

УДК 528.721

*В. Н. ПЕТРАКОВА, Г. Н. ТИМУШЕВ***ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ СОЗДАНИЯ ФОТОПЛАНА
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ**

Проектирование мелиоративных систем для осушения сельскохозяйственных земель закрытым дренажом производят, как правило, на планах масштаба 1:2000 с точностью плана масштаба 1:5000, при этом к точности пунктов планового съемочного обоснования нередко предъявляют пониженные требования. Так, при выполнении настоящей работы было установлено, что средние погрешности пунктов планового съемочного обоснования относительно исходных пунктов не должны превышать 0,4 мм в масштабе плана 1:5000, т. е. 2,0 м в натуре.

Все существующие в настоящее время технологические схемы крупномасштабных аэрофотографических съемок предусматривают как обязательный процесс планово-высотную подготовку аэрофотоснимков, представляющую собой трудоемкий и дорогостоящий комплекс полевых геодезических работ [2]. Стремление исключить плановую подготовку снимков из технологической схемы создания фотоплана привело к следующим возможным вариантам решения задачи:

1. Использование данных, полученных с существующих фотопланов.
2. Использование материалов плановой привязки снимков, выполненной на данной территории в прошлые годы.
3. Использование изображений на снимках пунктов главного геодезического обоснования, замаркированных перед новым залетом.

По каждому из указанных вариантов были выполнены предварительные расчеты и экспериментальные работы, а с целью повышения экономической эффективности фотопланы создавались с 6—7-кратным увеличением.

1. Создание фотоплана по данным, полученным с существующих фотопланов. В расчет принято следующее: 1) существующие фотопланы на данную территорию имеют, как правило, более мелкий масштаб, например, 1:10000, чем составляемый фотоплан в масштабе 1:2000; 2) в связи с возможностью обеспечить каждый снимок трансформационными точками, по-

лученными с существующих фотопланов, процесс камерального сгущения планового обоснования исключается.

Точность составляемого фотоплана определяется погрешностями нанесения трансформационных точек на основу и погрешностями трансформирования.

Точность основы определяется формулой (1)

$$m_{\text{осн}} = \sqrt{m_{\text{ф}}^2 + m_{\text{к}}^2 + m_{\text{н}}^2}, \quad (1)$$

где $m_{\text{ф}}$ — погрешность положения контурной точки на существующем фотоплане, выраженная в масштабе нового фотоплана; $m_{\text{к}}$ — погрешность снятия координат точки с существующего фотоплана, выраженная в масштабе нового фотоплана; $m_{\text{н}}$ — погрешность нанесения контурной точки на основу в заданном масштабе.

Принимая масштаб основы 1 : 5000, имеем следующие предвычисленные погрешности. При погрешности положения контурной точки на фотоплане масштаба 1 : 10000, равной 0,4 мм, в масштабе 1 : 5000 она составит 0,8 мм. При графической точности снятия каждой координаты с существующего фотоплана, равной 0,1 мм, в масштабе 1 : 5000 получим погрешность точки, равную 0,3 мм. Тогда с учетом графической точности нанесения точки на основу, также равной 0,1 мм, получим $m_{\text{осн}} = 0,9$ мм.

Погрешность трансформирования определяется погрешностями несовмещения точек при трансформировании (принимая среднюю погрешность равной 0,2 мм) и погрешностями за влияние рельефа местности, которая определяется по формуле (2)

$$\delta_h = \frac{r \cdot h}{t \cdot f} K, \quad (2)$$

где r — расстояние контурной точки от точки надира; h — превышение точек относительно средней плоскости местности; t — знаменатель масштаба снимка; f — фокусное расстояние аэрокамеры; K — коэффициент увеличения.

Принимая $t = 14000$, $f = 200$ мм; $h = 5$ м; $r = 50$ мм и $K = 2,8$, получим $\delta_h = 0,25$ мм. Тогда погрешность трансформирования составит 0,3 мм, а ожидаемая точность фотоплана в масштабе 1 : 5000 — 1,0 мм или 5,0 м в натуре, т. е. недопустимую величину.

Экспериментальная работа по составлению фотоплана в масштабе 1 : 2000 с использованием точек, полученных с фотоплана масштаба 1 : 10000, была выполнена с использованием центральных частей снимков масштаба 1 : 14000.

На каждом снимке опознавалось по четыре точки на четких контурах, а по координатам, снятым с фотоплана масштаба 1 : 10000, изготовлялась основа. Трансформирование выполнялось на фототрансформаторе ФТБ.

В результате исследования нескольких фотопланов, составленных на различные территории, оказалось, что средние по-

грешности точек на фотоплане масштаба 1:2000 превысили допустимую величину, достигнув 4,0 м в натуре.

При выполнении этой части работы отмечено следующее:

а) трудность отождествления одноименных точек на существующем фотоплане и снимках нового залета в связи с тем, что, как правило, фотографическое качество фотоплана хуже, чем оригинальных снимков; б) точность переопознавания точек значительно снижается, так как многие характерные контуры на фотоплане скрыты под вычерченными тушью соответствующими условными знаками и проведенными горизонталями; в) старые фотопланы имеют деформацию.

2. Создание фотоплана с использованием плановой привязки снимков прошлых лет. В этом варианте подбираются снимки старого и нового залетов, и старые опознаки отождествляются на новых снимках, а трансформационные точки получают в результате построения плановых фотограмметрических сетей, опирающихся на старые опознаки.

Точность фотоплана, изготовляемого на основе старых опознаков, можно предвычислить по формуле (3)

$$m_{\phi} = \sqrt{m_c^2 + m_n^2 + m_{cr}^2 + m_m^2 + m_h^2}, \quad (3)$$

где m_c — погрешность определения координат старых опознаков; m_n — погрешность нанесения на основу старых опознаков; m_{cr} — погрешность сгущения планового обоснования; m_m — погрешность трансформирования; m_h — влияние рельефа местности.

Погрешность определения координат старых опознаков не должна превышать 0,2 мм в масштабе основы. По этому условию и выбирают опознаки из материалов старой привязки. С учетом ранее доказанного можно принять $m_n = 0,1$ мм; $m_m = 0,2$ мм; $m_h = 0,25$ мм.

Погрешность фотограмметрического сгущения зависит от принятого способа. В данной работе использовался способ аналитической блочной фототриангуляции. Тогда погрешность фотограмметрического сгущения можно определить по формуле 4, предложенной Ф. Ф. Лысенко [1]

$$m_{cr} = 0,075t \sqrt{\frac{3(2ns + mn - rs)}{2mns}}, \quad (4)$$

где t — знаменатель масштаба снимков; n — число снимков в блоке; m — число точек сети на каждом снимке; r — число опорных точек в блоке; s — количество изображений каждой точки. Коэффициент 0,075 имеет размерность «миллиметр».

Принимая $t=14000$; $n=35$; $m=12$; $r=6$; $s=9$, получим $m_{cr}=0,42$ м в натуре, или на плане масштаба 1:5000 около 0,08 мм. Тогда, по формуле 3, получим ожидаемую погрешность фотоплана масштаба 1:5000, равную 0,35 мм.

При экспериментальной работе было составлено несколько фотопланов масштаба 1 : 2000 по снимкам масштаба 1 : 14000, на которых отобразилось значительное число маркированных точек с известными координатами. Эти точки использовались как контрольные. Плановая привязка была выполнена тремя годами ранее нового залета.

В результате оценки точности оказалось, что ни на одном фотоплане невязки на контрольных точках в плане не превысили 2,6 м, т. е. оказались в пределах допуска.

При выполнении этой части работы отмечено, что до 40—50% опознаков старой привязки невозможно опознать на снимках нового залета. Поэтому способ создания фотоплана с использованием материалов плановой привязки прошлых лет может быть рекомендован для производственного применения, но при этом необходимо тщательно анализировать материалы старой привязки, которая, как правило, производилась для создания планов более мелкого масштаба, чем новый фотоплан и, следовательно, большинство старых опознаков определены с меньшей точностью, чем это требуется для нового, более крупномасштабного плана. Необходимо также тщательно переопознавать точки на новых снимках.

3. Создание фотоплана с использованием пунктов главного геодезического обоснования. Во многих обжитых районах нашей страны густота главного геодезического обоснования доведена до высокой плотности, когда при средней длине сторон триангуляции четвертого класса — 3 км, в блоке из четырех трапеций масштаба 1 : 5000 на снимках можно опознать не менее четырех пунктов, что вполне обеспечивает построение сети аналитической блочной фототриангуляции. Предварительная маркировка этих пунктов перед аэрофотосъемкой обеспечивает надежно их опознавание и высокоточное отождествление при фотограмметрических работах. При этом повышается точность накола точек и становятся пренебрегаемо малыми погрешности исходных данных. Точность создаваемого фотоплана определится погрешностями сгущения планового обоснования и погрешностями трансформирования.

Принимая на плане масштаба 1 : 5000 погрешность сгущения 0,08 мм, погрешность трансформирования — 0,2 мм и погрешность от влияния рельефа местности — 0,25 мм, получим ожидаемую погрешность фотоплана примерно равную 0,3 мм в масштабе плана.

В результате экспериментальной работы по этому способу было создано четыре фотоплана масштаба 1 : 2000 по снимкам масштаба 1 : 12300, на которых отобразилась густая сеть замаркированных точек с известными координатами. Эти точки использовались как контрольные. Для создания фотопланов использовались центральные части снимков. Средние квадратические погрешности планового положения контуров определялись на каждом фотоплане по 13—19 контрольным точкам и

составили соответственно 0,8 м, 1,03 м, 1,34 м и 2,0 м, т. е. все фотопланы вполне удовлетворяют установленным требованиям.

Фототрансформирование выполнялось общепринятым способом, но, учитывая, что требуемый коэффициент увеличения от масштаба оригинального снимка до масштаба фотоплана больше, чем коэффициент увеличения фототрансформатора ФТБ, в схеме работ были предусмотрены следующие процессы:

1. Изготовление с оригинального снимка (аэрофильма) диапозитива на стеклянной пластинке методом контактной печати.

2. Изготовление негатива с центральной части снимка площадью около $8 \times 8 \text{ см}^2$ в промежуточном масштабе (примерно 1 : 4000), позволяющем затем получить трапецию масштаба 1 : 2000.

3. Отождествление трансформационных точек и их наколка на негативе промежуточного масштаба и трансформирование последнего в масштабе 1 : 2000.

Следовательно, из трех рассмотренных вариантов создания фотоплана без плановой привязки снимков для целей проектирования мелиоративных систем по своей точности наиболее соответствует установленным требованиям способ использования пунктов главного геодезического обоснования, замаркированных перед новым залетом с последующим сгущением обоснования методом аналитической блочной фототриангуляции.

Список литературы: 1. Бобир Н. Я., Лобанов А. Н., Федорук Г. Д. Фотограмметрия. — М.: Недра, 1974. 2. Соколова Н. А. Технология крупномасштабных аэрофотограмметрических съемок. — М.: Недра, 1973.