 части.

По нашей оценке, наиболее точным может являться аналитический способ. Однако, он требует значительной затраты времени. При этом неточное отложение десятых долей мм резко снижает качество работы.

Способ палетки является менее трудоемким, но его точность зависит от правильного совмещения реечных точек на плане с соответствующими их высоте точками между оцифрованными линиями палетки, что часто сделать значительно сложнее, чем дать оценку миллиметрового деления линейки. При неразвитом глазомере результат может быть неудовлетворительным.

Способ «на глаз» наиболее производителен, но только при умении в уме выполнять определенные вычисления. Высокая точность может быть достигнута при хорошем глазомере и определенном опыте работы.

Библиографический список

1. В.Н. Анопин. Инженерная геодезия: курс лекций /В.Н. Анопин – Волгоград: ВолгГАСУ, 2012. – 68 с.

2. В.Н. Анопин. Инженерная геодезия: методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для студентов, обучающихся по специальностям ПГС, СБ и АДб /В.Н. Анопин – Волгоград: ВолгГАСУ, 2008 – 46 с.

УДК 528.486.2

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ФИГУР

Бандалиев Т.А. (СУЗ-1-13), Толстов Г.Г. (СУЗ-1-13)

Научный руководитель - д-р геогр. наук, проф. Анопин В.Н.

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Приведены данные, характеризующие точность определения площадей криволинейных контуров различными методами, обоснована целесообразность применения конкретного способа.

В настоящее время наиболее распространенным способом определения площадей криволинейных фигур является механический — полярным планиметром [1].

Для определения площади участка местности план или карта должны быть положены на ровную горизонтальную поверхность стола. Полнос планиметра располагают так, чтобы иглу или увеличительное стекло на конце обводного рычага можно было провести по границе всего контура.

Если площадь настолько значительна, что длина рычага не позволяют обвести фигуру сразу, то ее делят на две или даже несколько частей прямыми линиями. Обводя каждую часть отдельно по этим линиям и внешним границам

контура и, вычислив сумму результатов измерений всех частей, определяют общую площадь фигуры.

Для исключения систематических ошибок в определении площадей не следует полностью полагаться на приведенные в техническом паспорте планиметра значения постоянных, а следует определять их, соблюдая все требования к выполнению работы. Целесообразна предварительная оценка точности результатов конкретного прибора с использованием формул теории погрешности измерений [2].

Относительная погрешность определения площади даже простым полярным планиметром незначительна и составляет порядка $\pm 0,005$. Она зависит от величины измеряемой площади, от постоянной планиметра, а также от точности отсчета по верньеру, которая соответствует значению 0,001 оборота ролика счетного механизма. Поэтому, способ не целесообразен при измерении малых площадей, одна двухсотая доля которых превышает ошибку обвода планиметром, т.е. 0,001 оборота ролика. Например, на карте, составленной в масштабе 1:10000, одному обороту ролика планиметра соответствует площадь 50 га, следовательно наименьшая площадь, которая может быть измерена планиметром с относительной погрешностью, меньшей, ее 1/200 величины, будет 10 га на местности и 10 см² на карте.

При площади криволинейной фигуры на плане или карте меньше 10 см целесообразно использование палеток (рис.1).

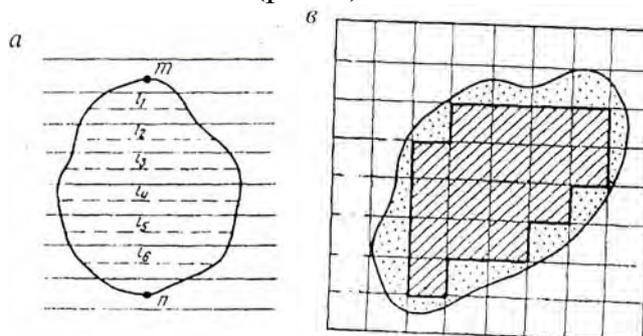


Рис.1. Палетки с параллельными линиями (а) и квадратами (в).

Определение участков до 2 – 3см² рекомендуется производить с помощью квадратной палетки. Палетка представляет собой лист прозрачной основы, на которой нанесена сеть квадратов со сторонами от 1 до 5мм. По длине стороны квадрата палетки и масштабу плана легко вычислить площадь квадрата палетки s . Например, площадь квадрата палетки со стороной $a = 5$ мм для плана масштаба 1:2000 $s = a^2 = 100$ мм². Для определения площади участка палетку произвольно накладывают число полных квадратов N_1 , расположенных внутри контура участка. Затем оценивают на глаз число неполных квадратов в пределах N_2 границы фигуры. Общая площадь измеряемого участка определяется по формуле (1):

$$S = s (N_1 + 0,5N_2) \quad (1)$$

Для контроля площадь заданного участка измеряют повторно, развернув палетку на 45°.

При определении фигур большей площади (до 10см²) рекомендуется использование палетки с параллельными линиями [1]. Палетка с параллельными ли-

ниями представляет собой прозрачную основу с нанесенными через определенный интервал (обычно от 2 до 4мм) тонкими параллельными линиями. Для определения площади криволинейных фигур палетку кладут на контур так, чтобы верхняя и нижняя части контура оказались посередине между линиями палетки. Тогда отрезки длин линий палетки l_i , заключенные внутри контура фигуры явятся средними линиями трапеций. Их длины определяют с помощью циркуля – измерителя и масштабной линейки. С учетом масштаба плана вычисляют площадь контура по формуле (2):

$$S = \Sigma l_i \cdot h, \quad (2)$$

где, h — расстояния между линиями палетки.

Таким образом, наиболее целесообразным способом определения площадей криволинейных фигур является механический с использованием полярного планиметра. При этом достигается высокая точность результата при невысокой напряженности работы и низких затратах времени.

Использование палеток сопряжено с увеличением нагрузки на исполнителя и снижением производительности труда и поэтому целесообразно только при определении площадей фигур менее 10 см^2 , когда обеспечивается большая точность работы. Более целесообразным является использование палетки с параллельными линиями, работа с которой обеспечивает большую производительность по сравнению с квадратной палеткой при приблизительно равной точности.

Библиографический список

1. Практикум по геодезии: учебное пособие для вузов. / Под ред. Г.П. Поклада – 2-е изд. – М.: Академический проект, 2012. – 470с.
2. В.Н. Анопин. Инженерная геодезия: курс лекций /В.Н. Анопин – Волгоград: ВолгГА-СУ, 2012. – 68с.

УДК.528.48:721.27

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Арчакова К.А (С-2-13)

Научный руководитель - доц. Карпова О.И.

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

В данной работе приведены общие случаи использования геодезических способов определения положения и мониторинга высотных зданий, геодезический контроль, как в стадии проектирования, так и в стадии эксплуатации инженерных высотных сооружений.

Высотные здания классифицируют по следующим основным признакам – функции, высоте, конструктивным решениям, материалам и технологии возведения. В 1960–1980 гг. получил распространение многофункциональный тип высотного здания. Поскольку высотные здания относятся к числу наиболее сложных объектов строительства, ряд основных решений по их проектированию принимаются согласованно международными общественными организациями инженеров и архитекторов – IABSE – ASCE и CIB. На симпозиуме CIB в 1976г.

была принята общая классификация зданий по их высоте в метрах. Сооружения высотой до 30м были отнесены к зданиям повышенной этажности, до 50, 75 и 100м – соответственно к I, II и III категориям многоэтажных зданий, свыше 100м – к высотным. Для классификации небоскребов был принят критерий высоты. Классификация, принятая СІВ, не является обязательной. В частности, в Москве, где практика многоэтажного строительства и нормы проектирования были ориентированы на высоту зданий не более 75м, складывается тенденция отнесения к высотным зданиям сооружения выше 75м.

Высотные и уникальные (более 75м) здания и сооружения относятся к особой категории объектов мониторинга — аварийное состояние таких объектов при определённых условиях может стать причиной непредсказуемых катастрофических последствий. Возведение высоток на территориях существующей застройки, природные и техногенные нагрузки, воздействие ветра, изменения состояния грунтов и оснований, ошибки при проектировании и строительстве, — всё это факторы для возникновения различного рода деформаций. Мероприятия по мониторингу деформационных процессов являются важнейшей составляющей комплексной системы безопасности, реализуемой при проектировании, строительстве и эксплуатации высотных и уникальных зданий и сооружений.

Современные подходы к вопросам безопасности высотных и уникальных зданий и сооружений требуют подготовки методики геодезического контроля уже на стадии проектирования, с последующей её реализацией при строительстве и эксплуатации объектов. Геодезический контроль актуален также при капитальном ремонте зданий и сооружений, проведении работ по усилению фундаментов и т. п. Методика мониторинга должна быть создана на основе исследований состояния инженерно-геологических особенностей подземного пространства, с учётом возможных геологических, технологических и технических причин зарождения деформаций.

Конструкции высотных зданий непрерывно совершенствуются и становятся все более разнообразными. Не менее специфичны и отдельные конструкции и элементы высотных зданий, на решении которых от фундамента до крыши сказываются требования комплексной безопасности. Разнообразие строительных конструкций, безусловно, диктует разработку современных подходов к геодезическому обеспечению строительства высотных сооружений.

Геодезические работы при строительстве высотных зданий должны выполняться в объеме и с точностью, которая обеспечивала бы при их размещении и возведении соответствие геометрических параметров проектной документации, требованиям строительных норм, правил и государственных стандартов.

Учитывая уникальность и сложность строительства высотных зданий для построения внешней и внутренней разбивочной основы, производства детальных разбивочных работ необходимо использовать координатный метод. Для этого весь объем характерных точек строительной площадки должны иметь координаты в единой системе координат данного строительства. Для реализации координатного метода разбивочных работ необходимо применять современные приборы: лазерные дальнометры, электронные теодолиты, тахеометры, цифровые нивелиры, спутниковые приемники.

Точность построения разбивочной основы строительной площадки следует принимать в соответствии с требованиями СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве». В отдельных случаях точность построения разбивочной основы может быть получена расчетным путем с соответствующим обоснованием в проекте производства геодезических работ.

Разбивочные работы для монтажа строительных конструкций и технологического оборудования необходимо выполнять с точностью, обеспечивающей соблюдение допусков, предусмотренных соответствующими нормами и правилами СНиП 3.01.03-84, СНиП 3.03.01-87, государственными стандартами ГОСТ 21779-82, ГОСТ 21780-83, а также проектной документацией.

При возведении надземной части многофункционального высотного здания возникает необходимость переноса точек внутренней разбивочной сети на монтажные горизонты. Перенос точек целесообразно производить с помощью приборов вертикального проектирования шаговым методом через 5 этажей. Точность вертикального проектирования зависит от ошибок зенит-прибора и принятого способа проектирования.

Общая ошибка шагового способа проектирования $\sigma_{пр}$ определяется из выражения (1):

$$\sigma_{пр} = \sqrt{\frac{\sigma_H^2 + \sigma_{виз}^2}{n} + (\sigma_{ц}^2 + \sigma_{ф}^2) \cdot n}, \quad (1)$$

где, $\sigma_{виз}$ – ошибка визирования; $\sigma_{ц}$ – ошибка центрирования прибора; $\sigma_{ф}$ – ошибка фиксации переносимой точки на палетке; σ_H – ошибка прибора типа PZL; n – число поярусных перестановок прибора.

Ошибка визирования может быть подсчитана по формуле (2):

$$\sigma_{виз} = \frac{20''}{\Gamma^x \cdot \rho''} H, \quad (2)$$

где, Γ^x – увеличение визирной трубы. В работе выполнен расчет средних квадратических ошибок проектирования для разных высот, при этом приняты следующие значения: $\Gamma^x = 30$, $\sigma_{ц} = \sigma_{ф} = 0,5$ мм, высота одного этажа – 3 м (табл. 1).

Таблица 1

Высота передачи H , м	Ошибка визирования $\sigma_{виз}$, мм	Ошибка прибора σ_H , мм	Ошибка проектирования $\sigma_{пр}$, мм
3 (1 этаж)	0,01	0,33	0,78
15 (5 этаж)	0,05	0,45	0,84
30 (10 этаж)	0,10	0,60	1,09
45 (15 этаж)	0,15	0,75	1,30
60 (20 этаж)	0,20	0,90	1,49
75 (25 этаж)	0,25	1,05	1,65
90 (30 этаж)	0,30	1,20	1,80
105 (35 этаж)	0,35	1,35	1,94
120 (40 этаж)	0,40	1,50	2,07
135 (45 этаж)	0,45	1,65	2,20

Высота передачи H , м	Ошибка визирования $\sigma_{\text{виз}}$, мм	Ошибка прибора σ_H , мм	Ошибка проектирования $\sigma_{\text{пр}}$, мм
150 (50 этаж)	0,50	1,80	2,31
165 (55 этаж)	0,55	1,95	2,42
180 (60 этаж)	0,60	2,10	2,53
240 (80 этаж)	0,80	2,70	2,91

Отметки на монтажный горизонт могут передаваться двумя путями: методом геометрического нивелирования, а также путем фиксации отметки на строительных конструкциях исходного горизонта и вертикального линейного промера по строительным конструкциям до репера или окраски на монтажном горизонте. Ввиду значительной высоты здания отметку целесообразно передавать шаговым методом через 30 м (10 этажей) высоты здания. Результаты расчета ошибок передачи отметки на монтажные горизонты по отношению к исходному представлены в табл. 2.

Полученные результаты подтверждают рекомендации по выбору соответствующих приборов и позволяют определить требования к точности и условия обеспечения точности геодезических измерений (табл. 3).

Таблица 2

Высота передачи H , м	Средняя квадратическая ошибка передачи m_H , мм	Высота передачи H , м	Средняя квадратическая ошибка передачи m_H , мм
3 (1 этаж)	1,75	30 (10 этаж)	4,00
6 (2 этаж)	2,00	60 (20 этаж)	5,65
9 (3 этаж)	2,25	90 (30 этаж)	6,93
12 (4 этаж)	2,50	120 (40 этаж)	8,00
15 (5 этаж)	2,75	150 (50 этаж)	8,94
18 (6 этаж)	3,00	180 (60 этаж)	9,80
21 (7 этаж)	3,25	210 (70 этаж)	10,58
24 (8 этаж)	3,50	240 (80 этаж)	11,30
27 (9 этаж)	3,75		

Таблица 3

Требования к точности геодезических измерений

Вид работ	Средняя квадратическая ошибка
Измерение углов	3"
Измерение линий	2,0 мм
Определение взаимного положения смежных пунктов внешней разбивочной сети	2,5 мм
Определение положения точки из измерений способами прямой или обратной линейно-угловой засечки	3,0 мм
Вынос осевых рисков способом полярной засечки	2,0 мм

Перенос точек по вертикали шаговым методом на высоту H	15 м	90 м	150 м	240 м	
	0,84 мм	1,8 мм	2,3 мм	3,0 мм	
Передача отметки шаговым методом на высоту H	15 м	30 м	90 м	150 м	240 м
	2,75 мм	4,0 мм	7,0 мм	9,0	11,3 мм
Определение превышения на станции	2,5 мм				

Важным этапом при возведении высотных зданий является производство исполнительных съемок конструктивных элементов. В процессе возведения здания необходимо производить геодезический контроль точности его геометрических параметров, который является составной частью производственного контроля качества строительства. Точность контрольных измерений должна составлять 0,2 величины отклонений, допускаемых нормативными или проектными документами.

Уделено особое внимание организации мониторинга высотных зданий и сооружений, основанного на использовании технологии GPS-измерений. Этот метод предполагает дискретное разбиение файлов непрерывных спутниковых наблюдений, полученных GPS-приемниками, с определенным интервалом. В результате получают пространственные координаты реперов, расположенных на крыше здания, на каждую тридцатиминутную эпоху в пределах интервала непрерывных измерений. В качестве примера таких наблюдений в работе приведены результаты, полученные компанией «Навгеоком», с использованием измерительно-вычислительного комплекса Trimble. Исследования позволяют заключить, что измерительно-вычислительный комплекс может стать эффективным и недорогим средством проведения геодезических работ при мониторинге высотных зданий и сооружений. Высокоточные наблюдения за деформациями зданий и сооружений целесообразно дополнить специальными средствами измерений.

Анализ методов геодезического обеспечения определяет необходимость разработки новых унифицированных методов производства геодезических работ, основанных на использовании современных технических средств, которые обеспечивали бы необходимую точность при всем многообразии конструктивных систем и технологических схем, присущих высотному строительству.

Использование современных электронных тахеометров в инженерно-геодезических работах и особенно в строительстве в корне изменило технологию геодезических работ

При строительстве зданий повышенной этажности возникают трудности создания плановой разбивочной сети на монтажном горизонте.

При строительстве здания на начальных этажах создание разбивочной основы на монтажном горизонте выполняются любым удобным и известным методом. На последующих этажах, когда использование опорной сети вблизи строящегося здания становится затруднительным, целесообразно выбрать несколько удаленных хорошо опознаваемых целей и произвести на них угловые измерения.

Как показал анализ точности, данная методика передачи координат на монтажный горизонт обеспечивает высокую точность и обладает высокой опера-

тивностью. В случае если совместно с угловыми измерениями выполняются и линейные, появляются избыточные данные, которые обеспечат контроль в работе и приведут к дальнейшему повышению точности передачи координат на монтажный горизонт.

Исследования основаны на анализе современного высотного строительства за рубежом, которое сформировалось в США на рубеже XIX–XX веков. Анализ технологии возведения высотных зданий многофункционального назначения указывает на большое разнообразие конструктивных систем, что вызывает необходимость в процессе геодезического обеспечения на разных стадиях строительства использовать различные технологические схемы, методы и приборы.

Геодезические измерения необходимо выполнять с точностью, обеспечивающей соблюдение допусков, предусмотренных соответствующими нормами и правилами, а также проектной документацией. В случаях строительства по проектной документации, содержащей допуски на возведение конструкций здания, не предусмотренных стандартами, нормами и правилами, необходимую точность разбивочных работ следует определять специальными расчетами по условиям, заложенным в проектной документации. Все это вызвало необходимость разработки новых унифицированных методов производства геодезических работ, основанных на использовании современных технических средств, которые обеспечивали бы необходимую точность при всем многообразии конструктивных систем и технологических схем, присущих высотному строительству.

В состав геодезических работ на строительной площадке при строительстве высотных сооружений входят многочисленные процессы, которые должны обеспечивать необходимую точность при создании планово-высотной исходной, внешней и внутренней разбивочной основы, точность создания которой должна соответствовать требованиям СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве». В отдельных случаях точность построения разбивочной основы может быть получена расчетным путем с соответствующим обоснованием в проекте производства геодезических работ.

Учитывая уникальность и сложность строительства высотных зданий, для построения внешней и внутренней разбивочной основы, производства детальных разбивочных работ рекомендуется использовать координатный метод, а для расчета разбивочных элементов при выносе конструкций в натуру рекомендуется применение метода полярных координат. На всех этапах технологии геодезического обеспечения строительства могут быть применены спутниковые приемники, за исключением определения местоположения строительных конструкций.

Важным этапом при возведении здания ввиду его значительной высоты является передача отметок на монтажные горизонты, которые целесообразно передавать шаговым методом через 30 м (10 этажей) высоты здания. Для этого в работе выполнен расчет ошибок передачи отметки на монтажные горизонты по отношению к исходному.

Следует также отметить, что при строительстве и эксплуатации высотных сооружений имеется необходимость периодического, а в некоторых случаях и

непрерывного мониторинга. В работе рассмотрен один из возможных методов проведения геодезического мониторинга высотных зданий и сооружений, основанный на использовании технологии спутниковых измерений. Анализ исследований позволяет заключить, что измерительно-вычислительный комплекс может стать эффективным и недорогим средством проведения геодезических работ при мониторинге высотных зданий и сооружений.

Использование современных электронных тахеометров в инженерно-геодезических работах и особенно в строительстве в корне изменило технологию геодезических работ. В современных инженерно-геодезических работах большое распространение получили угловые, линейные и линейно-угловые засечки, которые существенно упростили процесс выполнения полевых работ.

Одним из серьезных недостатков использования обратной угловой засечки является опасность установки прибора вблизи «опасного круга», когда определение координат определяемого пункта становится невозможным либо сопровождается резким снижением точности вычисляемых координат. В связи с этим целесообразно определить признаки, по которым можно заранее предусмотреть и избежать опасной ситуации.

Анализ формулы вычисления радиуса «опасного круга» показывает: если $\varphi \rightarrow 180^\circ$, $R \rightarrow \infty$, то вероятность попадания в зону неустойчивого решения задачи резко снижается; если $\varphi \approx 90^\circ$, а величина R приблизительно равна значениям расстояний до опорных пунктов, то в этом случае необходимо быть предельно осмотрительными при выборе исходных пунктов.

Отмечается, что при строительстве зданий повышенной этажности возникают трудности создания плановой разбивочной сети на монтажном горизонте. В таких случаях основным методом передачи координат на монтажный горизонт, как правило, остается метод вертикального проектирования.

Суть предлагаемого метода заключается в следующем: на начальных этажах создание разбивочной основы на монтажном горизонте выполняется любым удобным и известным методом. На последующих этажах, когда использование опорной сети вблизи строящегося здания становится затруднительным, целесообразно выбрать несколько удаленных хорошо опознаваемых целей и произвести на них угловые измерения.

Как показал анализ точности, данная методика передачи координат на монтажный горизонт обеспечивает высокую точность и обладает высокой оперативностью. В случае если совместно с угловыми измерениями выполняются и линейные измерения, появляются избыточные измерения, которые обеспечат контроль в работе и приведут к дальнейшему повышению точности передачи координат на монтажный горизонт.

Библиографический список

1. В.Г. Авхадеев, А.М. Жилкин, И.Г. Чугреев, Е.П. Власенко, В.А. Попиченко, Г.А. Можаров, А.Н. Зосимова. Развитие методов и средств измерений отклонений от прямолинейности объектов. Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, №1, 2008.
2. Ассане Антонио Алфредо, Ю.И. Маркузе, Е.П. Власенко. Анализ плановых деформаций инженерных сооружений и земной поверхности. Геодезия и картография, №3, 2007.

УДК 528.482

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ

Лоскутова О.А. (С-9-13), Мелентьева А.И. (С-9-13)

Научный руководитель - доц., к.т.н. Миловатская Т.Н.

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

В последнее время всё более востребованной становится оценка состояния объекта по результатам геодезических наблюдений. Рекомендуемые действующими нормативными документами методы изучения деформаций зданий, нуждаются в совершенствовании и разработке новой геодезической технологии диагностики технического состояния объектов.

Технология геодезических работ – это совокупность логически и технически связанных компонентов, используемых при выполнении геодезических работ в производственных условиях. Компоненты, в общем случае в себя включают:

- средство, способ и метод измерений;
- методику измерений;
- методику обработки измерений;
- результат измерений и оценка его точности;
- методику совместной обработки результатов измерений, и оценка достоверности результата;

Геодезические технологии 70-90х г. г. прошлого столетия в основном базировались на оптических средствах измерений и методиках, принципиально разработанных в конце

девятнадцатого и в течение первой половины двадцатого века. Получение измерительной информации было сопряжено с большими трудозатратами. Значительное внимание уделялось методикам совместной обработки результатов измерений и анализу данных результатов. В этом направлении работали многие научные школы, в те годы центры геодезической науки, такие как ЦНИИГАиК, МИИГАиК, НИИПГ, НИИГАиК и др. Результатом этой работы было то, что при условном минимуме измерительной информации получали максимально возможный в этих условиях выход полезной информации.

Во второй половине девяностых годов и в первом десятилетии нашего века прошло качественное перевооружение геодезического производства: замещение механических и оптических средств измерений электронными и оптико-электронными приборами.

В связи с масштабным строительством в крупных городах, увеличением этажности возводимых объектов, уплотнением городской застройки, освоением подземного пространства возникают новые задачи по решению проблем по определению рисков нарушения устойчивости застраиваемых территорий и вызываемых, вследствие этого сверхнормативных деформаций, как строящихся объектов, так и близ расположенных эксплуатируемых сооружений.

Деформационные расчеты отдельных элементов не дают реальных значений напряжений и деформаций, так как все элементы в здании работают совместно. Причины сложившейся ситуации кроются как в просчетах на этапе проектиро-

вания и несвоевременном выполнении плановых ремонтов, так и в низком качестве строительных конструкций, некачественном выполнении строительно-монтажных работ, изменении физико-химических свойств грунтов (в том числе и на подрабатываемых территориях), нарушении правил эксплуатации, значительный срок эксплуатации зданий и сооружений. Неоднозначные результаты получаются и при использовании новейших программных средств, основанных на численных методах расчета сооружений. Поэтому в последнее время все более востребованной становится оценка состояния объекта по результатам натурных исследований, прежде всего - *геодезических*.

Тенденция роста предаварийных и аварийных ситуаций в эксплуатируемых зданиях и сооружениях требует незамедлительной разработки и применения эффективных и надежных методов и средств защиты этих объектов, в том числе и разработки технологии геодезического сопровождения процесса с использованием новейших геодезических средств измерений. Для проектирования методов инженерной защиты необходимо определить реальное техническое состояние сооружения, которое характеризуется различными параметрами, важнейшими из которых являются геометрические характеристики, определяемые средствами инженерной геодезии. Обычно в качестве характеристик степени деформированности сооружения рекомендуют использовать обобщенные величины кренов, осадки фундаментов, а в отдельных случаях и прогибы (выгибы) сооружения в целом, которые не могут в достаточной степени отражать реальную картину деформированного состояния основных конструкций здания.. При определении деформационных характеристик здания следует выявить, изменяются они во времени или нет.

Геодезические методы обследования

Для выявления деформаций здания, вызванных неравномерной осадкой фундаментов (крена, прогиба, выгиба, перекоса), отклонений от проектного положения конструкций из-за ошибок при их возведении (смещения в плане и по высоте, наклон и др.) и составления исполнительных планов здания применяют геодезические методы обследования.

Основными инструментами при этом являются высокоточные или точные нивелиры, теодолиты высокой и средней точности, фототеодолиты, нивелирные рейки, мерные ленты.

Для определения осадок фундаментов и вертикальных деформаций стен, колонн и перекрытий производят периодическое повторное нивелирование марок, установленных на зданиях или сооружениях, по отношению к практически неподвижным реперам.

В качестве опорных реперов чаще всего используют городскую геодезическую сеть.

При отсутствии вблизи здания реперов геодезической сети устанавливают специальные реперы. Их располагают на участках, не подверженных оползням, вне мест проездов, складских территорий и как можно дальше от агрегатов, создающих вибрации.

Одновременно стараются разместить их возможно ближе к маркам, чтобы повысить точность определения превышения между ними. Чтобы осадка фундамента не влияла на репер, минимальное расстояние от него до края подошвы фундамента должно быть не менее половины разности глубины заложения репера и подошвы фундамента. У наблюдаемого здания нужно закладывать не менее двух реперов.

Нивелирные осадочные марки размещают в здании так, чтобы по результатам наблюдений можно было узнать о деформации здания (осадке, крене, перекосе) и его основания. Для определения крена и стрелы прогиба фундамента устанавливают от трех до семи марок вдоль продольной и поперечной осей сооружения. В сборных конструкциях осадочные марки закладывают на несущих колоннах каркаса по периметру и внутри здания, на углах торцевых стен, у осадочных швов и в местах примыкания к существующим зданиям. Расстояние между марками в этих зданиях должно быть в пределах 10...15 м.

При определении деформации сооружения нивелированием предельное расстояние от нивелира до рейки должно быть не менее 3 м и не более 25 м. Оптимальная длина визирного луча находится в пределах 10...15 м. Нивелирование целесообразно производить одной рейкой. При повторном нивелировании прибор следует устанавливать на одних и тех же точках, соблюдая по возможности постоянство направления ходов при одинаковом количестве станций в них. Должна быть составлена схема расположения и нивелирования осадочных марок.

На основе результатов систематического нивелирования определяют скорость осадок марок во времени. Среднюю скорость осадки марки вычисляют по формуле (1):

$$u = (s_2 - s_1) / (t_2 - t_1), \quad (1)$$

где, s_1 и s_2 - осадки одной и той же марки в моменты времени t_2 и t_1 .

Наклон здания, отклонения плоскости стен и углов от вертикали измеряют теодолитами высокой и средней точности. Теодолит центрируют над постоянным знаком, заделанным в грунт; в верхней части здания и сооружения выбирают какую-нибудь заметную точку и проектируют ее по вертикальной нити теодолита на цокольную часть здания при двух положениях трубы теодолита. Периодически снося точку вниз и отмечая на цоколе ее проекции штрихами, определяют крен за какой-то промежуток времени.

Крены зданий измеряют с двух взаимно перпендикулярных сторон для того, чтобы, определив частное приращение крена со станции 1 - q_1 , и частное приращение крена со станции 2 - q_2 , получить полное приращение крена по формуле (2):

$$Q = \pm \sqrt{q_1^2 + q_2^2} \quad (2)$$

Для характеристики направления крена по отношению к сторонам света на плане вектора крена обычно указывают направление меридиана.

Наиболее надежно определяют крен с помощью измерения горизонтальных углов (рис. 1).

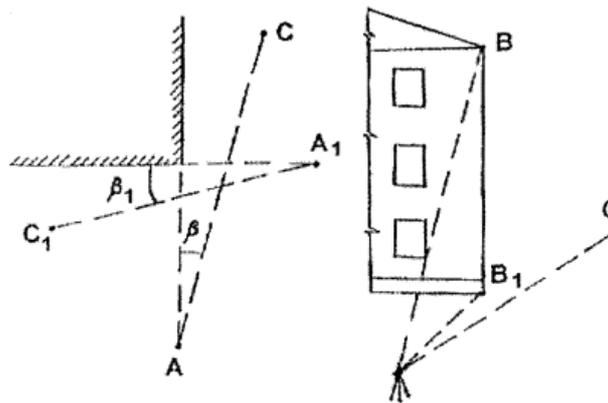


Рис. 1. Схема определения крена здания с помощью измерения горизонтальных углов

Теодолит устанавливают над центром хорошо закрепленного знака А (на расстоянии 20...50 м по направлению продолжения одной стены), измеряют угол β между маркой В, находящейся на верхнем обресе стены, и каким-нибудь удаленным постоянным предметом С на местности. Затем прибор переносят на линию продолжения другой стены в точку A_1 и измеряют угол β_1 между маркой В и тем же или новым удаленным пунктом местности C_1 . Периодически измеряя углы β и β_1 , получают приращение значений кренов здания в градусах, а затем переходят от градусов к линейным размерам.

Полное приращение крена определяют по формуле (2). Чтобы вычислить не только полное приращение крена, но и его абсолютное значение, на вертикальной грани, проходящей через точку В, нужно установить на фундаменте вторую марку B_1 (штырь в виде крюка), удаленную от угла или плоскости стены на такое же расстояние, что и верхняя марка В. Из тех же точек стоянок теодолита А и A_1 измеряют горизонтальные углы между В и B_1 .

Вначале вычисляют абсолютные значения частных кренов грани стены между точками В и B_1 , а затем - полный крен. Формула (2) пригодна только в том случае, если станции наблюдения располагаются во взаимно перпендикулярных направлениях. Если это условие не соблюдается, то полный крен определяют графически по правилу перпендикуляров (рис.2).

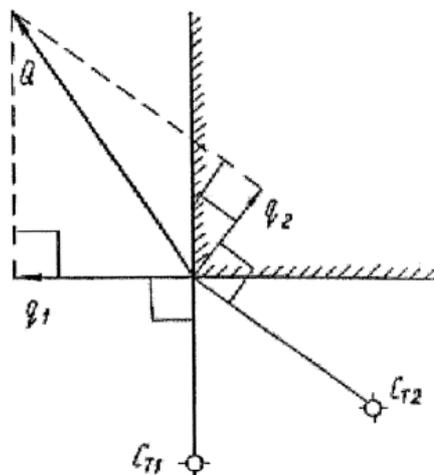


Рис. 2. Схема определения крена здания по правилу перпендикуляров

Технический отчет о геодезическом обследовании зданий и сооружений включает в себя следующую информацию: цель обследования; краткую топографическую характеристику площадки застройки; описание наблюдаемого

объекта; планы фундаментов и первого этажа; продольные и поперечные разрезы основных несущих конструкций; план расположения знаков высотной основы (реперов) и осадочных марок на сооружении; ведомости осадок и отметок, марок по всем циклам измерений; таблицы среднемесячных и среднегодовых скоростей осадок для наиболее показательных точек сооружения; план фундаментов с нанесенными линиями равных осадок за весь период измерений; график осадок нивелирных марок во времени; развернутый график осадок в виде последовательных линий деформаций фундаментов.

По характеру линий равных осадок в пределах контура фундаментов определяют местонахождение очага осадков и направление кренов различных участков здания.

Библиографический список

1. Инженерная геодезия. Е.Б. Ключин, М.И. Киселёв, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман. - М.: Академия, 2008. - 478с.
2. С.В. Марфенко. Геодезические работы по наблюдению за деформациями сооружений. Учебное пособие. М.: МГУГиК, - 2004.- 34с.

УДК 528.71: 625.76

АЭРОГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Гулканян Е.Р. (АД-1-11)

Научный руководитель – доц. Глушкова Р.М.

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Дана характеристика наиболее перспективных методов выполнения аэрогеодезических работ для составления проектов реконструкции автомобильных дорог.

Аэрогеодезические работы для разработки проектов реконструкции автомобильных дорог выполняют для получения топографической информации о местности (в том числе на участках нового строительства), подлежащем реконструкции транспортом сооружении, его элементах и состоянии. Аэросъемочные работы ведут теми же методами, что и при изысканиях новых автомобильных дорог.

Наличие старого проекта на существующую автомобильную дорожку и другой технической документации существенно облегчает задачу организации летно-съёмочного процесса, сокращает объёмы аэросъёмочных и полевых изыскательских работ для составления крупномасштабных топографических планов ЦММ (цифровая модель местности) и заметно облегчает задачу камерального дешифрирования аэрофотоснимков.

В ходе камеральных работ по стереоскопической модели местности устанавливают состояние существующего земляного полотна, водопропускных и других искусственных сооружений, а также дорожных покрытий. Определяют параметры геометрических элементов существующей дорожки (радиусы кривых в плане, радиусы вертикальных выпуклых и вогнутых кривых, продольные ук-

лоны и т.д.) готовят крупномасштабные топографические планы и ЦММ придорожной полосы.

В связи с тем, что реконструкция автомобильной дороги предполагает ее обязательный перевод в более высокую категорию, особое внимание уделяют тем участкам местности, где предполагается новое строительство (участкам устранения излишней извилистости трассы, увеличения расстояний видимости, увеличения малых радиусов закруглений в плане, переустройства системы дорожного поверхностного водоотвода, обхода населенных пунктов) (см. рис.1).



Рис.1. Перспективный аэрофотоснимок. Проволочная модель проектируемой автомобильной дороги.

Материалы аэросъемок должны давать необходимую топографическую информацию, прежде всего для проектирования вариантов и подвариантов обхода населенных пунктов, развязок движения в разных условиях, уширении проезжей части и земляного полотна. Объемы аэросъемочных работ устанавливаются с учетом сложных природных условий реконструкции (участков вечномёрзлых и многолетнемерзлых грунтов, осыпей, оползневых склонов, карстообразования, лавиноопасным участкам и т.д.) [1,2].

В ходе производства аэросъемочных работ для разработки проектов реконструкции автомобильных дорог используют крупномасштабные аэросъемки, а также методы воздушного лазерного сканирования местности и реконструируемого объекта. В связи с тем, что на современном этапе трассирования автомобильных дорог осуществляют с обязательным использованием принципов ландшафтного проектирования, в ходе аэроизысканий для разработки реконструкции автомобильных дорог широко применяют перспективные аэросъемки, в том числе с высоты птичьего полета. Материалы перспективных аэросъемок,

кроме того, существенно облегчают задачу камерального дешифрирования плановых аэросъемок.

Библиографический список

1. Инструкция по разрывочным работам при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений. ВСН 5-81. - М.: Транспорт. 1983г.
2. В.И. Федоров. Практикум по инженерной геодезии и аэрогеодезии: учеб. Пособие для вузов./ В.И. Федоров, А.И. Титов, В.А. Холдобаев – М.: Недра, 1987г., 365с.

УДК 528.71:656

АЭРОМЕТОДЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Суппесс А.А. (АД-1-11)

Научный руководитель – доц. Глушкова Р.М.

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Дана оценка эффективности различных аэрометодов изучения транспортных потоков.

Используемые в настоящее время методы стационарных наблюдений за транспортными потоками являются достаточно трудоёмкими, но их традиционно проводят, используя секундомеры, кинокамеры, многоперьевые самописцы, радиолокаторы, видеоманитофоны, а также фототеодолиты (методы наземной стереофотограмметрии).

Опыт применения аэрометодов для изучения транспортных потоков доказал их эффективность, особенно при разработке ОИ (предпроектные работы) в реконструкцию автомобильных дорог, а так же для целей научных исследований транспортных потоков.[1,2]

Аэрофотосъемка является универсальным методом, позволяющим одновременно оценивать практически все параметры движения транспортных потоков, включая те, которые невозможно измерить другими методами (например, плотность транспортного потока).

При оценке скоростей одиночных автомобилей обычно используют маршрутную покадровую аэросъемку, а скорость каждого автомобиля определяют по расстоянию, пройденному автомобилем за время, равное интервалу открытия затвора АФА: $\Delta t = t_2 - t_1$, т.е. между моментами фотографирования двух смежных аэрофотоснимков, м/с (1):

$$v = \frac{1 \cdot S}{1000(t_2 - t_1)} = \frac{1 \cdot H_0 S}{1000 f_k (t_2 - t_1)}, \quad (1)$$

где, S – путь, пройденный автомобилем (в масштабе снимка), мм: H_0 – высота фотографирования, м; f_k – фокусное расстояние АФА

Интервалы между автомобилями по длине ΔL_i определяют в результате непосредственных измерений расстояний, м, между соответствующими автомобилями на аэрофотоснимках (2):

$$\Delta L_i = \frac{l_i \cdot H_0}{1000 \cdot f_k}, \quad (2)$$

где, l_i - расстояние между автомобилями в масштабе аэрофотоснимка, мм.

Смещение соответствующего автомобиля на величину Δl в масштабе аэрофотоснимка за время Δt между двумя экспозициями позволяет определить скорость этого автомобиля, м/с (3):

$$v = \frac{\Delta l \cdot m}{1000 \cdot \Delta t}, \quad (3)$$

где, Δl - путь в масштабе аэрофотоснимка, пройденным автомобилем за интервал времени Δt , мм, $\Delta t = l_1 - l_2$; m - знаменатель численного масштаба аэрофотоснимка (4):

$$m = \frac{H_0}{f_k}, \quad (4)$$

Скорость автомобиля, м/с, может быть также определена измерением на стереопаре величины псевдопараллакса движущегося автомобиля и параллакса (5):

$$v = \frac{\Delta p \cdot m}{1000 \cdot \Delta t}, \quad (5)$$

где, Δp - разность между продольными параллаксом и псевдопараллаксом, мм, (6):

$$\Delta p = P'_a - P_a \quad (6)$$

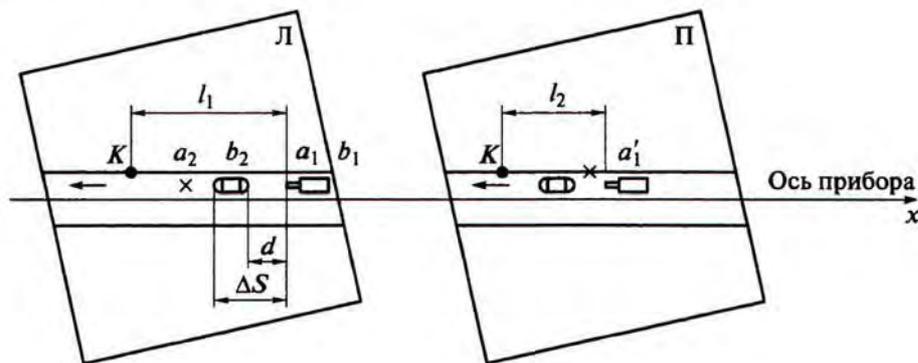


Рис.1. Схема определения псевдопараллакса движущегося автомобиля

Для определения псевдопараллакса на стереокомпараторе наблюдают объемное изображение автомобилей (рис.1).

Стереоскопически наводят марку на проезжую часть дороги около автомагистрали в точка a_1 и берут отсчет по шкале продольных параллаксов Pa .

Затем вращением винта продольных параллаксов сдвигают правую каретку и совмещают изображение автомобиля на правом снимке с изображением того же автомобиля на левом снимке и снова по шкале продольных параллаксов берут отсчет Pa_1' . Эта измеренная величина и является величиной псевдопараллакса, после чего вычисляют разности параллаксов $\Delta Pa = Pa_1' - Pa$.

На рис. изображены два автомобиля и для них выполнены измерения абсцисс (a_1, b_1, a_2, b_2), параллаксы точек $Pa_1', Pa, xa_1, xb_1, xa_2, xb_2$ и их псевдопараллаксы Pb', Pb по которым можно вычислить величины скоростей движения v , интервалы по длине ΔS и по времени Δt и дистанцию d между двумя автомобилями [2].

Результаты полученных величин приведены в табл. 1.

$$1/m = 1 : 1520 \quad \Delta t = 2,34 \text{ сек}$$

Таблица 1

№ снимков	№ автомобилей	Точки автомобиля	Продольный параллакс Pa , мм	Псевдопараллаксы Pa' , мм	Абсциссы точек $ч$, мм	$\Delta Pa = Pa' - Pa$	Скорость $V = \Delta P \cdot m \cdot 3600 / \Delta t$ ср., км/час	$\Delta S = (xa_1 - xa_2) \cdot m$, м	$\Delta t = \Delta S / v_1$, сек	$d = (xa_1 - xb_2) \cdot m$, м
1	1	a_1	54,29	75.02	159.80	20.73	48.5			
(левая)		b_1			162.35			30,2	2,24	23,9
2	2	a_2	534,71	73,75	135.95	20.04	46.9			
(правая)		b_2			144.08					

Плотность движения на участке дороги получают путем суммирования количества автомобилей на единицу длины в единицу времени (7):

$$q = \frac{n \cdot 3600}{t \cdot L}, \quad (7)$$

где, n – количество автомобилей, прошедших по участку за время t ; L – протяженность участка дороги.

Интенсивность движения устанавливают, используя результаты подсчета количества автомобилей n за известный период времени T , в течение которого велась аэросъемка (8):

$$N = \frac{v_{в.}(n_1 + n_2) + v_{ср.}(n_1 - n_2)}{v_{в.} \cdot T}, \quad (8)$$

где, $v_{в.}$ – средняя скорость вертолета, км/ч; $v_{ср.}$ – средняя скорость транспортного потока на участке дороги, км/ч; n_1 – количество автомобилей на полосе, на которой автомобили движутся навстречу направлению вертолета; n_2 – количество автомобилей на полосе, на которой направление движения автомобилей и вертолета совпадают; T – продолжительность съемки.

Для изучения транспортных потоков на существующих автомобильных дорогах выполняют крупномасштабные аэрофотосъемки, обычно с вертолетов, в масштабе 1:1000 – 1:1500. Работы проводят, как правило, в час пик в разные дни недели и в разные периоды года.

Применение аэрометодов для изучения особенностей движения транспортных потоков на различных участках реконструируемых дорог дает при минимальных трудозатратах многообразную и ценную информацию, которую в ряде случаев невозможно получить традиционными методами стационарных наблюдений. Эта информация дает возможность добиваться наилучших проектных решений при разработке проектов реконструкции автомобильных дорог и сооружений на них. [3].

Библиографический список

1. В.И. Федоров. Инженерные аэроизыскания автомобильных дорог. /В.И. Федоров, Д.Г. Румянцев - М.: – Транспорт, 1984г.
2. В.И. Федоров. Практикум по инженерной геодезии и аэрогеодезии: Учебное пособие для вузов. / В.И.Федоров, А.И. Титов, В.А. Холдобаев. – Недра, 1987. – 365с. с ил.
3. Г.А. Федоров. Основы аэрогеодезии и инженерно-геодезические работы: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Г.А. Федоров, А.А. Нерепин – М.: Издательский центр «Академия», 2012г. – 272с.

УДК 528.71

ВИДЫ ЦИФРОВЫХ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Акимова С.С., Сыроежкина М.А. АД-1-11

Научный руководитель – доц. Глушкова Р.М.

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Приведены результаты сравнительной оценки целесообразности применения различных видов фотограмметрических систем в топографогеодезическом производстве и инженерных изысканиях.

Еще сравнительно недавно основу стереофотограмметрического производства составляли аналоговые и аналитические приборы, которые и сегодня обеспечивают высококачественное наблюдение снимков и, как результат, наибольшую точность в сравнении с современными цифровыми стереообработывающими комплексами. Последние, в свою очередь, отличает большее удобство, производительность и технологичность за счет возможностей современного программного обеспечения, основанного на использовании искусственного интеллекта и компьютерного зрения.

В настоящее время в фотограмметрическом производстве России и других стран СНГ используется несколько коммерческих цифровых фотограмметрических систем (ЦФС) с различной концепцией построения, определяемой предпочтениями разработчиков. Одни из них стремятся максимально приблизить технологию обработки снимков к применяемой на аналоговых и аналитических приборах; другие – максимально автоматизировать все операции; третьи – обеспечит обработку определенных наборов данных, используемых конкретными предприятиями; четвертые – создать системы, обеспечивающие возможность обработки максимального числа типов съемочных систем и их параметров. Однако все они ориентированы на решение основных фотограмметрических задач и различаются лишь интерфейсом и эксплуатационными параметрами.

Как свидетельствуют приведенные данные, наиболее универсальными являются полнофункциональные цифровые фотограмметрические системы «PHOTOMOD», «Дельта» и «Талка», ориентированные на решение всего комплекса задач по созданию топографических и специальных карт и планов. Именно эти системы стоят на вооружении подавляющего большинства специализированных топографо-геодезических и изыскательских организаций, и потому в дальнейшем сосредоточим внимание только на этих системах. [1,2,3]

ЦФС «PHOTOMOD» разработана ОАО «Ракурс» (Россия) в содружестве с ведущими специалистами России и ныне используется более чем в сорока странах мира, а также во многих учебных заведениях России и стран СНГ. Система обеспечивает возможность обработки наземных, аэро- и космических аналоговых и цифровых снимков центральной проекции, полученных топографическими съёмочными системами или неметрическими (любительскими) камерами, а также материалов радиолокационной съёмки и оптико-электронного сканирования.

ЦФС «Дельта» разработана ЦНИИГАиК (Россия) совместно с ГНПП «Гео-система» (Украина) и распространяется на российском рынке как ЦФС ЦНИИГАиК или ЦФС-Ц, а на Украине и в странах СНГ – как ЦФС «Дельта». [4] Система обеспечивает обработку наземных, аэро- и космических аналоговых и цифровых снимков центральной, панорамной и сканерной проекций и ориентирована на решение геодезических, фотограмметрических и некоторых специальных задач (землеустроительных, изыскательских и др.).

ЦФС «Талка» разработана ИПУ РАН под руководством доктора физико-математических наук Д.В. Тюкавкина (ныне ее сопровождение и работы по совершенствованию выполняются под руководством д.т.н. А.И. Алчинова) как полнофункциональная цифровая фотограмметрическая система, ориентированная на решение задач, прежде всего, топографо-геодезического производства и изысканий. Система обеспечивает обработку цифровых и аналоговых аэро- и космических снимков центральной проекции, а также материалов оптико-электронного сканирования.

Используемые аппаратные и программные средства названных ЦФС соответствуют стандартной конфигурации ПЭВМ с процессором Pentium III или IV, объемом ОЗУ 256–512 Мб, графической картой True Color и одной из распространенных операционных систем. Специфика обрабатываемой информации предполагает целесообразность использования монитора с диагональю 9" и частотой вертикальной развертки при рабочем разрешении не менее 120 Гц. Для эксплуатации сетевой версии системы необходима соответствующая карта; объем дискового пространства определяется исходя из необходимости хранения обрабатываемых цифровых изображений, и, следовательно, зависит от их числа и геометрического разрешения.

Для стереоскопических наблюдений снимков используются анаглифические или затворные очки (ИБИК, NuVision, CrystalEyes, E-D LCD и др.), оптические насадки или специальные измерительные столы с тремя штурвалами, обеспечивающими перемещение измерительной марки в плоскости изображения и по высоте.

Использование в ЦФС аналоговых снимков связано с их предварительным сканированием с помощью либо высокоточных фотограмметрических, либо недорогих, но более грубых полиграфических сканеров. Во втором случае для повышения точности цифровых снимков выполняется калибровка сканера с помощью специальных программ, входящих в состав соответствующих программных комплексов. Модульная структура систем обеспечивает возможность

их настройки на требуемую технологию обработки информации и создание нужного числа рабочих мест по каждой операции.

Так, в ЦФС «PHOTOMOD» каждый модуль ориентирован на выполнение строго определенных операций, и потому их совокупность определяет ее общие технологические и функциональные возможности.

В состав ЦФС «Дельта» входят восемь программных модулей ; их комбинация, настройка и установление параметров ключа защиты позволяет сформировать два пакета.

С точки зрения практической эксплуатации ЦФС целесообразно рассмотреть специфику их использования для выполнения отдельных элементов технологии создания и обновления топографических карт и планов.

Используемая цифровыми системами технология фотограмметрического сгущения съемочного обоснования в целом соответствует классической, однако ее отдельные операции реализованы с учетом специфики и возможностей компьютерной обработки. Наличие формальных требований к размещению исходных точек, четких критериев выполнения отдельных операций и их строгих математических моделей независимость от характера изображенной на снимках местности и др. способствуют максимальной автоматизации процессов построения сети и обеспечению их выполнения в реальном масштабе времени. Это, в свою очередь, позволяет своевременно обнаруживать и исправлять возникающие ошибки и тем самым не допускать их накопления.

Системы обеспечивают возможность выбора и идентификации точек как автоматическом (с помощью коррелятора), так и в ручном режиме. При этом в ЦФС

«Дельта» предпочтение отдается традиционным способам идентификации точек, наблюдения и измерения стереомодели по исходным (не преобразованным) снимкам, а в системах «Талка» и «PHOTOMOD» широко используют эпиполярные изображения и автоматическую идентификацию с помощью коррелятора. Так, в ЦФС «Талка» можно выбрать «грубый» (аффинный), «стандартный» (с обычной корреляцией), «быстрый» (с малой областью поиска) и «надежный» (с поконтурной обработкой) режим автоматической идентификации точек. В ЦФС «PHOTOMOD» после выбора пяти соответственных точек стереопары в визуальном режиме или в режиме «стереокомпаратор» становится доступной идентификация точек по фрагментам эпиполярных изображений.

Внутреннее ориентирование снимков выполняется по результатам ручных или автоматических измерений координат оптических, механических координатных меток или сетки крестов. Для отыскания неизвестных используется аппарат ортогональных, аффинных или проективных преобразований, а критерием качества служат остаточные расхождения координат меток (крестов). Взаимное ориентирование выполняется по произвольному числу точек в стандартных зонах, а критерием качества измерений являются остаточные поперечные параллаксы. Надежность идентификации связующих точек смежных моделей контролируется по результатам построения триплета, создаваемого объединением текущей модели с предыдущей моделью или последующей. Геодезическое ориентирование сети выполняется известными в аналитической фото-

грамметрии способами, но в рассматриваемых системах выполняется по-разному:

- в ЦФС «PHOTOMOD» уравнивательные вычисления ограничиваются построением блока путем уравнивания независимых моделей или маршрутов; для уравнивания связок проектирующих лучей используется внешняя программа Aerosys;

- в ЦФС «Дельта» выполняется только измерение координат точек снимков и их контроль; для уравнивания полученных результатов используется одна из двух внешних программ: PhotoCom (разработка НИИПП под руководством д.т.н. И.Т. Антипова) или BlockMSG (разработка Донецкого политехнического института под руководством проф. С.Г. Могильного);

- в ЦФС «Талка» используются встроенные программы, обеспечивающие объединение независимых моделей, маршрутов или уравнивание связок проектирующих лучей.

Для связи цифровых систем с внешними программами применяется формат представления результатов фотограмметрических измерений РАТ-В, что допускает использование не только Внутреннее ориентирование снимков в ЦФС «Дельта».

- уравнивательные вычисления могут быть выполнены в заданной пользователем координатной системе. В ЦФС «PHOTOMOD» пользователь может выбрать одну из 1000 координатных систем международной базы данных;

- для уравнивания связок проектирующих лучей могут быть использованы найденные

из спутниковых измерений координаты центров фотографирования. Соответствующие уравнения составляются с учетом отыскания параметров самокалибровки и дрейфа спутниковых измерений;

- ЦФС «Талка» и «Дельта» обеспечивают возможность изготовления фотоабрисов наблюдаемых точек с целью повышения достоверности их переноса на соседние снимки того же или смежного маршрута ;

- в ЦФС «PHOTOMOD» предусмотрена возможность автоматического выбора связующих точек, в том числе в зонах поперечного перекрытия снимков ;

- до 80% общего объема фотограмметрической обработки может быть выполнено в условной системе координат, что весьма важно в случаях, когда материалы привязка аэроснимков еще не завершены.

Операции сгущения съемочного обоснования являются наиболее сложными и ответственными во всем комплексе фотограмметрических работ. В связи с этим все обрабатывающие программы насыщены графическими и статистическими средствами оценки достоверности данных, диагностики ошибок измерений и другими элементами контроля, поэтому внимательный анализ автоматически создаваемых протоколов вычислительной обработки практически всегда является залогом успешной работы и практически всегда способствует получению доброкачественных, соответствующих требованиям нормативных документов, результатов. [5]

Одним из наиболее эффективных способов цифрового моделирования рельефа местности является сеть неперекрывающихся треугольников, ребра кото-

рых представляют собой линии интерполяции, а грани – соответствующие им фрагменты физической поверхности. Такая сеть треугольников, известная в литературе как TIN (Triangulated Irregular Network), строится по алгоритму Делоне и улучшается путем внедрения дополнительных элементов в виде структурных линий – водоразделов, береговых линий, тальвегов и др., указывающих направления интерполяции уклоном.

Последовательность выполнения операций по построению TIN и их содержание для различных цифровых систем не одинаково, однако все они базируются на стереоскопической обработке снимков по стереопарам и сводятся к векторизации структурных линий, набору пикетов в автоматическом, автоматизированном или ручном режимах и построении триангуляции Делоне по пикетам с учетом структурных линий. Реализация перечисленных операций существенно упрощается, если для стереонаблюдений используются так называемые эпиполярные снимки, полученные путем трансформирования исходных цифровых снимков по элементам взаимного ориентирования базисной системы. На таких снимках следы сечения базисных плоскостей взаимно параллельны, вследствие чего поперечные параллаксы наблюдаемых точек отсутствуют, а совмещение стереомарки с поверхностью модели достигается перемещением левой или правой реальной марки вдоль эпиполярной линии, поэтому автоматическая идентификация точки по таким снимкам сводится к определению лишь одной координаты.

Векторизация по снимкам стереопары требует перемещения измерительной марки вдоль структурной линии с учетом ее профиля, т.е. с постоянным совмещением стереомарки с поверхностью наблюдаемой модели в ручном или полуавтоматическом режиме.

Ручной режим предполагает наблюдение стереоскопической модели через затворные, анаглифические очки или бинокляры стереонасадки и перемещение стереомарки в плане и по высоте соответствующим рабочим движением. Полуавтоматический режим заключается в наблюдении левого снимка и перемещении марки по высоте путем автоматической идентификации текущих точек левого снимка на правом с помощью коррелятора (в ЦФС «PHOTOMOD» этот режим называется «автоматическое следование маркера по рельефу»); при этом визуально стереомарка с моделью может казаться не совмещенной. В обоих случаях перемещение марки в плане производится оператором вручную; векторизация береговых линий и иных подобных элементов выполняется с включенной функцией «постоянная высота».

Набор пикетов выполняется в два этапа, первый из которых заключается в построении регулярной сетки с заданным размером ячейки, согласованным с масштабом создаваемого плана, характером рельефа и требуемой точностью его отображения, а второй – в определении высот ее узлов в ручном или автоматическом режиме. Использование ручного режима сводится к перемещению измерительной марки в окрестностях очередного узла сетки, совмещению ее с поверхностью модели и регистрации точки. При автоматическом определении высот вычисляются координаты текущего узла на левом снимке стереопары, выполняется его идентификация с помощью коррелятора на правом снимке и

вычисление пространственных координат по формулам прямой фотограмметрической засечки. При этом выбранные в автоматическом режиме пикеты могут попадать на изображения искусственных сооружений или водных пространств, поэтому обязательным элементом технологии становится контроль положения таких точек по высоте. Цифровая модель рельефа (ЦМР) создается в автоматическом режиме, в соответствии с выбранными параметрами (стратегией моделирования), и сводится к построению триангуляции Делоне с учетом структурных линий.

Оценка точности ЦМР характеризуется разностями высот фотограмметрических точек, полученных при построении сети фототриангуляции и линейной интерполяции по построенной модели. Сводные данные в виде перечня точек, их координат, величин невязок по высоте, а также максимальных, средних и средних квадратических значений ошибок отражаются в соответствующем окне. Сопоставление этих данных с допусками, установленными Инструкцией по фотограмметрическим работам, позволяет судить как о качестве построения модели, так и необходимости ее контроля с целью локализации и устранения возможных ошибок измерений.

Цифровые фотограмметрические системы используют самые разнообразные способы контроля цифровой модели рельефа, в том числе визуализацию элементов модели TIN (структурных линий, вершин, ребер и граней) в 3D-окне, фильтрация выбросов по Z-диапазону и фильтрация выбросов, представляющих собой меру отличия уклона грани, образованной вершинами TIN, от окружающих или от горизонтальной плоскости. Выявленные ошибки устраняются в процессе редактирования модели TIN путем изменения положения вершин, граней, включения новых структурных линий, изменения отметок точек сети и структурных линий и т.п.

Все цифровые фотограмметрические системы явно или неявно обеспечивают возможность моделирования рельефа в границах так называемых локальных зон, допуская в каждой из них применение адекватной рельефу стратегии, в том числе использование полиномов или сплайнов соответствующего вида, параметров автоматического выбора точек вблизи узлов регулярной сетки и т.п. Число локальных зон не ограничено, а построенные в них сети треугольников TIN объединяются в единую глобальную сеть. Контроль ЦМР в модуле PHOTOMOD DTM. Справа – параметры точности; слева внизу – средства отображения точек Наблюдения и измерения снимков по стереопарам определяют необходимость реализации целого ряда дополнительных функций программного обеспечения, связанных с объединением элементов ЦМР в единую модель, «вырезанием» построенных в границах рабочих площадей стереопар ЦМР и последующей их «сшивкой» в глобальную модель и пр. Все это делает программные средства цифровых фотограмметрических систем достаточно сложными для освоения, насыщенными инструментальными средствами для работы с пространственными объектами.

Реализуемая цифровыми системами технология цифрового трансформирования (ортотрансформирования) требует наличия цифровой модели («матри-

цы») рельефа в виде регулярной сетки DEM (Digital Elevation Model) со сторонами, параллельными координатным осям местности.

Размер «ячейки» такой модели должен соответствовать характеру изображенной на снимках местности: чем сложнее рельеф, тем меньше размер ячейки и наоборот. Для получения регулярной модели DEM используется либо созданная, как описано выше, цифровая модель рельефа на основе триангуляции Делоне (TIN), либо выполняется векторизация рельефа имеющихся карт нужного масштаба и последующее построение матрицы рельефа по горизонталям. Во втором случае используются либо внешние программные средства (например, R2V, ArcGIS и др.), либо программные модули, встроенные в соответствующие цифровые системы.

Характеристикой точности регулярной модели служат величины расхождений высот контрольных точек, найденных по этой модели и полученных на предыдущих этапах обработки. В качестве контрольных могут использоваться вершины треугольников модели TIN, опорные, связующие и иные точки, включенные в сеть фототриангуляции. Поскольку эта характеристика определяет ошибку аппроксимации физической поверхности сеткой примыкающих к ней квадратов, очевидна ее зависимость от размера ячейки DEM.

Реализация связана с определением яркости пиксела ортоизображения по яркости соответствующей ему точки снимка; математическая модель такого решения требует наличия элементов внешнего ориентирования соответствующего снимка и цифровой модели местности.

Значительное место в рассматриваемой технологии занимают две операции, одна из которых связана с нанесением на снимки границ их рабочих площадей, а вторая – с фотометрическими преобразованиями, выполняемыми с целью выравнивания яркостей различных изображений проекта. Особое значение приобретают эти операции в случаях, когда ортоизображение создается по снимкам разных аэрозалетов или путем сочетания аэро- и космических снимков.

Большинство операций ортотрансформирования, в том числе нанесение рабочих площадей снимков (линий «пореза»), фотометрические преобразования, нарезка листов разграфки создаваемых ортоизображений и др. описываются формальными правилами и во многих случаях могут выполняться. Визуализация цифровой модели рельефа (TIN) в 3D-окне ЦФС «PHOTOMOD» (растянута по Z).

Структурные линии ограничивают реку (в центре) и насыпь асфальтированной дороги (слева сверху) в автоматическом режиме в соответствии с заданными или принятыми по умолчанию параметрами, что создает предпосылки для полной автоматизации процесса. При этом оператор всегда имеет возможность вмешаться в ход выполнения той или иной операции и внести необходимые коррективы; чаще всего это касается нанесения «линий пореза», положение которых должно подчиняться некоторым трудно формализуемым условиям.

Технология построения векторной модели контуров базируется на обработке стереопары, одиночного снимка или ортоизображения, причем, в первом случае речь идет о стереовекторизации, а во втором и третьем – моновекторизации.

Векторизация элементов ситуации выполняется одновременно с их дешифрированием и семантическим кодированием с использованием классификатора и связанной с ним библиотеки условных знаков и шрифтов, используемых для составления и обновления карт соответствующих масштабов. Классификатор, как правило, редактируется пользователем в соответствии со спецификой и целевым назначением создаваемого плана.

Инструментальные средства векторизации в целом соответствуют применяемым для оцифровки растровых карт и планов, но представляют пользователю существенно больше функций, что особенно заметно при векторизации пространственных элементов по стереомодели. Последнее требует наличия не только стандартных средств, как, например, «снэппинг», «построение эквидистанты» или «ортогональных фрагментов линий», но и таких, как «проецирование на рельеф», «изменение высоты», «снэппинг в плане» (совмещение плановых координат точек с разными высотами) и пр.

Векторизация элементов ситуации, как и структурных линий, проще и надежнее выполняется при наблюдении эпиполярных снимков, и это обстоятельство широко используется в ЦФС «Талка» и «PHOTOMOD». В ЦФС «Дельта» предпочтение отдается традиционным способам обработки реальных (не преобразованных) снимков и принимаются меры по улучшению условий их наблюдений и измерений.

Еще одна особенность векторизации элементов ситуации по стереоизображению заключается в возможности визуализации цифрового стерео- или моноизображения одновременно с создаваемой картой, предоставляемой ЦФС «PHOTOMOD». Для оформления этой карты используются упрощенные условные знаки: символы одного из шрифтов Windows (для точечных объектов), линии различной толщины, типа и цвета (для линейных объектов) или штриховки и заливки различного типа и цвета (для площадных объектов). При этом все изменения основного окна перерисовываются в окне карты, что создает при визуализации карты реальную картину; некоторые неудобства использования такой возможности связаны с тем, что окно с цифровым изображением строится в фотограмметрической системе координат, а окно с картой – в системе координат местности. Векторная модель рельефа создается путем интерполяции положения горизонталей по цифровой модели TIN или DEM с последующей ручной укладкой, используемые для этой цели инструментальные средства, в большинстве случаев, ограничиваются сглаживанием горизонталей с помощью кривых Безье, устранением самопересечений и некоторыми другими операциями. Горизонталей предпочтительнее создавать не по стереопарам, а сразу в границах глобальной области моделирования, на всю обрабатываемую территорию, что исключает необходимость их увязки по границам рабочих площадей.

Все рассматриваемые цифровые фотограмметрические системы обеспечивают возможность создания и зарамочного оформления топографических и специальных карт и планов, имеют встроенные средства размещения надписей, создания картографических шаблонов, масок и других элементов оформления. Важным их потребительским качеством является возможность выдачи потребителям разнообразной продукции в виде цифровых растровых и векторных

карт (планов), цифровых моделей местности повышенной информативности, цифровых ортофотопланов (ортофотокарт) и пр. Векторная информация выдается практически в любом формате, используемом системами AutoCAD, ArcView, MapInfo, Panorama и др., а растровая – сопровождается файлами привязки.

При необходимости подготовки их к изданию имеются средства картографического издательского редактирования, разделения информационных слоев на полиграфические в соответствии с цветовой нагрузкой, получения издательских пластиков и т.п.

В последние годы наметилось расширение круга решаемых цифровыми фотограмметрическими системами задач, непосредственно не связанных с картографическим обеспечением. Так, их средствами обеспечивается возможность:

- построения и визуализации трехмерной модели местности (PHOTOMOD, Талка);
- имитации полета над местностью (Талка);
- обработки материалов наземных геодезических измерений для целей архитектуры, маркшейдерии, строительства, ведения государственного земельного кадастра (Дельта); сбора цифровой информации в среде Microstation (PHOTOMOD, Дельта) и ГИС «ПАНОРАМА» (PHOTOMOD) и др.

Все это значительно повысило интерес к цифровым фотограмметрическим системам, и теперь они широко используются не только в специализированном топографо-геодезическом и землеустроительном производстве, но и в проектных и проектно-изыскательских предприятиях и различных (часто небольших) фирмах и компаниях, занимающихся геоинформатикой и картографией, землеустройством и инженерными изысканиями и пр.

Библиографический список

1. А.И. Кекелидзе. Современные методы визуализации рельефа. «Геопрофи», 2006, №1.
2. А.С. Назаров. Учет влияния рельефа местности при фотограмметрической обработке аэроснимков. «Автоматизированные технологии изысканий и проектирования», 2006, №1 (20).
3. А.С. Назаров. Фотограмметрия (учебное пособие для вузов). Мн., ТетраСистемс, 2006.
4. С.С. Нехин, Г.А. Зотов. Десять лет цифровой фотограмметрии / С.С. Нехин, Г.А. Зотов, ЦНИИГАиК. «Геодезия и картография», 2005, №6.
5. Цифровые фотограмметрические системы, представленные на российском рынке геоинформатики. «Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации», 2004, №3(45), №4(46).

УДК 629.783:528.4

К ВОПРОСУ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ И СПУТНИКОВЫХ ПРИЕМНИКОВ

Бойко Ю.В. СУЗ-1-11

Научный руководитель - к.т.н., доцент Сабитова Т.А.

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

На этапе создания навигационно-геодезической аппаратуры и программных средств тестирования является очень важной. Под ним понимается целый комплекс работ, связанных с

созданием плана контрольных операций для конкретного продукта, проведением тестовых процедур и выдачи результата проведенных исследований.

Развитие требует и соответствующих новых подходов к тестированию спутникового оборудования и программных средств. Поэтому на этапе создания навигационно-геодезической аппаратуры и программных средств эта работа является очень важной. Под ним понимается целый комплекс работ, связанных с созданием плана контрольных операций (тестового плана) для конкретного продукта, проведением тестовых процедур и выдачи результата проведенных исследований. Последний представляет собой некоторую базу данных об ошибках, в которой постоянно отслеживаются и регистрируются всевозможные неточности (с указанием даты, степени важности и другой вспомогательной информации, являющейся наиболее важной при тестировании).

Перед написанием тестового плана сначала необходимо ознакомиться с создаваемым продуктом (например, спутниковый приемник, OEM-плата, компьютерная программа и так далее). Для этого собирается вся имеющаяся информация по нему, а также потенциальные сведения, которые могут быть использованы в дальнейшем при тестировании. К источникам такой информации можно отнести следующие документы:

- MRD (marketing requirements document) - «требования рынка» создается на каждый продукт по результатам исследования рынка и содержит информацию, необходимую пользователю по состоянию на текущий период;

- материалы, относящиеся к предыдущим разработкам и аналогам (если создаваемый продукт имеет таковые).

Далее выполняется детальное исследование имеющейся информации. Определяются особенности программных средств, тестирование которых уже в достаточной степени отработано, а также выделяются особенности, методы тестирования которых еще не установлены.

Таким образом, перед составлением тестового плана необходимо:

- изучить создаваемый продукт, понять его назначение и применение, знать все старые и новые особенности;

- выбрать способ, по которому будет построен тестовый план.

Существует два основных способа составления тестового плана:

- на основании использования MRD;

- используя сам продукт (например, компьютерную программу или полевой контроллер в их первоначальном исполнении).

Целесообразно комбинирование этих двух способов. В любом случае лучше иметь «под рукой» экспериментальный образец для лучшего понимания и осознания работы. Особого отличия в результатах здесь не наблюдается, несмотря на некоторые специфические отличия, и поэтому выбор определяется исполнителем, создающим тестовый документ.

В процессе написания тестового плана необходимо создавать отдельные разделы, которые описывают определенные тестовые процедуры для проверки соответствующих узлов, компонентов, вычислительных процедур и многое

другое. При этом надо описывать тестовую процедуру и соответствующий ей контроль или диапазон, в который может попасть результат теста.

Следует учитывать, что тесты могут различаться и по качеству, и по количеству. Поэтому при тестировании, необходимо сводить число тестовых процедур к минимуму при сохранении эффективности всех тестов, таким образом, чтобы охватить всевозможные процессы в продукте.

Существует оптимальная величина объема тестовых процедур, при превышении которой, возрастание числа тестовых процедур не приводит к какому-либо значительному увеличению эффективности, а лишь увеличивает трудозатраты.

При написании документа следует детально описывать тестовые процедуры, чтобы они были понятны лицам, которые непосредственно будут выполнять исследования по тестированию.

Одним из важных этапов является тестирование навигационно-геодезической аппаратуры в динамическом (автономном или дифференциальном) режиме по заранее выбранному маршруту. С этой целью представляется возможным использование заранее отснятой с помощью геодезического оборудования карты-схемы с нанесенными на нее различными объектами (здания, деревья, дороги и так далее). Наличие таких ценных для тестирования данных дает очень удобный и полезный инструмент для контроля, потому что можно выполнять исследования в разных режимах, но в почти одинаковых условиях, что позволяет осуществлять различного рода сравнения. Например, при движении спутникового приемника около здания выдаваемое положение приемника искажено влиянием многопутности. Величины этих отклонений можно оценить. Кроме этих данных, можно оценивать различную статистическую информацию, такую как число спутников, среднюю скорость движения и так далее.

Проведение тестовых процедур, связанное с выполнением тестового плана, представляет собой довольно-таки трудоемкий и, как правило, длительный процесс при создании сложного навигационно-геодезического оборудования или программных средств, поскольку разработанные тестовые процедуры «уточняются» для каждой версии продукта. На начальном этапе создается первая версия продукта, она подвергается тестовым исследованиям. После этого создается база данных об ошибках и неисправностях, которые впоследствии исправляются (полностью или частично) в следующей версии. Она, в свою очередь, снова исследуется и так далее до тех пор, пока не получится конечная скорректированная финальная версия.

При создании продукта (спутниковый приемник, программа обработки и др.) иногда используют принцип «от простого к сложному». При этом в начальных версиях реализуют не все задуманные особенности, а только часть их, и в дальнейшем осуществляют различные дополнения. Например, OEM-плата, поддерживающая дифференциальный режим работы по коду, на начальном этапе создания его не поддерживает и может тестироваться только в автономном режиме. Но в дальнейшем эта особенность реализуется и становится доступной для тестирования и дальнейших исследований.

В результате тестирования исполнитель получает различные качественные и количественные оценки и параметры. К качественным оценкам относят нечисловые особенности, наличие которых устанавливается фактически (спутниковый приемник самопроизвольно отключается, программа обработки спутниковых измерений не вычисляет базовые линии). К количественным параметрам относят числовые величины, которые получаются выполнением разного рода измерений, например:

- число пропусков при вычислении автономного (или дифференциального) положения приемника в течение часа;
- дисперсии при оценке базовых линий при выполнении относительных измерений по фазе (или дифференциальных измерений по коду);
- величины скачков по высоте и скорости при движении по ровной поверхности, когда приемная антенна находится на подвижной платформе (автомобиль, человек и др.).

Таким образом, при качественном выполнении тестирования программных средств и спутниковых приемников необходим всесторонний анализ разработанных к настоящему времени оценок и параметров, многие из которых надежно себя зарекомендовали при исследовании спутниковой аппаратуры.

Библиографический список

1. А.А. Генрике. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии / А.А. Генрике, Г.Г. Побединский. М.: Картгеоцентр, 2004.
2. В.Е. Дементьев. Современная геодезическая техника и ее применение: Учебное пособие для вузов / В.Е. Дементьев М.: Академический проект, 2008.
3. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. М.: ЦНИИ-ГАиК, 2002.

УДК 629.783:528.4

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ ШИРОКОЗОННОЙ СИСТЕМОЙ СПУТНИКОВОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ

Голоколенов Д.В. (ПГС-1-11)

Научный руководитель - к.т.н., доцент Сабитова Т.А.

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Геостационарные спутники позволяют основательно расширить зону, в которой можно ввести дифференциальные. Применение систем геостационарных спутников позволяет значительно повысить точность определения координат, позволяющие решать навигационные и геодезические задачи.

В настоящее время получает широкое распространение развитие систем геостационарного дополнения для навигационно-геодезических систем типа GPS, получившие в литературе название широкозонных систем спутниковой дифференциальной навигации (SBAS). Геостационарные спутники позволяют основательно расширить зону, в которой можно ввести дифференциальные поправки (один геостационарный спутник может обеспечить поправками территорию до

третьей части поверхности земного шара). Поэтому, применение систем геостационарных спутников позволяет значительно повысить точность определения координат объекта и, следовательно, использовать простые, компактные и относительно недорогие спутниковые приёмники, позволяющие решать навигационные и геодезические задачи. Широкозонные системы могут найти применение при решении задач морской геодезии, точной навигации, ГИС и т.д. В таких системах реализован новый метод формирования коррекций в виде поправок к эфемероидным данным, а также параметрам ионосферной модели и передачи полученной информации через геостационарный спутник пользователю. Разработанный осуществляется без дополнительного оборудования к спутниковому приёмнику. Работа выполняется с помощью обычной спутниковой антенны и спутникового приёмника, после внесения изменения в программный код приёмника.

Разработано несколько подсистем SBAS (хотя в настоящее время только WAAS является полностью рабочей):

- WAAS (Wide Area Augmentation System) принадлежит США;
- EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) принадлежит Европейскому Союзу;
- MSAS (Multi-functional Satellite-based Augmentation System) принадлежит Японии.

Подсистема SBAS состоит:

- сети наземных станций слежения. На этих станциях установлены двухчастотные геодезические приёмники, которые осуществляют непрерывный сбор данных со всех «видимых» навигационных спутников. Измерения с этих станций передаются в мастерстанцию в реальном времени;
- мастерстанции, выполняющую для обработку данных, полученных со станции слежения и формирования коррекций;
- станцию закладки корректирующей информации на геостационарные спутники;
- геостационарные космические аппаратов (ГКА или GEO) передающие поправки пользователям обслуживаемой территории.

Подсистема выполняет функции:

- сбора данных со всех расположенных в поле радиовидимости навигационных спутников;
- составления карты вертикальных ионосферных задержек;
- контроля надёжности навигационных спутников;
- определения и уточнения параметров орбит навигационных спутников;
- определения коррекций орбит и временных поправок для навигационных спутников;
- обеспечение потребителей корректирующей информацией и дополнительными измерениями псевдодалей на частоте L1 (в системе GPS), позволяющими повысить надёжность и точность спутниковых определений;
- выполнения независимого контроля выходных данных предыдущих функций перед их использованием потребителями;

- обеспечения работоспособности и нормального функционирования подсистемы.

В результате применения геостационарных систем повышается точность полученных материалов за счет использования:

- уточненных данных об эфемеридах навигационных спутников;
- уточненной модели ионосферы;
- дополнительного GPS сигнала на частоте L1=1575.42 МГц (или дополнительных сигналов, в случае если приемник отслеживает несколько геостационарных спутников) от спутников системы.

Одной из наиболее значимых является корректирующая информация передаваемой с геостационарного спутника. Для уменьшения ошибок, вызванных неточностью эфемерид, в GPS предусмотрено ежечасное обновление эфемеридной информации для навигационных спутников. С целью получения более точной информации о положениях навигационных спутников, в подсистеме SBAS осуществляется трансляция коррекций эфемерид. При этом коррекция осуществляется не один раз в час (как в GPS), а через несколько минут. Существуют коррекции к эфемеридам навигационных спутников двух типов: долгопериодные и короткопериодные.

Короткопериодная составляющая поправки к положению каждого спутника перевычисляется в поправку к псевдодальности на определенный момент времени. Она может лежать в диапазоне от -256.000 до +255.875 м и её значение всегда кратно 0.125 м. Расчет поправки, которую необходимо вводить в измеренную псевдодальность осуществляется по формуле [1]:

$$\rho_{\text{скорректированное}}(t_i) = \rho_{\text{измеренное}}(t_i) + \delta\rho(t_2) + \frac{[\delta\rho(t_2) - \delta\rho(t_1)]}{(t_2 - t_1)} \cdot (t_2 - t_i), \quad (1)$$

где, $\delta\rho(t_i)$ - поправка к измеренной псевдодальности ρ на требуемый момент i , t_1 и t_2 – смежные моменты времени, на которые имеются коррекции, причем $t_1 < t_2 < t_i$. [1].

Для каждого момента времени вычисление короткопериодной составляющей поправки осуществляется с использованием экстраполяции.

Реализована ионосферная модель, то в подсистеме SBAS. Гораздо более детально (по сравнению с GPS), но на локальную область. По наблюдениям наземных станций слежения системы SBAS выполняется оценка вертикальных ионосферных задержек. Для этого вся покрываемая область разделяется сеткой на сегменты. В общем случае, сетка не является регулярной. Для каждой ионосферной точки этой сетки, с геостационарного спутника передаётся результат измеренной вертикальной ионосферной задержки для частоты системы GPS в метрах. Такая сетка, в узлах которой известна величина вертикальной ионосферной задержки, является цифровой моделью (картой) вертикальных ионосферных задержек.

Информация об ионосферных задержках, передаваемых с геостационарного спутника, является весьма оперативной и обновляется один раз в несколько минут. Величины ионосферных задержек, передаваемых с геостационарного спутника, кратны 0.125м.

Для оценки влияния ионосферы на точность данных от конкретного навигационного спутника, необходимо сначала определить координаты точки пересечения ионосферы и линии «приёмник-навигационный ИСЗ». В качестве поверхности ионосферы выбирается эллипсоид, расположенный выше эллипсоида WGS-84 (для системы GPS) на $h_i=350$ км при условии, что центры этих двух эллипсоидов совпадают. Это расстояние h_i соответствует высоте максимальной концентрации электронов в ионосферном слое. Приёмник, принимающий ионосферные коррекции, может интерполировать величину вертикальной ионосферной задержки тем или иным способом для каждого конкретного навигационного спутника, используя информацию о задержках в узлах сетки, и найденные координаты ионосферной точки для навигационного ИСЗ.

Далее эту вертикальную ионосферную задержку δ_{ion} приводят к реальной (наклонной) задержке по формуле (2):

$$\delta_{накл.} = \delta_{ion} \cdot K, \quad (2)$$

где K – коэффициент преобразования, вычисляемый по формуле (3):

$$K = \frac{1}{\sqrt{1 - \left[\frac{R_e \cdot \cos(E)}{R_e + h_i} \right]^2}}, \quad (3)$$

где R_e – средний радиус Земли (принимается равным 6378.1363 км для системы WGS-84);

E – угол расположения навигационного спутника над горизонтом.

Более точная информация об эфемеридах и состоянии ионосферы, может быть, достигается за счет увеличения числа наземных станций слежения, поэтому наряду с их модернизацией работу необходимо вести и в этом направлении.

Библиографический список

1. А.А. Генрике. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии / А.А. Генрике, Г.Г. Побединский. М.: Картгеоцентр, 2004.
2. В.Е. Дементьев. Современная геодезическая техника и ее применение: Учебное пособие для вузов / В.Е. Дементьев. М.: Академический проект, 2008.
3. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. М.: ЦНИИ-ГАиК, 2002.
4. Minimum operational performance standards for Global Positioning System/Wide Area Augmentation System airborne equipment. SC-159. Washington, DC, RTCA Inc., 2001. -586 p.

УДК 528.48:624.21

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ

Фомиченко Ф.Н., Попов С.Г. (АД-1-09)

Научный руководитель - к.т.н., доцент Катасонов М.В.

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

В работе приведены основные геодезические работы на разных этапах и их решение при строительстве мостов.

Мосты представляют собой сложные искусственные инженерные сооружения, возводимые в местах пересечения дорог, водотоков и тех мест, где нельзя обойтись без моста. Несмотря на различное назначение, технологию строительства, отличия в строении и характере назначения и даже разные названия, все они имеют одинаковое предназначение - транспортное. После того, как определено месторасположение, согласовано различными государственными инстанциями (архитектурными, экологическими и др.) начинаются основные геодезические работы. К основным геодезическим работам, обеспечивающим строительство мостов, относятся:

1. съемка местности и рельефа дна водотока;
2. построение плановой и высотной геодезических разбивочных сетей;
3. разбивка центров и осей устоев и русловых опор моста
4. детальная разбивка тела опор;
5. контроль возведения опор и исполнительная съемка в процессе их возведения;
6. разбивка регуляционных и берегоукрепительных сооружений;
7. разбивка пути на подходах к мосту;
8. разбивочные работы и исполнительная съемка монтажа пролетных строений;
9. измерение деформаций пролетных строений во время испытаний моста;

Для оценки участка предполагаемого строительства комплексно проводят основные изыскания: — инженерно-геодезические, инженерно-геологические и гидрогеологические; гидрометеорологические, климатологические, метеорологические, и др. Основные изыскания выполняют в первую очередь на всех типах сооружений.

Инженерно-геодезические изыскания позволяют получить информацию о рельефе и ситуации местности и служат основой не только для проектирования, но и для проведения других видов изысканий и обследований.

Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания дают возможность получить представление о геологическом строении местности, физико-геологических явлениях, прочности грунтов, составе и характере подземных вод и т. п.

Гидрометеорологические изыскания дают сведения о водном режиме рек и водоемов, основные характеристики климата района.

Порядок, методика и точность инженерных изысканий устанавливаются в основном в строительных нормах, например СНиП 11-02-96 и СНиП 11-04-97.

Геодезические и разбивочные работы, обеспечивающие проектное положение и размеры, как всего сооружения, так и отдельных его частей, ведутся в течение всего периода строительства моста. При этом восстанавливают на местности и выверяют геодезическую плановую и высотную основы, а также переносят на местность (разбивают) ось моста, оси опор, подходов, струенаправляющих дамб и т. д.; систематически контролируют возведение отдельных частей сооружения, обеспечивая проектное их положение; проверяют размеры и форму прибывающих с заводов монтажных элементов; на строительной пло-

щадке ведут разбивочные работы по вспомогательным производственным сооружениям и бытовым зданиям, подъездным дорогам, причалам и т. п.

Геодезическая служба на строительстве нужна в течение всего периода сооружения моста, начиная с подготовительных работ и кончая сдачей в постоянную эксплуатацию.

При геодезическом обеспечении строительства мостовых и тоннельных переходов наиболее широко применяются нивелиры Н-3, Н-05 применяемые при строительстве мостовых переходов, для построения высотных сетей, производства разбивочных работ, исследования деформации опор и строений и также передачи отметок на опоры применяются также теодолиты 2Т2, 2Т5 и их модификации. На стадии инженерно-геодезических изысканий и при производстве некоторых разбивочных работ используют теодолиты 2Т30. При необходимости выполнения высокоточных угловых измерений, например, при построении разбивочных сетей на мостах длиной более 1 км, используют теодолит Т1. В настоящее время во многих странах (США, Швейцария, ФРГ, Япония, Швеция, ГДР и др.) разработаны и серийно выпускаются автоматические электронные тахеометры с микро-ЭВМ и системой геодезических вычислительных программ.

В тахеометре при измерении расстояний автоматически регулируется интенсивность сигнала, возможна работа в режиме слежения, установка отсчета по горизонтальному кругу на нуль или на заданное направление. В приборе предусмотрено введение информации во внешнюю память, для чего он оборудован регистрирующим устройством и блоком обработки и передачи информации.

Электронные тахеометры последних моделей могут работать в режиме слежения, т. е. непрерывного определения положения перемещающегося отражателя при непрерывном визировании. В этом случае на индикацию периодически выдаются новые значения горизонтального направления и расстояния.

Следует отметить, что программы для обработки сетей и оценки их точности на ЭВМ составлены по наиболее общим алгоритмам, и они могут с равным успехом быть использованы при анализе точности сети любого вида — триангуляции, линейно-угловой, полигонометрии, трилатерации.

Высотное положение точек получают относительно горизонтальной лазерной плоскости. Для уменьшения инструментальных ошибок и повышения точности нивелирования установку лазерной плоскости в горизонтальное положение следует выполнять по отсчетам на рейках, установленных на реперах с известными отметками, имеющимися на опорах. Благодаря такому способу можно съемку выполнять в разных местах пролетного строения с использованием нескольких реек.

Экспериментальные исследования точности исполнительной съемки лазерными приборами показали, что погрешность определения планово-высотного положения элементов конструкций при расстояниях до 150 м составляет 2—4 мм и зависит в основном от влияния метеорологических факторов внешней среды (рис.1).



Рис.1. Схема определения положения плано-высотного положения элементов конструкций

Наряду с основным, строгим способом оценки точности проекта сети, ориентированным на использование ЭВМ, существуют и приближенные способы, позволяющие, сравнивая различные варианты построения сети, особенно в полевых условиях, оперативно принимать достаточно обоснованные решения. Такие приближенные способы уже не являются универсальными, а ориентированы на конкретные виды сетей.

В зависимости от способа разбивки центров опор и условий местности плано-высотную разбивочную сеть создают следующими методами:

Разбивка осей опор

При разбивке осей опор малых и средних сооружений центры опор переносят на местность непосредственным измерением расстояний между знаками (рис.2а), закрепляющими ось сооружения, и центрами опор, привязанными в проекте к пикетажу дороги.

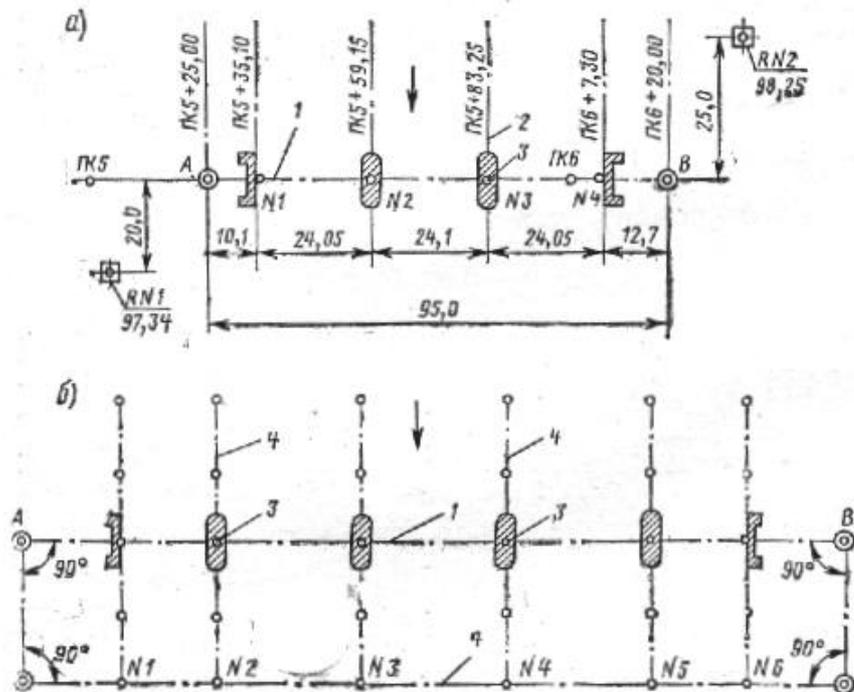


Рис.2. Разбивка осей опор

Если по местным условиям не удастся расположить вспомогательный мостик на оси перехода, то его устраивают в стороне, пробивая дублирующую вспомогательную ось (рис.2б), на которую переносят исходные пункты А и В. Вспомогательную ось желательно располагать параллельно основной оси. Если оси не «параллельны» то угол между ними учитывают при переносе центров и

осей опор дублирующих на основную. Зимой разбивку осей ведут со льда по замороженному в лед дощатому настилу. Линейные измерения выполняют компарированной шкаловой лентой или стальной рулеткой. Натяжение ленты или рулетки регулируют динамометром или постоянным усилием опытного рабочего. В измеренную длину нужно вводить соответствующие поправки на компарирование измерительных инструментов и на разность температур при измерении и контрольной их проверке.

Разбивка осей опор больших мостов

При постройке крупных сооружений на широких и глубоких реках в теплое время года невозможно непосредственными измерениями определить расстояние между исходными пунктами и разбить оси опор. В этом случае прибегают к параллактическому или триангуляционному способам. С этой целью создают на берегах геодезическую опорную сеть, представляющую собой в плане систему треугольников или четырехугольников (рис.3), измеренных с высокой точностью по своим линейным и угловым размерам. Разбивки выполняют, привязываясь к пунктам геодезической опорной сети, имеющей координаты в абсолютной или условной системе.

В триангуляционную сеть включают не менее двух исходных точек, закрепляющих ось моста и расположенных на каждом берегу. Основой триангуляционной сети служат базисы, которые рекомендуется разбивать на ровном месте, свободном от застроек и допускающем точное измерение и беспрепятственное визирование.

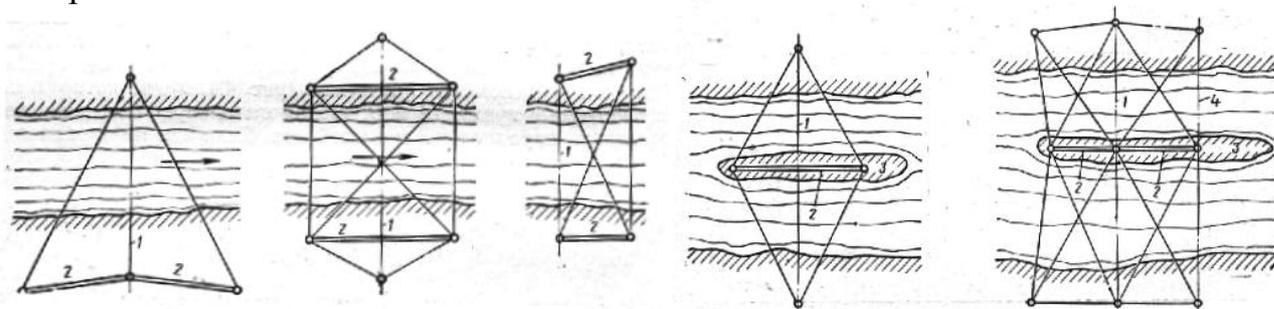


Рис.3. Разбивка осей опор больших мостов

Расстояния между конечными точками моста и между центрами опор, определенные с помощью триангуляции, рекомендуется при возможности проверять непосредственными промерами.

Если трасса расположена по круговой кривой, ось моста принимают вдоль кривой, а продольные оси опор—по направлению радиусов кривой. Точки пересечения продольных осей опор с осью моста будут центрами опор. Поперечная ось каждой опоры образуется касательной к кривой, проведенной в точке центра опоры.

На больших мостовых переходах, располагающихся в сложной широкой речной пойме, геодезическая разбивочная основа может строиться из сочетания линейно-угловых и полигонометрических сетей.

Высотную геодезическую сеть на мостовом переходе создают еще в период изысканий, но по точности она обеспечивает выполнение всех видов работ, в

том числе и разбивочных. Для высотных разбивок возле оси моста устанавливают реперы, абсолютные отметки которых определяют геометрическим нивелированием в той системе, в которой получены отметки точек трассы. Реперы нужно сохранять в неизменном положении до окончания строительных работ и сдачи сооружения в эксплуатацию.

Точность геодезических работ. На строительстве мостов длиной до 100 м при определении расстояний между исходными пунктами, закрепляющими ось сооружения, и расстояний между осями опор допускается относительная ошибка не более 1:5000. На мостах длиной более 100 м точность измерения расстояний между исходными пунктами, закрепляющими ось моста, и положения осей надфундаментной части опоры зависит от возможного смещения на опорах пролетных строений и выражается формулой (1).

$$m \leq \pm \sqrt{\sum \left(\frac{l_{пр}}{k} \right)^2 + 0,5n}, \quad (1)$$

где, m — допустимая ошибка измерения, см.;

$l_{пр}$ — длина каждого пролета, см;

n — число пролетов на измеряемом участке моста;

k — коэффициент, зависящий от типа пролетных строений; для балочных пролетных строений, когда может быть допущено смещение подферменных площадок на величину до ± 5 см, а также для монолитных арочных и рамных железобетонных мостов коэффициент $k = 6\ 000$, во всех других случаях, требующих более точного размещения, его принимают равным 10000.

Создавая мостовую триангуляционную сеть для мостов длиной до 200 м, можно ограничиваться измерением одного базиса, а при большей длине моста должен быть второй (контрольный) базис. Допускаемая ошибка в разбивке осей фундаментов опор может быть увеличена вдвое.

При монтаже пролетного строения в зависимости от его конструкции и схемы монтажа (непосредственно в пролете, сборка на берегу и т. п.) геодезические работы обеспечивают детальную разбивку мест установки пролета, периодическую выверку сборки пролета, его плановую и высотную установку, нивелирование профиля пролета (определение строительного подъема). По окончании монтажа производят исполнительную съемку, в результате которой составляют план и профиль пролетного строения, продольный профиль пути.

По мере завершения постройки отдельных частей моста (опор, пролетных строений и т. д.) проводят геодезические работы по определению геометрических размеров возведенных сооружений и объемов выполненных работ (исполнительные съемки и обмеры). В отдельных случаях на мостах, строящихся в сложных геологических условиях, производят по специальным программам геодезические наблюдения за деформацией построенных сооружений.

Библиографический список

1. Геодезическое обеспечение при строительстве мостов. Под редакцией В.А. Коугия, В.В. Грузинов, О.Н. Малковский, В.Д. Петров.
2. Мосты и тоннели. Под редакцией С.А. Попов, В.О. Осипов, Б.В. Бобриков, В.Г. Храпов и др.

Научное издание

**РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ
В СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТРАСЛЯХ НИЖНЕГО ПОВОЖЬЯ**

Материалы ежегодной научно-технической конференции студентов,
17 апреля 2014 г., Волгоград

Публикуемые материалы соответствуют авторским оригинал-макетам,
поступившим в оргкомитет конференции

Дизайн обложки *М.В. Катасонов*
Ответственный за выпуск *М.В. Катасонов*

Подписано в свет 29.09.2014.

Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 19,9. Объем данных 1,0 Мбайт.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1
<http://www.vgasu.ru>, info@vgasu.ru