

В. В. ВАЙНАУСКАС

КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ И РАБОТЫ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ АЭРОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

При длительной эксплуатации дренажные системы вследствие различных причин начинают плохо функционировать: отдельные ветви сети подвергаются заилению, закупорке и не пропускают воду. Какие причины вызывают заиление, насколько оно связано со структурой почвы и зависит ли от геологических, гидрогеологических и геоморфологических характеристик местности? Может быть, для надежной работы дренажа имеет решающее значение его качественная реализация, т. е. строгое соответствие проекту? Решить эти вопросы наземными методами сложно, так как в данном случае возможности геодезии весьма ограничены. Предпочтительнее использовать бесконтактный метод измерения — аэрофотограмметрию, которая обладает рядом преимуществ.

Сущность метода состоит в том, что при удачном подборе времени (момента) фиксации, когда на поверхности почвы контрастно выделяются следы осушения дренажной системы, производят аэрофотосъемочные работы. Такие моменты появляются ранней весной, когда при эффективном просасывании избытка воды солнце быстро просушивает поверхность почвы и заметно выявляет действующие линии системы. Возможность контроля дренажных систем по избыточно увлажненным или осушенным поверхностям, имеющим различную отражательную способность и фототон на снимках, давно известна и нашла отражение в ряде публикаций еще в 1950—1960 гг. При этом большое значение имеет правильный подбор надлежащего масштаба залета, фокусного расстояния камеры и типа самолета, чтобы обеспечить оптимальные условия опознавания и отождествления исследуемых объектов и необходимую точность создаваемых контрольных топопланов. С учетом перечисленных предположений выполнены соответствующие опытные исследования, цель которых состоит в показе возможностей аэрофотограмметрии для контроля геометрической точности осушительных систем и надежного их функционирования.

Подбор параметров аэрофотосъемки. Первичную информацию об исследуемом объекте получают при выполнении аэрофотосъемочных работ, поэтому данному процессу нужно уделять большое внимание. Согласно предварительным данным, аэро-

фотосъемку выполняют в масштабах 1:5000 при $f=100$ мм и 1:10000 при $f=200$ мм для того, чтобы масштаб создаваемых топопланов был 1:2000 (коэффициенты увеличения — 2,5 и 5 раз), так как на основании таких планов обычно проектируются осушительные системы. При укрупнении масштаба заleta приоритет имеет надежное дешифрирование ситуации.

Наряду с этим нельзя забывать о поведении рельефа, поскольку под постоянным воздействием естественной и антропогенной эрозий он меняется. Нужно иметь в виду предстоящие исследования влияния эрозии и повышение требований к точному отображению рельефа поверхности местности.

Топографические планы масштабов 1:2000 и 1:1000 используются для решения многих инженерных задач, в том числе в сельском хозяйстве для земельного кадастра и землеустройства, а также для составления технических проектов орошения и осушения земель. Сначала выполним расчеты точностных требований для топопланов масштаба 1:1000. Средние ошибки в положении на плане предметов и контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших точек съемочного обоснования не должны превышать 0,5 мм, а в горных и залесенных районах — 0,7 мм [4]. Тогда в топографической съемке 1:1000 будем иметь средние стандарты положения точек $\sigma(x, y) = 0,5 \times 1000 \cdot 1,25 = 62$ см или $\sigma(x, y) = 0,7 \cdot 1000 \cdot 1,25 = 88$ см.

Средние ошибки съемки рельефа относительно ближайших точек геодезического обоснования не должны превышать по высоте: $1/4$ принятой высоты сечения рельефа при углах наклона до 2° ; $1/3$ при углах наклона от 2 до 6° для планов масштаба 1:2000 и до 10° для планов масштабов 1:1000 и 1:500; $1/3$ при сечении рельефа через 0,5 м на планах масштаба 1:2000. Отсюда средние стандарты высот точек $\sigma(z) = 12,55 \cdot 1,25 = 16$ см и $\sigma(z) = 16,67 \cdot 1,25 = 21$ см. Для масштаба 1:2000 при сечении рельефа 1 м средние стандарты высот точек удваиваются.

Для расчета ожидаемых ошибок определяемых точек воспользуемся формулами [1]:

$$\sigma(x) = 1,2(Z/f)\sigma(x, y) = 1,2 \cdot 5000 \cdot 0,01 \text{ мм} = 6,0 \text{ см},$$

$$\sigma(y) = 1,6(Z/f)\sigma(x, y) = 1,6 \cdot 5000 \cdot 0,01 \text{ мм} = 8,0 \text{ см},$$

$$\sigma(z) = 1,8(Z/b)\sigma(x, y) = 1,8 \cdot 1,4 \cdot 5000 \cdot 0,01 = 13,0 \text{ см},$$

где Z — высота фотографирования; f — фокусное расстояние (в нашем случае равно 100 мм); b — базис фотографирования в масштабе снимков; $\sigma(x, y)$ — стандарт измерения координат точек снимков, который при $f=100$ мм обычно составляет 10 мкм, а при $f=200$ мм — 7 мкм.

Отсюда следует, что четкие и маркированные точки можно картографировать с точностью $\sigma(x, y) = 7 \dots 10$ см и $\sigma(z) = 13 \dots 18$ см при фотографировании в масштабе 1:5000 и $\sigma(x, y) = 14 \dots 20$ см и $\sigma(z) = 26 \dots 35$ см, когда масштаб аэрофотосъемки 1:10000. При этом нужно учесть, что при измерении контурных точек местности плановая точность снижается примерно

в два раза. Таким образом, даже при наличии нечетных контуров просветленная сеть дренажа будет опознана, отождествлена и измерена с точностью свыше 0,5 м на местности, что вполне достаточно для решения наших задач. В то же время точность съемки рельефа заставляет нас ориентироваться на широкоугольную аэрофотокамеру, чтобы обеспечить высокие требования его отображения.

Геодезическое и фотограмметрическое обоснование. Подобренные объекты исследования имели 30-летний срок давности работы после их ввода в эксплуатацию. Вследствие этого возникли определенные затруднения с опознаванием и восстановлением геодезической опоры, созданной во время производства мелиорационных работ, так как все пункты оказались уничтоженными. Поэтому решили в качестве геодезической опоры использовать светокопии проектной документации дренажа, которые еще сохранились в архивах. Материалом сопоставления и сравнения стали проекты осушительных систем, составленные по топланам масштаба 1 : 2000. Анализ этих материалов убедительно показал, что в них можно найти достаточное количество четких и еще сохранившихся на местности контуров, к которым относятся углы крыш зданий, пересечения кюветов и дорог, отдельные столбы, колодцы, деревья и другие объекты. Тогда возникает вопрос об их дигитализации, т. е. графическое определение координат точек, причем без последующего исправления за счет влияния деформаций, так как по этому же материалу будет произведено сравнение результатов. Таким образом очень просто и дешево решается вопрос создания геодезического обоснования. Для сгущения опорной сети можно применять пространственное блочное фототриангулирование, которое реализуется как аналитическим, так и аналоговым методами. При наличии большого объекта целесообразнее применять аналитический метод. Если объект небольшой, например три маршрута по пять-восемь снимков, то вполне эффективно фототриангулирование на аналоговых стереоприборах.

При построении фотограмметрических опорных сетей сначала составляется проект, где тщательно на проектном материале дренажа подбираются геодезические опорные точки, их надлежащее размещение и, наконец, точки, которые будут использованы при ремонте и восстановлении системы осушения. Последние точки должны давать возможность их опознаваемости и идентификации на местности в настоящее время. Процедуры измерения снимков на стереокомпараторе выполняются обычным образом, а обработка измерительной информации на ЭВМ производится по разработанным в лабораториях инженерной и архитектурной фотограмметрии программам [2, 3]. В целях успешного решения задач контроля геометрической точности реализации проектов дренажа необходимо геодезическую и фотограмметрическую опорную сети нанести на прозрачную основу (лавсан) для последующих фотограмметрических съемочных работ. Проведенные исследования показали, что при

наличии небольших объектов и достаточном количестве опорных контурных точек фотограмметрическое сгущение резонно выполнять вместе со стереофотограмметрической съемкой на аналоговых приборах, вследствие чего значительно возрастает производительность труда без снижения точности окончательных результатов. В целях автоматизации фототриангуляционных работ необходимо иметь стереокомпараторы с автоматической регистрацией измерений. В нашем случае использовали «Stecometer С», электронный регистратор «Coordimeter Н», ЭВМ СМ-1420 и автоматический координатограф «DZT 90-120/RGS». Данная система позволяет автоматизированным путем производить накладку точек сгущения в желаемом масштабе.

Следует заметить, что при фототриангулировании была достигнута высокая точность — стандарты определяемых точек не превышали 15 см. Геодезическими методами такая точность обеспечивается электронными дальномерами.

Производство контрольной съемки осушительных систем. Выполненные исследования показали, что опознавание, отождествление и съемку дренажной сети легче и надежнее можно произвести при помощи аналоговых стереоприборов на прозрачной основе. На стол координатографа кладут светокопию проекта дренажа и над ней — основу с нанесенными опорными точками, которые совмещаются с соответствующими точками проекта. Сначала тщательно трассируются осушительные линии системы, которые опознаются и отождествляются по более светлым (темным) тонам. Прозрачная основа над светокопией проекта облегчает работу, поскольку сразу заметно отклонение реализации от проекта. Потом вычерчивают всю остальную ситуацию: постройки, дороги, канавы, колодцы и др. Наконец тщательно исследуют и фиксируют площади (ареалы) недействующего дренажа. Эти площади обводят контурами и выделяют соответствующими условными знаками. На завершающем этапе вычерчивают рельеф местности.

При окончательном оформлении контрольного чертежа геометрической точности и работы дренажной системы на прозрачной основе топоплана в красном цвете перерисовывают проектную сеть дренажа. Таким образом, совмещенные чертежи проекта и реализации дренажа позволяют получить численные значения оценочных параметров, например отклонения, смещения, повороты направлений осушительных линий и другие.

В основном обработка снимков проводилась на стереоприборе «Торосарт D». Кроме того, на основании опорных точек, полученных методом фототриангуляции, были составлены фотопланы. Попытка опознавания и отождествления дренажных систем по фотопланам надежных результатов не дала. Очевидно, дополнительный фотографический процесс ослабил различимость фотонов. Полученные контрольные чертежи показали хорошее совпадение проектов с реализацией, что свидетельствует о высококачественной работе мелиораторов. Ареалы недействующего дренажа оказались маленькими и покрыли небольшие

площади, чем подтвердили надежную работу осушительных систем даже после 30-летней их эксплуатации. Разумеется, при наличии точных контрольных топопланов можно уверенно произвести поиск ветвей-линий заилиения, на местности их раскрыть и установить причину выхода из строя.

Таким образом, аэрофотограмметрический метод успешно можно применять для контроля геометрической точности осушительных систем и надежного их функционирования; наиболее оптимальным масштабом аэрофотосъемки следует принять 1:10000 при $f=100$ мм; в кратчайший срок можно получить необходимые данные для проведения ремонтных работ систем и определения причин их засорения.

1. Вайнаускас В. В. Вопросы точности аналитической фотограмметрии при съемке с небольших отстояний // Геодезия и картография. 1985. № 3. С. 35—39. 2. Вайнаускас В. В. Пространственная аналитическая маршрутная фототриангуляция // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1989. Вып. 50. С. 127—132. 3. Вайнаускас В. В. Пространственное блочное фототриангулирование // Геодезия и картография. 1990. № 5. С. 32—37. 4. СНиП 1.02.07-87. Инженерные изыскания для строительства. М., 1987.

Статья поступила в редколлегию 07.08.90

УДК 550.312

И. Г. ВОВК, П. Д. ДВУЛИТ, А. С. СУЗДАЛЕВ

ОЦЕНКИ ВАРИАЦИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ БАРОСТАТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ РЕЛЬЕФА МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Изучение временных вариаций гравитационного потенциала и вектора ускорения свободного падения неотделимо от изучения различных геодинамических процессов и явлений. В соответствии с классификацией геодинамических явлений по характеру проявления в пространстве и времени различают глобальные, региональные, крупномасштабные, локальные, вековые, годичные, месячные, суточные, полусуточные и нерегулярные пространственно-временные вариации гравитационного поля (ВГП). Такая классификация позволяет при изучении и анализе этих явлений соответственно ограничивать размеры области изучения, длительность временных рядов наблюдений и их частоту.

Для правильной интерпретации и прогноза влияния геодинамических явлений на ВГП необходимо выявить наиболее общие причины, вызывающие эти вариации и обусловленные различными геодинамическими явлениями. Считается, что ВГП обусловлены тремя основными причинами: действием космических