МИНИСТЕРСТВО
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
РСФСР

ИНСТРУКЦИЯ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ЛАНДШАФТНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ВСН 30—84

Минавтодор РСФСР

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РСФСР

ИНСТРУКЦИЯ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ЛАНДШАФТНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ВСН 30—84
Минавтодор РСФСР

Утверждена Министерством автомобильных дорог РСФСР

ВОРОНЕЖ
ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЕ
КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
1985

УДК 528.7:625.72

Инструкция по применению фотограмметрических методов при ландшафтном проектировании автомобильных дорог (ВСН 30—84). — Воронеж: Центр.-Черноозем. кн. изд-во, 1985. — 96 с.

Инструкция содержит требования и рекомендации по применению фотограмметрических методов при ландшафтном проектировании автомобильных дорог и включает шесть разделов и приложения, в том числе: общие положения, технологии применения фотограмметрии, подготовительные, фотосъемочные и фотограмметрические (камеральные) работы, ландшафтное проектирование автомобильных дорог. Приложения включают технологические схемы, расчеты точности измерений, параметров, аэро- и наземных фотосъемок, особенности составления и образцы фотограмметрических материалов и другие данные, необходимые для реализации Инструкции.

Инструкция разработана на основе комплекса исследований и экспериментально-производственных работ, выполненных в фотограмметрической лаборатории Воронежского инженерно-строительного института и лаборатории аэрометодов Воронежского филиала ГипродорНИИ. При составлении Инструкции использованы производственный опыт отечественных и зарубежных организаций, а также сведения, опубликованные в печати.

Инструкция составлена канд. техн. наук доцентом **А. И. Метелкиным.**
Научный редактор — канд. техн. наук **В. И. Резванцев.**

© Воронежский инженерно-строительный институт, 1985.

Министерство автомобильных дорог РСФСР	Ведомственные строительные нормы Инструкция по применению фотограмметрических методов при ландшафтном проектировании автомобильных дорог	ВСН 30—84

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Инструкция распространяется на проектирование вновь строящихся, реконструируемых и капитально ремонтируемых автомобильных дорог общего пользования, а также подлежит учету при их эксплуатации.

Требования Инструкции обязательны при проектировании автомобильных дорог общего пользования I, II, III технических категорий.

1.2. Инструкция содержит требования и рекомендации, направленные на рациональное использование прогрессивных фотограмметрических методов сбора, переработки и представления информации об условиях проектирования, а также восстановления моделей местности и проектируемых сооружений с целью анализа и оценки полученного решения и изучения существующих объектов.

1.3. Инструкция предназначена для реализации фотограмметрическими методами «Указаний по архитектурно-ландшафтному проектированию автомобильных дорог» (ВСН 18—74, Минавтодор РСФСР, 1975) и составлена в соответствии с «Инструкцией о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений» (СН 202—81*, Госстрой СССР, 1983), «Техническими указаниями по применению аэрофотограмметрических методов и ЭВМ при изысканиях автомобильных дорог» (ГипродорНИИ, М., 1978) и другими ведомственными указаниями и существующими технологиями проектирования.

Инструкция не затрагивает основ ландшафтного проектирования, а лишь регламентирует применение фотограмметрических методов в качестве средства их реализации, сохраняя при этом существующие технологические схемы проектирования.

Фотограмметрические методы совместно с ЭВМ рассматриваются как средство ландшафтного проектирования, а фотограмметрические материалы — как носители визуальной и аналитической информации о местности и проектируемом объекте.

Внесена дорожно-исследовательской лабораторией Воронежского инженерно-строительного института	Утверждена Министерством автомобильных дорог РСФСР 23 февраля 1984 года	Срок введения 1 февраля 1985 года

Основой фотограмметрических методов являются фотоматериалы (фотодокументы), обладающие высокой наглядностью, информативностью, объективностью и достаточной измерительной точностью. Фотоматериалы, как носители топографической, геологической, гидрологической, ландшафтной и другой информации, обеспечивают постоянную связь проектировщика с местностью и получение разнообразной информации в камеральных условиях.

Ландшафтное проектирование, основанное на эмоционально-количественной оценке условий и объекта проектирования, предполагает постоянную связь проектировщика с местностью и проектируемым объектом и удачно осуществляется благодаря высокому «эффекту присутствия» на всех этапах и стадиях проектирования, обеспечиваемому фотограмметрическими методами.

1.4. Сущность и принципы ландшафтного проектирования обусловливают постановку главной задачи фотограмметрии — это сбор и подготовка информации для следующих целей:

1) изучения местности и укладки трассы с учетом психофизиологических и эстетических критериев;

2) пространственного проектирования трассы с учетом технических требований;

3) архитектурного проектирования дороги и сооружений на ней;

4) создания модели местности, проектируемой дороги и сооружений для анализа и оценки психофизиологических и эстетических характеристик, а также технических параметров выбранной трассы.

Так как при ландшафтном проектировании автомобильных дорог преимущественно используют качественные характеристики объекта, а количественные данные применяют только для закрепления намеченного решения при расчете и увязке пространственных параметров дороги, то на первом этапе изысканий и в начале второго преимущественно накапливают информацию о качественном содержании объекта, которая является основой для ландшафтного и архитектурного проектирования с анализом и оценкой полученного решения на заключительном этапе. При этом количественные данные являются элементами качества.

1.5. Ландшафтное проектирование автомобильных дорог рассматривается как современная модификация прогрессивных направлений, развиваемая на базе существующих методов с сохранением стадий, сроков, затрат, и осуществляется на основе комплексного применения фотограмметрических методов, их широкой автоматизации с помощью ЭВМ и периферийных устройств на всех этапах и стадиях в едином процессе.

Процесс изысканий при двухстадийном ландшафтном проектировании с применением фотограмметрических методов делится на два основных этапа:

1) предпроектные изыскания;

2) технические изыскания, выполняемые в две стадии (изыска-

ния для составления проекта и изыскания на стадии рабочей документации).

При одностадийном проектировании два этапа сохраняются лишь на сложных объектах, а работа выполняется в одну стадию (с составлением рабочего проекта).

1.5.1. На предпроектном этапе одновременно со сбором специальных сведений для целей ландшафтного проектирования проводят обследование местности, рекогносцировку и изыскание вариантов направления дороги, изучают наличие существующих планово-картографических, геодезических и фотограмметрических материалов, выполняют аэро- и видеомагнитные съемки с аэронивелированием вариантов направлений, изготавливают фотосхемы. Для фотограмметрических измерений по аэрофотоснимкам на сложных участках сгущают опорные сети, а на мостовых переходах создают планово-высотное обоснование геодезическими способами. В результате работ на предпроектном этапе составляют обосновывающие материалы.

1.5.2. При технических изысканиях одновременно с выбором направления дороги и другими специальными видами работ выполняют полевую закладку опорных сетей, аэро- и наземные фотосъемки, выносят проект в натуру, составляют рабочую документацию.

С учетом особенностей ландшафтного проектирования осуществляют следующие виды специальных изысканий: ландшафтное, пространственное и архитектурное.

1.5.3. Ландшафтное изыскание наиболее полно выполняют при предпроектных изысканиях. При выборе направлений и конкурирующих вариантов в пределах зоны варьирования детально изучают ландшафтные бассейны в районе воздушной линии предполагаемой трассы, отыскивают контрольные точки и элементы ситуации, определяющие направление дороги, в том числе мостовые переходы, пересечения дорог и другие узкие коридоры Определяют и наносят на карты или фотопланы «мертвые зоны» (участки, непригодные для строительства дорог), границы ландшафтных бассейнов, площадки для отдыха, характерные элементы ландшафта, варианты трассы, направления на красивые виды, точки зрения для фото- и стереофотосъемок, построения перспектив, изготовления совмещенных фото- и стереофотоперспектив.

1.5.4. Пространственное изыскание трассы, осуществляемое в увязке с ландшафтом, включает сбор и подготовку планово-картографических и фотограмметрических материалов, аналитической информации для проектирования плана трассы, построение цифровой модели местности (ЦММ) для расчета высот точек местности и проектирования продольного профиля, дополнительных элементов дороги, построения перспективных изображений, разбивки пикетажа, проектирования искусственных сооружений, мостовых переходов, перенесения проекта на местность, составления рабочих чертежей.

1.5.5. Архитектурное изыскание осуществляется в

комплексе с ландшафтным и дополняет его (архитектурно-ландшафтное изыскание). Основная задача архитектурного изыскания — разработка архитектурного ансамбля, окружающего дорогу, с составлением архитектурной схемы.

1.6. Задачи фотограмметрии при выполнении ландшафтных, пространственных и архитектурных изысканий, определяются ее назначением, решаются различными методами и представляют собой ряд отдельных последовательных операций.

1.6.1. Аэрофотосъемки — плановые обзорные (рекогносцировочные), плановые измерительные для составления карт и ЦММ, конвергентные (перспективные) измерительные для составления карт и ЦММ, перспективные иллюстративные, маршрутные (щелевые), стереоперспективные, панорамные, киносъемки.

1.6.2. Наземные фотосъемки — фототеодолитные для планово-высотного обоснования аэрофотоснимков и построения горизонтальных и фронтальных планов, фототеодолитные перспективные, стереоскопические — для получения стереоперспектив, киносъемки.

1.6.3. Фотограмметрическое сгущение опорной сети — фототриангуляция для составления планов, пространственного изыскания трассы, создания ЦММ и других работ, фотополигонометрия и дифференцированные способы фотограмметрических измерений для решения частных задач на отдельных элементах трассы.

1.6.4. Составление планов и карт — изготовление контактных и уточненных (приведенных) фотосхем, фотопланов, планов, фотокарт, карт, рабочей документации.

1.6.5. Фотограмметрические измерения — измерение углов, линий, превышений, фотограмметрическое нивелирование, определение пространственных координат точек местности и составление ЦММ; разбивка пикетажа и подготовка проекта к выносу на местность, определение площадей и объемов, живого сечения водоемов, скорости течения и расхода воды рек, испытания, обмеры и обследования инженерных сооружений.

1.6.6 Создание моделей местности и объекта — мнимой стереомодели (по фотоснимкам, стереофотосхемам, анаглифическим фотокартам), физической стереомодели (по фотоснимкам, стереофотоперспективам, совмещенным фотоперспективам — фоторисункам, стереофоторисункам).

1.6.7. Специальные работы по фотоснимкам и фотопланам — дешифрирование (при обследовании местности), изучение ландшафтов, проведение воздушной линии трассы, определение контрольных точек и зоны размещения трассы, определение участков, не пригодных для строительства дороги, границ ландшафтных бассейнов, проектирование вариантов трассы, архитектурные изыскания, изыскания площадок для отдыха и видовых площадок, определение направлений на красивые виды, пространственное проектирование трассы, расчет дополнительных элементов дороги, точек зрения для построения перспектив, раз-

бивка пикетажа, оценка выбранной трассы, проектирование мостовых переходов и других искусственных сооружений, вынос проекта на местность и составление разбивочных чертежей, исполнительные съемки.

По перечисленным выше фотограмметрическим материалам выполняют специальные виды обследования: геологическое, почвенное, гидрографическое, гляциологическое и др.

Дополнительными работами, обеспечивающими ландшафтно-архитектурную проработку, анализ и оценку проектного решения в процессе проектирования, являются перспективные, панорамные, стереоперспективные аэро- и наземные фотосъемки, выполняемые, как правило, совместно с обзорными и измерительными фотосъемками.

1.7. Перечень составляемых материалов определяют проектировщик и ландшафтный архитектор в задании на фотограмметрические работы. Он должен содержать исчерпывающую информацию для исполнителя.

Для целей ландшафтного проектирования фотограмметрия обеспечивает возможность представления следующих материалов:

1) аэрофотосъемки и фотограмметрической обработки — фотоснимки, накидной монтаж и его репродукция, фотосхемы, фотопланы, планы, ортофотопланы, фотокарты, анаглифические фотокарты, ландшафтные планы, перспективы, стереоперспективы, совмещенные фотоперспективы (фоторисунки), панорамы, кинофильмы;

2) наземной фотосъемки и фотограмметрической обработки — фототеодолитные снимки, горизонтальные и фронтальные планы, фотопланы, фотопанорамы и стереофотопанорамы, перспективы, стереофотоперспективы, совмещенные фотоперспективы (фоторисунки), кинофильмы, стереокиноперспективы;

3) фототриангуляции — плановые, высотные и планово-высотные опорные сети;

4) фотограмметрических измерений — углы, линии, превышения, абсолютные отметки, пространственные координаты точек оси дороги, ЦММ, площади, размеры, объемы;

5) специальных — планы и профили трассы, проектные материалы мостовых переходов и других искусственных сооружений, архитектурные планы, материалы для выноса проекта в натуру, рабочая документация;

6) специальных обследований местности и объектов (геологических, почвенных, гидрологических и др.);

7) исполнительных съемок — планы и профили.

1.8. Объем фотограмметрических работ устанавливают в зависимости от назначения дороги, условий местности и сроков проектирования, определению которого должно предшествовать правильная постановка задач фотограмметрии и выяснение их особенностей, сроков и порядка представления материалов проектировщику, стоимости работ.

2. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ЛАНДШАФТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

2.1. Технология ландшафтного проектирования автомобильных дорог принципиально не изменяется в связи с применением фотограмметрических методов и выбирается в зависимости от количества стадий проектирования, назначения дороги, условий изысканий, наличия материалов, сроков выполнения, возможностей выполнения аэрофотосъемок и других факторов и осуществляется по двухстадийной (рис. 1) или одностадийной (рис. 2) технологической схеме.

В обеих технологиях возможны сокращения и объединения, а также изменения последовательности выполнения отдельных видов фотограмметрических работ при условии выполнения требований, обеспечивающих высокое качество изысканий и проектирования.

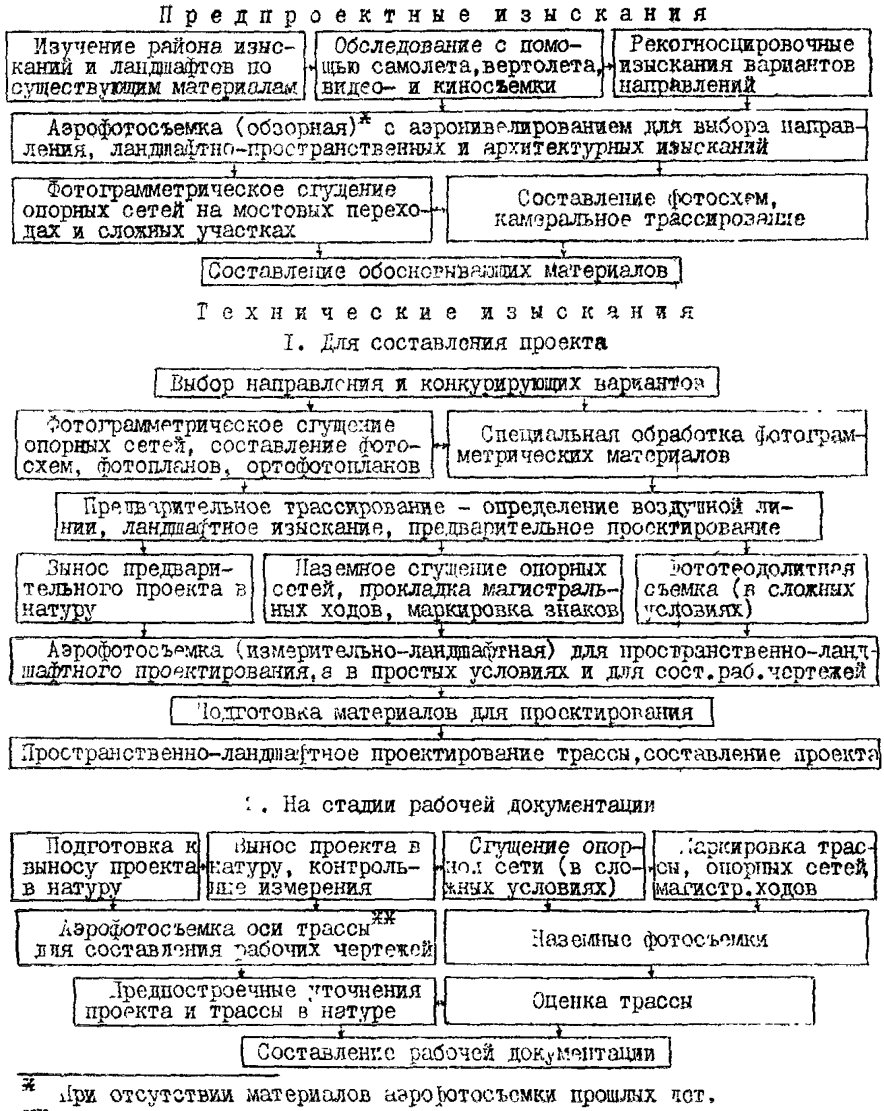
2.2. Предпроектные изыскания по двухстадийной технологической схеме.

2.2.1. Изучение района изысканий осуществляют по картам, фотосхемам, специальным картам, схемам с дорожной сетью, мостами, паромами и другими средствами связи. Используют материалы госгеонадзора, областных отделов строительства и архитектуры, районных отделов землеустройства. Одновременно оформляют заказ на использование самолета (вертолета) для аэровизуального обследования местности, воздушного дешифрирования аэрофотоснимков, рекогносцировочных изысканий, проведения аэрофотосъемки, видео- и киносъемок. Для изучения ландшафтов дополнительно используют аэрофотоснимки, фотопланы, проводят воздушное и полевое обследование.

2.2.2. Направление трассы и промежуточные пункты определяют по картам масштаба 1:100000—1:25000 в малообжитых районах и 1:25000—1:10000 — в остальных, для этих целей используют также фотосхемы, фотопланы, аэрофотоснимки в масштабах 1:25000—1:10000.

2.2.3. Рекогносцировочные изыскания вариантов направлений выполняют одновременно с обследованием местности, но в зоне варьирования возможных направлений. Для этого используют материалы обзорной аэрофотосъемки с аэронивелированием, выполняемой по конкурирующим вариантам направления малоформатными и крупноформатными камерами в масштабе 1:50000—1:25000, а также материалы **конвергентной, перспективной** (в обе стороны), **стереоперспективной и панорамной** аэрофотосъемок.

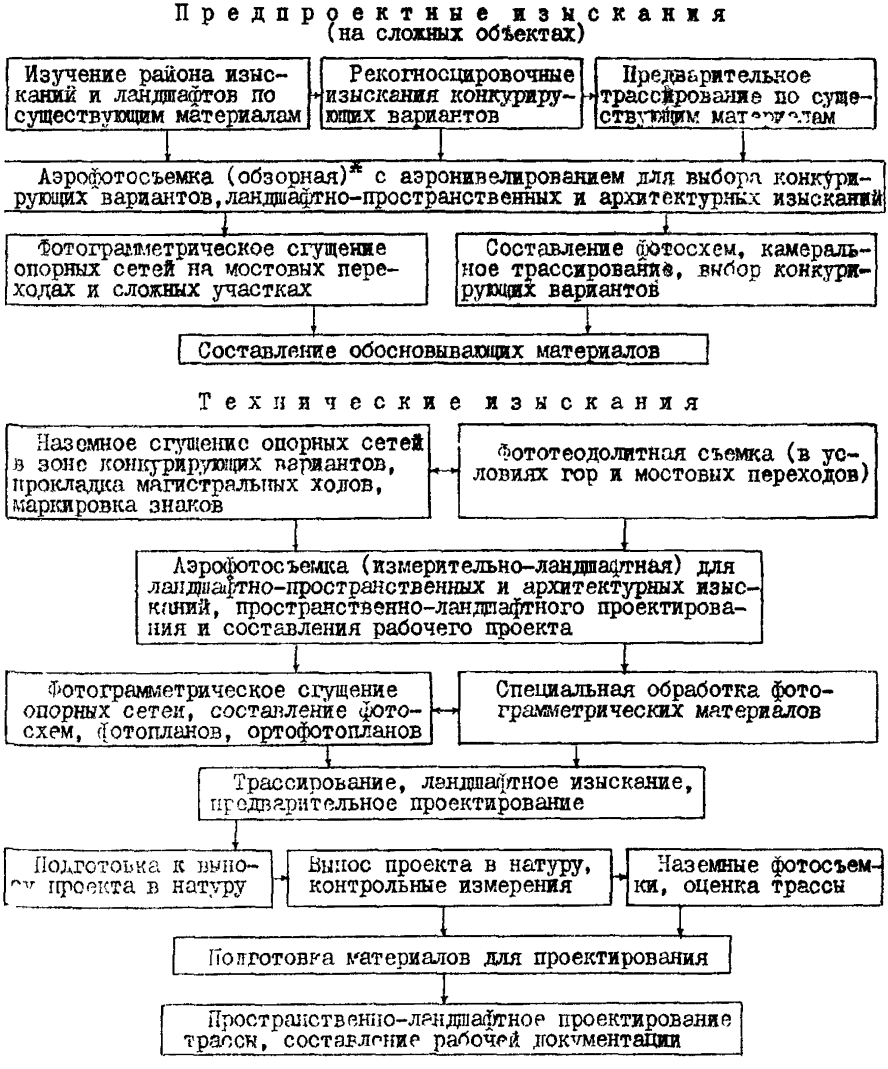
2.2.4. Сгущение опорной сети выполняют фотограмметрическими методами (графической или аналоговой фототриангуляции, на сложных участках — аналитической). В отдельных случаях осуществляют наземное сгущение опорной сети с помощью гиротеодолитов, светодальномеров, радиодальномеров, фототеодолитов. При камеральном трассировании ис-



* При отсутствии материалов аэрофотосъемки прошлых лет.

** В сложных условиях и при мелком масштабе измерительно-ландшафтной аэрофотосъемки

Рис. 1. Двустадийная технологическая схема ландшафтного проектирования автомобильных дорог.



* Выполняется при отсутствии материалов аэрофотосъемки прошлых лет.

Рис. 2. Одностадийная технологическая схема ландшафтного проектирования автомобильных дорог.

пользуют контактные и уточненные (проекционные) фотосхемы. Трассу и основные ее элементы наносят на карты, фотосхемы, фотопланы, при этом устанавливают контрольные пункты, фиксированные, плавающие и свободные элементы, зону предельного варьирования, формулируют и указывают в задании общий архитектурный стиль (художественное содержание) дороги, характер трассирования (от ландшафта к архитектуре или наоборот), оформления и вписывания в ландшафт, наносят границы архитектурных пространств.

2.2.5. По одностадийной технологической схеме обследование местности с помощью самолета или вертолета, как правило, не производят, при предварительном трассировании используют существующие материалы. При наличии аэрофотоматериалов прошлых лет обзорную аэрофотосъемку выполняют в меньшем объеме или не производят совсем.

2.3. Технические изыскания выполняют в соответствии с принятой технологической схемой.

2.3.1. Технические изыскания для составления проекта осуществляют по материалам, полученным на предпроектном этапе. Дополнительно используют фотопланы и орто-фотопланы.

2.3.2. Сгущение опорной сети в зоне конкурирующих вариантов выполняют фотограмметрическими методами. Для нанесения ландшафтных бассейнов, почвенных и геологических ареалов и других данных используют мозаичные или анаглифические фотосхемы, фотокарты.

Для фотограмметрических измерений и иллюстраций используют также конвергентные и перспективные снимки, при этом применяют их аффинную развертку (трансформирование).

2.3.3. Определение воздушной линии осуществляют по стереомодели, перспективам, стереоперспективам. Используют стереопроектор с профилографом, стереофотопроекторы. Кроме того, при ландшафтном и архитектурном изысканиях наряду с перечисленными материалами используют плановые и перспективные стереорисунки, совмещенные стереофотоперспективы (фоторисунки). Для создания физической стереомодели местности применяют стереоэкран или экран с поляризационными фильтрами, в качестве проецирующего прибора — стереофотопроекторы и другие проекционные приборы. При анализе правильности размещения сооружений используют стереомакеты, фотоснимки и фильмы, полученные по машинным рисункам, перспективам и макетам

2.3.4 Вынос предварительного проекта в натуру выполняют одновременно с наземным сгущением опорной сети, прокладкой магистральных ходов, маркировкой знаков. В условиях гор и мостовых переходов для планово-высотного обоснования аэрофотоснимков, составления горизонтальных и фронтальных планов, построения перспектив, стереофотоперспектив, стереофоторисунков производят фототеодолитную съемку.

2.3.5. Для пространственно-ландшафтного проектирования используют материалы плановой измерительной аэрофотосъемки в масштабе 1:15000—1:5000 на трассе и 1:10000—1:4000 — на мостовых переходах и сложных участках. В сложных условиях дополнительно производят перспективную по трассе в обе стороны, а также панорамную аэрофотосъемки с маршрута, проложенного параллельно оси дороги. В условиях высокой снегозаносимости используют материалы зимней аэрофотосъемки.

2.3.6. При подготовке материалов для проектирования после разбивки трассы на проектные участки составляют ЦММ, собирают исходные данные, которые переносят на перфоленты, магнитные ленты, подбирают программы для ЭВМ. При этом для фотограмметрических измерений по стереомодели и записи данных используют автоматизированные стереокомпараторы типа стекометр или другие с автоматическими регистрирующими устройствами (АРУ).

2.3.7. Ландшафтное проектирование включает последовательный выбор трассы с одновременной увязкой с ландшафтом, его осуществляют с помощью ЭВМ по программе, предусматривающей:

1) определение зоны размещения конкурирующих вариантов направления в районе изысканий или трассы в пределах этой зоны;

2) проектирование плана трассы;

3) определение продольного профиля рельефа трассы и поперечников по математической модели местности (МММ);

4) визуальный анализ плана трассы по аксонометрической проекции;

5) проектирование продольного профиля трассы;

6) расчет параметров дополнительных элементов полотна дороги;

7) расчет перспективных координат изображений полотна дороги;

8) построение плана, профилей, дополнительных элементов, перспектив (создается при автономной работе автоматизированного графопостроителя по материалам блоков I—VII).

В процессе проектирования предусматривается построение на графопостроителе или вывод на экран дисплея плана, профилей, дополнительных элементов и перспектив одновременно с расчетами или после обработки соответствующих блоков, запись полученных данных на перфоленту (магнитную ленту) или на печать для последующего использования, в том числе для автономного построения необходимых элементов на автоматизированном графопостроителе.

2.3.8. Для раздельного проектирования плана трассы можно использовать существующие программы, входящие в САПР АД, созданные в Союздорпроекте и ГипродорНИИ, а также другие программы, обеспечивающие выполнение технологии проектирования.

2.3.9. В результате пространственно-ландшафтного проектирования составляют:

1) план зоны размещения конкурирующих вариантов трассы;

2) каталог координат и высот точек трассы (чертого и проектного профилей) с ведомостью прямых и кривых;

3) каталог координат и высот точек опорной сети;

4) ведомость параметров дополнительных элементов полотна;

5) планы, профили, аксонометрические проекции и перспективы;

6) фотоснимки перспектив или кинофильмы, полученные с экрана дисплея (машинные фильмы).

2.3.10. Изыскания на стадии рабочей документации включают расчеты углов, длин линий, направлений, точек зрения перспектив, дешифрирование и камеральную привязку точек трассы к контурным точкам местности по фотоснимкам, фотопланам, ортофотопланам. Для выноса проекта на местность используют теодолиты, нивелиры, гиротеодолиты, мерные приборы, для контрольных измерений — теодолиты, светодальномеры, радиодальномеры.

Одновременно в сложных условиях выполняют сгущение опорной сети в зоне предполагаемой аэрофотосъемки, маркировку оси дороги, опорной сети, магистральных ходов, контурных точек.

2.3.11. Для составления рабочей документации (в сложных условиях) используют материалы аэрофотосъемки в масштабе 1:10000—1:4000 на трассе и 1:5000—1:2000 — на мостовых переходах и сложных участках.

2.3.12. Для анализа и оценки проектного решения с точек зрения, рассчитанных заранее и закрепленных при выносе проекта на местность, выполняют наземные фото- и стереофотосъемки.

2.3.13. Оценку трассы при предпостроечном уточнении в пределах согласованного отвода осуществляют по фотоснимкам, мнимым и физическим стереомоделям, стереофотоснимкам, стереомакетам, макетам местности и дороги, фильмам, отснятым на макетах, машинным фильмам. Для восстановления стереомодели используют стереофотопроекторы, киностереопроекторы.

2.3.14. Для составления рабочих чертежей используют планы, создаваемые на универсальных стереоприборах или на графопостроителе, в масштабе 1:5000—1:1000 для трассы и 1:2000—1:500 для мостовых переходов и сложных участков. Применяют прозрачные пленки типа «астралон», изготавливают материалы по картографической технологии.

2.3.15. Технические изыскания для составления рабочего проекта отличаются объединением (совмещением) аэро- и наземных фотосъемок и уменьшением объема фотограмметрических работ, но принципиальная схема их выполнения и назначение сохраняются.

2.3.16. Наземное сгущение опорной сети в зоне конкурирующих вариантов, прокладку магистральных ходов по

основному варианту, маркировку знаков, фототеодолитную съемку в условиях гор и мостовых переходов выполняют с той же целью и теми же средствами, что и при технических изысканиях для составления проекта.

Фотограмметрическое сгущение опорной сети выполняют методами аналитической фототриангуляции. При фотограмметрической обработке аэрофотоснимков используют те же методы и средства, что и при составлении проекта.

2.3.17. Для пространственно-ландшафтного проектирования и составления рабочей документации используют материалы аэрофотосъемки в масштабе 1:15000—1:4000 на трассе и 1:10000—1:2000 — на мостовых переходах и сложных участках. В равнинных условиях по трассе дополнительно выполняют конвергентные, перспективные или стереоперспективные (в обе стороны) и панорамные аэрофотосъемки.

2.3.18. Трассирование, предварительное проектирование, подготовку и вынос проекта на местность, контрольные измерения, оценку трассы, наземные фотосъемки, предпостроечные уточнения проекта и трассы на местности, подготовку материалов и пространственно-ландшафтное проектирование трассы выполняют так же, как и при двухстадийной технологической схеме.

3. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

3.1. Подготовительные работы к применению фотограмметрических методов при ландшафтном проектировании включают общую подготовку к проведению изысканий и проектирования и специальную — к решению задач ландшафтного проектирования.

3.1.1. Общая подготовка выполняется с целью изучения Технического задания на проектирование, включающего директивные документы с указанием начальных, промежуточных и конечных пунктов дороги и мостовых переходов, технологическую схему проектирования, сроки выполнения работ*, сбор существующих картографо-геодезических и фотограмметрических материалов, подготовку обзорных карт и фотосхем, изучение условий проектирования, аэрообследования с видео-, кино-, аэро- и наземными фотосъемками, поиск зоны размещения, направления, определение объема и составление проекта полевых и камеральных фотограмметрических работ.

3.1.2. Специальная подготовка включает сбор материалов, сведений и изучение ландшафтных условий в районе изысканий, выделение дорожных ландшафтов с определением границ ландшафтных бассейнов, ландшафтно-архитектурных доминант, композиционных центров, составление ландшафтно-архитектурных

---

* Порядок оформления документов, получения разрешения и другие требования устанавливаются Инструкциями и Указаниями.

фотосхем (фотопланов), формирование ландшафтно-архитектурных ансамблей, определение видов и объема фотограмметрических съемок и перечня составляемых материалов.

3.2. Предварительный выбор направления трассы, оформление разрешений, согласования, заключение договоров на субподрядные работы, сбор общих сведений для проектирования, изучение перспективы развития районов проектирования дороги, обновление карт, изучение документов землеустройства и другие мероприятия выполняют независимо от содержания специальных работ, но обязательно согласовывают с ними.

3.3. Основанием для выполнения специальных работ служит Техническое задание на их производство, выдаваемое заказчиком, со специальным разделом, определяющим основное содержание и объем работ с указанием назначения и ландшафтно-архитектурного стиля дороги, признаков дорожных ландшафтов и их доминирующих элементов, заповедных мест и исторических памятников, условий и количества создаваемых мест отдыха, видовых площадок и других условий с приложением схемы их размещения.

3.4. На основании Технического задания главный инженер проекта совместно с ландшафтным архитектором для выполнения ландшафтно-архитектурных изысканий фотограмметрическими методами составляют Техническое предписание, которым определяют виды, объем, назначение и методику специальных фотограмметрических съемочных работ, составляемых плановых и специальных материалов для проектирования и создания моделей местности и инженерных сооружений, устанавливают сроки и стоимость их выполнения.

3.5. Подготовку к выполнению специальных фотограмметрических работ осуществляют в процессе создания постоянной специальной фотосъемочной группы ИТР в составе фотограмметриста, ландшафтного архитектора и автора проекта, присутствие которого при аэровизуальных обследованиях является обязательным.

Для выполнения работ фотосъемочную группу обеспечивают арендованным в МГА самолетом (вертолетом), походной (автомобильной) фотограмметрической лабораторией, комплектом аэрофотоаппаратов, фототеодолитов, специальных фото- и стереофотограмметрических камер, полевой фотолабораторией, фотоматериалами.

3.6. Перед началом работ фотосъемочная группа проходит специальную подготовку, предполетную и полевую тренировку по специальной программе, согласованной с содержанием и условиями предстоящих работ, при которых члены группы отрабатывают комплекс работ, получают право «на борт» и «выполнение работ», юстируют и отлаживают приборы (с участием механика), приобретают навыки работы с приборами «вслепую».

3.7. Аэрообследования с видео-, фото- и киносъемками выполняют с помощью вертолета Ка-26, Ми-4, самолета Ан-2

в зоне возможного размещения или выбранного направления с целью уточнения карт, изучения ландшафтов, условий проектирования, изучения дорожной сети, грузопотоков, определения зоны размещения направления (или варьирования трассы), обследования почвенных, геологических, гидрологических и других условий, выявления резервов, строительных материалов.

Высоту, скорость и направления полетов устанавливают в зависимости от рельефа местности, интенсивности землепользования и других условий. На сложных участках местности выполняют видео-, фото- и киносъемки, в том числе перспективные — по вариантам направлений, панорамные — на сложных участках, пересечениях и мостовых переходах.

При аэрообследованиях определяют и наносят на карты или фотосхемы границы дорожных ландшафтов, ландшафтные бассейны, намечают места для видовых площадок, направления на красивые виды, планируют аэро- и наземные фотосъемки. Полученные сведения вносят в журнал наблюдений. По результатам аэрообследований уточняют зоны варьирования направления и трассы.

3.8. Завершают подготовительные работы составлением цифровых моделей стоимости (аналитических сеток) и поиском зоны размещения направления на ЭВМ, намечают проведение аэро- и наземных фотосъемок, ландшафтно-архитектурные изыскания.

Зону размещения направлений наносят на ландшафтно-архитектурные фотосхемы, фотопланы, составляют аэро- и наземные обзорные фотоперспективы, определяют содержание и объем фотограмметрических работ, уточняют маршруты обзорных и измерительно-ландшафтных аэрофотосъемок, задают их параметры.

4. ФОТОСЪЕМОЧНЫЕ РАБОТЫ

4.1. Фотосъемочные работы выполняют с целью получения аэро- и наземных фотоснимков, обеспечивающих решение задач ландшафтного проектирования фотограмметрическими методами, и включают расчет точности фотограмметрических измерений, расчет и закладку опорных сетей, расчет параметров аэро- и наземных фотосъемок, производство аэро- и наземных фотосъемок, фотолабораторную обработку, оценку качества фотосъемочных работ.

4.2. Расчет точности фотограмметрических измерений включает определение параметров аэро- и наземных фотосъемок, отвечающих требованиям нормативных документов.

Основными параметрами, определяющими измерительные и изобразительные свойства фотоснимков, являются масштаб фотографирования и фокусное расстояние съемочной камеры, которые и положены в основу предварительного расчета точности по формулам проф. А. Н. Лобанова (прил. 1).

Полученные параметры реализуют с учетом требований к изо-

бразительным качествам, предъявляемым к фотограмметрическим материалам во всем процессе их использования.

4.3. Расчет и закладку опорных сетей начинают с определения их назначения и требуемой точности фотограмметрических измерений, реализуемых в фотограмметрических материалах через параметры аэро- и наземных фотоснимков.

Опорные сети создают для планово-высотного обоснования материалов аэро- и наземных фотосъемок, контроля фотограмметрических измерений, выноса проекта в натуру. Используют их также при строительстве и эксплуатации автомобильной дороги, мостовых переходов и сооружений. При этом опорные сети должны обеспечить достаточную точность фотограмметрических измерений в соответствии с масштабами составляемых материалов.

Как правило, создают планово-высотные опорные сети, в отдельных случаях — только плановые или высотные. В зависимости от назначения закладывают постоянные, временные опорные сети и опознаки.

Основным способом сгущения опорных сетей является фотограмметрический. Полевые опорные сети выполняют роль каркасных и используют их только для обеспечения фототриангуляции. По форме опорные сети закладывают в виде цепи треугольников, полигонометрических ходов отдельных треугольников, базисных углов и линий.

Расчет плотности опорной сети заключается в определении числа стереопар (стереомоделей) в маршрутах, ориентированных по опорным точкам (см. прил. 1).

Закрепляют опорные сети центрами в соответствии с условиями местности и соблюдением требований Маркируют центры по известным рекомендациям.

4.4. Расчет параметров аэрофотосъемки при ландшафтном проектировании в зависимости от способа ее осуществления различен.

Основные параметры плановой прямолинейной аэрофотосъемки (масштаб фотографирования и фокусное расстояние съемочной камеры) рассчитывают на основании заданной точности определения координат точек местности (прил. 2). Величину перекрытия и другие требования устанавливают с учетом назначения аэрофотосъемки, условий местности и способов обработки.

Особыми видами являются криволинейная и конвергентная аэрофотосъемки, расчет основных параметров которых приведен в приложении 2. Основные параметры аэрофотосъемки и особые требования к ней показаны в таблице 2.

4.5. Аэрофотосъемки выполняют в соответствии с «Основными положениями по созданию топографических планов.» (ГУГК, М., 1970), специальными руководствами по аэрофотосъемочным работам (ОТТ, МГА, 1972), наставлениями и включают предполетную подготовку, летно-съемочные работы и оценку качества летно-съемочных работ.

При предполетной подготовке наносят маршруты по-

лёта и съемки на полетные карты масштаба 1:25000—1:100000 или на фотосхемы масштаба 1:25000—1:50000, устанавливают входные и выходные сигналы (в бесконтурной местности) и при необходимости маркируют ориентиры (на застроенной территории).

Оценку качества летно-съемочных работ осуществляют в соответствии с требованиями специальных наставлений и особых условий, предусмотренных в договоре или задании на аэрофотосъемки.

Расчет и минимальные высоты фотографирования, углы доворота, рекомендуемые коэффициенты контрастности аэрофотопленок и светофильтры помещены в приложении 3 (табл. 3—6).

4.5.1. Плановые обзорные (рекогносцировочные) аэрофотосъемки выполняют по вариантам направлений. Масштаб фотографирования 1:50000—1:25000 на трассе и 1:15000—1:10000 — на мостовых переходах. Фокусные расстояния камер с форматом кадра 18×18, 30×30, f=70—350 мм, малоформатных — f=35—100 мм. Высоту фотографирования устанавливают в зависимости от масштаба съемки и фокусного расстояния. Применяют рекогносцировочные АФА 42/20, топографические АФА-41, АФА-ТЭ, АЩАФА-5, малоформатные камеры АФА-39, РА-39, ЛФА-М-34 и другие. Допускаются как центральные, так и шторные затворы.

Носителями служат самолеты Ан-30, Ан-24Ф, Ил-14М. При проведении аэрофотосъемки совместно с обследованием используют Ан-2М и вертолет Ка-26.

Продольное перекрытие устанавливают равным 65% при $h/H \leqslant 1/5$ и более 70% — при $h/H > 1/5$, где h — максимальное превышение на стереопаре. Поперечное перекрытие может отличаться от заданного не более чем на 10%, отклонение масштаба — 5%. Месяцы съемки — май — октябрь. Время дня определяют по состоянию атмосферы. Положение солнца над горизонтом — не ниже 25°. Аэрофотопленки для измерений черно-белые (тип 17, 20, 22, цветные ЦН-3), спектрозональные (СН-6).

4.5.2. Плановые измерительные аэрофотосъемки проводят по конкурирующим вариантам. Они могут быть маршрутными (на трассе) и площадными (на мостовых переходах и сложных участках).

Масштаб фотографирования 1:15000—1:2000. Применяют АФА только топографические (АФА-41, АФА-ТЭ), испытанные по полной программе, с f=75—200 мм на равнине и f=100—350 мм — в горах. Высоту фотографирования в зависимости от масштаба и значения фокусного расстояния устанавливают в пределах 200—3500 м.

Носителями являются самолеты Ан-30, Ан-24Ф, Ил-14М. При крупномасштабной аэрофотосъемке по оси дороги (по кривым линиям) используют Ан-2М и вертолет Ка-26. Тип аэрофотопленки подбирают в зависимости от назначения, скорости полета, условий и времени фотографирования (черно-белые — тип 17, 18, 22, цветные — ЦН-3; спектрозональные — СН-6). Маркировка опор-

ной сети при аэрофотосъемке в масштабе 1:10000 и крупнее обязательна. При наличии государственной геодезической сети и крупномасштабных топографических карт маркировку производят только при масштабе аэрофотосъемки крупнее 1:5000.

Перекрытия при $H = 1000$ м и $h/H \leqslant 1/10$ рассчитывают на средние высоты, при $h/H > 1/10$ — на преобладающие высоты, при $H \leqslant 500$ м и $h/H > 1/5$ аэрофотосъемку выполняют по высотным зонам, а при спокойном волнистом рельефе — по физической высоте, т. е. по вертикальным кривым линиям (рис. 3—5, расчет базиса фотографирования при криволинейной аэрофотосъемке приведен в прил. 3). Отклонения в перекрытии не должны превышать 5%, в масштабе — 5%, углы наклона устанавливают с погрешностью не более 5°, углы скоса — не более 3°. Месяцы съемки для залесенной (лиственными породами) местности — апрель — июнь, открытой — допускается сентябрь — октябрь. Положение солнца над горизонтом должно быть не ниже 25°, атмосфера — прозрачная. Допускается съемка при слабой облачности («под зонтиком»).

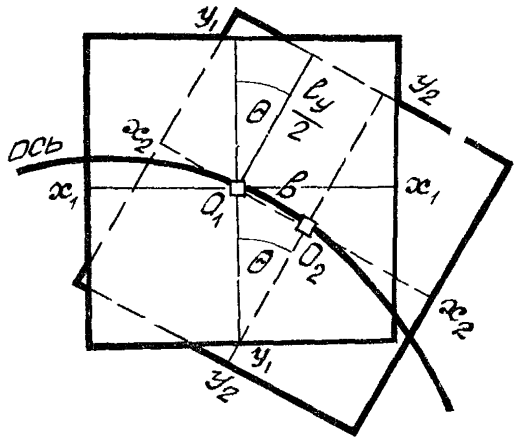


Рис. 3. Схема аэросъемки по горизонтальной кривой.

Особое внимание обращается на предупреждение сдвига изображения за счет большой угловой скорости при малых высотах фотографирования (минимальные высоты при сдвиге 0,1 мм приведены в прил. 3, табл. 3). При выборе типа аэрофотопленки обязательно учитывают зависимость между характером аэроландшафта и ее коэффициентом контрастности (прил. 3, табл. 5), тщательно подбирают светофильтры (см. табл. 6). Не допускается применение светофильтров на малых высотах при аэрофотосъемке на цветную и спектрозональную фотопленки АФА с $f = 100$ мм и при $H > 3000$ м. При использовании спектрозональной аэрофотопленки следует иметь в виду, что для свежей фотопленки применяется светофильтр ЖС-18, по мере

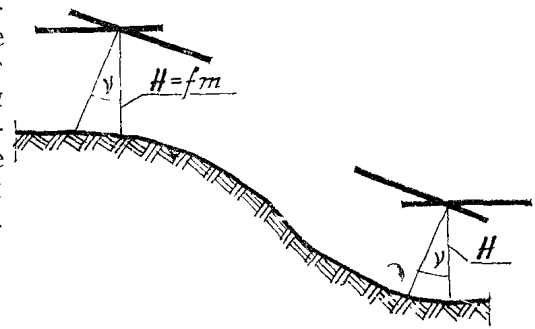


Рис. 4. Схема аэросъемки по вертикальной кривой с помощью самолета.

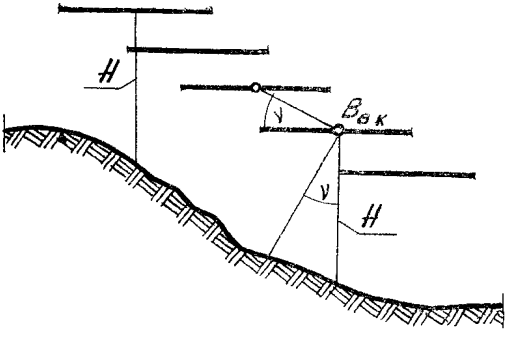


Рис. 5. Схема аэросъемки по вертикальной кривой с помощью вертолета.

ее старения — ОС-14 и КС-14.

Аэрофотопленки преимущественно черно-белые (тип 17, 18, 22), при ландшафтных и архитектурных изысканиях — цветные, при геологических и почвенных обследованиях — спектрозональные. При зимней аэрофотосъемке применяют черно-белую аэрофотопленку с малым коэффициентом контрастности и малой чувствительностью (тип 17, 20).

4 5.3. Конвергентные (перспективные) измерительные аэрофотосъемки выполняют для определения координат точек местности, создания ЦММ, составления планов, ландшафтно-пространственных и архитектурных изысканий, пространственно-ландшафтного проектирования, иллюстраций. Прокладывают маршруты как вдоль оси дорог (перспективно-конвергентные, рис. 6), так и поперек оси (поперечно-конвергентные, рис. 7) Используют АФА-41, АФА-ТЭ и другие с $f \approx 200$ мм, $H = 800$—1000 м.

Углы наклона устанавливают в зависимости от условий местности в пределах $\alpha = \omega = 25$—$85°$ с погрешностью $\Delta\alpha = \Delta\omega \leqslant 3°$. Продольное линейное перекрытие при перспективно-конвергентной съемке устанавливают около 100%, поперечное перекрытие при поперечно-конвергентной — не менее 60%. Погрешность в перекры-

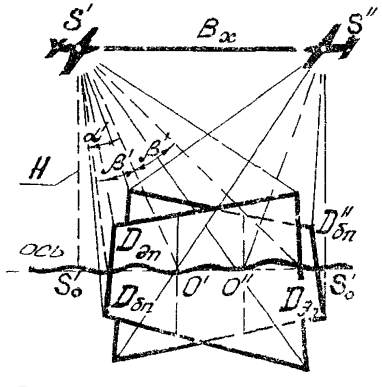


Рис. 6. Схема перспективно-конвергентной аэросъемки.

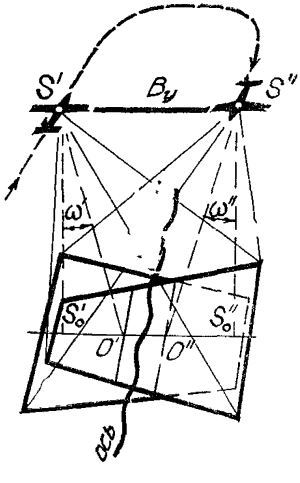


Рис. 7. Схема поперечно-конвергентной аэросъемки.

тии не должна превышать 10%, в масштабе — 5% (расчет параметров конвергентных съемок приведен в прил. 2).

Носителями являются самолеты Ан-30, Ан-24Ф, вертолет Ка-26 Остальные требования сохраняются.

4 5.4. Перспективные измерительно-иллюстративные аэрофотосъемки выполняют для определения координат точек местности, иллюстраций условий местности (геологии, гидрологии), интенсивности движения, демонстрации размещения проектируемой дороги на сложных участках, для ландшафтных и архитектурных изысканиях и других целей.

Направление перспектив определяют исходя из условий местности. Съемка по трассе ведется в прямом и обратном направлениях. Для получения стереопар съемку выполняют с двух параллельных маршрутов в одном направлении.

Высота фотографирования $H=400—2000$ м, углы наклона $\alpha=25—85°$. Величина горизонта должна быть не менее 10 мм для снимков формата 18×18, 18×23 и не менее 5 мм — формата 7×8, 9×9. Отклонения оси камеры от вертикальной плоскости не должны превышать 3°, погрешность установки угла наклона — 5°. Положение солнца над горизонтом не ниже 25°. Съемка против солнца не допускается. Для получения перспективных аэрофотоснимков используют АФА-41, АФА-ТЭ с $f=200$ мм, снимают со специальных аэроустановок, а также применяют качающиеся или вращающиеся зеркала.

Аэрофотопленки — цветные, для геологических обследований — спектрозональные. Съемки выполняют одновременно с плановыми теми же средствами.

4.5.5. Плановые маршрутные (щелевые) аэрофотосъемки выполняют для составления маршрутных фотосхем при рекогносцировочных изысканиях и для иллюстраций — при ландшафтных и архитектурных изысканиях

Используют АЩАФА. Выполняют одно-, двухмаршрутные и стереоскопические съемки. Базис фотографирования задают наклоном объективов камеры в разные стороны по оси.

Поперечное перекрытие при площадной съемке — не менее 25%, отклонение масштаба при маршрутной съемке — 10%, при площадной — не более 5%. Погрешность установки оси — не более 5%.

Носители и условия те же, что и при плановой съемке

4.5.6. Стереоперспективные аэрофотосъемки с целью предварительных измерений и восстановления стереомодели местности производят двумя малоформатными камерами, устанавливаемыми на крыльях самолета. Базис фотографирования определяют отношением к расстоянию до объекта: для измерительной перспективы $B/D=1/100$ и для наблюдательной — $B/D=1/100\div1/200$ Углы наклона подбирают по условиям местности в пределах $\alpha=25—85°$. Высота фотографирования $H=800—1000$ м. Линию горизонта фотографируют при значительных высотах аэрофотосъемки и для определения элементов ориентирования.

Применяют АФА-39, РА-39 и другие с f=100 мм. Для получения наблюдательных (отдельных) стереопар используют стереофотограмметрические камеры.

Носителями могут служить самолеты Ан-2М, вертолет Ка-26. Аэрофотопленки — цветные, для специальных целей — спектрозональные. Съемку выполняют по оси в прямом и обратном направлениях или выборочно.

4.5.7. Панорамные аэрофотосъемки выполняют для составления панорам сложных участков дороги, мостовых переходов с целью изучения местности, иллюстраций, изготовления фоторисунков.

Углы наклона выбирают в пределах $\alpha=45—85°$, H=500—1000 м. Используют АФА-КО с f=210 мм и углом панорамы 120° (кадр 18×46 см), камеры типа АФТ 21/1823, РА-39. В отдельных случаях снимают замкнутую панораму при облете объекта. Носителями могут служить Ил-14М, Ан-2М, вертолет Ка-26.

4.5.8. Киносъемки проводят для сбора дополнительного иллюстративного материала при обследовании местности. Выполняют их камерой типа «Конвас». Носителем является самолет Ан-2, вертолет Ка-26, Ми-2, Ми-4. При съемке стереокино используют стереокинокамеры или обычные кинокамеры со стереонасадкой. Аэрофотопленка — ЦН-3, тип 15, 22.

Для проектирования используют кинодешифратор КД-3 и др.

4.5.9. Организация аэрофотосъемки является решающим фактором применения ее материалов при изыскании и проектировании автомобильных дорог.

В системе ГипродорНИИ Минавтодора РСФСР аэрофотосъемочные работы выполняют специальные авиаотряды МГА.

На проведение аэрофотосъемки авиаотрядом заключают договор в соответствии с «Инструкцией о государственном геодезическом надзоре» (М., Недра, 1967). Авиаотряд выдает заказчику аэронегативы, контактные отпечатки, репродукции накидных монтажей, высото- и статограммы в соответствии с техническими требованиями, указанными в договоре.

4.6. Наземные фотограмметрические съемки и ландшафтно-архитектурные зарисовки выполняют на всех стадиях изыскания в условиях горного и всхолмленного рельефа, на мостовых переходах и других сложных участках трассы.

В зависимости от конкретных целей, используемых средств и методов, применяют следующие виды фотограмметрических съемок: фототеодолитные измерительные, фототеодолитные иллюстративные, стереофотограмметрические, кино- и стереокино. Дополнительно выполняют ландшафтно-архитектурные зарисовки.

4.6.1. Фототеодолитные измерительные съемки выполняют с целью сгущения опорной сети, планово-высотного обоснования аэрофотоснимков, измерения координат точек местности, составления планов (горизонтальных и фронтальных) и профилей. Одновременно снимки используют для восстановления

перспектив, стереомоделей, изготовления фото- и стереофоторисунков. Съемки выполняют в соответствии с требованиями инструкции СН-212-73 и другими специальными указаниями.

Перед началом работ составляют рабочий проект, в который включают сведения об объекте, расчет параметров опорной сети и фототеодолитной съемки, схемы опорной сети и размещения базисов фотографирования, границы съемки, трапеций. Данные рабочего проекта наносят на планы и карты, фотосхемы, аэрофотоснимки.

Расчет основных параметров фототеодолитной съемки приведен в приложении 4.

Ниже приводятся отдельные операции фототеодолитной измерительной съемки, выполняемые в полевых условиях.

Рекогносцировка местности включает знакомство с местностью, отработку каждого узла или ряда станций, выбор базисов, станций фотографирования, контрольных точек, точек фотограмметрического сгущения с дешифрированием на аэрофотоснимках и изготовлением фотопанорам с помощью камеры ФТ-2.

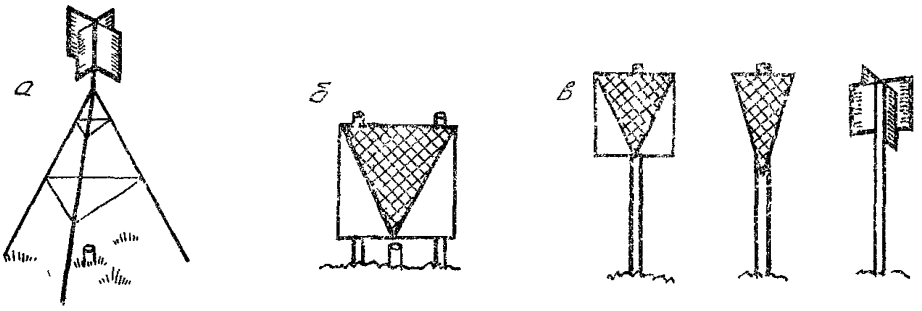


Рис. 8. Сигналы, устанавливаемые при фототеодолитной съемке: **а** — пирамида; **б** — фанера; **в** — вехи.

Подготовка объекта к съемке обеспечивает установку центров в точках фотографирования и пунктах опорной сети, их маркировку, устройство сигналов. В качестве опорных и контрольных точек используют естественные контуры, скалы, сооружения, а также изготавливают туры из камня и других материалов, устанавливают пирамиды, вехи, марки, изготовленные из фанеры, картона, пластика, ткани (рис. 8).

При съемке применяют способ продолжений и способ панорамы со створного (непрерывного) базиса (рис. 9, 10).

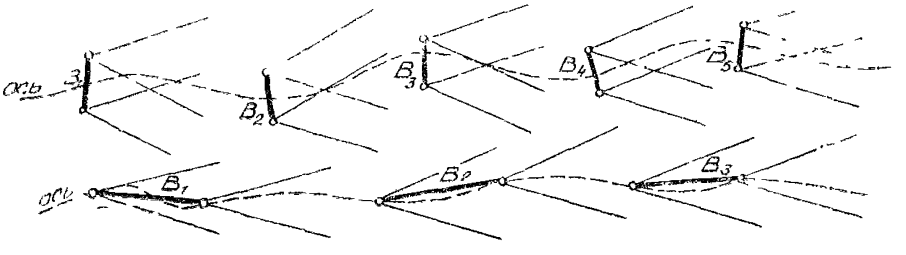


Рис. 9. Схемы съемки способом продолжений.

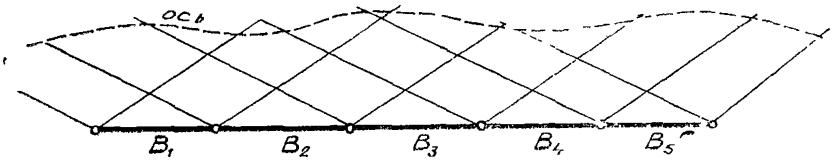


Рис. 10. Схема съемки способом створного базиса.

Геодезические измерения включают определение координат основных точек узла или ряда фототеодолитных станций, направлений и вертикальных углов на контрольные точки, длин, дирекционных углов и углов наклона базиса, составление абрисов и фотоабрисов с кратким описанием. Геодезические привязки выполняют с пунктов государственной геодезической сети путем развития аналитических сетей микротриангуляции, прокладки магистральных ходов и других способов. Используют теодолиты Theo 010, Т2, Т5, Т10, светодальномеры, дальномерные насадки, гиротеодолиты. Для получения фотоабрисов применяют длиннофокусные фотоаппараты.

Фотографирование осуществляют с предварительной пробой фотопластинок. Время фотографирования — 10—17 часов, положение солнца — сбоку или сзади. Допускается фотографирование при слабой облачности. Фотопластинки подбирают в соответствии с ландшафтом. Разрыв во времени при фотографировании с разных концов базиса должен быть минимальным. Для сложных и удаленных объектов снимки дублируют. Экспозицию определяют по экспонометру. Использование светофильтров при отстоянии более 1000 м и положении солнца над горизонтом ниже 30° обязательно. Применяют фототеодолиты Photheo 19/1318, TAN, в стесненных условиях — UMK 10/1318; для составления плана, панорам, геологического дешифрирования — камеры типа АФТ 21/1823*. При сгущении опорной сети используют фотопластинки, для составления плана, дешифрирования, получения перспектив — фотопленки.

Одновременно измеряют базисы: до 50 м — рулеткой, более 50 м — параллактическим способом, светодальномерной насадкой, светодальномером.

Фотолабораторную обработку и анализ качества снимков выполняют в походной лаборатории. Для проявления, мойки и закрепления фотопластинок применяют специальные ванны, в которых фотопластинки обрабатывают при горизонтальном положении и температуре $t = +20 \pm 5°$. Фотопленки обрабатывают в специальных бачках типа РПП, сушат их на барабанах или в сушильных шкафах. Анализ снимков на неприжим выполняют по эталонной фотопластинке. При разнице расстояний между координатными метками более 0,1 мм снимки бракуют.

---

* См.: Мегелкин А. И. Фотограмметрия в строительстве и архитектуре. М., Стройиздат, 1981, с. 64—65.

Дешифрирование опорной сети на аэро- и фотогеодолитных снимках выполняют с использованием фотопанорам. Опорные точки обводят кружками и нумеруют. Элементы ситуации описывают в ведомости дешифрирования.

В результате полевых работ для каждого отдельного объекта составляют пояснительную записку, схему геодезической сети, каталог координат геодезической опорной сети и полевой подготовки, полевые журналы, негативы, фотоабрисы, фотоснимки и фотопанорамы с нанесенной опорной сетью, контрольными и определяемыми пунктами и элементами ситуации, ведомость дешифрирования снимков.

Фототеодолитные съемки для составления фронтальных планов, фотопланов и профилей выполняют с дополнительными требованиями: направление оптической оси должно быть перпендикулярным к плоскости проекции фронтального плана, перекрытия между стереопарами в длинных рядах (маршрутах) должны обеспечить развитие наземной фототриангуляции. Эффективным случаем съемки является нормальный. Расчет отстояний производится в зависимости от глубины плана ΔD (при $\Delta D/Y_{ср} \leqslant 1/10$ — на среднее отстояние $Y_{ср}$, при $\Delta D/Y_{min} \geqslant 1/10$ — на отстояние ближнего плана Y_{min}).

Организация фототеодолитной измерительной съемки включает создание специальной группы, обеспеченной транспортом, фототеодолитным комплектом, геодезическими приборами, комплектом марок, панорамными и длиннофокусными фотоаппаратами, биноклями, набором фотоматериалов, эталонными фотопластинками, стереоскопом, журналами, бланками.

4.6.2. Фототеодолитные иллюстративные съемки с целью получения перспектив и стереоперспектив выполняют в следующем порядке.

Выбор способа и направления фотографирования выполняют проектировщик и ландшафтный архитектор. При этом учитывают возможность используемых средств, условия рельефа, ситуационную насыщенность и ландшафты, их взаимодействие со светом и перспективоспособность. Одновременно устанавливают время съемки. Особое внимание обращается на выбор направлений, предупреждение зрительных «шумов». Применяют схемы съемки, приведенные на рис. 11—13.

Вынос точки (базиса) фотографирования на местность осуществляют инструментально по координатам от магистрального хода или от других точек опорной сети, по контурам с помощью фотосхем, фотопланов, аэрофотоснимков.

Для фотографирования используют те же фототеодолиты, что и при измерительной съемке, но фокусное расстояние камеры согласовывается с главным лучом машинной перспективы. Используют фотопластинки или фотопленки типа ЦН-3. Применение светофильтров при съемке на черно-белые материалы обязательно при всех отстояниях, на цветную — при отстоянии более 500 м.

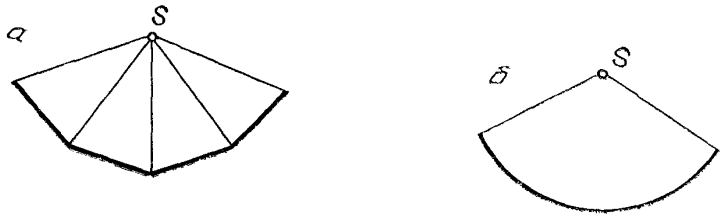


Рис. 11. Схемы панорамной съемки: а — фототеодолитом, б — панорамной камерой.

При фотолабораторной обработке особое внимание уделяют качеству проработки деталей.

4.6.3. Стереофотограмметрические съемки выполняют с целью восстановления измерительной или наблюдательной модели, печати стереофотоснимков, иллюстраций. Осуществляют их в той же последовательности и теми же способами, что и при фототеодолитной съемке, но учитывают следующие особенности: малая величина базиса ($B \approx 1$ м) ограничивает стереоскопичность изображения, малый формат кадра и значительное увеличение при восстановлении экранной (физической) стереомодели обусловливает применение камер и фотоматериалов с высокой разрешающей способностью, а восстановление измерительной стереомодели при съемке с движущегося носителя (с рук, автомобиля, вертолета) требует определения элементов ориентирования снимков.

Используют стереокамеры SMK 5,5/0808, стереофотопроектор, а также АФА-39, РА-39.

Для достижения эффекта «присутствия» применяют интегральную стереофотопроекцию, позволяющую восстановить панорамную стереомодель.

4.6.4. Кино- и стереокиносъемки проводят для кино- и стереоиллюстраций, печати фотоснимков. Выполняют их при изыскании новых, а также в процессе реконструкции существующих дорог по трассе или с видовых площадок с целью получения фильмов, панорам и кругорам. Используют кинокамеры типа «Конвас», стереокамеры, АФА-39, РА-39; для проецирования — кинодешифратор КД-3 и др. При использовании фильма для печати фотоснимков формата 18×24 см съемку выполняют со скоростью 24—48 кадр/с. Осуществляют ее с рук, со штатива, автомобиля.

4.6.5. Ландшафтно-архитектурные зарисовки выполняют с целью дополнения и улучшения иллюстративных качеств наземных фотограмметрических съемок, при которых ландшафтный архитектор составляет перспективы участка трассы, видов, перспективы местности с проектируемыми сооружениями, архитектурным оформлением и т. д.

Основное назначение ландшафтно-архитектурных зарисовок—

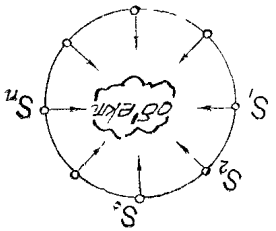


Рис. 12. Схема съемки замкнутой панорамы.

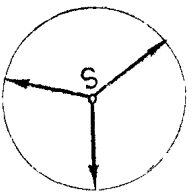


Рис. 13. Схема съемки кругорамы.

информационно-композиционное Выполняют их с характерных точек местности. с точки зрения водителя, с видовых площадок и других точек. Способ изображения — линейная перспектива на вертикальную плоскость, реже — на наклонную плоскость или поверхность цилиндра. Рисунки могут быть контурными, штриховыми, тоновыми и цветными. Допускается использование фотоснимков, координат контурных точек местности, топографических карт Применяют перспектографы, мольберты. При наличии фотоперспектив на местности составляют фоторисунки.

4.7. Фотолабораторная обработка материалов аэро- и наземных фотограмметрических съемок подчинена получению высоких измерительных свойств маркированных и контурных точек, высоких изобразительных качеств снимка или то и другое вместе. Средствами достижения указанных требований являются высококачественные материалы, правильное экспонирование, рецептура и режим обработки Условия работы должны обеспечить предупреждение деформаций подложки и эмульсии, загрязнения, механических повреждений, засветки.

4.7.1. В черно-белой фотографии высокие качества негатива при проявлении достигаются за счет правильного использования проявляющих, защитных, противовуалирующих, добавочных веществ и воды.

Фиксирующие растворы используют с добавками для ускорения процесса (хлористый аммоний) и дубления (хлористый аммоний и квасцы). Наиболее распространенным закрепителем для аэрофотопленок следует считать БКФ-2.

4.7.2. Цветная фотография требует более сложной и тщательной обработки, однако преимущества перед черно-белой обусловливают целесообразность ее применения.

5. ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЕ (КАМЕРАЛЬНЫЕ) РАБОТЫ

5.1. Фотограмметрические (камеральные) работы выполняют на основе проекта камеральных работ. В них включают составление первичных материалов, фотограмметрические измерения, сгущение опорных сетей, изготовление фото- и ортофотопланов, фотокарт, планов, создание МММ, составление спе-

циальных фотограмметрических и фотоиллюстративных материалов, восстановление моделей местности и проектируемых сооружений для анализа и оценки проектного решения

5.2. Составление первичных материалов: накидных монтажей и их репродукций, фото- и ортофотосхем. Изготавливают их по материалам обзорных аэрофотосъемок с целью изучения района изысканий и ландшафтов, аэрообследования, рекогносцировочных изысканий зоны размещения и вариантов направления и трасс, ландшафтно-пространственных и архитектурных изысканий.

Как правило, составляют контактные фотосхемы, реже — накидные монтажи, уточненные фотосхемы и ортофотосхемы. В отдельных случаях изготавливают цветные или спектрозональные контактные или приведенные фотосхемы.

Первичные материалы используют в качестве наглядных материалов для предварительных измерений при рекогносцировочных изысканиях, для определения плановых параметров направления и трассы, которые дополняют данными топокарт с уточнениями по стереомоделям. Их применяют и при проектных изысканиях.

Особенности методики составления накидного монтажа, фото- и ортофотосхем и их характеристики приведены в приложении 5 (табл. 7).

5.3. Фотограмметрические измерения включают определение углов поворота и длин линий трассы, радиусов кривых, измерение координат точек снимков с последующим вычислением координат точек местности, превышений, уклонов, площадей, объемов. Данные измерений используют для проектирования и построения плана трассы создания МММ, построения черных и проектирования проектных профилей, разбивки пикетажа, построения перспектив, рабочих чертежей, подготовки и выноса проекта в натуру, определения живого сечения водоемов, скорости течения и расхода воды рек, при испытании и обследовании инженерных сооружений и для других работ.

Применяют два способа фотограмметрических измерений: монокулярное — с помощью простейших приспособлений (линеек, транспортиров, шаблонов), монокомпараторов и стереоскопическое — с помощью стереокомпараторов, универсальных стереоприборов

Измерение выполняют по отдельным снимкам, стереопарам, фотосхемам, фотопланам, ортофотопланам. Для определения элементов ориентирования проводят калибровку съемочных камер и снимков*, а также определение поправок в процессе вычислений по контрольным точкам и направлениям. При обработке результатов непосредственных измерений на ЭВМ для отладки используют контрольные точки, макетные снимки и аналитические модели местности.

* См.: Дубиновский В. Б. и др. Калибровка аэрофотоаппаратов и фотоснимков. М., ВИА, 1975; Дубиновский В. Б. Калибровка снимков. М., Недра, 1982.

Выполняют фотограмметрические измерения в следующей последовательности: опознавание и маркировка точек; определение поправок за неприжим, перекос, кривизну, деформацию и внецентренность; выбор рабочих формул; измерения.

5.4. Сгущение опорных сетей в зависимости от точности и назначения выполняют одним из следующих способов.

5.4.1. Дифференцированные способы позволяют определять высоты отдельных или небольшого количества точек. Они основаны на применении известных способов неискаженной модели, прямой линии, ЦНИИГАиК, продолжений.

5.4.2. Графическую фототриангуляцию ограниченно применяют для сгущения опорных сетей при составлении обзорных фотосхем в масштабах 1:25000—1:10000 и фотопланов — 1:25000. Опорной сетью служат пункты триангуляции, имеющиеся на картах масштаба 1:25000—1:10000, и другие геодезические сети. Используют негативы, снимки, изготовленные на фотобумаге и фотопластинке, диапозитивы (на фотопленке). Представляют топографическую основу с точками сгущения и краткую пояснительную записку с методикой и погрешностями сети. Расчет погрешностей графической фототриангуляции и определение количества базисов при $\mu_{гр}=5$ приведено в приложении 6 (табл. 8).

5.4.3. Аналоговую фототриангуляцию ориентированием моделей применяют при составлении фотосхем в масштабах 1:25000—1:5000, фотопланов — 1:25000—1:10000 с высотой сечения $h \geqslant 2$ м, развитием частично свободной сети — при составлении фотопланов в масштабе 1:10000—1:500 и $h \leqslant 1$ м.

Погрешности установки диапозитивов на каретки стереоприборов должны быть не более 0,1 мм при масштабе плана 1:5000—1:500 и 0,2 мм — при масштабе плана в равнинных условиях 1:25000—1:10000. Расхождения между двумя измерениями плановых координат — не более 0,07 мм, отметок — 0,2h. При составлении планов с $h \geqslant 2$ м допускается графоаналитический способ внешнего ориентирования.

Погрешности определения координат точек при аналоговой фототриангуляции приведены в таблице 9 (см. прил. 6).

5.4.4. Аналогово-аналитическую фототриангуляцию выполняют с использованием ЭВМ для внешнего ориентирования в два этапа: ориентирование всей сети или по секциям (при $h \leqslant 1$ м). Применяемые универсальные стереоприборы должны обеспечить точность определения высот не ниже H/8000 по контрольным сеткам и H/5000 — по контрольным сеткам Ошуркова. Погрешности измерения плановых координат не должны превышать 0,1 мм.

5.4.5. Аналитическую фототриангуляцию применяют при составлении планов и фотопланов всех масштабов. Используют плановые, конвергентные, перспективные и панорамные аэрофотоснимки, а также фототеодолитные снимки. Плотность геодезической опорной сети определяют по таблице 1 (см. прил. 1), количество базисов при $\mu_{ан}=1$ — по таблице 8 (см. прил. 6). При

расчете точности и выборе технологической схемы следует руководствоваться положениями проф. А. Н. Лобанова*. При аналитической фототриангуляции на ЭВМ вытянутых сетей по трассе применяют программы, разработанные в ВИА им. Куйбышева. Развитие больших сетей выполняют с использованием метода соединения подблоков маршрутных сетей, квазиснимков. Сгущение сетей для составления планов в крупных масштабах выполняют по программе без предварительного определения элементов внешнего ориентирования.

При сгущении опорных сетей по материалам наземных фотограмметрических съемок применяют следующие способы: пикетный, способ прямой и обратной фотограмметрических засечек, наземной фототриангуляции, пространственной наземной фотополигонометрии, фотополигонометрической вставки в жесткий угол**, способ независимых моделей, общий случай съемки, способы пространственных засечек и створных базисов***.

Планируют работы по сгущению опорной сети при фототеодолитных измерительных съемках в соответствии с п. 4.6.

При выполнении аналитической фототриангуляции составляют рабочий проект сгущения опорной сети со сбором и оценкой исходных материалов, в том числе аэрофотонегативов, контактных отпечатков, репродукций, накидного монтажа, паспорта аэрофотосъемки, материалов калибровки камер, полевой подготовки снимков, топографических карт, радио- и статограмм.

Для калибровки снимков используют контрольную сетку камеры или опорные точки испытательного полигона (контрольного участка). Измерение координат точек на стереокомпараторе типа стекометр выполняют в две руки с точностью $m_x = m_{y(z)} \leqslant 3—6$ мкμ, параллаксов — $p = q \leqslant 3—4$ мкμ.

По результатам аналитической фототриангуляции представляют каталог координат точек сгущения, точек оси дороги, магистральных ходов, базисов фототеодолитной съемки, элементов ориентирования, установочных элементов для фототрансформирования и составления плана на универсальных стереоприборах. Оценку точности производят по контрольным точкам. В пояснительной записке излагают методику сгущения опорной сети и результаты оценки точности полученных координат.

Общие положения для всех способов фототриангуляции следующие:

1) развитие сети выполняют в единой геодезической системе;

2) количество высотных опорных точек должно быть примерно в два раза больше плановых;

---

* См.: Лобанов А. Н. *Аналитическая фотограмметрия*. М., Недра, 1972.

** См.: Киенко Ю. П. Аналитические методы определения координат в наземной стереофотограмметрии. М., Недра, 1972.

*** См.: Кудрявцев Г. П. и др. Указания по применению наземной стереофотограмметрической съемки в изысканиях автомобильных дорог. М., 1977.

3) точность опорных пунктов согласовывают с ошибками точек сгущения, при этом учитывают их неравноточность;

4) оценку точности сетей выполняют с учетом размещения определяемых точек в пределах снимка с использованием весов*;

5) при разномасштабной аэрофотосъемке сгущение производят по более мелкому, полученному для измерительных целей, одновременно на снимках определяют точки для обработки снимков более крупных масштабов;

6) в фотограмметрические сети обязательно включают пункты с минимальными и максимальными высотами, точки на урезах воды;

7) высотные точки выбирают на горизонтальных участках.

Блок-схема фототриангуляции с применением ЭВМ в общем виде** представлена на рис. 14.

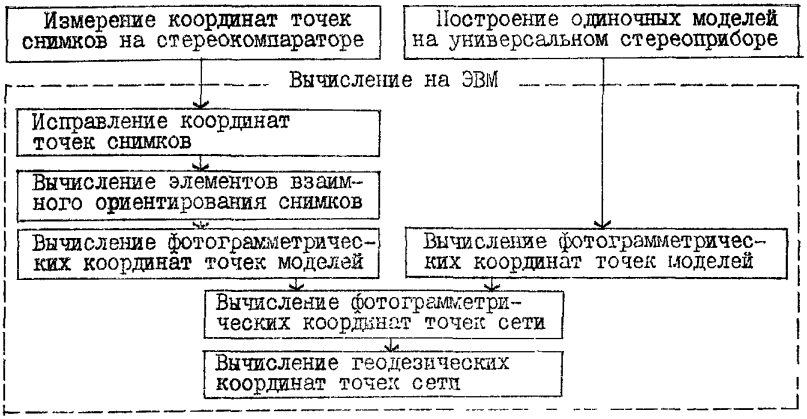


Рис. 14. Блок-схема фототриангуляции с применением ЭВМ в общем виде.

5.5. Составление фотограмметрических планов. В зависимости от назначения, условий местности и объема изысканий составляют фото- и ортофотопланы, фотокарты, планы (прил. 7, табл. 10).

5.5.1. Фотопланы являются основным измерительным фотограмметрическим материалом. Составляют их способом монтажа отдельных аэрофотоснимков, трансформированных на плоскость, или оптического монтажа при трансформировании по зонам. Используют фотобумагу с разностью деформаций по различным направлениям при коэффициенте увеличения $k=1{,}4 \div 4$, не более $0{,}2 \div 0{,}1$. При $k \leqslant 4$ фотобумагу предварительно наклеивают на жесткую основу. Обязательно вводят поправки и на деформацию фотобумаги. Погрешности совмещения одноименных точек основы и негатива — не более 0,4 мм. Используют ФТБ и ФТМ. Особен-

* См.: Лысенко Ф. Ф. Построение, уравнивание и оценка точности блочных фотограмметрических сетей. Автореф. докт. дисс. М., ВИА, 1971.

** См: Лобанов А. Н. Аналитическая фотограмметрия М., Недра, 1972

ности составления фотоплана способом оптического монтажа приведены в приложении 7.

5.5.2. Ортофотопланы составляют аналогично фотопланам по ортофотоснимкам, полученным с помощью ортофотопроектора проф. Ф. В. Дробышева или другого стереоприбора. При составлении ортофотоплана обязательно выполняют следующие условия: преобладающие склоны должны приводить только к двоению контуров, при значении превышений в пределах стереопар $h \leqslant 0{,}35H$ ортофототрансформирование выполняется на две плоскости. Перекрытия ортофотоснимков должны быть не менее 10—15 мм. Методика составления приведена в приложении 7. К заданному масштабу ортофотоснимки приводят с помощью ФТБ.

5.5.3. Фотокарты* (фотопланы с графической нагрузкой в условных знаках) создают черно-белыми или многоцветными, топографическими, геологическими, почвенными и другими. Основой для их составления служат мозаичные фотопланы, ортофотопланы. На фотокарты наносят геодезические пункты, гидрографическую сеть, населенные пункты (наименования), отдельные строения, дороги, подписывают отметки характерных точек, урезов воды, наносят горизонтали, границы административных районов, землепользований.

5.5.4. Планы составляют в соответствии с требованиями инструкции** по методам, широко изложенным в отечественной литературе. Требования к планам определяют в зависимости от особенностей изысканий и их назначения.

5.6. Создание математической модели местности является весьма важной частью работы и служит подготовкой к пространственно-ландшафтному проектированию трассы и полотна автомобильной дороги с применением фотограмметрии и ЭВМ, которое включает выбор типа МММ, определение оптимальной плотности ЦММ, сбор исходной информации — составлении ЦММ.

5.6.1. Выбор типа МММ основан на точности определения высот искомых точек, информационной емкости, производительности и стоимости работ. При этом должны быть известны общие сведения о топографии местности, геологические, гидрологические и другие условия, а также возможности используемых ЭВМ.

Преимущества статической МММ перед другими: универсальность, малые систематические и средние квадратические погрешности и низкая «точка насыщения», высокая стабильность топологии, отсутствие ограничений при работе на стереоприборе — обусловливают ее применение независимо от затрат. Отметки произвольных точек достаточно точно определяют уравнением поверхности второго порядка.

5.6.2. Оптимальную плотность МММ устанавли-

---

* См: Руководство по созданию топографических фотокарт М., 1974

** См Инструкция по фотограмметрическим работам при создании топографических карт и планов. М, Недра, 1974.

вают по заданной точности вычисления высот искомых точек с учетом рельефа местности и масштаба исходных фотограмметрических материалов и определяют количеством точек на 1 га или размером квадрата (треугольника) для регулярных моделей. При этом для нерегулярных (структурных) моделей учитывают геоморфологию местности, для статических моделей плотность ограничивают «точкой насыщения». Приближенное количество точек на 1 га при доверительной вероятности $p=0{,}90$ и соблюдении точности масштаба аэрофотоснимка (плана, карты) для статической модели показано в таблице 11 (прил. 8).

5.6.3. Сбор исходной информации осуществляют с помощью автоматизированных стереокомпараторов. Он включает подготовку фотограмметрических материалов, изучение стереомоделей по эталонным участкам, маркировку вершин системы фигур принятой МММ с помощью стереоскопа или интерпретоскопа.

При составлении ЦММ стереоприборы используют без изменений. Для получения регулярных моделей чаще используют универсальные стереоприборы, остальных — стереокомпаратор с автоматической регистрацией и контролем измерений. Учитываются требования п. 5.4.

5.7. Составление специальных фотограмметрических и фотоиллюстративных материалов в виде фронтальных и панорамных планов, стерео- и анаглифических фотосхем и фотокарт, карт со скрытым стереоизображением, фотоперспектив, фоторисунков (совмещенных фотоперспектив), фотопанорам, совмещенных фотопанорам, киноперспектив, стереофотоперспектив, автостереоснимков, моделей дороги и местности.

5.7.1. Фронтальный план* составляют дифференцированным или универсальным способом. В первом случае его получают по координатам точек, измеренным по фототеодолитным снимкам на стереокомпараторе и обработанным аналитически, во втором — на одном из универсальных стереоприборов (стереоавтографе, стереопланиграфе, технокарте).

5.7.2. Фронтальный фотоплан составляют по фототеодолитным снимкам, трансформированным на фронтальную плоскость. По существу технология составления фронтального фотоплана аналогична составлению горизонтального фотоплана с трансформированием по зонам.

5.7.3. Панорамный план** получают путем ортогонально-осевого проецирования (рис. 15).

5.7.4. Стереофотосхему составляют путем раздельного монтажа левых и правых частей снимков маршрута. Изготавливают ее складывающейся (полевой) или цельной. Для наблюдения стереомодели по складывающейся стереофотосхеме исполь-

* См.: Кириленко В. С., Бруевич П. Н. Составление фронтальных планов и профилей по материалам фототеодолитной съемки. М., Недра, 1976.

** См.: Винников Л. П, Бушматин В. А. Панорамные планы и опыт их построения по материалам фототеодолитной съемки. — Геодезия и картография, 1974, № 5.

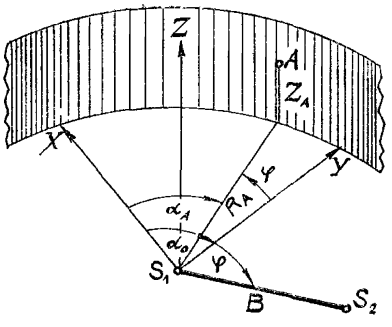


Рис. 15. Схема вычисления цилиндрических координат.

зуют стереоскоп типа ЛЗ, по цельной — маршрутный стереоскоп ST 10 Вильда.

5.7.5. Анаглифическую фотосхему изготавливают способом разделения стерефотоизображения с помощью двух цветов. Используют цветные или спектрозональные аэрофотонегативы. Печать осуществляют двойным экспонированием на цветную фотобумагу с применением светофильтров.

5.7.6. Анаглифическую фотокарту получают путем отбеливания фотокарты и восстановления в различных вираж-ирующих растворах с последующим совмещением стереоизображений на офсетных станках при печати.

5.7.7. Карту со скрытым стереоскопическим изображением составляют нанесением сопряженных изображений специальными люминисцентными красками, одно из которых видно только после возбуждения люминисценции ультрафиолетовыми лучами. Стереоизображение рассматривают через светофильтры*.

5.7.8. Фотоперспективу используют с учетом направления съемки (рис. 16) при изготовлении диапозитива или фотоотпечатка, тщательно прорабатывают детали по всему полю снимка. Предпочтение отдается цветным фотоперспективам.

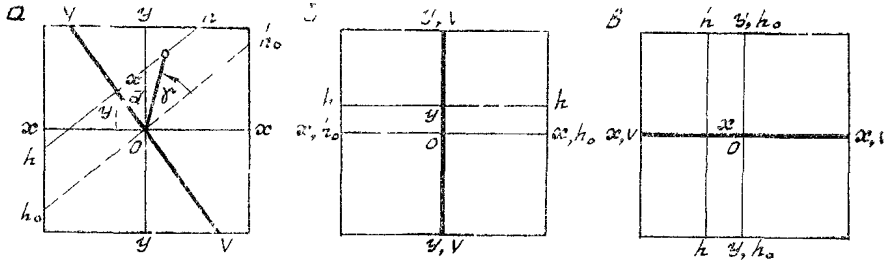


Рис. 16. Направления перспектив.

5.7.9. Фоторисунок (совмещенную фотоперспективу) получают совмещением перспективного рисунка или аналитической перспективы проектируемой дороги с фотоперспективой одним из способов:

1) совмещением с помощью прозрачной пленки;

2) наклеиванием изображения дороги;

3) оптическим монтажом, впечатыванием (экспонированием) с помощью световой маски.

* См: Ширяев Е. Е. Способ получения многоцветных карт со скрытым стереоскопическим изображением. — Геодезия и картография, 1974, № 12.

Фоторисунки составляют по аэро- и фототеодолитным, перспективным и плановым, черно-белым и цветным фотоснимкам (см. прил. 9).

5.7.10. Фотопанораму, отпечатанную на фотобумаге, наклеивают на плоскость, внутреннюю поверхность цилиндра, равностороннего многогранника, внешнюю поверхность многогранника или цилиндра в соответствии со способами съемки (см. рис. 10—13).

Для повышения изобразительных качеств и измерительных свойств фотопанорам снимки исправляют методом щелевого трансформирования или перспективных преобразований, получая проекционные, аффинные и ортогональные фотопанорамы (см. прил. 9).

5.7.11. Совмещенную фотопанораму получают аналогично фоторисунку, при этом добиваются соответствия точки зрения и точки фотографирования, радиуса цилиндров камеры и перспектографа. При составлении фотопанорамы из нескольких кадров ось вращения фотокамеры совмещают с передней узловой точкой объектива.

5.7.12. Фототеодолитную панораму составляют из снимков, полученных с точек фотографирования, которые расположены на прямой, параллельной объекту, или вращением камеры вокруг вертикальной оси. В первом случае получают фронтальную фотопанораму, во втором — центральную.

5.7.13. Киноперспектива может быть получена покадровой съемкой машинных перспектив. «Эффект присутствия и движения» определяется количеством построенных перспектив. Бóльший эффект движения достигается по совмещенной киноперспективе.

5.7.14. Стереофотоперспектива может быть получена с помощью фототеодолита, аэрофотоаппарата, стереофотограмметрической камеры, стереоскопической фотокамеры. Съемка выполняется в соответствии с положениями пп. 4.5 и 4.6.

5.7.15. Стереофоторисунки составляют аналогично фоторисункам, используя один из существующих способов*.

5.7.16. Стереофотоснимок (автостереофотоснимок)** изготавливают с применением линзово-растровой пленки. Фотоосновой служит фотобумага или фотопластинка.

5.7.17. Модель дороги получают наклеиванием плана полотна дороги, вырезанного из бумаги, на жесткий контур ее профиля.

5.7.18. Модель местности изготавливают с помощью макетно-фрезерного станка методом сканирования по стереомодели.

5.8. Восстановление стереомоделей местности и проектируемых сооружений. Выполняют по различным материлам, что обусловливает восстановление следующих видов стереомодели: мнимой, анаглифической, физической, автостереомодели. В зависимости от положения точки зрения различают

---

* См.: Метелкин А. И. Фотограмметрия в строительстве и архитектуре М., Стройиздат, 1981.

** См. Валюс Н. А. Стереоскопия. М., Изд-во АН СССР, 1962.

стереомодели с позиций: водителя, пешехода, туриста, птичьего полета. В процессе изысканий, проектирования, анализа, оценки выбранной трассы и архитектурного проектирования используют следующие модели.

5.8.1. Плановая стереомодель. Восстанавливают по стереопарам, стереофотосхемам и стереофотопланам. Включает трассу на значительном протяжении, но отличается сравнительно малой пространственной выразительностью. Используют мультиплекс, стереоскоп.

Вследствие мелкого масштаба и малого отношения h/H модель используют при выборе направления и конкурирующих вариантов.

5.8.2. Стереомодель плановых аэрофотоснимков является основной измерительной моделью и практически восстанавливается на всех стереоприборах. Однако сравнительно малое поле зрения обусловливает ее применение при решении задач по частям или на локальных участках. Модель отличается высокой измерительной точностью.

5.8.3. Стереоперспективная модель. Восстанавливают по стереоперспективе. Отличается высокой выразительностью, позволяет производить геометрические построения и измерения.

5.8.4. Рисованная стереомодель, составляемая ландшафтным архитектором на местности, обладает хорошей выразительностью, но сравнительно низкой стереоскопичностью.

5.8.5. Аналитическая стереомодель строится с помощью графопостроителя или дисплея, является скелетной, маловыразительной, но обладает хорошими метрическими свойствами.

5.8.6. Комбинированная стереомодель, получаемая по стереофоторисункам, обладает высокими изобразительными качествами, а при тщательном изготовлении — и измерительными свойствами.

5.8.7. Панорамная стереомодель. Восстанавливают по фотопанорамам и совмещенным фотопанорамам. Позволяет получить «эффект присутствия». Используют чаще при проектировании видовых площадок, туристских дорог.

5.8.8. Автостереомодель. Восстанавливают по стереофотоснимку и используют в качестве иллюстративного или рекламного материала к полученному решению.

5.8.9. Динамическая стереомодель (киномодель) является испытательной. Используют на заключительной стадии проектирования трассы. Составляют по машинным перспективам, по фотоперспективам, полученным на местности, и по модели местности и сооружения.

Стереомодели, восстанавливаемые различными способами, делятся на контактные — качество высокое, проекционные анаглифические — качество хорошее, проекционные в поляризованном свете — качество среднее, проекционные на радиально-растровом экране — качество удовлетворительное.

Заслуживает внимание способ синхронного восстановления

экранной (физической) стереомодели при работе на стереоприборе.

5.9. Способы анализа и оценки проектного решения основаны на зрительно-эмоциональном восприятии и геометрических измерениях, получаемых по фотограмметрическим материалам с помощью стереоприборов.

Для анализа используют плановые фотосхемы и фотопланы, фотоперспективы, фотопанорамы, плановые и перспективные стереомодели, кино- и стереоперспективы, машинные фильмы.

При предпроектных изысканиях используют непосредственно мелкомасштабные плановые фотоматериалы, фотоперспективы и стереомодели, при технических изысканиях масштаб аэрофотосъемочных материлов увеличивают. Применяют наземные фотоснимки, широко используют проецирование на экран с одновременным стереоизмерением.

Оценку проектного решения осуществляют по критериям ландшафтного проектирования, определяемым с помощью фотограмметрических материалов.

6. ЛАНДШАФТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

6.1. Ландшафтное проектирование автомобильных дорог выполняют в соответствии с требованиями Инструкций и Указаний, приведенных в пп. 1.1—1.8 по технологической схеме (рис. 17), основанной на двухстадийной технологической схеме ландшафтного проектирования автомобильных дорог (см. *рис. 1) и сводной технологической блок-схеме программы* ландшафтного проектирования трассы автомобильной дороги (рис. 18).

6.2. Технологическая схема ландшафтного проектирования трассы автомобильной дороги с применением фотограмметрии, моделей местности и ЭВМ состоит из двух частей:

1) ландшафтно-пространственные изыскания,

2) пространственно-ландшафтное проектирование.

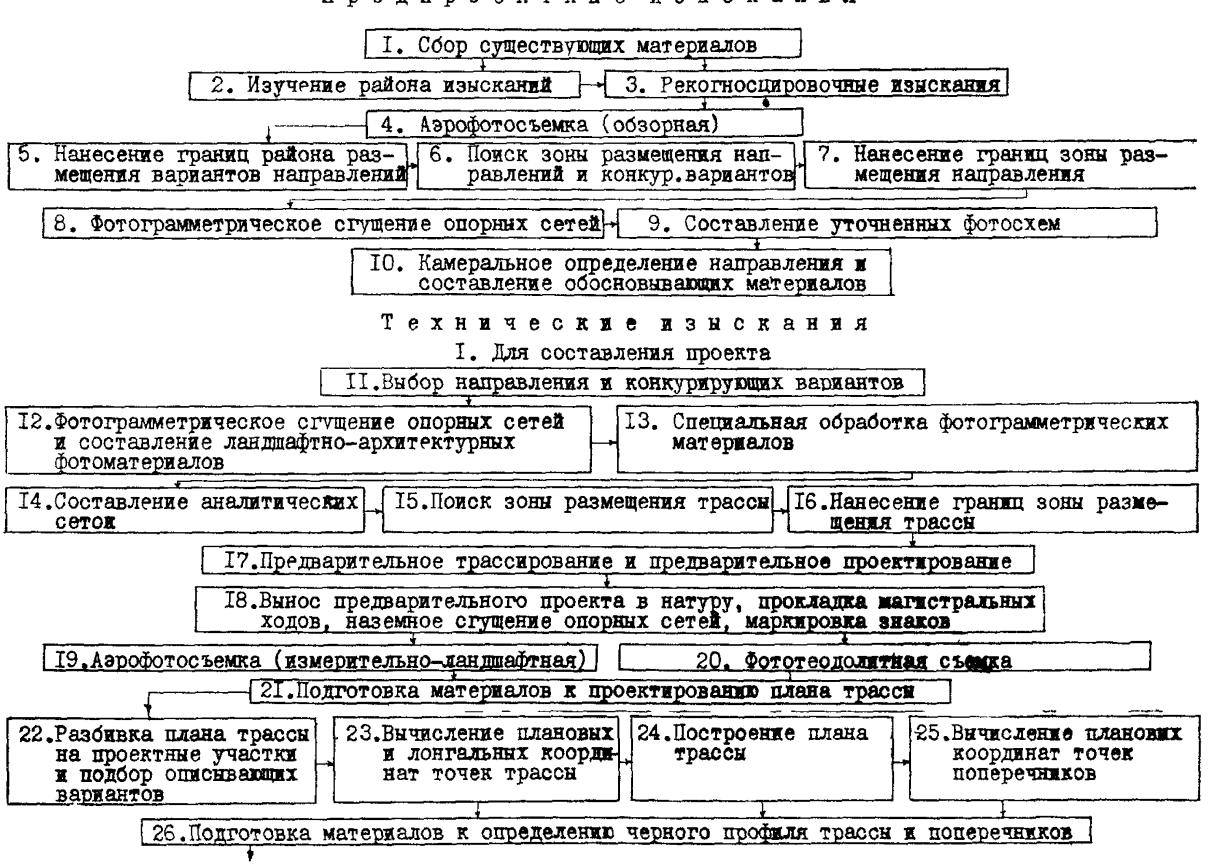
В первой части технологической схемы приоритет отдают изысканиям трассы по ландшафтно-архитектурным критериям, во втором — осуществляют расчет пространственных характеристик и взаимную геометрическую увязку частей трассы с анализом и оценкой полученного решения.

Методологической основой технологической схемы являются проективные преобразования, проводимые с фотограмметрическими материалами. Средством реализации ландшафтных принципов проектирования является фотограмметрия совместно с ЭВМ и периферийными устройствами.

Особенностями технологической схемы являются:

1) максимальное использование изобразительных качеств фотограмметрических материалов;

2) главным управляющим (психологическим) звеном является


П р е д п р о е к т н ы е и з ы с к а н и я
I. Сбор существующих материалов
2. Изучение района изысканий
3. Рекогносцировочные изыскания
4. Аэрофотосъемка (обзорная)
5. Нанесение границ района размещения вариантов направлений
6. Поиск зоны размещения направлений и конкур.вариантов
7. Нанесение границ зоны размещения направления
8. Фотограмметрическое сгущение опорных сетей
9. Составление уточненных фотосхем
I0. Камеральное определение направления и составление обосновывающих материалов
Т е х н и ч е с к и е и з ы с к а н и я
I. Для составления проекта
II.Выбор направления и конкурирующих вариантов
I2.Фотограмметрическое сгущение опорных сетей и составление ландшафтно-архитектурных фотоматериалов
I3. Специальная обработка фотограмметрических материалов
I4.Составление аналитических сеток
I5.Поиск зоны размещения трассы
I6.Нанесение границ зоны размещения трассы
I7.Предварительное трассирование и предварительное проектирование
I8.Вынос предварительного проекта в натуру, прокладка магистральных ходов, наземное сгущение опорных сетей, маркировка знаков
I9.Аэрофотосъемка (измерительно-ландшафтная)
20. Фототеодолитная съемка
2I.Подготовка материалов к проектированию плана трассы
22.Разбивка плана трассы на проектные участки и подбор описывающих вариантов
23.Вычисление плановых и лонгальных координат точек трассы
24.Построение плана трассы
25.Вычисление плановых координат точек поперечников
26.Подготовка материалов к определению черного профиля трассы и поперечников

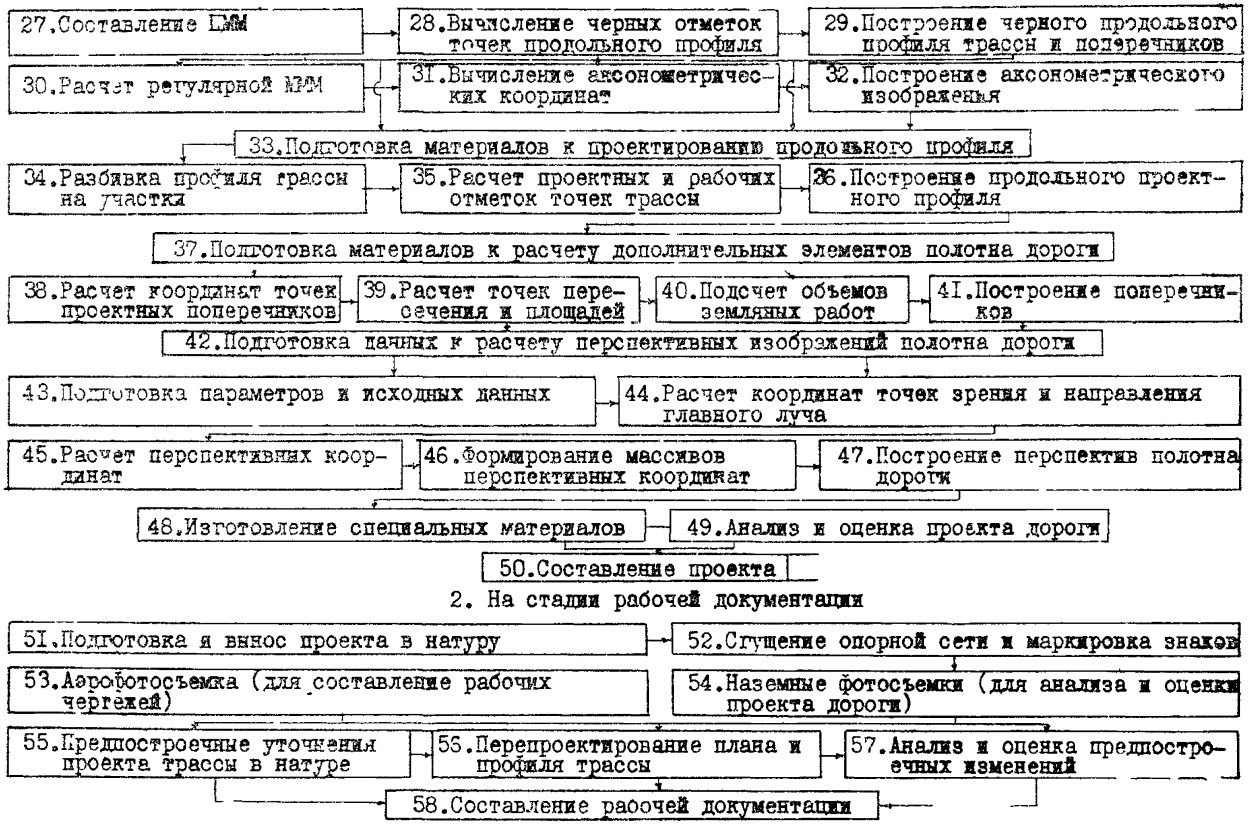


Рис. 17. Технологическая схема ландшафтного проектирования трассы автомобильной дороги с применением фотограмметрии, моделей местности и ЭВМ

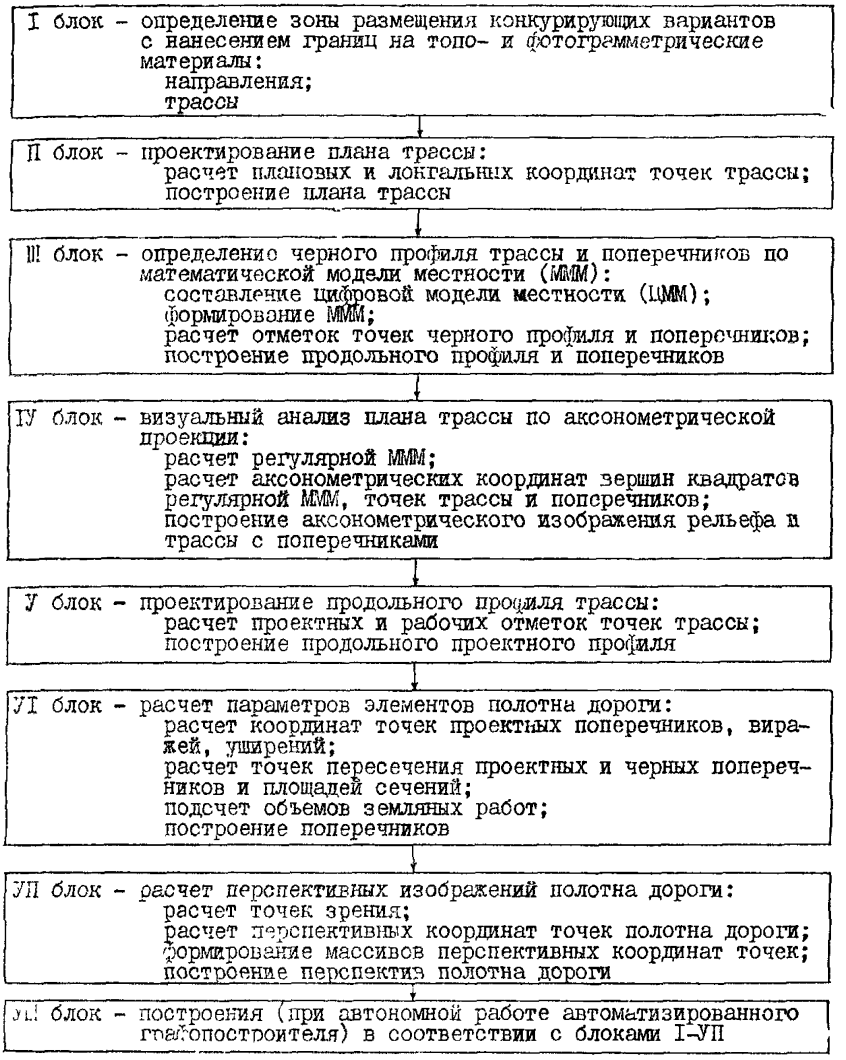


Рис. 18. Сводная технологическая блок-схема программы ландшафного проектирования трассы автомобильной дороги с применением фотограмметрии, моделей местности и ЭВМ.

человек, выполняющий роль экзаменатора по субъективным критериям; ЭВМ является средством автоматизации и оперативного анализа при решении и проверке метрических задач;

3) управление компонентами технологической схемы осуществляют по режиму разделения времени при определении приоритета работ компонента; наличие прямой и обратной связи как между средствами фотограмметрии и ЭВМ, периферийными устройствами, так и между блоками программы.

6.3. Осуществляют технологическую схему ландшафтного проектирования трассы автомобильной дороги в соответствии с указаниями, изложенными ниже.

Являясь спирально-циклической системой, технологическую схему реализуют в последовательности: сбор материала → изучение → подготовка к решению задачи → решение... В каждом очередном цикле идет более углубленный сбор и изучение сведений и материалов, тщательнее и конкретнее готовится решение задачи.

В соответствии с технологической схемой (см. рис. 17), содержанием работ, используемыми материалами и средствами ландшафтно-пространственное проектирование осуществляют в следующем порядке.

1. Сбор существующих материалов на район изысканий и проектируемый объект. Включает подборку материалов изысканий, приводимых в обосновывающих материалах, поиск планово-картографических, фотограмметрических и аэрофотосъемочных материалов в инспекциях госгеонадзора, областных отделах строительства и архитектуры, районных отделах землеустройства.

2. Изучение района изысканий. Выполняют по существующим материалам: картам, фотосхемам, специальным картам, схемам с дорожной сетью, мостами, паромами и другими средствами связи. Одновременно с изучением объема грузопотоков, выбором возможных направлений дороги по экономическим, погодным, геологическим и другим данным осуществляют геоморфологический анализ рельефа местности, выявляют типы и виды ландшафтов, выделяют его главные и второстепенные элементы.

Основным материалом являются карты масштабов 1:100000—1:10000, обзорные аэрофотоснимки — 1:40000—1:10000 и фотосхемы — 1:50000—1:25000.

В малообжитых районах осуществляют аэрообследования местности с помощью самолета Ан-2, вертолета Ка-26 с видео- или киносъемкой предполагаемых направлений дороги.

3. Рекогносцировочные изыскания зоны размещения конкурирующих вариантов и выбор возможных вариантов направлений являются результатом изучения и обследования местности в районе изысканий.

Цель рекогносцировочных изысканий — определение и нанесение границ района размещения вариантов направлений на карты, фотосхемы, мелкомасштабные аэрофотоснимки (рис. 19).

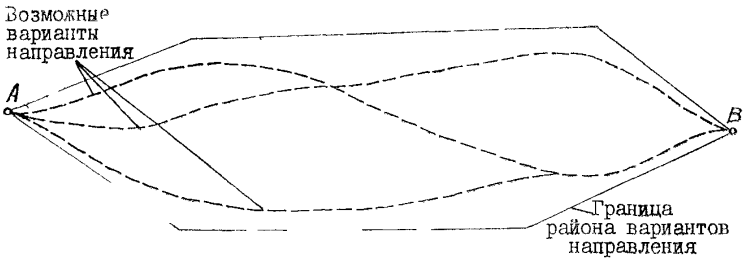


Рис. 19. Схема размещения вариантов направления.

4. Аэрофотосъемку (обзорную) с аэронивелированием по вариантам направлений выполняют для ландшафтно-пространственных и архитектурных изысканий. Используют АФА-42, АФА-41, АФА-ТЭ, АЩАФА-5, АФА-39, РА-39, АФА-МИИГАиК и другие с f=75—100 мм на равнине и f=100—350 — в горах.

Масштаб плановой аэрофотосъемки — 1:50000—1:10000. Перспективную, панорамную и конвергентную аэрофотосъемки на сложных участках равнинной местности выполняют с высоты H=800—1000 м, АФА — с f=200 мм и углами наклона $\alpha=\omega=25—85°$ При изысканиях курортных, туристских и парковых дорог, а также дорог в пригородных зонах крупных городов выполняют стереоперспективную съемку с помощью АФА-39 или РА-39, подвешенных на концах крыльев самолета. Перспективную аэрофотосъемку выполняют камерами с прямоугольным кадром размером 18×24 см. типа АФТ 21/1823. Время съемки — май—октябрь Фотопленки преимущественно черно-белые, для ландшафтных и архитектурных изысканий — цветные, геологических, почвенных и других специальных обследований — цветные спектрозональные.

Плановые аэрофотосъемки используют для составления контактных и проекционных фотосхем, остальные — для изысканий трассы, определения координат точек местности, ландшафтно-архитектурной проработки вариантов направлений и других целей

5. Нанесение границ района размещения вариантов и подготовка к поиску зоны размещения направлений. Используют фотосхемы, составленные из обзорных аэрофотоснимков масштаба 1:50000—1:25000, накидной монтаж, репродукции накидного монтажа, а также карты, дополненные информацией с аэрофотоснимков.

Подготовке к поиску зоны размещения направлений и составлению аналитических сеток предшествует нанесение на перечисленные материалы зон интенсивных грузовых и пассажирских перевозок, основных контрольных пунктов (населенных мест, промышленных объектов, мостов), планируемых мостовых переходов с примерной их стоимостью, мертвых зон, ценных земель, топографических, геологических, гидрологических и метеорологических условий, запасов строительных материалов, карьеров, а также опреде-

ление примерного объема работ и стоимости по различным вариантам направления и другие данные Определяют перечень факторов и ограничений (минимум стоимости строительства и т. д.) подлежащих учету, выбирают шаг сетки, распределяют факторы в укрупненных показателях по степени важности и назначают стоимостные коэффициенты. Направление сетки согласуют с предполагаемым направлением дороги (рис. 20).

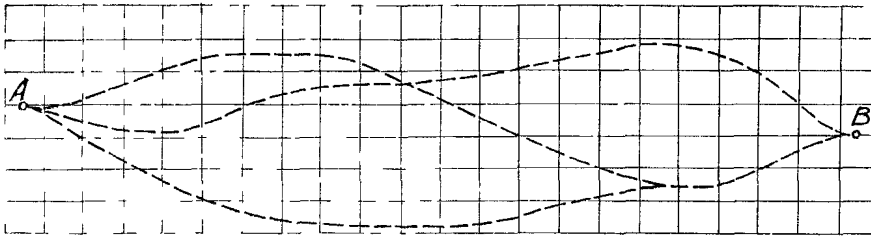


Рис. 20. Схема размещения аналитической сетки.

6 Поиск зоны размещения направления и конкурирующих вариантов выполняют на ЭВМ посредством суммирования стоимостных коэффициентов одноименных квадратов аналитической сетки, а при слабо выраженных условиях — суммированием стоимостных коэффициентов, возведенных в n-ную степень.

Зону размещения направления определяют минимальной суммой коэффициентов (рис. 21) Если получают два равнозначных варианта, то окончательное решение принимают при использовании дополнительных данных. Результаты счета выводят на печать с указанием основного варианта; конкурирующий выбирает проектировщик

7. Нанесение границ зоны размещения конкурирующих вариантов направления на карты и фотосхемы осуществляют вручную или с помощью графопостроителя. Сначала наносят трассу направления, а затем, установив ширину зоны, определяют ее границы.

8 Фотограмметрическое сгущение опорных сетей на мостовых переходах и сложных участках в пределах зоны размещения направления выполняют методом аналоговой или



Рис. 21. Зоны размещения основного и конкурирующего вариантов направления

аналитической фототриангуляции на трассе и аналитической (на ЭВМ) — на мостовых переходах и сложных участках. В отдельных случаях осуществляют наземное геодезическое сгущение опорных сетей или производят фототеодолитную съемку с последующим сгущением сетей методом аналитической фототриангуляции.

9. Составление уточненных фотосхем для камерального определения направления. Изготавливают контактные, уточненные или щелевые фотосхемы, стереофотосхемы в масштабе 1:25000—1:10000 на трассу и 1:5000 — на мостовые переходы и сложные участки. В качестве плановой основы используют материалы фотограмметрического и наземного сгущения. Горизонтали наносят с карт, а на сложных участках — рисовкой на стереоприборах (стереопроекторе, стереометрографе, стереографе) после фотограмметрического сгущения высотной сети с привязкой по картам крупного масштаба (не менее 1:25000).

10. Камеральное определение направления и составление обосновывающих материалов выполняют по картам, уточненным фотосхемам, стереофотосхемам, стереомоделям.

Сначала устанавливают контрольные пункты (мосты, пересечения, перевалы, фиксированные, плавающие и свободные элементы), наносят зону предельного варьирования, формулируют архитектурный стиль дороги и характер трассирования, оформления и вписывания в ландшафт, наносят границы ландшафтных бассейнов, выбирают план и профиль трассы, определяют тип, размеры и стоимость сооружений, примерные объемы работ, строительные и эксплуатационные расходы по вариантам, выявляют сложные участки, подлежащие дополнительному обследованию.

План трассы на картах и фотосхемах наносят с помощью шаблонов, профиль строят с помощью автоматизированного графопостроителя или специального координатографа-профилографа.

11. Выбор направления и конкурирующего варианта осуществляют в результате анализа и сравнения вариантов по материалам камерального трассирования в укрупненных показателях, полученных на предпроектном этапе. При этом основными сравниваемыми показателями являются: объем работ, стоимость строительства и эксплуатации, стоимость земель и другие.

12. Фотограмметрическое сгущение опорных сетей и составление ландшафтно-архитектурных фотограмметрических материалов: уточненных фотосхем, фотопланов, ортофотопланов на зону размещения выбранного направления.

Применяется аналитическая (на ЭВМ) маршрутная фототриангуляция на трассе и блочная — на мостовых переходах и сложных участках. Основной опорной сетью служат существующие геодезические пункты. На мостовых переходах и сложных участках а также при отсутствии геодезических пунктов на трассе выпол-

няют геодезическое и фотограмметрическое сгущение опорной сети с использованием светодальномеров и фототеодолитов.

Ландшафтно-архитектурные фотограмметрические материалы составляют в масштабе 1:25000—1:10000 на трассу и 1:5000 — на мостовые переходы и сложные участки. При этом уточненные фотосхемы и фотопланы составляют путем монтажа известными способами, ортофотопланы — на стереоприборах, обеспеченных ортофотоприставками. Рельеф на уточненные фотосхемы и фотопланы масштаба 1:25000 наносят с карт того же масштаба, на фотопланы масштаба 1:10000 — с помощью стереоприборов. При составлении уточненных фотосхем и фотопланов в масштабе 1:25000 допускают 2—4-кратное увеличение аэрофотоснимков при фототрансформировании. В отдельных случаях составляют мозаичные и анаглифические фотосхемы, фотокарты. Для получения метричных материалов конвергентные и перспективные аэрофотоснимки подвергают аффинному преобразованию.

13. Специальная обработка фотограмметрических материалов включает нанесение на ландшафтно-архитектурные материалы (ландшафтно-архитектурный фотоплан, рис. 22) территорий, не пригодных для строительства дороги (мертвых зон), ценных земель, населенных и контрольных пунктов, фиксированных, плавающих и свободных элементов, почвенно-грунтовых, геологических, гидрологических и других условий границ ландшафтных бассейнов, ландшафтные элементы, определение главных осей, центров и других элементов архитектурной композиции, выявление доминант, видовых площадок, мест отдыха, исторических мест, заповедников, назначение строительства автобусных остановок, дорожных кафе, ресторанов, кемпингов и других сооружений.

Одновременно на трассе по участкам определяют объемы земляных работ, контролируют технические параметры, уклоны поверхности.

Указанные топографические, ландшафтно-архитектурные и строительные элементы наносят в условных знаках на фотосхему, фотоплан, ортофотоплан, которые и являются информационной основой при ландшафтно-пространственном изыскании.

При специальной обработке фотограмметрических материалов используют топографические, геологические, почвенные и другие карты, аэрофотоснимки, материалы специальных обследований, аэронивелирования. Широко используют снимки, а также стереомодели, восстанавливаемые по плановым, перспективным и конвергентным аэрофотоснимкам, фототеодолитным снимкам, в процессе подготовки которых выполняют их фототрансформирование, на сложные участки изготавливают фоторисунки.

14. Составление аналитических сеток на зону размещения выбранного (основного) направления с целью определения зоны размещения трассы и ее конкурирующих вариантов выполняют как и в п. 5, но в более конкретной форме. При этом количество условий и ограничений увеличивают, а стоимостные

коэффициенты для мертвых зон и других наиболее важных факторов могут быть специально изменены. Шаг сетки устанавливают в зависимости от масштаба планового материала, но он должен обеспечить ввод в ЭВМ информации об участках местности с минимальной площадью. Квадраты сетки с контрольными пунктами и фиксированными элементами оценивают как наиболее благоприятные для прокладки трассы.

15. Поиск зоны размещения трассы и конкурирующих вариантов выполняют на ЭВМ так же, как в п. 6.

16. Нанесение границ зоны размещения трассы и конкурирующих вариантов на ландшафтно-архитектурные фотограмметрические материалы (фотосхемы, фотопланы, ортофотопланы) осуществляют вручную или с помощью графопостроителя. Оптимальную зону выделяют изолиниями или иллюминируют (рис. 22).

17. Предварительное трассирование включает определение воздушной линии и ландшафтное изыскание. Выполняют по ландшафтно-архитектурным фотограмметрическим материалам, стереомоделям, фотоперспективам, фотопанорамам, стереофотоперспективам. Для восстановления физической стереомодели используют стереофотопроектор или другой проецирующий прибор. Применяют обзорные совмещенные аэрофотоперспективы (рис. 23, 24), стереомакеты.

Предварительное проектирование включает составление плана и профиля трассы на универсальном стереоприборе с профилографом или на графопостроителе по данным, полученным с помощью стереокомпаратора. Обязательна планово-высотная привязка и уравнивание фотограмметрического хода, проложенного по трассе дороги.

Для укладки трассы на фотосхеме, фотоплане применяют шаблоны, гибкие линейки.

18. Вынос предварительного проекта в натуру осуществляют одновременно с прокладкой магистральных ходов, наземным сгущением опорных сетей на сложных участках и маркировкой знаков. Работу выполняют с помощью теодолитов, контрольные измерения — с помощью светодальномеров и электронных тахеометров.

Наземное сгущение опорных сетей, как правило, выполняют геодезическими методами. В условиях гор, на мостовых переходах и других сложных участках применяют фототеодолитную съемку, по материалам которой составляют планы и профили.

19. Аэрофотосъемка (измерительно-ландшафтная) для пространственно-ландшафтного проектирования и составления рабочих чертежей (в простых условиях). Выполняют плановую измерительную аэрофотосъемку в масштабе 1:15000—1:5000 на трассе и 1:10000—1:4000 — на мостовых переходах и сложных участках. Используют АФА с $f=75$—100 мм на равнине и $f=100$—200 мм — в горах. В сложных условиях дополнительно производят перспек-

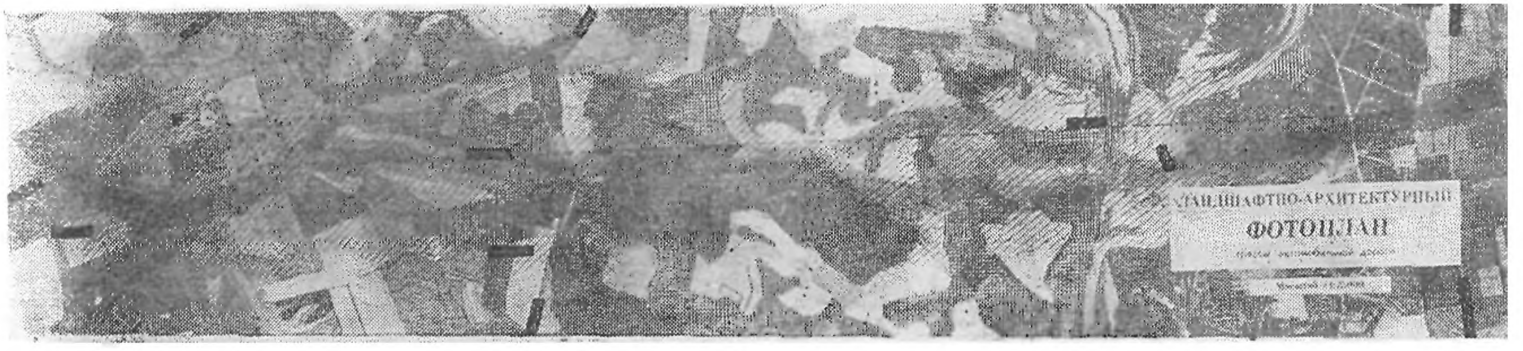


Рис. 22. Образец ландшафтно-архитектурного фотоплана трассы автомобильной дороги.



Рис. 23. Образец совмещенной аэрофотоперспективы автомобильной дороги.



Рис. 24. Образец совмещенной аэрофотоперспективы мостового перехода.

тивную аэрофотосъемку по трассе в обе стороны, а также панорамную через боковой люк самолета с маршрута, проложенного параллельно трассе, с $H=400—500$ м, $\alpha=\omega=25—85°$, АФА с $f=200$ мм. Время съемки в местах, залесенных лиственными породами, — апрель — июнь, в остальных — допускается сентябрь — октябрь. В условиях высокой снегозаносимости производят зимнюю аэрофотосъемку (январь — февраль).

Плановые аэрофотосъемки выполняют на черно-белой и спектрозональной фотопленке, перспективные и панорамные — на цветной.

20. Фототеодолитную съемку (в условиях гор и мостовых переходов) выполняют для составления планов, фронтальных фотопланов, планово-высотного обоснования аэрофотоснимков, сгущения опорной сети, фотограмметрических измерений, построения перспектив и стереоперспектив, изготовления совмещенных фотоперспектив.

Одновременно на сложных участках трассы выполняют измерительные и наблюдательные стереосъемки, кино- и стереокиносъемки, архитектурные зарисовки.

Для фототриангуляции и фотограмметрических съемок используют фототеодолиты Photheo 19/1318, для составления планов, перспектив, стереоперспектив, изготовления совмещенных фотоперспектив — камеры типа АФТ 21/1823, позволяющие производить съемку на фотопленку.

21. Подготовка материалов к проектированию плана трассы автомобильной дороги включает составление уточненных фотосхем и фотопланов, трассирование и нанесение на фотоматериалы.

Для проектирования трассы составляют уточненные фотосхемы, ортофотосхемы, фотопланы (рис. 25), ортофотопланы, фотокарты (ситуационные) с горизонталями в масштабе 1:10000 в равнинных условиях и 1:2000 — в горах. На мостовые переходы и сложные участки составляют фотопланы в масштабе 1:2000—1:1000 (рис. 26), на пересечения — фотопланы в масштабе 1:1000—1:500 (рис. 27).

Планово-высотной основой служат опорные сети, создаваемые наземным и фотограмметрическим сгущением с помощью ЭВМ.

На фотосхемы горизонтали не наносят. На фотопланах их строят с помощью универсальных стереоприборов или копируют с плана. Для этого горизонтали, предварительно нанесенные на специальную пленку или стекло на стереоприборе путем гравирования, впечатывают на фотоплан при фототрансформировании снимков.

Трассирование* в пределах зоны размещения осуществляют фотограмметрическим или другим способом. На планы и карты трассу автомобильной дороги наносят с помощью шаблонов и

---

* Руководство по применению фотограмметрических методов при ландшафтном проектировании автомобильных дорог. Воронеж, 1980.

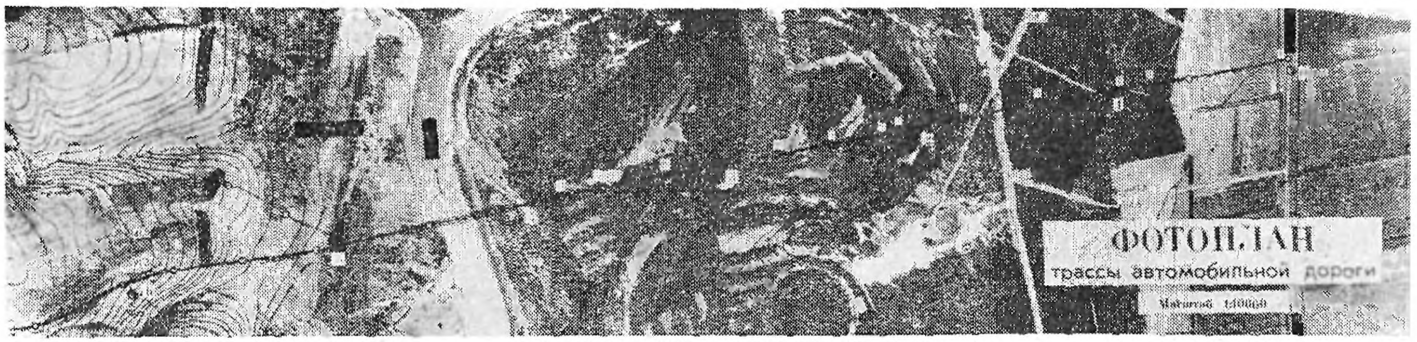


Рис. 25. Образец фотоплана трассы автомобильной дороги.

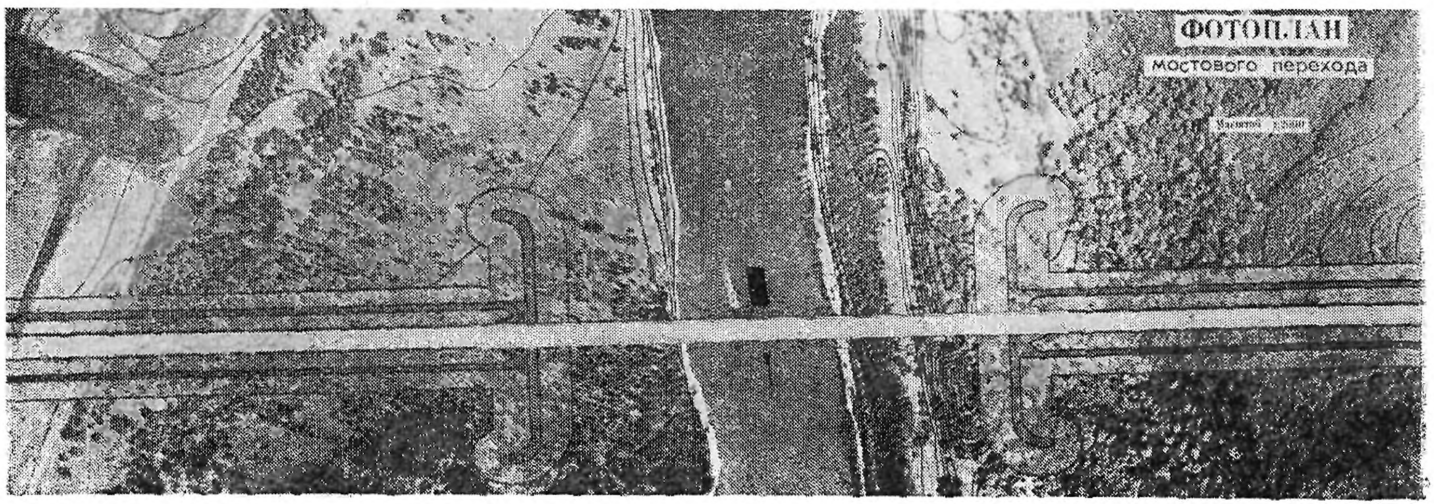


Рис. 26. Образец фотоплана мостового перехода.

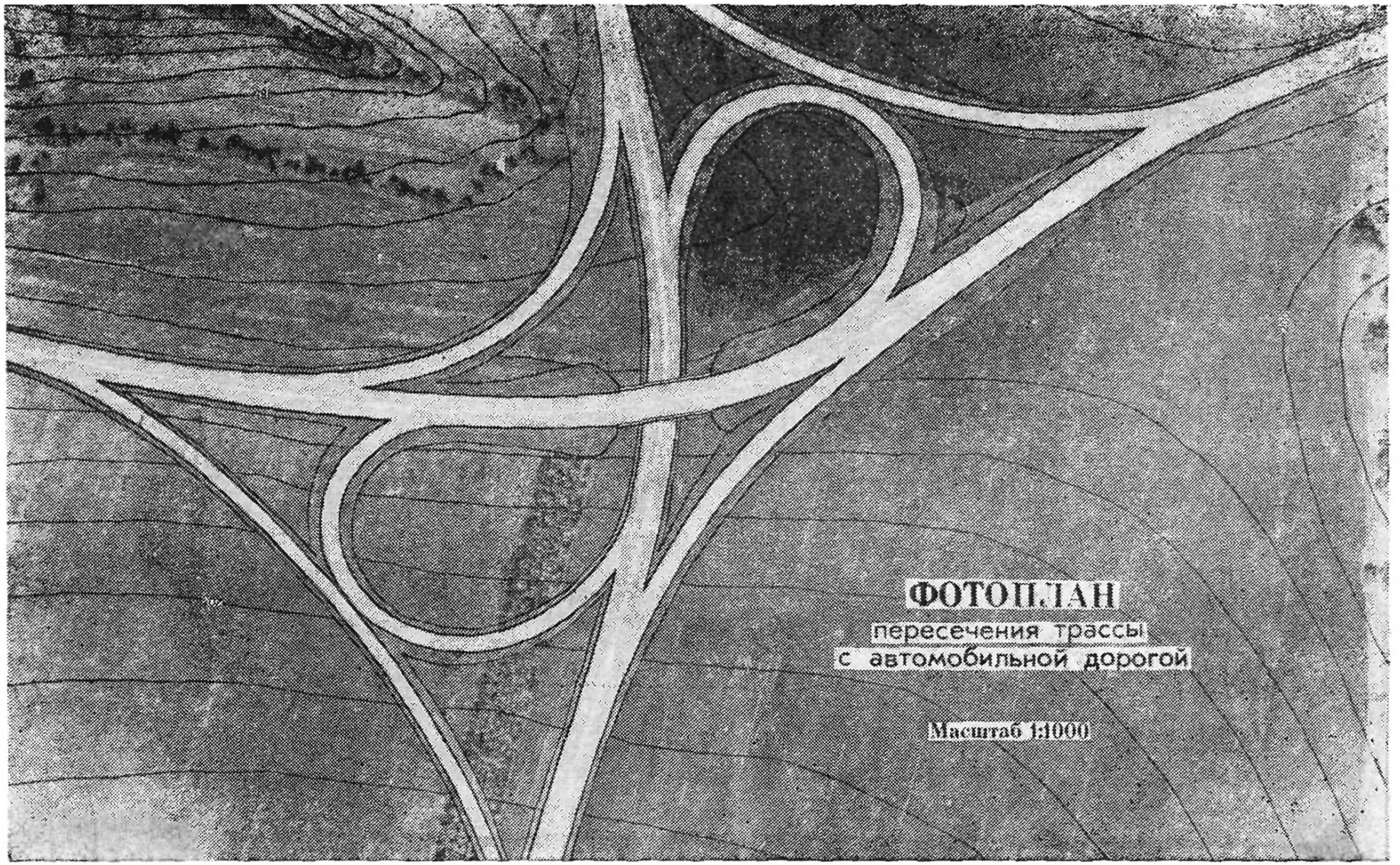


Рис. 27. Образец фотоплана пересечения трассы с автомобильной дорогой.

гибких линеек. Одновременно определяют количество и размеры поперечных профилей.

22. Разбивка плана трассы на проектные участки и подбор описывающих вариантов. Включает деление трассы на участки, в пределах которых подбирают варианты набора аппроксимирующих элементов для описания плана, и определение их исходных параметров.

Описывающие варианты составляют из различных сочетаний дуг окружностей, клотоид и прямых вставок при фиксированной и плавающей точке касания прямой и кривой, с закруглениями по переходным кривым и круговым вставкам, с фиксированным или плавающим центром кривой вставки и т. д.

Исходные параметры описывающих вариантов устанавливают, исходя из характера плана трассы, построенного на фотосхеме или фотоплане.

23. Вычисление плановых и лонгальных* координат точек трассы. Выполняют на ЭВМ в соответствии с математическим обеспечением по описывающим вариантам.

Анализ, оценку и изменение участков трассы производят визуально с помощью дисплея, обеспеченного световым пером, или после построения плана трассы на графопостроителе.

24. Построение плана трассы на графопостроителе осуществляют в процессе вычислений координат точек трассы или после него. План трассы наносят на уточненную фотосхему (фотоплан), изготовленную на матовой фотобумаге. На плане обозначают исходные и рассчитанные параметры элементов описывающих вариантов.

25. Вычисление плановых координат точек поперечников осуществляют на ЭВМ одновременно с расчетом или после построения и анализа всего плана трассы. Одновременно с вычислением координат на план трассы наносят и поперечники.

26. Подготовка материалов к определению черного профиля трассы и поперечников. Работа включает выбор математической модели местности (МММ) в результате анализа рельефа местности по картам и планам, уточнение границ зоны составления цифровой модели местности (ЦММ) по фотосхеме, фотоплану, нанесение их на рабочие аэрофотоснимки (диапозитивы).

27. Составление ЦММ по стереомодели выполняют на автоматизированном стереокомпараторе, универсальном стереоприборе с координатором или регистрирующим устройством (АРУ). Вычисляют координаты в условной или геодезической системе. Объем выборки задается, исходя из условия: количество исходных точек должно удовлетворять точности измерения, а границы ЦММ — определять зону варьирования будущей трассы.

Особое внимание обращают на выделение границ аномальных зон рельефа (оврагов и других резких перепадов высот рельефа

* Линейные координаты, отсчитываемые от начала трассы.

местности). При сильно расчлененном рельефе случайные, равномерно распределенные точки дополняют экстремальными точками и точками, расположенными на структурных линиях рельефа.

Формируют МММ по схеме: массив → участок → точка. Зона МММ делится на участки, длина которых определяется количеством точек выборки, возможностью ЭВМ и характером рельефа. Для стыковки участки перекрывают на величину радиуса окружности, ограничивающей зону интерполирования. Точки, определяющие аномальные зоны и другие особенности рельефа, выделяют в отдельные массивы.

28. Вычисление черных отметок точек продольного профиля и поперечников трассы по МММ выполняют на ЭВМ в соответствии с математическим обеспечением. Анализ и оценку профиля трассы делают с помощью дисплея.

29. Построение черного продольного профиля трассы и поперечников на графопостроителе выполняют в процессе вычисления координат точек или после него.

Для построения продольного профиля составляют уточненную фотосхему, на которую наносят трассу со всеми данными. Элементы ситуации вычерчивают в условных знаках (рис. 28). Оформляют профиль в соответствии с существующими требованиями. Масштаб 1:5000—1:500 на равнине и 1:2000—1:200 — в горах.

30. Расчет регулярной МММ на ЭВМ для последующего вычисления аксонометрических координат. Состоит в переходе от случайно-равномерного распределения исходных точек к регулярному — квадратному. Шаг сетки выбирают в зависимости от сложности рельефа. Очевидно, чем меньше шаг сетки, тем выразительнее будет аксонометрическое изображение рельефа.

31. Вычисление аксонометрических координат вершин квадратов регулярной МММ, точек трассы и ее поперечников на ЭВМ включает определение плановых координат и высот точек, расположенных в вершинах квадратов с заданным шагом, и плановых координат и высот точек трассы и поперечников; вычисление всех координат в системе графопостроителя (картинных координат).

Система координат МММ сохраняется, условный горизонт аксонометрической модели местности (АММ) принимается равным минимальной высоте точки участка.

32. Построение аксонометрического изображения рельефа местности и трассы с поперечниками на графопостроителе выполняют одновременно с вычислением аксонометрических координат (рис. 29) или после.

33. Подготовка материалов к проектированию продольного профиля включает предварительное (графическое) проектирование его с помощью шаблонов и гибких линеек, выполняемое на черном профиле в пределах заданных технических параметров. Одновременно определяются исходные параметры элементов, описывающие проектный профиль.

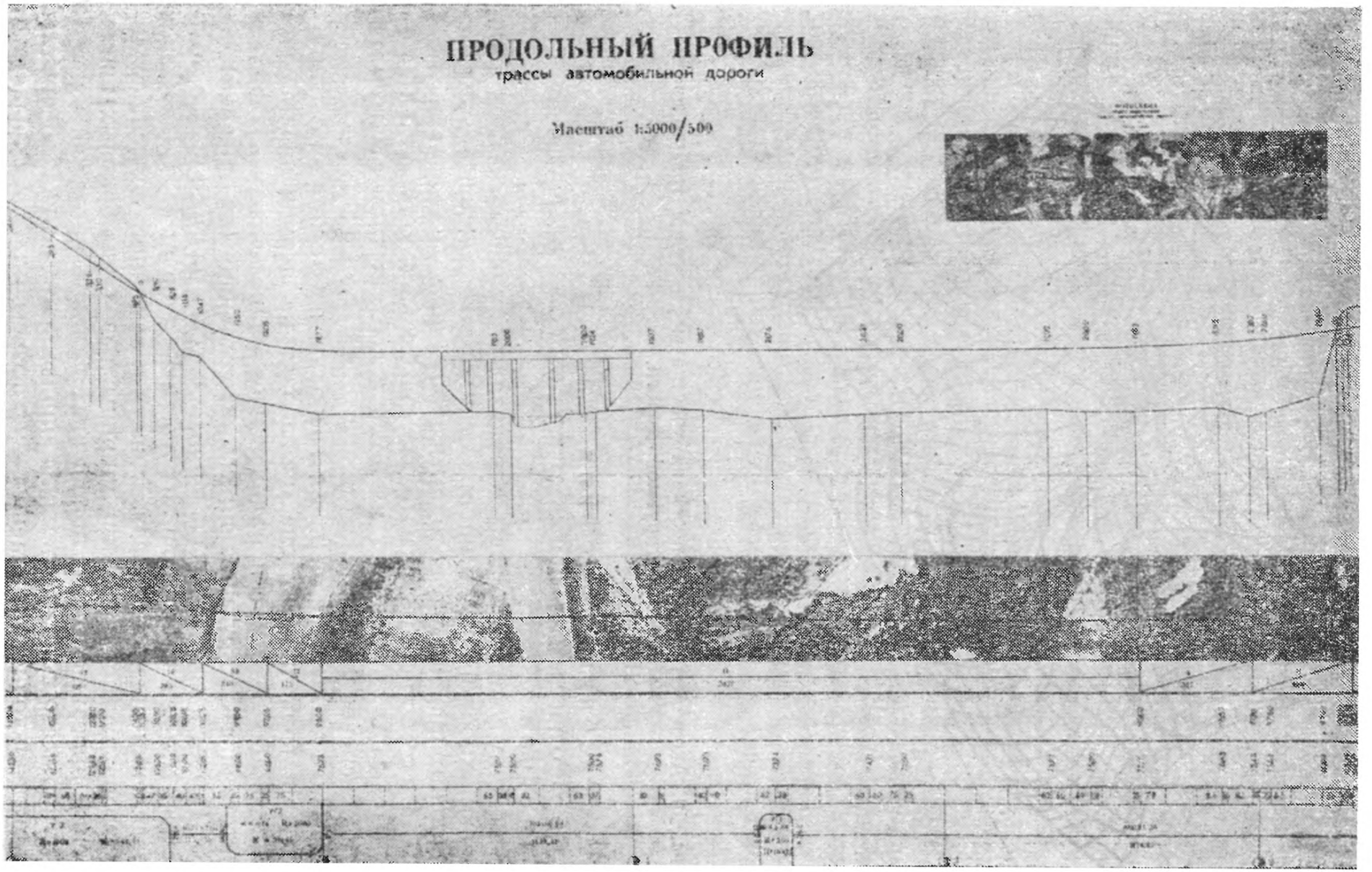


Рис. 28. Образец продольного профиля трассы автомобильной дороги.

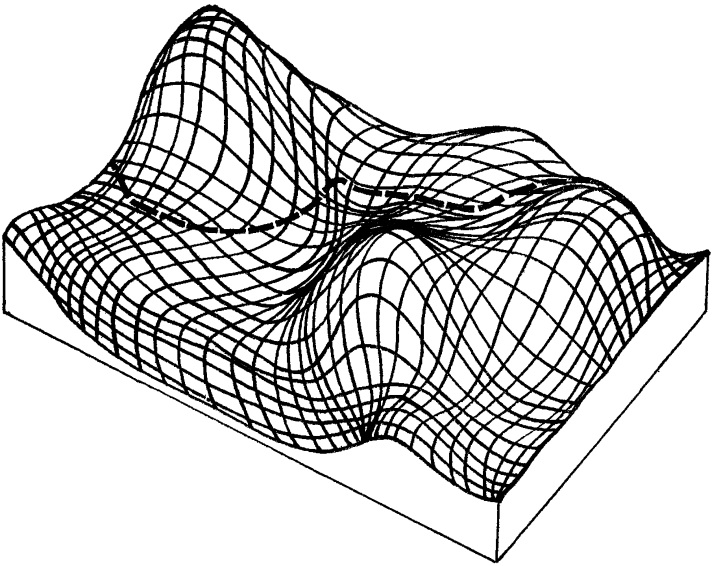


Рис. 29 Аксонометрическая проекция участка местности и трассы проектируемой дороги.

34. Разбивка профиля трассы на участки, подбор описывающих вариантов и расчет их параметров.

Величину участка трассы определяют в зависимости от рельефа, возможностей ЭВМ и набора стандартных элементов, аппроксимирующих профиль по исходным параметрам

35. Расчет проектных и рабочих отметок точек трассы выполняют на ЭВМ в соответствии с математическим обеспечением.

36. Построение продольного проектного профиля на графопостроителе производят на черном продольном профиле. Рабочие отметки надписывают на проектном профиле в соответствии с инструкцией по его оформлению (см. рис. 28).

37. Подготовка материалов к расчету дополнительных элементов полотна дороги заключается в определении ширины проезжей части и земляного полотна, уклонов откосов насыпи и выемки, ширины и глубины боковых канав, уширений проезжей части, поперечных уклонов проезжей части и других параметров. Одновременно определяют количество проектных поперечников и их размещение по трассе.

38. Расчет координат точек проектных поперечников, виражей, уширений и других параметров выполняют на ЭВМ:

1) для каждой точки трассы;

2) только в характерных точках трассы, для которых определены черные поперечники.

39. Расчет точек пересечения проектных и черных поперечников сводится к определению на ЭВМ координат точек пересечения проектных и черных поперечных профилей для последующего расчета площадей поперечного сечения земляного полотна.

40. Подсчет объемов земляных работ выполняют на ЭВМ по способу поперечников, площади сечения которых рассчитывают ранее. Расстояние между поперечниками устанавливают, исходя из условий местности.

41. Построение поперечников на графопостроителе выполняют для их анализа, проверки расчетов и последующего составления рабочих чертежей.

42. Подготовка данных к расчету перспективных изображений полотна дороги включает определение цели перспективных построений, подбор аэро- и наземных фотоснимков к составлению совмещенных фотоперспектив, определение участков трассы для анализа, выбор поверхности построения и проецирования, способа восстановления физической стереомодели, выбор точек зрения и рамы сосредоточенного внимания (РСВ).

43. Подготовка параметров и исходных данных заключается в подборе поперечников, которые будут использованы при построении перспектив, определении способа задания точек зрения и других параметров.

44. Расчет координат точек зрения и направления главного луча выполняют на ЭВМ в соответствии с математическим обеспечением.

45. Расчет перспективных координат включает вычисление координат точек, ограничивающих поле картины и контуры изображаемого участка полотна дороги.

Перспективные координаты точек вычисляют в системе координат плоскости или фотоснимка, расстояние которых от точки зрения согласуют с фокусным расстоянием фотокамеры.

46. Формирование массивов перспективных координат точек, определяющих трассу, полотно дороги, бровки проезжей части, бровки земляного полотна, дно кювета и другие элементы дороги, состоит в распределении на ЭВМ точек с координатами для последовательного построения перспективы по элементам.

47. Построение перспектив полотна дороги на графопостроителе. Работа включает составление перспектив на бумаге (рис. 30), фотоперспективах или гравирование на специальной пленке (стекле) для последующего изготовления масок и впечатывания перспектив на одноименные фотоперспективы.

Анализ сложных участков по перспективам выполняют на

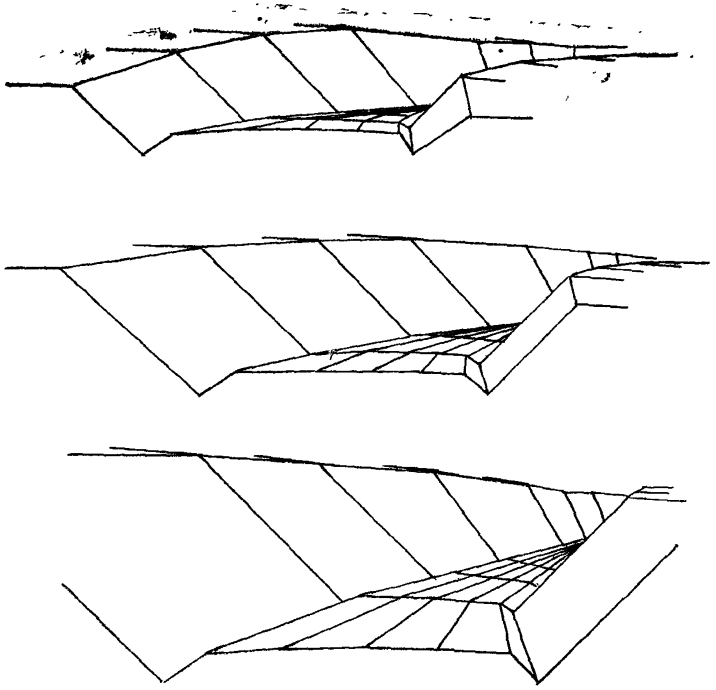


Рис. 30. Перспективы проектируемой дороги.

экране дисплея в процессе расчета перспективных координат, для анализа и оценки всей трассы снимают фильм с экрана дисплея или по перспективам, построенным на графопостроителе.

48. Изготовление специальных материалов включает *изготовление аэро- и наземных* фотоперспектив, фотопанорам, моделей, макетов, стереомакетов, фильмов и других наглядных построений на сложные участки трассы.

Работа включает подбор фотоснимков, определение способа составления, расчет параметров и фототрансформирование.

Изготавливают, как *правило, совмещенные наземные* фотоперспективы сложных участков автомобильной дороги (рис. 31), мостовых переходов (рис. 32), используют также обзорные аэрофотоперспективы, составленные ранее (см. рис. 23—24).

На сложные участки при близких условиях конкурирующих вариантов трассы составляют фотопанорамы (*рис.* 33) с нанесением дополнительных данных: радиусов кривых, уклонов, углов поворота и других сведений.

Фильмы могут быть получены с *экрана дисплея в процессе проектирования*, с перспектив, построенных на графопостроителе, с моделей и макетов. Для получения фильма перспективы строят

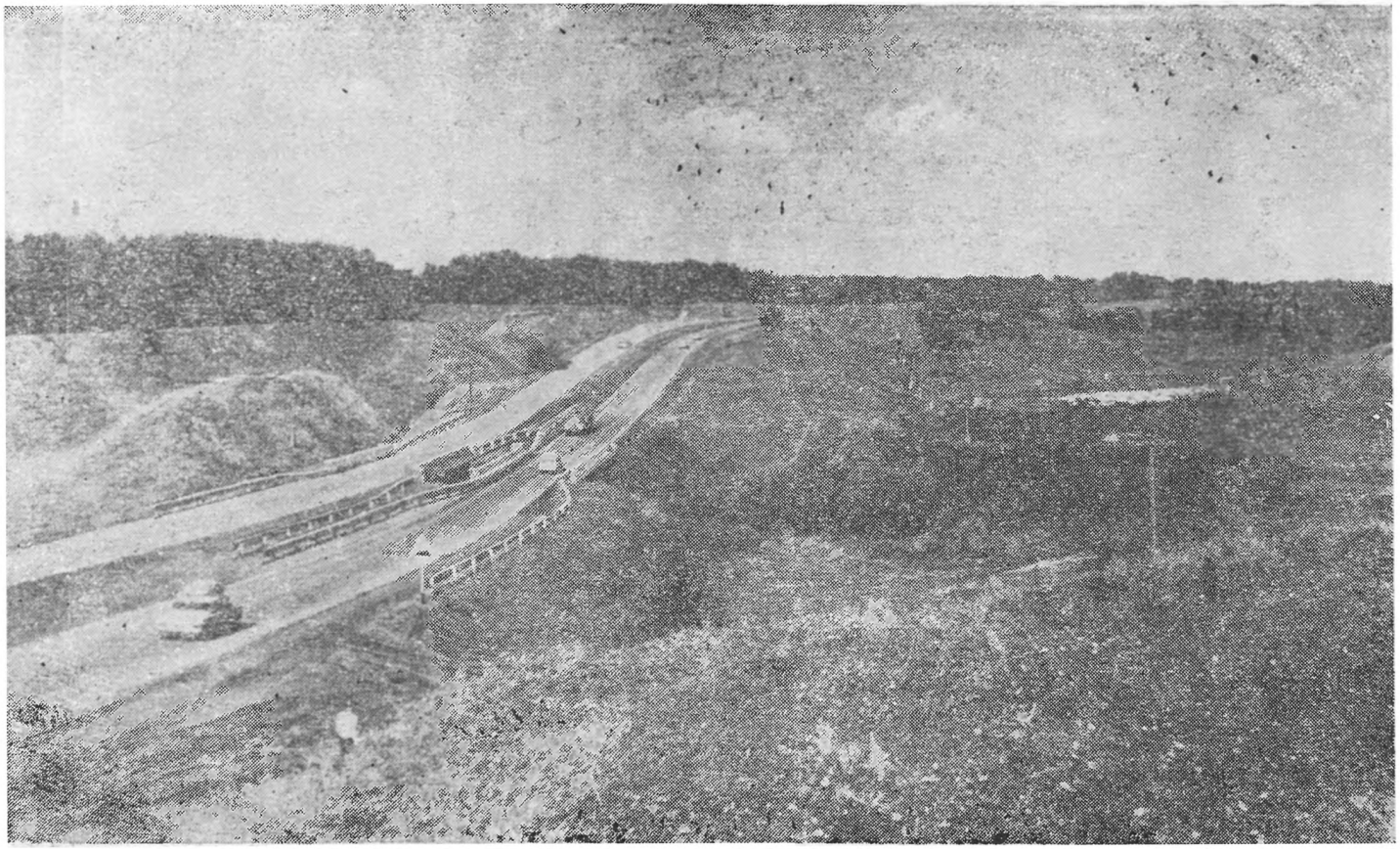


Рис. 31. Образец проекта реконструкции автомобильной дороги.

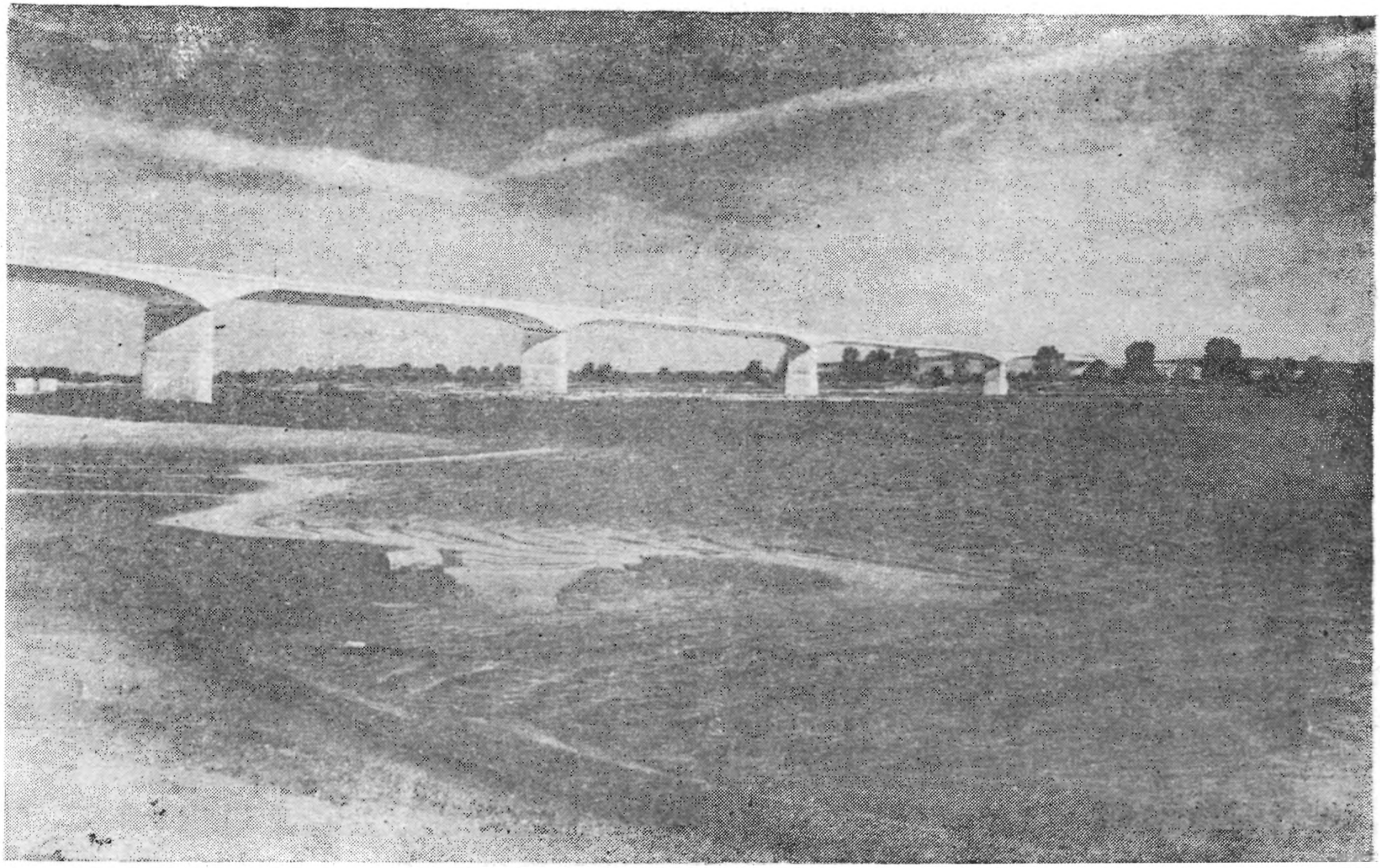


Рис. 32. Образец проекта моста.

через шаг, обеспечивающий геометрическую связь между кадрами при просмотре.

49. Анализ и оценку проекта дороги выполняют по всему материалу, составленному в процессе изысканий и проектирования: фотосхемам, фотопланам, профилям, аэро- и наземным совмещенным фотоперспективам, стереофотоперспективам, фотопанорамам, моделям, макетам, стереомакетам, фильмам и другим данным.

При анализе восстанавливают экранные (физические) стереомодели сложных участков с помощью проецирующих аппаратов, стереофотопроекторов.

Оценивают качество пространственной укладки трассы, геометрическую увязку между собой элементов трассы, полноту учета психофизиологических критериев, проверяют отсутствие технических и зрительных неожиданностей, современное раскрытие условий движения, отсутствие оптических искажений — «обмана зрения» и эстетических критериев (раскрытие красоты ландшафта), а также архитектурного проектирования (дополнения и улучшения существующего ландшафта посадкой деревьев и кустарников, строительством искусственных сооружений и т. д.).

В процессе визуального анализа дороги, расположенной на дальнем плане, следует учитывать значительное отличие линейной перспективы, полученной фотографированием и перцептивной перспективы, воспринимаемой человеком в натуре.

50. Составление проекта осуществляют в соответствии с утвержденным составом (эталоном проекта).

В качестве обязательного материала составляется фотосхема общего расположения трассы автомобильной дороги в масштабе 1:100000—1:50000 (рис. 34).

51. Подготовку и вынос *проекта в натуру* при предпостроечных изысканиях осуществляют по фотограмметрическим материалам (по контурам или с помощью дополнительных геодезических измерений — в бесконтурной местности) и по геодезическим данным.

При подготовке рассчитывают *углы, длины линий, направления*, координаты точек зрения перспектив, дешифрируют и привязывают точки трассы по фотопланам, фотоснимкам, стереомоделям.

При выносе проекта в натуру используют существующие и вновь прокладываемые магистральные ходы. Обязательны контрольные измерения, привязка к *пунктам геодезической* сети, уравнивание ходов и т. д. Инструментами служат теодолиты, нивелиры, гиротеодолиты, мерные инструменты, светодальномеры, радиодальномеры.

52. Сгущение опорной сети и маркировка знаков трассы, опорной сети и магистральных ходов выполняют в сложных условиях и при мелком масштабе измерительно-ландшафтной аэрофотосъемки. Применяют способы засечек и проложения теодолитных ходов. Опознаками могут служить хорошо выраженные контурные точки местности.

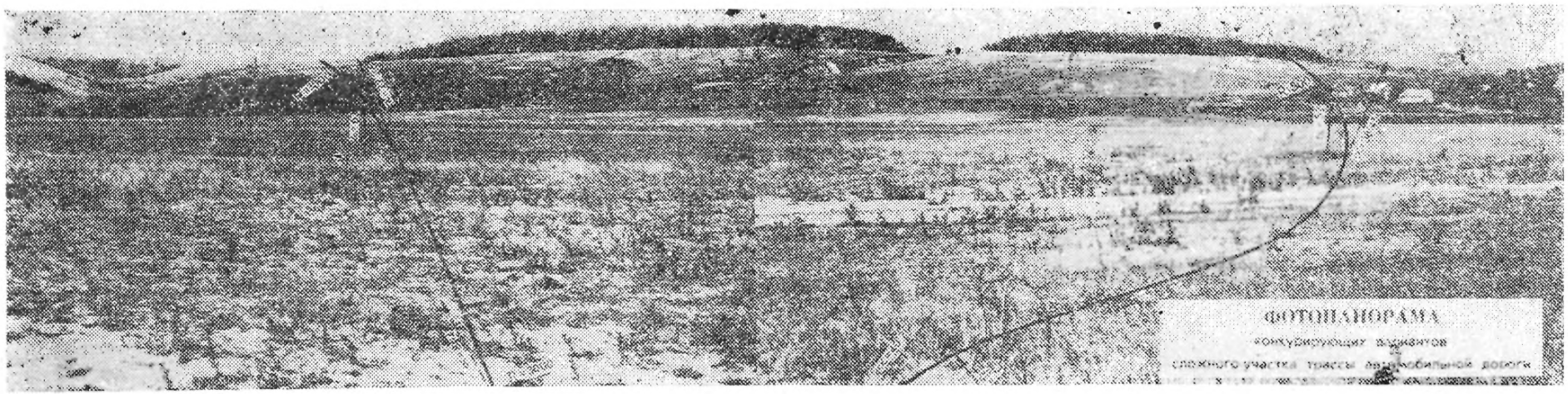


Рис. 33. Образец фотопанорамы конкурирующих вариантов сложного участка трассы автомобильной дороги.



Рис. 34. Образец фотосхемы общего расположения трассы автомобильной дороги.

53. Аэрофотосъемку трассы для составления рабочих чертежей выполняют в сложных условиях и при мелком масштабе измерительно-ландшафтной аэрофотосъемки. Масштаб аэрофотосъемки 1:10000—1:4000 на трассе и 1:5000—1:2000 — на мостовых переходах и сложных участках. Применяют АФА с f=75—100 мм на равнине и f=100—200 мм — в горах. Маршруты прокладывают по трассе по кривым линиям, при больших углах поворота — прямыми отрезками. Время съемки — апрель — июнь, в открытой местности допускается сентябрь — октябрь. Фотопленка, как правило, черно-белая, в отдельных случаях цветная или цветная спектрозональная.

54. Наземные фотосъемки сложных участков для анализа и оценки полученного проекта выполняют как с точек зрения перспектив, рассчитанных на ЭВМ, так и с мест, определяемых при уточнении трассы для обоснования изменений.

Применяют фототеодолит, стереофотопроектор, фотоаппарат, для съемки фильма — кинокамеру типа «Конвас». Изготавливают перспективы и стереоперспективы, фото- и стереофоторисунки.

55. Предпостроечные уточнения проекта трассы в натуре включают отдельные изменения участков трассы их детальную разбивку.

56. Перепроектирование плана и профиля трассы, расчет параметров дополнительных элементов и перспективных изображений выполняют на ЭВМ.

57. Анализ и оценку предпостроечных изменений осуществляют так же, как и в п. 49, с использованием фотограмметрических материалов, полученных при уточнении трассы.

Учитывая незначительную величину участков, подлежащих изменениям, используют материалы и восстанавливают стереомодели по фотоснимкам, полученным как фотограмметрическими камерами, так и обычными фотоаппаратами.

58. Составление рабочей документации включает изготовление фотопланов и планов с помощью универсальных стереоприборов и графопостроителей в масштабе 1:5000—1:1000 на трассу и 1:2000—1:500 — на мостовые переходы и другие сложные участки, которые используют в качестве топографической основы для составления рабочих чертежей дороги, искусственных сооружений, строительных площадок и других объектов в масштабе 1:2000—1:500.

6.4. Особенности применения фотограмметрии при ландшафтном проектировании больших мостовых переходов обусловлены площадным характером территории их размещения, сложностью условий, высокой концентрацией инженерных сооружений при большой стоимости строительства. В связи с этим при проектировании мостовых переходов требуется более разнообразная, полная и точная информация об условиях проектирования. Для этого дополнительно выполняют широкие геологические, гидрологические и гидрометрические обследования, изыскивают резервы, запасы строительных материалов, изу-

чают вопросы судоходства, сплава, охраны окружающей среды, рассматривают различные варианты мостовых переходов на моделях, макетах, выполняют глубокий экономический анализ.

Особое место отводится ландшафтно-архитектурной проработке проекта мостового перехода с целью его гармонической увязки с окружающей местностью.

Широкие возможности фотограмметрии при проектировании больших мостовых переходов позволяют определить три наиболее важные ее задачи:

1. Изучение района изысканий с помощью многократной обзорной аэрофотосъемки при различных высотах в масштабе 1:50000—1:25000 для всего района и 1:15000—1:10000 — для зоны размещения вариантов мостового перехода с аэрообследованием геологических, гидрологических условий и гидрометрическими работами.

По материалам аэрофотосъемки составляют контактные или уточненные ситуационные фотосхемы с камерально-полевым дешифрированием, на которые наносят варианты мостового перехода с детальной характеристикой геологических и гидрологических условий, динамику развития основного русла (путем сравнения его по материалам аэрофотосъемки разных лет) и всей гидрографической сети района изысканий.

Для гидрометрических измерений с целью определения скорости и направления течения выполняют аэрофотосъемку через заданный интервал времени поплавков, составляют уточненную фотосхему, на которой показывают направление и скорость их движения. При высоких берегах реки съемку поплавков выполняют фототеодолитом.

2. Ландшафтно-архитектурную проработку проекта выполняют по материалам конвергентных, перспективных и панорамных аэрофотосъемок, выполненных с высоты $H=400—2000$ м камерами с $f=200$ мм и углами наклона $\alpha=\omega=25—85°$. При аэрофотосъемке для измерительно-иллюстративных целей главные вертикали снимков направляют вдоль или перпендикулярно оси моста, для иллюстративных — произвольно. Дополнительно выполняют панорамную аэрофотосъемку с $H=50—100$ м и углом наклона $\alpha=45—85°$ путем облета «объекта» для получения замкнутой панорамы, а также наземные перспективные, панорамные фотосъемки и стереоперспективные, в том числе с берегов и воды.

Полученные материалы используют для составления обзорных совмещенных аэро- и наземных фотоперспектив и фотопанорам — для выбора варианта мостового перехода (см. рис. 24, 32), его анализа и оценки проектного решения.

3. Техническое проектирование осуществляют по материалам измерительно-ландшафтной аэрофотосъемки в масштабе 1:10000—1:4000 с составлением планов (фотопланов) в масштабе 1:5000—1:1000. Рабочие чертежи составляют по материалам аэрофотосъемки в масштабе 1:5000—1:2000.

6.5. Перечень, назначение и содержание фотограмметрических материалов, обеспечивающих ландшафтное проектирование, определяются составом проекта, который включает:

1. Фотосхемы контактные и уточненные, щелевые, стереофотосхемы в масштабе 1:25000—1:10000. Назначение — изучение района изысканий и камеральное трассирование конкурирующих вариантов направлений. На фотосхему наносят сведения, перечисленные в пп. 2, 5, 9 Указаний 6.3, и варианты направления.

2. Ландшафтно-архитектурные уточненные фотосхемы, ортофотосхемы, фотопланы, ортофотопланы, фотокарты с горизонталями в масштабе 1:25000—1:10000. Назначение — ландшафтно-пространственные изыскания трассы автомобильной дороги. Наносят топографическую нагрузку и дополняют сведениями в соответствии с п. 13 Указаний 6.3.

3. Обзорные совмещенные аэро- и фотоперспективы и фотопанорамы проекта автомобильной дороги и крупных мостовых переходов. Назначение — ландшафтно-пространственная увязка трассы автомобильной дороги и мостовых переходов с местностью. Наносят перспективные изображения дороги и мостовых переходов.

4. Уточненные фотосхемы, ортофотосхемы, фотопланы, ортофотопланы, фотокарты (ситуационные) с горизонталями в масштабе 1:10000 в равнинных условиях и 1:2000 — в горах. Назначение — пространственно-ландшафтное проектирование трассы автомобильной дороги. Наносят топографическую информацию, специальные сведения, варианты трассы.

5. Фотопланы мостовых переходов и сложных участков с горизонталями в масштабе 1:2000—1:1000 для проектирования. Наносят топографическую нагрузку, план мостового перехода, подходы и регуляционные сооружения.

6. Фотопланы пересечений трассы с автомобильной или железной дорогами с горизонталями в масштабе 1:1000—1:500 для проектирования. Наносят топографическую нагрузку, планы пересечений с путепроводами и подходами.

7. Продольный черный профиль трассы в масштабе 1:5000—1:500 составляют, как правило, в равнинных условиях и 1:2000—1:200 — в горах. Назначение — проектирование профиля трассы автомобильной дороги. Составляют в соответствии с требованиями. Элементы ситуации плана притрассовой полосы наносят на уточненную фотосхему, помещенную под профилем.

8. Аксонометрическое изображение рельефа местности и трассы автомобильной дороги с поперечниками. Служит для визуального анализа увязки трассы с рельефом.

9. Детальные совмещенные аэро- и назем

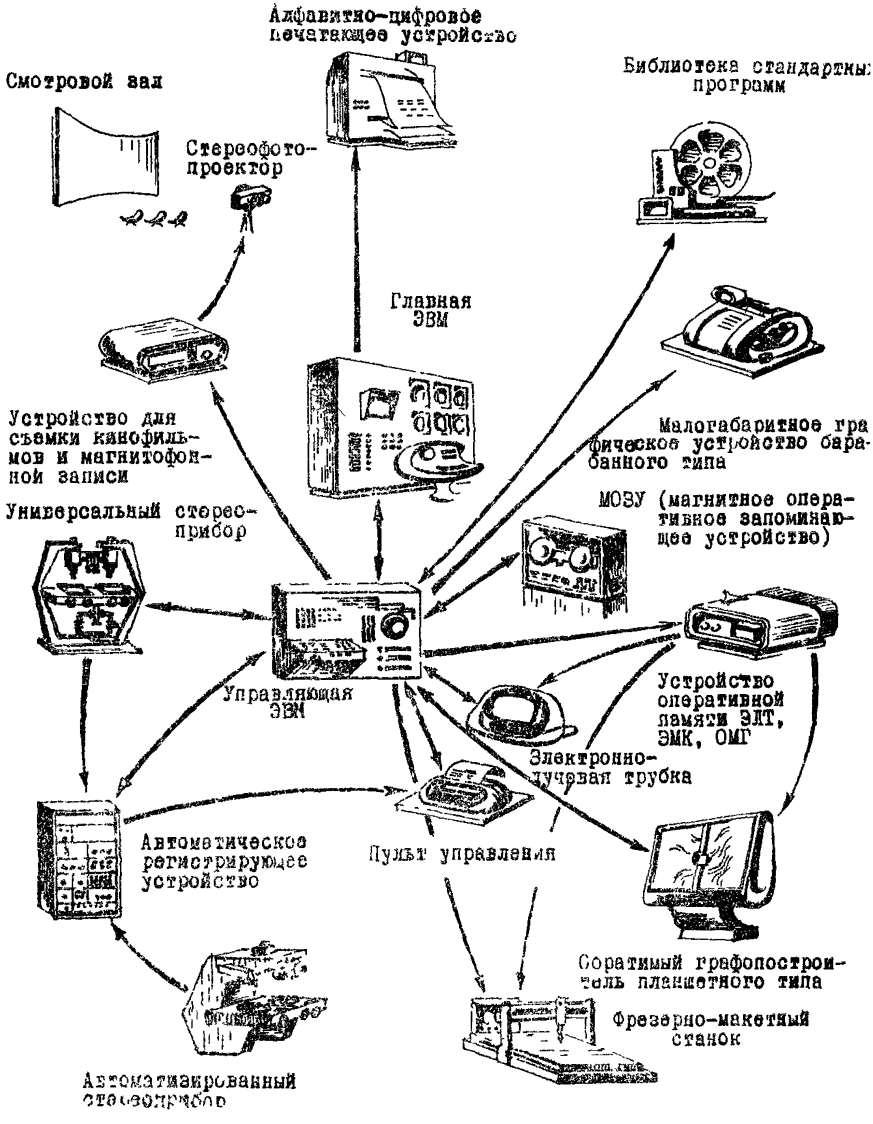


Рис. 35. Принципиальная схема размещения приборов и аппаратов.

ные фотоперспективы и фотопанорамы сложных участков трассы автомобильной дороги и мостовых переходов, пересечений, фильмы всей трассы или отдельных участков. Используют для анализа и оценки проекта автомобильной дороги. Наносят перспективные изображения автомобильной дороги, мостовых переходов, пересечений.

10. *Модели местности и макеты сооружений.* Служат для анализа и оценки наиболее сложных участков дороги и сооружений.

11. Фотосхема общего расположения трассы автомобильной дороги в масштабе 1:100000—1:50000 Назначение — общий анализ проекта, организация прилегающей территории, строительства и эксплуатации дороги. Наносят наиболее важную топографическую нагрузку и трассу дороги, горизонталей нет.

12. Поперечные профили земляного полотна и конструкции дорожной одежды. Назначение и содержание в соответствии с требованиями.

13. Фотопланы строительных площадок с горизонталями в масштабе 1:2000—1:500. Служат для составления проекта размещения сооружений строительной базы. Наносят топографическую нагрузку, план строительной площадки и подходы.

14. Разбивочные чертежи трассы, мостовых опор, подходов, путепроводов. Служат для детальной разбивки трассы автомобильной дороги и всех сооружений на ней. Плановой основой для разбивочных чертежей являются уточненные фотосхемы (на трассу) и фотопланы на мостовые переходы, пересечения, строительные площадки. Наносят геодезические данные, обеспечивающие выполнение разбивочных работ.

6.6. Средства реализации ландшафтного проектирования автомобильных дорог, показанные на рис. 35, не исчерпывают всех возможностей фотограмметрии, вычислительной и периферийной техники и представлены в качестве принципиальной схемы необходимого комплекта приборов и аппаратов, обеспечивающих выполнение технологии ландшафтного проектирования трассы автомобильной дороги с применением фотограмметрии, моделей местности и ЭВМ.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

РАСЧЕТ ПЛОТНОСТИ ОПОРНОЙ СЕТИ

При расчете числа стереопар n_X, n_Y, n_Z аэрофотосъемки без применения радиовысотомера и статоскопа используют следующие формулы*:

1) для ориентированного маршрута (оба конца ориентированы по опорным точкам):

$$\left.\begin{aligned} n_X &= \sqrt[3]{\left(\frac{m_{Xcp}}{0.27\, m m_q}\right)^2} \\ n_Y &= \sqrt[3]{\left(\frac{m_{Ycp}}{0.14\, m m_q}\right)^2} \\ n_Z &= \sqrt[3]{\left(\frac{m_{Zcp} b}{0.23\, m f m_q}\right)^2} \end{aligned}\right\}; \qquad (1)$$

2) для «висячего» маршрута (один конец ориентирован по опорным точкам):

$$\left.\begin{aligned} n_X &= \sqrt[3]{\left(\frac{m_{Xn}}{1.1\, m m_q}\right)^2} \\ n_Y &= \sqrt[3]{\left(\frac{m_{Yn}}{0.58\, m m_q}\right)^2} \\ n_Z &= \sqrt[3]{\left(\frac{m_{Zn} b}{0.93\, m f m_q}\right)^2} \end{aligned}\right\}. \qquad (2)$$

где m_{Xcp}, m_{Ycp}, m_{Zcp} — погрешности координат точек местности, расположенных на средней стереопаре; m_{Xn}, m_{Yn}, m_{Zn} — погрешности координат точек местности, расположенных на последней стереопаре; m — знаменатель масштаба; m_q — погрешность измерения поперечного параллакса; n — число стереопар; b — базис фотографирования в масштабе снимка; f — фокусное расстояние камеры АФА.

При использовании статоскопа точнее определяют только координаты Z Число стереопар n_z рассчитывают по формулам

* Получены из формул проф А Н Лобанова

1) для ориентированного маршрута:

$$n_Z = \left(\frac{2m_Z}{m\frac{f}{b}\sqrt{2m_q^2 + \left(b\frac{m_{bZ}}{f}\right)^2}} \right)^2; \qquad (3)$$

2) для «висячего» маршрута.

$$n_Z = \left(\frac{m_Z}{m\frac{f}{b}\sqrt{2m_q^2 + \left(b\frac{m_{bZ}}{f}\right)^2}} \right)^2 \qquad (4)$$

где m_{bz} — погрешность определения и установки b_z.

При использовании статоскопа и радиовысотомера одновременно число стереопар определяют по формулам:

1) для ориентированного маршрута:

$$\left.\begin{aligned} n_X &= \left(\frac{2m_{X\,ср}}{m\sqrt{3m_q^2 - \frac{b^2}{f^2}\left(m_H^2 - m_{bZ}^2\right)}} \right)^2 \\ n_Y &= \left(\frac{2m_{Y\,ср}}{m m_q} \right)^2 \\ n_Z &= \left(\frac{2m_{Z\,ср}}{m\frac{f}{b}\sqrt{2m_q^2 + \frac{b^2}{f^2}\left(m_H^2 + m_{bZ}^2\right)}} \right)^2 \end{aligned}\right\}; \qquad (5)$$

2) для «висячего» маршрута.

$$\left.\begin{aligned} n_X &= \left(\frac{m_{X\,п}}{m\sqrt{3m_q^2 + \frac{b^2}{f^2}\left(m_H^2 + m_{bZ}^2\right)}} \right)^2 \\ n_Y &= \left(\frac{m_{Y\,п}}{m m_q} \right)^2 \\ n_Z &= \left(\frac{m_{Z\,п}}{m\frac{f}{b}\sqrt{2m_q^2 + \frac{b^2}{f^2}\left(m_H^2 + m_{bZ}^2\right)}} \right)^2 \end{aligned}\right\}, \qquad (6)$$

где m_H — погрешность определения и установки высоты фотографирования

Расстояние между крайними стереопарами L находят по формуле:

$$L = n \cdot b \cdot m, \qquad (7)$$

Расстояния между опорными точками планово-высотного обоснования, рассчитанные при $m_X = m_Y = 1{,}0$ м, $m_Z = 0{,}2$ м при прокладке трассы и $m_Z = 0{,}1$ м — при изыскании мостовых переходов, приведены в таблице 1.

Опорные сети создают двумя основными методами: геодезическими — основные сети и фотограмметрическими — заполняющие.

При развитии плановых сетей геодезическими методами создают сети триангуляции, трилатерации, полигонометрии, съемочное обоснование, микротриангуляцию, прокладывают магистральные ходы, высоты определяют нивелированием IV класса, техническим и тригонометрическим.

Таблица 1

Расстояния между опорными точками сети планово-высотного обоснования, км

Масштаб аэрофотосъемки	Плановые сети			Высотные сети на трассе автодороги / на мостовых переходах		
	минимальные	максимальные	средние	минимальные	максимальные	средние
ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МАРШРУТЫ						
1 1000	3,640	5,670	4,655	0,350 0,210	1,750 0,190	1,050 0,700
1·2000	4,620	7,140	5,880	0 420 0,280	2,380 1,400	1,400 0,840
1·5000	6,300	9,800	8,050	0,700 0,350	3,150 2,100	1,925 1,225
1 10000	7,700	11,900	9,800	0,700 0,700	3,500 2,800	2,100 1,750
1 25000	10,500	15,750	13,125	1,750 1 750	5,250 3,500	3,500 2,625
«ВИСЯЧИЕ» МАРШРУТЫ						
1 1000	1,470	2,170	1,820	0,140 0,070	0 700 0,420	0,420 0,245
1 2000	1 820	2,800	2,310	0,140 0,140	0,840 0,560	0,490 0,350
1 5000	2,450	3,150	2,800	0,350 0,350	1,050 0,700	0,700 0,525
1.10000	2,800	4,900	3,850	0,700 0,700	1,400 0,700	1,050 0,700
1 25000	3,500	5,250	4,375	1.750	1,750	1.750

Все опорные сети создаются в соответствии с требованиями инструкций ГУГКа и Госстроя СССР и характеризуются данными, приведенными в «Инструкции СН 212-73». При развитии основных сетей фотограмметрическими методами требования сохраняются.

Расчет относительной невязки хода геодезического обоснования выполняют по формуле

$$\frac{1}{T} = \frac{2\sqrt{m^2_{[S]} + m^2_{исх}}}{[S]}, \qquad (8)$$

где $m_{[S]}$ — погрешность линейных измерений хода; $m_{исх}$ — погрешность исходных данных; [s] — длина хода.

Класс нивелирования определяют по величине средней квадратической погрешности η на 1 км хода по формуле

$$\eta = \frac{m_h}{\sqrt{L}}, \qquad (9)$$

где m_h — погрешность определения превышений.

Приложение 2

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

Расчет основных параметров плановой прямолинейной аэрофотосъемки

Необходимый масштаб аэрофотосъемки и фокусное расстояние съемочной камеры при заданных погрешностях m_x, m_y, m_z определяют по формулам:

$$\left.\begin{aligned} m &= \frac{m_x}{x_1\sqrt{\left(\frac{m_{x_1}}{x_1}\right)^2 + \sigma}} = \frac{m_y}{y_1\sqrt{\left(\frac{m_{y_1}}{y_1}\right)^2 + \sigma}} \\ f &= \frac{m_z}{m\sqrt{\sigma}} \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

При $m_X = m_Y = 0{,}10$ м, $m_Z = 0{,}05$ м, $x_1 = y_1 = 70$ мм, $m_{x_1} = m_{y_1} = 0{,}02$ мм, $\sigma = 0{,}00000022$ получим $m = 2596$, $f = 41$ мм.

Расчет базиса фотографирования при криволинейной аэрофотосъемке

Для расчета базиса фотографирования при аэрофотосъемке по оси используют формулы:

1) по горизонтальной кривой (самолет, вертолет, рис. 3)

$$B_{г.к} = \frac{m\left|l_x(100 - p_x) - 50\, l_y \operatorname{tg}\theta\right|}{100}; \qquad (11)$$

2) по вертикальной кривой (самолет, вертолет, рис. 4, 5)

$$\left.\begin{aligned} B^{с}_{в.к} &= \frac{m\left[l_x(100 - p_x) \pm 100 f \operatorname{tg}\nu\right]}{100}\,* \\ B^{в}_{в.к} &= \frac{m\, l_x(100 - p_x) + 100\,\Delta H \sin\nu}{100} \end{aligned}\right\}; \qquad (12)$$

3) при совместном влиянии горизонтальных и вертикальных кривых:

$$\left.\begin{aligned} B^{с}_{п.к} &= \frac{m\left[l_x(100 - p_x) - 50\left(l_y \operatorname{tg}\theta \pm 2 f \operatorname{tg}\nu\right)\right]}{100}\,* \\ B^{в}_{п.к} &= \frac{m\left[l_x(100 - p_x) - 50\, l_y \operatorname{tg}\theta\right] + \Delta H \sin\nu}{100} \end{aligned}\right\}. \qquad (13)$$

где l_x, l_y — размеры снимков по осям x и y; θ, ν — горизонтальные и вертикальные углы поворота оси (взаимные углы поворота базисов).

При расчете базиса по формуле (13) наблюдается незначительное завышение перекрытия на выпуклых кривых (на перевалах), что следует считать несущественным.

---

* При выпуклых кривых «+», вогнутых «—».

Расчет параметров конвергентной аэрофотосъемки

Высоту фотографирования H, расстояние от проекции узловой точки S_0 до ближнего плана $S_0D_{б\,п}$, до главной горизонтали S_0O и до дальнего плана $S_0D_{д\,п}$ для перспективно-конвергентной съемки определяют соответственно по формулам (рис. 6, 7):

$$H = f \cos\alpha \, m \quad ; \tag{14}$$

$$S_0D_{б.п} = H tg(\alpha - \beta) \; ; \tag{15}$$

$$S_0O = H tg\alpha \; ; \tag{16}$$

$$S_0D_{д.п} = H tg(\alpha + \beta) \; , \tag{17}$$

где α — продольный угол наклона; β — половина угла поля зрения по сторонам снимка.

Базис при конвергентной съемке определяют как расстояние между проекциями узловых точек $S_0'S_0''$:

$$\left.\begin{aligned} B_x &= H\left[tg(\alpha' + \beta) + tg(\alpha'' - \beta)\right] \\ B_y &= H\left[tg(\omega' + \beta) + tg(\omega'' - \beta)\right] \end{aligned}\right\} . \tag{18}$$

Масштаб вычисляют по формуле

$$\frac{1}{m_к} = \frac{m_0 + m_{б.п.}}{2m_0 m_{б.п}} \; , \tag{19}$$

где m_0 и $m_{б\,п}$ — соответственно знаменатели масштабов изображения главной точки и ближнего плана.

Основные параметры съемки и особые

Назначение аэрофотосъемки, объект изыскания, условия местности	Параметры аэрофотосъемки	
	масштаб фотографирования, 1/m	фокусное расстояние камеры АФА, f, мм
Рекогносцировочные изыскания:		
на трассе:		
равнина	1:25000	100, 35
горы	1:50000—1:25000	100—200
равнина	1:25000	70
горы	1:25000	200
на мостовых переходах:		
равнина	1:10000	100—200
горы	1:15000—1:10000	100—350
на трассе и мостовых переходах для всех условий	Перспективная	200
Ландшафтно-пространственные и архитектурные изыскания:		
на трассе:		
равнина	1:10000	75—200
горы	1:15000—1:10000	100—350
на мостовых переходах:		
равнина	1:10000	75—200
горы	1:15000—1:10000	100—350
на трассе и мостовых переходах для всех условий	1:10000 (щелевая)	70—200
	Конвергентная	200
	Перспективная	200
	Стереоперспективная	100
	Панорамная	100—200
Пространственно-ландшафтное проектирование:		
на трассе:		
равнина	1:10000—1:5000	75—100
горы	1:15000—1:10000	100—200
на мостовых переходах:		
равнина	1:10000—1:5000	75—100
горы	1:5000—1:4000	100—200
на трассе и мостовых переходах для всех условий	Перспективная	200
	Панорамная	200
Составление рабочей документации:		
на трассе:		
равнина	1:5000—1:4000	75—100
горы	1:10000—1:5000	100—200
на мостовых переходах:		
равнина	1:3000—1:2000	100
горы	1:5000—1:2500	100—200
Топографическая съемка:		
равнина	1:3000—1:2000	100
горы	1:5000—1:2500	100—200

Таблица 2

требования к ней

Параметры аэрофотосъемки			Особые требования к съемке	
высота фотографирования, H, м	перекрытия аэрофотоснимков, P_x, P_y, %	углы наклона снимка, α, ω, град	формат снимка, $l_x \times l_y$, см	максимальный сдвиг изображения, мм
2500, 90	65/30	Плановая	18×18, 30×30	0,05
4000—5000	70/40	То же	7×8, 9×9	0,2
1800	—/65	»	18×3000	0,2
5000	—/65	»	(щелевая)	0,2
1000—2000	65/30	»	30×30	0,2
1500—3500	70/40	»	30×30	0,2
1000—2000	По местности	α=25—85	18×23	0,2
750—2000	65/30	Плановая	18×18	0,1
1500—3500	70/40	То же	18×18	0,1
750—2000	65/30	»	18×18	0,1
1500—3500	70/40	»	18×18	0,1
700—2000	—/65	»	18×3000	0,1
800—1000	100/50 (100)	ω=25—85	18×18	0,1
800—1000	По местности	α=25—85	18×23	0,1
800—1000	То же	α=25—85	7×8	0,05
50—1000	»	α=45—85	18×46	0,1
500—1000	65/30	Плановая	18×18	0,05
1500—2000	70/40	То же	18×18	0,05
400—500	65/30	»	18×18	0,05
1000—2000	70/40	»	18×18	0,05
100—500	По местности	α=25—85	18×23	0,1
400—500	То же	α=45—85	18×46	0,2
400	65/30	Плановая	18×18	0,05
1000	70/40	То же	18×18	0,05
200—300	65/30	»	18×18	0,05
500—1000	70/40	»	18×18	0,05
200—300	65/30	»	18×18	0,05
500—1000	70/40	»	18×18	0,05

Особые требования к съемке			
необходимость использования радиовысотомера и статоскопа	характер прокладки маршрута съемки	тип аэрофото-пленки	месяцы съемки
РВ, статоскоп	По вариантам направления	17, 20, 22 СН-6	Май—октябрь
То же	То же	То же	То же
—	То же	То же	»
—	»	»	»
РВ, статоскоп	Площадная	»	»
То же	То же	»	»
—	Выборочно	ЦН-3	»
РВ, статоскоп	По конкурирующим вариантам	СН-6, ЦН-3	Май—октябрь,
То же	То же	То же	январь—февраль
»	Площадная	СН-6, ЦН-3	То же
»	То же	18, 22	»
—	По вариантам	То же	»
—	То же	ЦН-3, 17, 18, 22	Май, июнь, сентябрь,
—	Выборочно	ЦН-3	октябрь
—	Выборочно	То же	То же
—	То же	»	»
РВ, статоскоп	По основному варианту (по оси)	17, 18, 22, СН-6	Апрель—июнь,
То же		То же	сентябрь, октябрь
»	Площадная	»	То же
»	То же	»	»
—	Выборочно	ЦН-3	Май, июнь, август,
—	То же	То же	сентябрь
РВ, статоскоп	По основному варианту (по оси)	17, 20, 22	Апрель—июнь,
То же		То же	сентябрь, октябрь
»	Площадная	»	То же
»	То же	»	»
»	»	»	»
»	»	»	»

АЭРОФОТОСЪЕМКИ

Расчет минимальных высот фотографирования

Максимальную эффективную выдержку определяют по формуле

$$\tau = \frac{\delta_\Phi \cdot H}{v \cdot f}, \qquad (20)$$

где τ — максимальная эффективная выдержка; δ_Φ — предельная величина сдвига изображения; v — скорость полета, км/ч.

Откуда при $\delta_\Phi = 0{,}1$ мм, f=75, 100 и 200 мм минимальные высоты фотографирования равны (табл. 3).

Таблица 3

Минимальные высоты фотографирования, м

Максимальная эффективная выдержка, с	Скорость полета, км/ч						
	100	150	200	250	300	400	500
			f=75 мм				
1/60	485	727	969	1211	1454	1938	2423
1/120	260	391	521	651	781	1042	1302
1/250	134	200	267	334	401	534	668
1/500	75	113	150	188	226	301	376
			f=100 мм				
1/60	646	969	1292	1615	1938	2584	3230
1/120	347	520	694	868	1041	1390	1736
1/250	178	267	355	445	534	712	890
1/500	100	150	200	250	300	401	501
			f=200 мм				
1/60	1292	1938	2584	3230	3876	5168	6460
1/120	695	1042	1389	1736	2082	2780	3472
1/250	356	534	712	890	1068	1424	1780
1/500	200	300	400	500	600	802	1002

Таблица 4

Максимальные углы доворота

Показатели	Фокусное расстояние камеры АФА, f, мм					
	70	100	140	200	300	500
Доворот, Θ, град	3,5	3,5	3,2	3,0	2,5	1,0
H_{min}, м	300	430	600	860	1290	2150

Таблица 5

Рекомендуемый коэффициент контрастности аэрофотопленок, γ_i в зависимости от характера аэроландшафта

Характер аэроландшафта	Аэрофотопленки	
	черно-белые	цветные и спектрозональные
Равнинный, степной	1,6	1,8—2,4
Равнинный и холмистый с разнообразной ситуацией	1,4	1,5—2,2
Горный	0,9	1,4—1,8
Лесной	—	1,5—2,2

Таблица 6

Рекомендуемые светофильтры в зависимости от высоты фотографирования

Высота фотографирования (расстояние до объекта), м	Высота солнца над горизонтом, град.			
	50	40	30	20
1000	—	ЖС-18	ЖС-18	ЖС-18
2000	ЖС-18	ЖС-18	ЖС-18	ЖС-18
3000	ЖС-18	ЖС-18	ЖС-18	ОС-14
4000	ЖС-18	ЖС-18	ОС-14	ОС-14
5000	ЖС-18	ОС-14	ОС-14	КС-14
8000	ОС-14	ОС-14	КС-14	КС-14
10000 и более	ОС-14	КС-14	КС-14	КС-14

Приложение 4

НАЗЕМНЫЕ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ

Расчет основных параметров фотограмметрической съемки

Отстояние Y рассчитывают в зависимости от исходных требований по-разному:

1) максимальное отстояние Y_{max} с учетом возможностей стереофотограмметрических приборов получают по формуле

$$Y_{max} = akm; \qquad (21)$$

в зависимости от допустимой погрешности

$$Y_{max} = \frac{m_Y \cdot \rho}{m_\rho} \; ; \qquad (2)$$

в зависимости от фокусного расстояния съемочной камеры f и масштаба плана m

$$Y_{max} = 3.5 f m^{*}; \qquad (3)$$

где a — наибольшее (наименьшее) удаление мостика отстояний от оси проектирующих рычагов или линеек стереоприбора; $k = m_{пл}/m_{мод}$ — отношение масштаба модели к масштабу плана; m — знаменатель масштаба плана;

2) минимальное отстояние Y_{min} при использовании универсального стереоприбора (стереоавтографа) определяют по формуле (21), стереокомпаратора — по формуле

$$Y_{min} = \frac{Bf}{\rho} \; , \qquad (24)$$

при этом выполняется условие**

$$4B \leqslant Y \leqslant 20B \, . \qquad (27)$$

Длину базиса фотографирования рассчитывают по формуле

$$B = Y^2 \frac{m_\rho}{m_Y f} \qquad (26)$$

или по равенству

$$B = \frac{Y \cdot \Delta B}{\Delta Y} \; , \qquad (27)$$

где ΔB и ΔY — погрешности измерения базиса и отстояния.

Размеры марок рассчитывают по равенству

$$L = l \cdot m \; , \qquad (28)$$

где l — размер изображения марки на снимке.

---

* Y_{max} может быть ограничено по погодным условиям.

** При составлении плана размер элемента ситуации на снимке не должен быть меньше 0,1 мм.

Расчет базиса иллюстративной фототеодолитной съемки

Предельное отстояние Y_{max} для получения наблюдательной стереоперспективы определяют по равенству

$$Y_{max} \leqslant \frac{\upsilon}{\Delta\gamma}\rho'' = 20000\,B, \qquad (29)$$

откуда

$$B = \frac{Y_{max}\,\Delta\gamma}{\rho''}, \qquad (30)$$

где $\Delta\gamma$ — острота бинокулярного зрения второго рода.

Для получения наблюдательной перспективы выполняют условие

$$\frac{1}{20000} \leqslant \frac{B}{Y_{max}} \leqslant \frac{1}{100}. \qquad (31)$$

измерительной —

$$\frac{B}{Y_{max}} \geqslant \frac{1}{100}. \qquad (32)$$

Приложение 5

СОСТАВЛЕНИЕ ПЕРВИЧНЫХ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Особенности методики составления накидного монтажа и фотосхем

Накидной монтаж изготавливают из плановых и перспективных снимков, трансформированных к плановым. В отдельных случаях фотомонтаж составляют из перспективных снимков без трансформирования. При наличии нормальных продольных перекрытий (65%) допускается составление монтажа через один снимок, при перекрытии, равном $90 > P_x \geqslant 80\%$, через два снимка и при $P_x \geqslant 90\%$ — через три.

На фотомонтаж наносят границы трапеций, масштаб аэрофотосъемки, наименование основных населенных пунктов, краткие данные АФА (f, x_0, y_0), высоту фотографирования, дату съемки и фамилии исполнителей.

Масштаб репродукции подбирают так, чтобы ее размеры поз-

воляли определить номера снимков, основные населенные пункты и другие элементы местности.

Контактные фотосхемы составляют по контурам (иллюстративные) или по начальным направлениям (измерительные). Центральные точки выбирают в окружности с центром в главной точке с радиусом r = f/20 (для плановых снимков) и r = f/10 (стабилизированных).

Таблица 7

Характеристика фотосхем и ортофотосхем

Характеристика	Фотосхемы			Ортофотосхемы
	контактная	приведенная	уточненная (каркасная)	
Масштаб	1:25000—1:10000	1:10000—1:5000	1:10000—1:5000	1:10000—1:2000
Тип эмульсии	Черно-белая, цветная, спектрозональная	Черно-белая, цветная*, спектрозональная*	Черно-белая	Черно-белая
Точность опорной сети	—	1:500	1:1000	1:2000
Погрешность нанесения опорных точек на основу, мм	—	0,2	0,1	0,1
Расхождение контуров на границе соседних снимков, мм:				
в центре	0,2	1,0К**	0,5К	0,5К
на краях	5,0	2,0К	1,0К	1,0К
Относительная погрешность определения длины линии в пределах планшета	1:100	1:200	1:300	1:500

* В исключительных случаях.
** К — коэффициент приведения (увеличения).

Ожидаемые расхождения контуров по порезам или погрешности измеряемых линий определяют по формулам:

$$m_K = m_1 = \sqrt{2\left(m_G^2 + m_h^2 + m_{\Delta H}^2 + m_M^2\right)}\ ; \qquad (33)$$

$$\left.\begin{aligned} m_\sigma &= \frac{r^2}{f}\sin\varphi\,\sin\sigma \\ m_h &= \frac{r\cdot h}{H} \\ m_{\Delta H} &= \frac{r\cdot\Delta H}{H} \end{aligned}\right\}, \qquad (34)$$

где $m\sigma$, m_h, $m\Delta_н$, $m_м$ — погрешности, обусловленные соответственно углом наклона снимков, превышением точек местности, колебанием высот фотографирования (относительно средней высоты) и фотомонтажа; r, φ — полярные координаты точек снимка.

Относительную погрешность измерения длины линии L определяют по равенству

$$\frac{\Delta L}{L} = 0{,}71\,\frac{m_1}{l\sqrt{n}}, \qquad (35)$$

где l — отрезок между соседними центральными точками; n — число отрезков.

Контактные фотосхемы изготавливают, как правило, маршрутными, в порядке исключения — блочными.

Приведенные фотосхемы получают из фотоснимков, трансформированным к заданному масштабу согласно коэффициенту приведения $k_{пр}$:

а) при использовании карты

$$K_{пр} = \frac{m_{сн}}{m_ф} = \frac{l_к m_к}{l_{сн}\cdot m_{сн}}, \qquad (36)$$

где $m_{сн}$, $m_ф$, $m_к$ — знаменатели масштабов снимка, фотосхемы и карты; $l_{сн}$, $l_к$ — длина отрезка, измеренного на снимке и карте;

б) при использовании показаний радиовысотомера

$$K_{пр} = \frac{H}{f\cdot m_{сн}}. \qquad (37)$$

Коэффициент деформации фотобумаги определяют из отношения суммы измеряемых отрезков на снимке (фотобумаге) $\Sigma l_{сн}$ к сумме одноименных отрезков контрольной решетки $\Sigma l_р$

$$K_д = \frac{\Sigma l_{сн}}{\Sigma l_р}. \qquad (38)$$

Он не должен превышать 1/200, разность деформаций по различным направлениям — не более 20%.

Толщину подложки на экран фототрансформатора определяют по равенству

$$C = D\left(1 - K_g\right), \tag{39}$$

где D — расстояние от центра объектива до экрана.

Трансформирование производят по опорным точкам или установочным элементам. Допускают двух-трехкратное увеличение.

Уточненные фотосхемы изготавливают трансформированием по опорным точкам, определяемым по карте методами графической, аналоговой или аналитической фототриангуляции, а также наземными геодезическими способами.

Подготовка негатива включает опознавание опорных точек, обведение их с обратной стороны негатива кружками диаметром 2—3 мм (черной легкосмываемой тушью). Проколы негатива не допускаются.

При подготовке основы и трансформационных планшетиков в условиях пересеченного и горного рельефа вводят поправки относительно плоскости трансформирования, вычисляемые по формуле

$$\delta_{rh} = \frac{rh}{H_1 - h}, \tag{40}$$

где r — радиальное расстояние от центра до трансформационной точки; H_1 — высота фотографирования над средней плоскостью; h — превышение трансформационной точки над средней плоскостью.

В условиях сложного рельефа трансформирование производят по зонам, рассчитанным по формуле

$$h' = 0{,}002\,\frac{\delta_{rh}\, f m_\Phi}{r}, \tag{41}$$

где δ_{rh} — допустимое смещение контура за рельеф; m_Φ — знаменатель масштаба фотосхемы; r — радиус рабочей площади снимка.

Для этой цели по границам зон наносят горизонтали в количестве, определяемом по формуле

$$n = \frac{H_{max} - H_{min}}{h'}, \tag{42}$$

где H_{max}, H_{min} — соответственно максимальные и минимальные отметки горизонталей зон в пределах снимка.

При трансформировании применяют метод оптического монтажа с помощью масок, изготовленных из черной бумаги, последовательным экспонированием по одной зоне. Для изготовления масок и трансформирования используют специальный столик со штифтами.

Деформация бумаги не должна быть более 1/300, фотопленки — 1/500 с разностью по различным направлениям не более 10%.

Ортофотосхемы составляют с помощью ортофотопроектора проф. Ф. В. Дробышева. Длину щели определяют в зависимости от крутизны преобладающих склонов, коэффициентов увеличения и фокусного расстояния съемочной камеры по формуле

$$l = \frac{2f'h}{Htg\nu_x}, \qquad (43)$$

где h — разность высот i-той точки и центра элементарного участка; H — высота фотографирования над точкой центра элементарного участка; ν_x — угол наклона участка местности вдоль оси X.

Ортофотоснимок должен иметь перекрытие не менее 10 мм. Сушка снимков допускается только в естественных условиях. Деформация фотобумаги не должна превышать 1/500, фотопленки — 1/1000 с разностью по различным направлениям не более 10%.

Используют опорные сети, создаваемые методами аэро- или наземной фототриангуляции, а также геодезическими способами.

Для получения ортофотоснимка с горизонталями их наносят на прозрачную пленку и накрывают негатив в кассете ортофотопроектора. Допускается нанесение горизонталей на ортофотосхему и другими известными способами.

Законченная фотосхема должна иметь заголовок, меридиан или координатную сетку (на полях), номенклатуру, масштабы (численный и линейный), назначение, измерительную точность, дату съемки и составления. На фотосхему наносят названия основных населенных пунктов рек, озер, землепользования. Фотосхемы, составленные на отдельных планшетах, должны иметь перекрытия не менее 2 см. На каждой фотосхеме указывается организация, исполнители съемки и ее составители. К ней прилагают корректурную ведомость.

Приложение 6

СГУЩЕНИЕ ОПОРНЫХ СЕТЕЙ

Расчет погрешностей графической фототриангуляции

Погрешности положения точек в середине цепи m приведены в таблице 8. При $n<6$ они равны

$$m = 0{,}35\frac{f'}{p}\delta k_R\sqrt{n^3+11{,}3n+35}, \qquad (44)$$

при $n\geqslant 6$:

$$m = 0{,}35\frac{\mu}{\rho}\, b k_r \sqrt{n^3}, \qquad (45)$$

где μ — средняя квадратическая погрешность направления; b — длина базисной стороны в масштабе снимка; $k_R = m_{сн}/m_{осн}$ — коэффициент редуцирования; n — число базисов в цепи.

Таблица 8

Средние квадратические погрешности определения планового положения в середине цепи, м

Количество базисов в сети (цепи)	Фототриангуляция	
	графическая	аналитическая
2	0,23	0,06
4	0,34	0,09
6	0,51	0,13
8	0,72	0,18
10	0,98	0,29
12	1,25	0,31
14	1,56	0,39

Таблица 9

Погрешности определения координат точек при аналоговой фототриангуляции при f=100 мм

Число моделей в сети, n	Средние квадратические погрешности в масштабе снимка, мм		
	$m_{xср}$	$m_{yср}$	$m_{zср}$
2	±0,07	±0,04	±0,10
4	0,20	0,08	0,21
6	0,36	0,22	0,51
8	0,56	0,34	0,79
10	0,79	0,42	1,10

Приложение 7

СОСТАВЛЕНИЕ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ ПЛАНОВ

Особенности составления фотоплана способом оптического монтажа

Трансформирование по зонам с оптическим монтажом выполняют двумя способами:

1) оптический монтаж с применением масок по одиночным снимкам (при $k<3$);

2) оптический монтаж на общий снимок-фотоплан (при $k\geqslant 3$).

В первом случае оптический монтаж осуществляют в пределах одного снимка с применением масок из светонепроницаемой бумаги, подготавливаемых на каждую зону на специальном сто-

Перечень составляемых фотограмметрических планов

Назначения аэрофотосъемки, объект изыскания, условия местности	Масштабы		Высота сечения рельефа, h, м
	фотографирования	составляемых фотоматериалов	
	Фотосхемы		
Рекогносцировочные изыскания:			
на трассе:			
равнина	1:25000	1:25000—1:10000	5—25
горы	1:50000—1:25000	1:25000—1:10000	5—25
на мостовых переходах:			
равнина	1:10000	1:5000—1:2000	1—5
горы	1:15000—1:10000	1:10000—1:5000	2—10
	Фотосхемы, фотопланы, ортофотопланы		
Ландшафтно-пространственные и архитектурные изыскания:			
на трассе:			
равнина	1:10000	1:10000—1:5000	2—10
горы	1:15000—1:10000	1:15000—1:5000	2—10
на мостовых переходах:			
равнина	1:10000	1:10000—1:5000	2—10
горы	1:15000—1:10000	1:15000—1:5000	2—10
	Фотопланы, ортофотопланы		
Пространственно-ландшафтное проектирование:			
на трассе:			
равнина	1:10000—1:5000	1:5000—1:2000	1—5
горы	1:15000—1:10000	1:10000—1:5000	2—10
на мостовых переходах:			
равнина	1:5000—1:4000	1:2000—1:1000	0,5—2
горы	1:10000—1:5000	1:5000—1:2000	1—5
	Фотопланы, ортофотопланы, фотокарты, планы		
Составление рабочих чертежей:			
на трассе:			
равнина	1:5000—1:4000	1:2000—1:1000	0,5—2
горы	1:10000—1:5000	1:5000—1:2000	1—5
на мостовых переходах:			
равнина	1:3000—1:2000	1:2000—1:500	0,5—2
горы	1:5000—1:2500	1:2000—1:1000	0,5—2
Топографическая съемка:			
равнина	1:3000—1:2000	1:2000—1:500	0,5—2
горы	1:5000—1:2500	1:2000—1:1000	0,5—2

лике со штифтами. Экспонирование выполняют без наклейки масок на фотобумагу*.

Второй способ обусловливает наклейку общей маски («рубашки») на весь снимок-фотоплан и резку масок, экспонирование и вклеивание масок на экспонированные зоны на экране фототрансформатора**.

Монтаж фотоплана ведут на жесткую основу с погрешностями совмещения опорных точек не более 0,4 мм. За пределами границы трапеции составляют перекрытие для сводки со смежными листами шириной 10—20 мм.

Готовые фотопланы проверяют по точкам, порезам и сводкам со смежными листами.

Величина несовмещения центров отверстий одноименных точек не должна превышать 0,5 мм для равнинных районов и 0,7 мм — для горных. Несовмещение контуров по порезам при $k<1{,}5$ не должно быть более 0,7 мм, при $k\leqslant 1{,}5$ и для горных районов — 1,0 мм. При сводке смежных листов несовмещение контуров не должно превышать 1,0 мм для равнинных районов и 1,5 мм — для горных.

Приложение 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МММ

Таблица 11

Количество точек, n, на 1 га

Масштаб аэрофотосъемки (плана, карты)	Для уклонов	
	до 6°	более 6°
1:500	100÷200	200÷400
1:1000	30÷60	60÷150
1:2000	10÷25	25÷80
1:5000	4÷8	8÷20
1:10000	3÷5	5÷8
1:25000	1÷2	2÷4

Приложение 9

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ И ФОТОИЛЛЮСТРАТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В приложении показаны особенности составления тех материалов, которые опубликованы ограниченно или излагаются впервые.

* См.: Арапов А. Н., Смирнов А. А. Практическое руководство по изготовлению фотопланшетов масштаба 1:25000 из гиростабилизированных аэрофотоснимков. М., Стройиздат, 1960.

** См.: Галкин А. Е., Сергеев Б. И. Опыт изготовления фотопланов методом оптического монтажа, — Геодезия и картография, 1972, № 8.

Панорамный план является проекцией на внутреннюю поверхность цилиндра. Его составляют по цилиндрическим координатам, вычисляемым по формулам (рис. 15):

$$\left.\begin{aligned} \alpha &= \alpha_0 + \varphi, \\ Z &= \frac{B}{p} z\left(\cos\varphi + \frac{x \cdot \rho}{f} \sin\varphi\right) \\ R &= \frac{B}{p} f\left(\cos\varphi + \frac{x}{f} \sin\varphi\right) \sec\varphi \end{aligned}\right\} \qquad (46)$$

где α_0 — азимут направления оптической оси камеры; φ — угол скоса;

$$\varphi = \operatorname{arctg} x/y$$

Совмещенные аэрофотоперспективы и фотопанорамы проекта дороги, мостовых переходов и других сложных участков составляют по перспективным и конвергентным аэрофотоснимкам, полученным с высоты H=100—1000 м при углах наклона $\alpha = \omega = 15—85°$ рекогносцировочным или топографическим АФА с $f \geqslant 200$ мм, а также специальными камерами типа АФА-39, РА-39, АФТ 21/1823. Для получения наблюдательных перспектив камеры устанавливают на концах крыльев самолета, измерительных — снимают с параллельных маршрутов.

Целесообразное направление перспектив определяют главной вертикалью аэрофотоснимка, которую располагают произвольно (общий случай, рис. 16а), совмещают с направлением съемки (рис. 16б) или устанавливают перпендикулярно трассе автомобильной дороги (рис. 16в).

В общем случае масштаб изображения изменяется в зависимости от значения $d = \sqrt{x^2+y^2}$, и для произвольной точки, расположенной на i-той горизонтали, его определяют по формуле*

$$\frac{1}{m_i} = \frac{f}{H_i} \frac{\left(\cos\alpha - \frac{y}{f'}\right)^2}{\sqrt{1 - \sin^2\alpha \cos^2\gamma + \frac{1}{f'^2}(x\sin\gamma - y\cos\gamma)^2 + \frac{2\cos\gamma \cos\alpha}{f'}(x\sin\gamma - y\cos\gamma)}}, \qquad (47)$$

где H_i — высота фотографирования; α — продольный угол наклона; γ — направление на точку, для которой определяется масштаб (угол между главной горизонталью и направлением на точку); $f' = f/\sin\alpha$.

* См.: Бобир Н. Я. Фотограмметрия. М., Недра, 1965.

При совмещении главной вертикали с осями снимка уу и хх масштабы i-той точки определяют по формулам:

$$\left.\begin{aligned}\frac{1}{m_i^y} &= \frac{f}{H_i}\left(\cos\alpha - \frac{y}{f}\sin\alpha\right)\\ \frac{1}{m_i^x} &= \frac{f}{H_i}\left(\cos\omega - \frac{x}{f}\sin\omega\right)\end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Масштаб точек расположения на главной горизонтали, находят по формулам:

$$\left.\begin{aligned}\frac{1}{m_i^y} &= \frac{f}{H_i}\cos\alpha\\ \frac{1}{m_i^x} &= \frac{f}{H_i}\cos\omega\end{aligned}\right\} . \qquad (49)$$

Для построения совмещенных аэрофотоперспектив сначала изготавливают перспективно-плановую (одномасштабное перспективное фотоизображение) или аффинную фотосхему.

На основании формул (49) зависимость между высотой фотографирования, масштабом изображения на главной горизонтали, фокусным расстоянием камеры и углом наклона снимка выражается равенством

$$H = m_{h_0} \cdot f \cdot \cos\sigma . \qquad (50)$$

Высоты фотографирования и предельные углы наклона камеры при различных фокусных расстояниях для получения стандартных аффинных масштабов при видимой линии горизонта и однократном фототрансформировании на ФТБ приведены в таблице 12.

Предельные углы наклона экрана фототрансформатора ФТБ, рассчитанные по формуле

$$\sin\varphi_E = \frac{f_{об}}{f}\sin\sigma , \qquad (51)$$

приведены в таблице 13.

Оптимальным случаем проективного преобразования для наибольшего достижения цели будет:

1) аэрофотосъемка АФА с f=200 мм, σ=45°;

2) фототрансформирование с $k_t \geqslant 2$;

3) получение перспективно-аффинных фотосхем в стандартном масштабе по одному из направлений.

Совмещенные аэро-, фотоперспективы и фотопанорамы изготавливают на контактных или проекционных снимках, на перспективно-аффинных или перспективно-плановых фотосхемах. Процесс включает определение масштаба и угла наклона аффинного транс-

Таблица 12

Высоты фотографирования и предельные углы наклона камеры

Стандартные аффинные масштабы	Фокусное расстояние АФА, f, мм							
	100		200		300		500	
	H, м	σ, град.	H, м	σ, град	H, м	σ, град	H, м	σ, град
При видимой линии горизонта								
1 1000	70	45	80	66,5	90	72,6	100	78,5
1 2000	130	49,5	170	64,8	180	72,5	200	78,5
1 5000	120	50	410	65,8	450	72,5	500	78,5
1 10000	640	50	850	64,8	900	72,5	1300	74,9
1 25000	1610	50	2100	65,2	2500	70,5	3000	76,1
При однократном фототрансформировании на ФТБ								
1 1000	92	23	126	51	185	85	44	85
1 2000	184	23	252	51	369	85	87	85
1 5000	460	23	630	51	924	85	218	85
1 10000	920	23	1259	51	1847	85	436	85
1.25000	2301	23	3146	51	4618	85	1090	85

Таблица 13

Предельные углы наклона экрана фототрансформатора ФТБ

Стандартные аффинные масштабы	Фокусные расстояния, f, мм			
	100	200	300	500
	Предельные углы наклона фотоснимков			
	23°	51°	85°	85°
1.1000—1 25000	44°41′,5	44°23′	36°42′	21°01′

формирования, расчет перспективных координат опорных точек или установочных элементов корректоров, приведение снимков к заданному аффинному масштабу, составление перспективного изображения проектируемого сооружения и его совмещение с преобразованной перспективой.

Аффинный масштаб рассчитывают только для главной горизонтали, по полю снимка заданный масштаб получают разворотом *изображения вокруг главной горизонтали при фототрансформировании*.

В качестве опорных точек используют пункты геодезической сети, магистральных ходов, трассы, точки фотограмметрического сгущения, контурные точки карты.

Перспективное изображение проектируемого сооружения строят по контурным точкам, рассчитанным по формулам, или получают фотографированием модели (макета) сооружения в масштабе фотоперспективы.

Совмещение изображения проектируемого сооружения с пер-

спективой местности осуществляют механическим способом (наклеиванием рисунка) или оптическим (впечатыванием перспективного изображения на фотоперспективу с помощью световой маски).

Совмещенные фотоперспективы изготавливают на матовой фотобумаге, что позволяет использовать красители, предупреждать световые блики при изготовлении репродукций.

Совмещенные наземные фотоперспективы и фотопанорамы составляют по фототеодолитным фото- и стереофотограмметрическим, а также по фото- и киноснимкам. В первом случае создают измерительные, во-втором — иллюстративные материалы. Фотопанорамы изготавливают контактные, проекционные, аффинные и ортогональные, а в зависимости от поверхности проецирования — плоские, цилиндрические и т. д.

Совмещенные наземные фотоперспективы получают, как правило, путем фотомонтажа фотоснимка местности и рисунка проектируемого объекта, полученных в одинаковых масштабах, точках зрения и направлений перспективы (главного луча зрения). При этом известно, что несовпадение масштабов легко устраняется трансформированием, в то время как несовпадение точек зрения исправить значительно сложнее, оно ограничивается по оси Y величиной ±0,6 м, оси X — ±0,15 м. Отклонение направлений главных лучей допускается не более ±1°.

При неизвестном положении камеры при фотографировании точку зрения фотоснимка надежно определяют обратной фотограмметрической засечкой по трем точкам, координаты которых известны.

Аффинную фотопанораму изготавливают способом двойного аффинного трансформирования. При первом трансформировании прямоугольное изображение (контрольные рамки) преобразуют в трапецию, при втором трапецию преобразуют в прямоугольник с одновременной линейной деформацией изображения по главной вертикали с сохранением горизонтального масштаба.

Угол наклона экрана фототрансформатора рассчитывают по формуле

$$\sin\varphi'_E = -\frac{k_п}{2}\cdot\frac{f_{об}}{f}, \qquad (52)$$

где φ'_E — угол наклона экрана при двойном трансформировании; $k_п = m_г/m_в$ — коэффициент деформации изображения, равный отношению вертикального масштаба к горизонтальному.

Ортогональную фотопанораму получают трансформированием по зонам, рассчитанным по формуле

$$\Delta Y_з = \frac{\Delta d \cdot f \cdot m_\Phi}{r}, \qquad (53)$$

где $\Delta Y_з$ — глубина зоны; Δd — допустимое смещение изображе-

ния контура на фотопанораме; f — фокусное расстояние съемочной камеры; $m_ф$ — знаменатель масштаба составляемой ортогональной фотопанорамы; r — радиус рабочей площади фотоснимка.

Количество зон $n_з$ определяют по равенству

$$n_з = \frac{Y_{max} - Y_{min}}{\Delta Y_з}. \qquad (54)$$

При трансформировании по опорным точкам вводят поправку за разность отстояний от принятой (средней) плоскости. Отстояние ближнего плана определяют по условию

$$\frac{\Delta D}{Y_{min}} \geqslant \frac{1}{10}, \qquad (55)$$

где $\Delta D = Y_{max} - Y_{min}$ — разность отстояний дальнего и ближнего планов.

Для производства измерений по ортогональной фотопанораме предварительно определяют зональные масштабы по равенству

$$\frac{1}{m_з} = \frac{f}{Y_з}, \qquad (56)$$

где $m_з$, $Y_з$ — соответственно знаменатель масштаба и отстояние зоны.

Координаты точек местности вычисляют по формулам:

$$\left.\begin{aligned} X &= m_з \cdot x \\ Y &= Y_1 - \Delta Y_з (N-1) \\ Z &= m_з z \end{aligned}\right\}, \qquad (57)$$

где Y_1 — отстояние первой зоны; $\Delta Y_з$ — глубина зоны; N — номер зоны.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 3

1.1. Распространение Инструкции . . . 3
1.2. Содержание Инструкции 3
1.3. Назначение Инструкции 3
1.4. Назначение фотограмметрии 4
1.5. Технологические особенности реализации методов ландшафтного проектирования . . . 4
1.6 Задачи фотограмметрии 6
1.7. Перечень составляемых материалов . . 7
1.8. Объем фотограмметрических работ . . 7

2. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ЛАНДШАФТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ 8

2.1. Выбор технологии 8
2.2. Предпроектные изыскания 8
2.3. Технические изыскания 11

3. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ . . . 14

3.1. Виды подготовительных работ . . . 14
3.2. Связь между общими и специальными работами 15
3.3. Основание для выполнения специальных работ 15

3.4. Основание для выполнения ландшафтно-архитектурных изысканий 15
3.5. Подготовка к выполнению специальных фотограмметрических работ 15
3.6. Специальная подготовка фотосъемочной группы 15
3.7. Аэрообследования 15
3.8. Результаты подготовительных работ . . 16

4. ФОТОСЪЕМОЧНЫЕ РАБОТЫ 16

4.1. Фотосъемочные работы 16
4.2. Расчет точности фотограмметрических измерений 16
4.3. Расчет и закладка опорных сетей . . . 17
4.4. Расчет параметров аэрофотосъемки . . 17
4.5. Аэрофотосъемки 17
4.6. Наземные фотограмметрические съемки и ландшафтно-архитектурные зарисовки . . . 22
4.7. Фотолабораторная обработка материалов аэро- и наземных фотограмметрических съемок . . 27

5. ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЕ (КАМЕРАЛЬНЫЕ) РАБОТЫ 27

5.1. Содержание фотограмметрических работ . 27
5.2. Составление первичных материалов . . . 28
5.3. Фотограмметрические измерения . . . 28
5.4. Сгущение опорных сетей 29
5.5. Составление фотограмметрических планов . 31
5.6. Создание математической модели местности . 32
5.7. Составление специальных фотограмметрических и фотоиллюстративных материалов . . 33
5.8. Восстановление стереомоделей местности и проектируемых сооружений 35
5.9. Способы анализа и оценки проектного решения 37

6. ЛАНДШАФТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ 37

6.1. Ландшафтное проектирование 37
6.2. Технологическая схема ландшафтного проектирования трассы автомобильной дороги с применением фотограмметрии, моделей местности и ЭВМ . 37

6.3. Указания по выполнению технологической схемы 41
6.4. Особенности применения фотограмметрии при ландшафтном проектировании больших мостовых переходов 63
6.5. Перечень, назначение и содержание фотограмметрических материалов 65
6.6. Средства реализации ландшафтного проектирования автомобильных дорог 67

ПРИЛОЖЕНИЯ 68

1. Расчет плотности опорной сети . . . 68
2. Расчет параметров аэрофотосъемки . . 71
3. Аэрофотосъемки 77
4. Наземные фотограмметрические съемки . 78
5. Составление первичных фотограмметрических материалов 80
6. Сгущение опорных сетей 84
7. Составление фотограмметрических планов 85
8. Определение оптимальной плотности МММ . 87
9. Особенности составления специальных фотограмметрических и фотоиллюстративных материалов 87

ИБ № 1781

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ЛАНДШАФТНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ВСН 30—84
Минавтодор РСФСР

Утверждена Министерством автомобильных дорог РСФСР

Редактор Л. М. Волошинова
Художественный редактор Л. Р. Карюков
Технический редактор Р. А. Масютина
Корректор Л. В. Кобелева

Сдано в набор 19.11.84. Подписано в печать 18.03 85 ЛЕ05926 Формат 60x90¹/₁₆. Бумага типографская № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 6. Усл. кр.-отт. 6,24. Уч.-изд. л. 5,04. Тираж 1000 экз. Заказ № 4698. Заказное. Цена 30 коп.

Центрально-Черноземное книжное издательство, 394088, г. Воронеж, ул. Лизюкова, 2. Областная типография управления издательств, полиграфии и книжной торговли, 394071, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 73а.

gost.e-ecolog.ru