

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»

Е.С. Денисова

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению подготовки
21.03.02 «Землеустройство и кадастры»

Пенза 2016

УДК 528.2/.5:332.3(075.8)

ББК 26.1:65.32-5я73

ДЗЗ

Рецензенты: главный геодезист ООО «Ангارد-Строй» В.В. Еремин;
кандидат географических наук, доцент кафедры «Землеустройство и геодезия» А.И. Чурсин (ПГУАС)

Денисова Е.С.

ДЗЗ Геодезические работы при землеустройстве: учеб. пособие по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» / Е.С. Денисова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 116 с.

Обобщены сведения о геодезических работах, проводимых для составления проектов землеустройства, сельскохозяйственной мелиорации, планировки и застройки сельских населенных пунктов. Изложены геодезические методы проектирования и перенесения проектов в натуру.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Землеустройство и геодезия» и предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», при изучении дисциплины «Геодезические работы при землеустройстве».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016

© Денисова Е.С., 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие состоит из шести глав. В первой главе излагаются основные положения геодезических работ при землеустройстве, во второй – основные аспекты перенесения проектов землеустройства в натуру, в третьей – точность площадей землепользований перенесенных в натуру, в четвертой – геодезические работы при выполнении противоэрозионных мероприятий, в пятой главе рассмотрены вопросы проектирования сельских населенных пунктов и в шестой – геодезические работы при строительстве и проектировании мелиоративных сооружений.

Цель данного учебного пособия, при изучении специальной дисциплины «Геодезические работы при землеустройстве», заключается в формировании у студента четкого представления о методах топографо-геодезического обеспечения различных народно-хозяйственных задач, в том числе при землеустройстве и ведении государственного кадастра недвижимости.

В задачу курса входит изучение основных видов инженерно-геодезических работ при топографо-геодезических изысканиях, создании и корректировке топографических планов, для решения инженерных задач при землеустройстве, в производственно-технологической, проектно-изыскательной, организационно-управленческой деятельности.

В результате изучения учебного пособия студент должен:

1. Знать:

- способы, приемы и современные технические средства выполнения проектно-изыскательных работ в землеустройстве;
- источники погрешностей технических действий и их влияние на конечный результат.

2. Уметь:

- выбирать целесообразные методы выноса проектных границ земельных участков в натуру; принципы возникновения и методы учета погрешностей проявляющихся на разных этапах выполнения геодезических работ при проведении инвентаризации и межевания, землеустроительных и кадастровых работ, методов обработки результатов геодезических измерений.

3. Владеть:

- знаниями в таком объеме, чтобы в условиях развития современных геодезических технологий, был способен к переоценке накопленного опыта, анализа своих возможностей и приобретению новых знаний в области земельного кадастра, мелиоративного строительства, планировке населенных мест и др.

Учебное пособие направлено на формирование следующих компетенций:

– способность использовать основы правовых знаний в различных сферах деятельности;

– способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий;

– способность осуществлять мероприятия по реализации проектных решений по землеустройству и кадастрам;

– способность использовать знания современных технологий при проведении землеустроительных и кадастровых работ.

Изучение данного пособия поможет студентам более углубленно освоить теоретические аспекты учебной дисциплины.

ВВЕДЕНИЕ

В сложном процессе землеустройства большое место отводится геодезическим работам.

Для проведения землеустроительных мероприятий нужны знания основных положений прикладной геодезии, инженерных изысканиях и методах развития геодезического обоснования, планово-картографическом материале, а так же о методах и принципах инженерно-геодезических работ. При составлении землеустроительных проектов используют геодезические приборы и методы. Наконец, применяя геодезические способы работ, переносят на местность границы спроектированных объектов землеустройства (участки, поля и другие объекты).

Таким образом, землеустроительные мероприятия начинаются и завершаются геодезическими работами. При выполнении геодезических работ в настоящее время стали применять новые прогрессивные технологии, современные приборы и инструменты. Повышаются требования к проведению геодезических работ.

Все это подтверждает важность изучения дисциплины «Геодезические работы при землеустройстве» и повышает роль и ответственность специалиста в области землеустройства и кадастра недвижимости. Поэтому, знания вопросов, составляющих содержание данного учебного пособия, не только расширяет кругозор специалиста, но и является необходимым для будущей практической деятельности.

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ

1.1. Общие сведения по геодезическим работам при землеустройстве

Проведение мероприятий по землеустройству всегда начинается с определения местоположения объекта землеустройства и составления или изучения плана (карты) этого объекта. В отчетной документации по землеустройству обязательно представляется проектный план, который является самостоятельным землеустроительным документом. Для изготовления планов (карт), определения координат поворотных точек, нахождения границ земельных участков, вычисления площадей, перенесения границ земельных участков на местность проводятся геодезические работы.

Геодезические работы подразделяются на полевые и камеральные.

Главным содержанием полевых работ являются измерения на местности, а камеральных – вычисления и создание различных картографических материалов.

На местности измеряются горизонтальные и вертикальные углы, наклонные, горизонтальные и вертикальные расстояния. Для измерений применяют теодолиты, нивелиры, тахеометры, дальнометры, мерные ленты, рулетки и проволоки и т.п. результаты измерений записываются в журналы установленной формы или запоминаются в модуле памяти прибора. При этом одновременно составляется схематический чертеж (абрис). Вычисления заключаются в математической обработке результатов измерений. Для вычислений применяются таблицы, графики, номограммы, различные вычислительные машины, компьютеры.

Картографические материалы включают:

- топографические карты и планы;
- планы (карты) границ земельных участков;
- цифровые модели местности;
- электронные карты (планы).

Эти картографические материалы создаются на основе результатов измерений и вычислений. В результате геодезических работ получают следующие геодезические данные:

- плоские прямоугольные координаты поворотных точек границ земельного участка;
- горизонтальные положения и дирекционные углы между смежными поворотными точками;
- площадь земельного участка.

Геодезические данные показываются на плане (карте) земельного участка и плане (карте) границ земельного участка.

Таким образом, целью геодезических работ является – установление (восстановление) границ земельных участков с закреплением поворотных точек межевыми знаками, определение плоских прямоугольных координат этих точек и дирекционных углов с одной точки на другую, вычисление площадей земельных участков.

Связь учебного курса с другими предметами направления подготовки. Современные инженерно-геодезические работы требуют специалиста широкого профиля, глубоко владеющего теорией и практикой геодезической и фотограмметрической наук и имеющего общие знания о землеустроительном проектировании. Специалист должен уметь правильно рассчитать необходимую точность измерений, составить обоснованный проект производства геодезических работ и непосредственно выполнить эти работы.

Данный учебный курс базируется на теоретических и практических положениях геодезии, высшей геодезии, фотограмметрии, математической обработки результатов геодезических измерений. Владение основами этих наук является обязательной предпосылкой изучения геодезических работ при землеустройстве.

Инженерно-геодезические работы также связаны с астрономией, гравиметрией, картографией. Знание основ этих предметов имеет важное значение для формирования профиля специалиста.

Виды геодезических работ, выполняемых при землеустройстве. При составлении проектов и их осуществлении производят следующие геодезические работы.

1. Построение геодезического съемочного обоснования в виде типовых систем смежных треугольников, полигонометрических, теодолитных, тахеометрических, мензульных и нивелирных ходов, засечек с густотой и точностью в зависимости от принятого масштаба съемки и высоты сечения рельефа.

2. Съемки – аэрофототопографические (контурные, комбинированные, стереотопографические), фототеодолитные, мензульные, теодолитные, тахеометрические, нивелирование поверхности – различных масштабов и с различной высотой сечения рельефа в зависимости от требований к точности обследования и проектирования объектов.

3. Обновление планов и карт – составление их по результатам новой аэрофотосъемки с использованием существующих материалов геодезического обоснования и старых съемок. В этом случае полевые работы часто ограничиваются маркированием пунктов геодезического обоснования дополнительным дешифрированием или съемкой границ

землепользования, если не представляется возможным с необходимой точностью нанести их на план (карту) по результатам предыдущих съемок.

4. Корректировка планов – съемка и нанесение на существующий план появившихся и удаление с плана (карты) исчезнувших объектов и контуров ситуации.

Эти четыре вида работ выполняются при отсутствии доброкачественных планов и карт на территорию землепользования, на которой проводится землеустройство.

5. Составление и оформление планов и карт на основе выполненных съемок.

6. Определение площадей землепользований и угодий с составлением экспликаций.

7. Составление проектных планов – копий с планов и карт.

8. Предварительное (эскизное) проектирование объектов.

9. Техническое проектирование объекта.

10. Подготовка к перенесению проекта в натуру.

11. Перенесение проекта в натуру.

12. Исполнительные съемки.

13. Наблюдение за деформацией и осадками.

1.2. Топографо-геодезические обследования и изыскания при землеустройстве и их значение

Одним из землеустроительных действий, включаемых в землеустройство, является проведение топографо-геодезических обследований и изысканий. Оно призвано обеспечить топографической основой в виде планов и карт следующие землеустроительные действия:

1. Образование новых, а также упорядочение существующих землепользований с устранением различных неудобств в расположении земель; уточнение и изменение границ землепользований на основе схем районной планировки.

2. Внутрихозяйственная организация территорий землевладений с устройством сельскохозяйственных угодий (сенокосов, пастбищ, садов и др.).

3. Выявление новых земель для сельскохозяйственного и иного хозяйственного освоения.

4. Отвод и изъятие земельных участков (например, наделы фермерам или бывшим колхозникам, оформляющим свой пай).

5. Установление и изменение черты городов, поселков и сельских населенных пунктов.

6. Проведение почвенных, геоботанических и других обследований и изысканий.

Топографические карты и планы необходимы для проведения государственного кадастра недвижимости, включающего данные регистрации землепользований, учета количества и качества земель, бонитировки почв и экономической оценки земель. Эти данные служат целям организации эффективного использования земель и их охраны, планирования народного хозяйства, размещения и специализации сельскохозяйственного производства, мелиорации земель и химизации сельского хозяйства, а также других народнохозяйственных мероприятий, связанных с использованием земель.

Топографические карты и планы необходимы также для проектирования планировки и застройки сельских населенных пунктов.

Каждое из указанных мероприятий и действий предъявляет свои требования к качеству, т.е. к точности, полноте и детальности топографических карт и планов, показатели качества определяют масштаб карты (плана) и высоту сечения рельефа, а масштаб карты и площадь, на которой выполняются топографо-геодезические работы, определяют виды и методы проведения этих работ.

В связи с происходящими изменениями в расположении объектов съемки (ситуации) на местности, исчезновением одних и возникновением других, производят периодическое обновление планов (карт), т.е. составляют новые планы на основе старых или их корректировки, в процессе которых вносят изменения в существующие планы.

Понятие кадастра неразрывно связано с понятиями учета, оценки состояния и использования различных природных ресурсов, инженерной деятельности, экологии.

1.3. Геодезическое обоснование на территории сельскохозяйственных предприятий

Для правильной организации и постановки топографо-геодезических работ в разных частях большой территории земной поверхности и для сведения результатов съемок местности в единое целое, эти работы основывают на геодезических пунктах с надежно определенными координатами в общей для них системе. Совокупность таких геодезических пунктов называют геодезической сетью.

Геодезическая сеть подразделяется на государственную сеть, обеспечивающую распространение системы координат на территорию государства и являющуюся исходной для построения других геодезических сетей; сеть сгущения, создаваемую в развитие сети более высокого порядка и съемочную сеть, создаваемую для производства топографических съемок.

Такое ступенчатое построение геодезических сетей состоит в том, что сначала строится высокая по точности сеть на большой территории с пунктами, расположенными на значительном расстоянии друг от друга, а на основе этих пунктов строится следующая ступень ниже по точности, но с более частым расположением пунктов и т. д.

Единая геодезическая сеть обеспечивает возможность проведения топографо-геодезических работ в разных частях территории независимо по времени и сведения результатов этих работ в единое целое, а также обеспечивает надежный контроль всех геодезических измерений и равномерное распределение неизбежных погрешностей измерений по всей территории.

Государственные геодезические сети подразделяют на плановые и высотные. Плановая сеть развивается методами триангуляции, полигонометрии, трилатерации и их сочетаниями, высотная – методом геометрического нивелирования. Плановую государственную геодезическую сеть СССР делят на 1, 2, 3 и 4 классы, различающиеся между собой длиной сторон и точностью угловых и линейных измерений. Высотную государственную геодезическую сеть делят на I, II, III и IV классы нивелирования, различающиеся точностью определения высот пунктов.

Геодезическая сеть сгущения развивается на основе пунктов геодезической сети более точной ступени. На территориях сельскохозяйственных предприятий, населенных пунктов, строительных объектов и др. создается геодезическая сеть сгущения специального назначения. Плановые сети сгущения подразделяют на 1 и 2 разряды и создают методами триангуляции, полигонометрии, трилатерации и их сочетаниями. Высотные (нивелирные) сети развиваются методом геометрического нивелирования III и IV классов и проложением ходов технического нивелирования.

Пункты сетей сгущения, как и пункты государственных геодезических сетей, закрепляют на местности постоянными знаками.

Следующей ступенью сети сгущения является съемочная сеть, отличающаяся меньшей точностью (в 2-3 раза) и большим количеством геодезических пунктов (точек) на единицу площади (в 3-10 раз). Съемочная сеть используется не только для топографических съемок, но и для других работ, например – перенесения на местность проектов территориального и внутрихозяйственного землеустройства, мелиоративных систем, отводов земельных участков и др.

На территории сельскохозяйственных предприятий и других землепользований в качестве пунктов съемочной сети могут служить межевые знаки по границам землепользования с известными координатами. Определение положения пунктов съемочных сетей выполняют

проложением теодолитных ходов или построением микротриангуляции, прямыми, обратными и комбинированными засечками, либо графическими методами при мензуральной съемке. Высоты этих пунктов определяют геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

Выбор метода создания съемочных сетей зависит от топографических, технико-экономических условий местности и др.

1.4. Восстановление и съемка границ землепользования

Границы землепользования создаются в процессе проведения территориального землеустройства, оформляются на местности в установленном порядке и обеспечивают необходимые территориальные условия для рационального использования земли, а также для охраны прав землепользователей. Эти границы имеют большое значение для формирования землепользования, а поэтому считаются обязательным элементом содержания землеустроительного плана.

Со временем некоторые граничные знаки на местности утрачиваются, поэтому границы землепользования восстанавливают при возникновении земельных споров между землепользователями или перед съемкой их в целях нанесения на новые планы (карты). Восстановление границ геодезическими средствами возможно лишь при наличии о них геодезической информации в виде координат граничных знаков или горизонтальных углов и расстояний между знаками. Восстановление возможно и по графическому изображению границ на существующих планах (картах).

В зависимости от расположения и количества утраченных и сохранившихся межевых знаков, точности геодезической информации, топографических условий местности восстановление может производиться способами: угломерных измерений, линейных измерений, непосредственного опознавания (дешифрирования) на местности признаков утраченного знака.

Способ угломерных измерений для восстановления утраченных межевых знаков обычно предполагает применение теодолита и мерного прибора, при этом необходимые угловые и линейные величины по границам берут из ведомостей координат или с плана землепользования. Для работы в поле изготавливают чертеж границ, на который выписывают углы и длины линий по утраченной части границы и на примыкающих к ней линиям с сохранившимся на местности межевыми знаками.

При восстановлении одиночных межевых знаков применяют полярный способ или способ угловых засечек.

В зависимости от имеющихся геодезических материалов угол β и расстояние S могут быть взяты из ведомости координат или вычислены по аналитическим координатам межевых знаков по формулам:

$$\beta = \arctg \frac{y_A - y_B}{x_A - x_B} - \arctg \frac{y_C - y_B}{x_C - x_B}$$

$$S = \frac{y_C - y_B}{\sin \alpha} = \frac{x_C - x_B}{\cos \alpha} = \sqrt{(y_C - y_B)^2 + (x_C - x_B)^2}$$

Точность определения положения межевого знака C будет зависеть от точности определения и построения на местности угла β и расстояния S .

Способ угловых засечек целесообразно применять, когда затруднены линейные измерения между сохранившимися межевыми знаками и восстанавливаемы. Необходимые углы выбирают из ведомости координат или вычисляют по выше представленной формуле.

При необходимости восстановления отдельного звена границы из нескольких смежных межевых знаков целесообразно строить (прокладывать) теодолитный ход.

При вероятности 0,954, невязку (допустимую) можно рассчитать по формуле:

$$\int_s^2 4 \sum_1^n m_s^2 + 4 \frac{n+1.5}{3} \left(\frac{m_\beta}{\rho} \sum_s \right)^2$$

где m_s – средняя квадратическая погрешность измерения (откладывания) линии длиной S ;

n – число линий (построенных углов) хода;

m_s – средняя квадратическая погрешность построения угла.

Невязку распределяют способом параллельных линий. Для этого при помощи буссоли в точке e измеряют направление (магнитный азимут) невязки, а в точках d и c при помощи буссоли строят это направление и откладывают от них отрезки (поправки) dD и cC , вычисляемые по формулам:

$$dD = \frac{eE}{BC + CD + DE} (BC + CD), \quad cC = \frac{eE}{BC + CD + DE} \beta C.$$

Границы землепользования восстанавливают с участием представителей смежных землепользователей, а границы между общественными и приусадебными землями с участием представителей сельского совета, сельскохозяйственного предприятия и пользователя приусадебным участком. При восстановлении границ приусадебных участков используют материалы обмера этих участков.

Закрепление границ в натуре производят на основании проекта территориального землеустройства. В зависимости от физико-

географических условий местности, наличия соответствующих материалов, рабочей силы и возможностей механизации работ границы в натуре могут закрепляться следующими стандартными межевыми знаками: железобетонными столбами длиной 135-150 см, деревянными столбами длиной 135-150 см и диаметром 15-20 см, валунами сравнительно правильной формы и весом не менее 100 кг, либо кладкой тура в виде усеченного конуса, укороченного до 80 см.

Конструкция и закладка межевых знаков должна обеспечивать длительную сохранность их положения на местности для использования в качестве пунктов геодезического обоснования. На границе одного и того же землепользования или по одному смежеству межевые знаки должны быть единой конструкции. Для длительной сохранности межевых знаков обычно вокруг столбов оформляют курган с канавой в виде окружности, внутренний диаметр 2,5-2,8 м, внешний 3,5-3,8 м, глубина канавы 0,3-0,4 м. В верхней части столба, которая возвышается над землей на 0,2 м, выполняется клеймо, изображающее скрещивающиеся серп и молот. Столб ориентируют в яме таким образом, чтобы клеймо было направлено на следующий по ходу межевой знак.

При использовании валуна, который наполовину закапывают в землю, на нем зубилом выдалбливают углубление, обозначающее центр межевого знака, и отступив от него, выдалбливают канавки глубиной 2 см в направлении на предыдущий и последующий межевые знаки. Их устанавливают друг от друга на расстоянии, обеспечивающем взаимную видимость, но не более 1000 м, а в районах с менее интенсивным использованием сельскохозяйственных угодий – 2000 м. На открытой территории землепользования границы, несовмещенные с живыми урочищами и другими рубежами, пропахивают в одну борозду глубиной не менее 20 см.

Съемку установленных или восстановленных межевых знаков, в целях нанесения их на план, производят различными способами, в зависимости от метода съемки территории землепользования и наличия геодезических пунктов, к которым возможна привязка знаков.

Наиболее надежным способом съемки межевых знаков является приложение по ним теодолитных ходов, привязываемых к пунктам имеющейся геодезической сети (в том числе к существующим межевым пикам, имеющим вычисленные значения координат). В этом случае межевые знаки в течение многих лет служат геодезическим обоснованием для привязки отводов земель; перенесения проектов землеустройства в натуре; корректировки планов, направленной на поддержание их на современном уровне, и привязки аэрофотоснимков при обновлении планов.

Расположение межевых знаков по периферии землепользования, часто на кормовых и лесных угодьях обеспечивает их длительную сохранность, благодаря чему они являются более надежными носителями геодезической информации, чем другие пункты геодезических сетей, часто располагающиеся на пахотных угодьях и мешающие механизированной обработке земли.

1.5. Разреженная привязка границ землепользования к пунктам геодезической сети

Восстановление и съемка межевых знаков в последние четыре – пять десятков лет производились редко, знаки оказались утраченными и массовое выполнение этих видов работ с проложением теодолитных ходов требует больших затрат материальных средств и времени инженерно-технических работников. Поэтому кафедрой геодезии Московского института инженеров землеустройства предложен способ восстановления и съемки только части межевых знаков – группами по три смежных знака через 3-5 км по границам землепользования. При отсутствии на территории землепользования необходимого числа пунктов геодезической сети, прокладывают ходы радио- или светополлигонометрии к пунктам которой полярным способом привязывают восстановленные межевые знаки, называемые опорными.

Пункты ходов и опорные межевые знаки закрепляют на местности специальными центрами с оформлением наружной окопки. Угловые измерения на пунктах полигонометрии выполняют теодолитом Т2 (или ему равноточным) со средней квадратической погрешностью 2".

Линейные измерения выполняют электромагнитными дальномерами с относительной средней квадратической погрешностью 1:5000-1:25 000. Углы с пунктов полигонометрии на опорные межевые знаки измеряют со средней квадратической погрешностью порядка 5".

Угловые и линейные измерения на опорных межевых знаках для вычисления координат смежных знаков выполняют с точностью, принимаемой для съемочного обоснования топографических съемок и решения различных инженерных задач.

Эффективным способом съемки группы смежных межевых знаков является привязка их к четким контурным точкам изобразившимся на фотоплане, измерение расстояний (горизонтальных проложений S) и гироскопическое или астрономическое определение азимутов сторон (дирекционных углов α) между знаками. Для этого на фотоплане или на аэрофотоснимке измеряют координаты контурных точек a, b, c, \dots, I, h , полярным способом эти координаты передают на межевые знаки 1, 2, 3 и из полученных нескольких значений координат для каждого знака

получают среднее значение. Затем, решая условные уравнения методом наименьших квадратов находят поправки в координаты межевых знаков.

$$\operatorname{arctg} \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} - \alpha_{21} = 0,$$

$$\operatorname{arctg} \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} - \alpha_{23} = 0,$$

$$\cdot \left\{ (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 \right\}^{1/2} - s_{21} = 0, \left\{ (x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2 \right\}^{1/2} - s_{23} = 0.$$

Вес уравненных значений координат в этом случае увеличивается в 3 раза по сравнению с весом измеренных координат. При массовых работах уравнивание координат выполняется с помощью специализированных программ.

При таком способе съемки границ землепользования не получается нежелательного явления, когда нанесенные на фотоплан по координатам межевые знаки не совпадают с фотографическим изображением границ землепользования. Перед аэрофотосъемкой полезно межевые знаки замаркировать, благодаря чему отпадает необходимость привязки межевых знаков к контурным точкам.

Контрольные вопросы

1. Что является геодезическим обоснованием на территории сельскохозяйственных предприятий?
2. В каких случаях, и какими способами геодезических измерений восстанавливают границы землепользования?
3. Какими способами геодезических измерений производится съемка уставных или восстановленных границ землепользования?
4. Цель проведения геодезических работ при землеустройстве.
5. Значение топографо-геодезического обследования.

Глава 2. ПЕРЕНЕСЕНИЕ ПРОЕКТОВ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА В НАТУРУ

2.1. Сущность и методы перенесения проектов в природу

Перенесение проекта землеустройства в природу заключается в проложении и закреплении на местности границ участков, дорог и пр., которые спроектированы на плане. Для перенесения проекта в природу выбирают наиболее простые методы, требующие меньших затрат времени и рабочей силы на производство этого вида работ и обеспечивающие в то же время точность, удовлетворяющую экономическим и техническим требованиям землеустраиваемого хозяйства.

Перенесение проекта в природу должно обеспечивать точность положения закрепляемых проектных точек на местности не меньшую, чем для ясно выраженных контуров, что положение этих точек должно определяться вычисленными значениями координат и служить многие годы дополнительным геодезическим обоснованием при выполнении топографо-геодезических изысканий на территории хозяйства.

Перенесение проекта в природу имеет большое значение для осуществления его хозяйством, поэтому важно, чтобы руководящие работники, специалисты и бригадиры хорошо знали расположение на местности участков бригад, севооборотных массивов, полей севооборотов, дорог и пр.

Технически перенесение проекта в природу представляет действие, обратное съемке: в процессе съемки и составления плана контуры угодий и участков местности наносят на план, при перенесении же проекта в природу границы участков с плана переносят на местность. Следовательно точность перенесения проекта в природу можно приравнять к точности съемки. Если перенесение проекта в природу производится по геодезическим данным (величинам углов и длинам линий), получаемым путем вычислений при проектировании аналитическим способом, то на точность перенесенных в природу участков будут влиять только погрешности полевых измерений.

Если же перенесение проекта в природу производится по данным, определяемым графически по плану (после проектирования графическим или механическим способами), то на точность перенесенных в природу участков, помимо погрешностей полевых измерений, будут влиять и погрешности графического определения величин углов и длин линий по плану.

От перенесения проекта в природу, как завершающей стадии землеустроительных работ, в большой степени зависит точность расположения на местности участков, параллельность или перпендикулярность их сторон, расхождение действительных площадей участков на местности с

площадями, указанными в экспликациях (в ведомостях площадей участков, составляемых при проектировании), и др. Правда, правильно выбранным методом перенесения проекта в натуру не исправить геодезически неточно составленного землеустроительного проекта, зато неправильно выбранным методом перенесения землеустроительного проекта в натуру можно свести на нет точность, полученную в процессе проектирования.

Поэтому три геодезических процесса: съемка, проектирование и перенесение проекта в натуру должны производиться по точности согласованно. При допущенной неточности в одном из процессов нельзя достичь требуемой точности к проекту в целом.

Перенесение проекта в натуру производится следующими методами: промеров – мерным прибором (лентой, электромагнитным дальномером); угломерным – теодолитом с мерным прибором; графическим – мензулой.

Применение этих методов возможно для любого землеустроительного проекта и на материале любого вида съемки, однако целесообразность применения того или иного метода зависит от:

- 1) технических требований к параллельности и перпендикулярности сторон проектируемых участков;
- 2) способа проектирования, который применялся при составлении проекта землеустройства;
- 3) топографических условий местности (ровная, с ясно выраженным рельефом, открытая, закрытая);
- 4) вида проектных линий (прямые или ломаные);
- 5) вида планово-картографического материала, использованного при проектировании (планы теодолитной, мензульной съемки, аэрофотосъемки и др.).

При этих условиях перенесение проекта в пределах одного землепользования может быть произведено различными методами.

Перенесению проекта мерным прибором следует всегда отдавать предпочтение перед другими методами, особенно в тех случаях, когда:

– местность открытая, т.е. проложению проектной линии на местности не препятствуют древесные насаждения, постройки, рельеф;

– положение концов переносимых в натуру линий определяется промером между точками, которые обозначены на плане и надежно определяются в натуре (знаки, столбы, колья, вершины углов поворотов четко отображенных контуров ситуации).

Если проектирование производилось аналитическим или графическим способом, когда в процессе проектирования вычислялись длины промеров, то в качестве опоры при перенесении проекта используются точки ранее проложенных теодолитных ходов или пункты других видов геодезических сетей.

При проектировании планиметром в сочетании с графическим способом в качестве опоры для перенесения проекта в натуру могут быть использованы прямые линии контуров пахотных земель, прямые дороги, вершины углов поворотов четко отображенных контуров ситуации величиной не менее 40° и не более 140° . Такими углами изобилуют планы аэрофотосъемки и в меньшей степени – планы мензульной и теодолитной съемок.

Перенесение проекта в натуру теодолитом и мерным прибором производится в случаях, когда:

– условия местности ввиду залесенности, закустаренности, наличия древесных насаждений, застроенности или всхолмленности, закрывающих видимость в нужных направлениях, не позволяют осуществить перенесение проекта только методом промеров;

– проектные границы представляют ломаные линии и при проложении их возникает необходимость строить углы;

– точки ситуации не могут служить надежной опорой для перенесения проекта в натуру и возникает необходимость определять положение проектных точек путем построения углов и промеров линий от точек и линий теодолитных ходов и пунктов других геодезических сетей.

Перенесение проекта в натуру мензулой предпочтительней производить в сухую погоду и при наличии плана мензульной съемки или аэрофотосъемки преимущественно на жесткой основе, если:

– проектирование производилось механическим в сочетании с графическим способом;

– не требуется строгая параллельность и перпендикулярность сторон участков, например, сенокосных и пастбищных угодий;

– точки ситуации не могут служить надежной опорой для перенесения проекта и возникает необходимость определять положение проектной точки полярным способом, т.е. путем построения направления и промера линии;

– по границам землепользования и внутри него отсутствуют теодолитные ходы, имеющаяся сеть геодезических пунктов редка и применение теодолита нецелесообразно.

Методы и приемы перенесения проекта должны соответствовать способам съемочных и проектировочных работ. Например: нельзя переносить в натуру, относительно точек контуров ситуации, проект, составленный аналитическим способом, но нет необходимости прокладывать теодолитный ход для определения границ между участками неправильной конфигурации, в которых вследствие изрезанности и криволинейности контура отсутствуют прямые углы и стороны между собой не параллельны. В этом случае вполне применим способ

определения границ участков промерами от четко отображенных точек контуров ситуации.

2.2 Подготовительные работы при перенесении проекта в натуру

Каким бы способом ни проектировали и какой бы метод ни был принят для перенесения проекта в натуру, перед выходом в поле детально и тщательно обдумывают порядок перенесения проекта с тем, чтобы в полевой обстановке, куда привлекается значительное количество рабочей силы и транспорта, не тратить времени на обдумывание технических приемов перенесения проекта.

При выборе порядка действий по перенесению проекта в натуру стремятся к тому, чтобы исполнение их отличалось наибольшей простотой, удовлетворяло требованиям надлежащей технической точности и соблюдалась бы при этом экономия времени и рабочей силы. Поэтому перед перенесением проекта в натуру производят *подготовительные работы* в целях установления порядка геодезических действий. Они состоят из:

- осмотра местности, если работа выполняется лицами, не знакомыми с ней;
- установления методов перенесения проекта в натуру;
- сгущения пунктов геодезического обоснования;
- определение величин промеров (проектных отрезков) и углов и подписание их на проектном плане;
- составления разбивочного чертежа перенесения проекта.

При *осмотре местности* уточняют возможности применения различных методов перенесения проекта тем, что проверяют наличие закрепленных на местности пунктов геодезических сетей для перенесения проекта и устанавливают необходимость их сгущения.

Если в качестве опоры будут использованы контурные точки ситуации, то выборочно проверяют соответствие этих точек на плане и на местности, сличая контрольные промеры между ними. Если при этом расхождения между результатами измерения линий на плане и на местности превышают величину 1 мм, т.е. предельную погрешность положения точки на плане, то эти точки не могут быть использованы в качестве опоры при перенесении проекта.

При установлении методов перенесения проекта руководствуются соображениями, приведенными в предыдущем подпункте.

Геодезическое обоснование сгущают, если между съемкой и перенесением проекта в натуру большой промежуток времени, за который могли

оказаться уничтоженными закрепленные пункты, необходимые для перенесения проекта или существующая сеть редка.

Получение необходимых исходных угловых и линейных данных путем проложения теодолитных ходов по границам массивов, в которых проектируются участки, позволит быстрее и точнее составить технический проект, упростить составление разбивочного чертежа, что ускорит и облегчит перенесение проекта в натуру. Вследствие этого время, затраченное на полевые подготовительные работы, в дальнейшем обычно компенсируют экономией его при проектировании и перенесении проекта в натуру. Проложенные теодолитные ходы обрабатывают и наносят на план в обычном порядке.

В соответствии с размещением полей и участков, предусмотренным предварительным проектом, прибегают к инструментальному обходу лишь отдельных участков, устанавливая тем самым минимально необходимый объем полевой геодезической подготовки. Иногда достаточно бывает измерить мерным прибором расстояние между лесной полосой и границей или дорогой, между углом усадьбы и межевым знаком границы землепользования, когда на эти линии опираются другие проектируемые участки и когда нужно знать точную длину их для составления проекта и разбивочного чертежа.

Полевая подготовка некоторых обособленных участков, где размещаются небольшие поля прифермского или овощного севооборота, иногда производится заблаговременно, чтобы воспользоваться полученными данными для составления технического проекта. В отдельных случаях она может свестись лишь к измерению на местности мерным прибором его четырех или пяти сторон и диагоналей, разбивающих участок на треугольники. В случаях, когда на отдельные массивы, например, овощных или специальных севооборотов и участков с криволинейными границами, требуется составить особый план в более крупном масштабе (1:2000, 1:5000), чтобы обеспечить необходимую точность составления проекта и перенесения его в натуру, производят полевые работы по съемке такого массива, согласно точности принятого масштаба плана.

Указанные подготовительные работы выполняют не только в случаях, когда применяют аналитический способ проектирования, но и когда проектирование выполняют при помощи планиметра, чтобы обеспечить достаточную точность площадей проектируемых участков. Поскольку значительная часть геодезических данных, полученных при полевой подготовке, потребуется и будет использована еще при составлении технического проекта, то целесообразнее проводить эту подготовку после предварительного проектирования. Размещение всех полей и участков в этом проекте дается достаточно ясно, поэтому на его основе легко выбрать способы составления технического проекта, определить объем и

конкретное содержание полевых подготовительных работ, необходимых как для составления проекта, так и для перенесения его в натуру.

Для *перенесения проекта в натуру мензулой строят* (возобновляют) геометрическую сеть в местах расположения проектных точек по обычным правилам, предусмотренным инструкциями и наставлениями для мензульных съемок.

Промеры (проектные отрезки), необходимые для перенесения проекта в натуру – расстояния между опорными точками (пунктами геодезического обоснования) и проектными точками, а также *углы* между опорными и проектными линиями при *аналитическом способе проектирования* получаются вычислением по результатам измерений на местности и по заданным (проектным) площадям и записываются на схематических чертежах, откладываются (строятся) на проектном плане и служат контролирующим средством для обнаружения грубых ошибок при проектировании.

Отрезки, представляющие высоту или основание треугольника, получаемые вычислением при *графическом проектировании*, также записывают на схематическом чертеже и на проектном плане, чтобы их использовать при перенесении проекта в натуру.

Несколько сложнее обстоит дело с проектированием трапецией при графическом способе, так как в процессе проектирования часто получают не боковые стороны трапеций, необходимые для перенесения проекта, а их высоты. В этом случае для сохранения точности проектирования и перенесения проекта в натуру по высотам трапеций вычисляют их боковые стороны и записывают их и на схематическом чертеже, и на проектном плане.

Если на прямой FE отрезки $a_1 = 440,5$ м, $a_2 = 735,6$ м, $a_3 = 133,9$ м для перенесения проекта после проектирования графическим способом получены не вычислением, а по плану графически (хотя это приводит к нарушению параллельности длинных сторон участков), то сумма этих отрезков должна быть увязана в длине прямой $FE = 1310,0$ м, которая получена из измерений на местности, или в длине, взятой с плана, если эта прямая на местности не измерялась.

Допустимая невязка в сумме этих отрезков определится исходя из условия $a_1 + a_2 + a_3 - FE = 0$. Однако каждый из отрезков и вся линия определяются с погрешностью, поэтому в правой части этого уравнения вместо нуля получим величину невязки. Тогда согласно теории погрешностей измерений зависимость средних квадратических погрешностей каждой величины левой части этого равенства от средней квадратической невязки выразится формулой (применение этой формулы возможно для случая, когда длины определялись независимо одна от другой).

Каждый из отрезков, а также вся линия FE определяются с одинаковой погрешностью независимо от их длины, поэтому обозначив погрешность в левой части через m , будем иметь:

$$Mf = m\sqrt{n+1}$$

где n – число отрезков (промеров).

Приняв среднюю квадратическую погрешность определения расстояния измерителем по масштабу равной графической точности, т.е. 0,08 мм на плане, получим допустимую величину невязки, равную удвоенной средней погрешности:

$$F_{\text{доп}} = 0,16\sqrt{n+1}(\text{мм})$$

Если длина FE получена измерением на местности или вычислена по координатам точек F и E , то невязка, помимо погрешностей определения промеров a_i будет зависеть еще от погрешностей нанесения точек F и E на план по координатам. Тогда согласно формуле:

$$F_{FE} = \sqrt{(m_F^2 + m_E^2) / 2}$$

где m_F и m_E – средние квадратические погрешности нанесения точек F и E на план по координатам, равные 0,18 мм на плане.

Допустимую погрешность примем равной 0,36 мм, которая больше величины 0,16 мм примерно в $\sqrt{5}$, поэтому для данного случая допустимая невязка в сумме отрезков, определяемых графически по плану, будет равняться:

$$F_{\text{доп}} = 0,16\sqrt{n+5} \text{ (мм)}.$$

При определении линии на плане учитывают *деформацию бумаги*, если величина поправки превышает величину графической точности (0,1 мм на плане).

Если длина FE получена из измерений на местности, то к величине допустимой невязки прибавляют величину поправки за деформацию бумаги.

Невязку в сумме отрезков, взятых с плана, при сравнении с общей длиной линии, распределяют двумя способами:

– поровну на каждый отрезок, такой порядок распределения невязки имеет основание, так как погрешности определения расстояний по плану не зависят от длины отрезков;

– пропорционально длинам отрезков, такой порядок наиболее удобен в том отношении, что поправку за деформацию бумаги достаточно ввести лишь во всю линию, и при распределении невязки по этому способу поправки за деформацию в отдельные отрезки введутся автоматически.

Если длина линии FE вычислена по координатам точек F и E , то, увязывая в длине этой линии сумму длин отрезков a_i пропорционально длинам этих отрезков, автоматически учитывают деформацию бумаги.

В том случае, когда число отрезков больше четырех, их длины лучше брать не каждую в отдельности, а сначала первого a_1 , потом первого и второго вместе $a_1 + a_2$, далее $a_1 + a_2 + a_3$ и т.д., одновременно вводя в них поправку за деформацию бумаги. Каждый отрезок потом определяют вычитанием предыдущего результата измерения из последующего. Такой способ графического определения расстояний в меньшей степени нарушает параллельность сторон участков.

Полученную невязку (если она допустима) распределяют с округлением до десятых долей метра, а при масштабе 1:25 000 и мельче – до целых метров. Если некоторые отрезки в процессе проектирования получают вычислением, а не определяют их по плану графически, то поправку в них не вводят.

Если опорой для перенесения проекта служат точки контуров ситуации, то длины отрезков на плане определяют и увязывают в общей длине линии с округлением до целых метров, начиная с масштаба 1:10000 и мельче.

Кроме поправок за деформацию бумаги, в длины проектных отрезков перед перенесением проекта в натуру вводят еще две поправки:

– первую – за перенесение линии с плоскости проекции Гаусса-Крюгера (если план составлен в этой проекции) на местность, эту поправку, согласно, вычисляют по формуле:

$$ds = sy^2/2R^2$$

и всегда вводят со знаком минус;

– вторую поправку – за наклон линии к горизонту.

Так как в результате вычислений или определения линий по плану получают их горизонтальные проложения D , то для перенесения их на наклонную местность, к горизонтальным проложениям вычисляют поправки за наклон со знаком плюс, руководствуясь горизонталями плана. Так, определив горизонтальное проложение S и превышение h между точками с однородным скатом, поправку находят по формуле:

$$\Delta D = D - S = D - \sqrt{D^2 - h^2} = D - D\sqrt{1 - h^2 / D^2} \approx D - D(1 - h^2 / 2D^2)$$

откуда, заменив в последнем равенстве D на S , получают: $\Delta S \approx h^2/2S$.

Поправку ΔS можно вычислить также по известной формуле, которую можно представить так (v в градусах):

$$\Delta S \approx (2Sv^2)/4 \cdot 57,3^2 \approx (1,5v^2/10000)S$$

а если известен уклон $i=h/S$, то подставив $h = iS$, получим:

$$\Delta S \approx (i^2/2) \cdot S$$

Величины вычисленных поправок за наклон подписывают над соответствующими промерами на разбивочном чертеже и учитывают их при отложении промеров на местности.

Если проектные линии определяют по плану после проектирования графическим или механическим способом, то последние две поправки имеет смысл вводить лишь в случае, если они ощутимы по сравнению с точностью масштаба, что бывает редко. Однако после получения этих линий вычислением в процессе проектирования аналитическим способом, введение обеих поправок при углах $\nu \geq 1,5^\circ$ часто необходимо.

Принято считать, что принимаемые меры по повышению точности геодезических данных обеспечивают нужную точность работ по перенесению проекта в натуру. Однако это верно лишь для случаев, когда имеется возможность перенести проект в натуру по полученным таким способом углам и линиям на крупном открытом массиве пашни, когда границы проектируемых участков не совпадают с существующими контурами угодий, лесных полос, усадебных земель, границами профилированных дорог, каналов и пр.

Поскольку точность положения этих объектов на плане характеризуется средней квадратической погрешностью 0,4 мм, то при проложении теодолитного хода не совмещение точек и линий хода с аналогичными точками и линиями местности будет доходить до 1 мм на плане. При этом линии, которые должны проходить рядом с дорогой, лесной полосой или приусадебными участками, неизбежно попадут на местности ближе или дальше этих границ, иногда пересекут их, отрезая, например, концы приусадебных участков. Чтобы этого не случилось, нужно заранее иметь на плане необходимое геодезическое обоснование и опираться на него при составлении разбивочного чертежа для перенесения проекта в натуру.

Примером оформления на проектном плане геодезических данных – проектных отрезков, необходимых для перенесения проекта в натуру является фрагмент проектного плана, изображенный на рис. 1. На нем кружками показаны опорные точки (пункты геодезического обоснования) и крупными точками – проектные точки. Сад площадью 30 га и южнее усадеб массив овощного севооборота 7–8–16–А площадью чистой пашни 50 га с пятью равновеликими полями спроектированы *аналитическим способом*, поэтому все отрезки записаны на проектном плане с округлением до 0,01 м.



Рис. 1. Фрагмент проектного плана

Правильность проектирования четырех полей овощного севооборота V, IV, III, II, имеющих форму трапеции, контролируется проверкой площади чистой пашни в поле I, т. е. за вычетом площади сенокоса с прудом и части дороги у точки 8.

Поля полевого севооборота VI, VII и VIII спроектированы графическим способом, поэтому некоторые отрезки, например 285,1 м – ширина поля VIII б, полученная вычислением при проектировании, подписана на проектном плане, так как углы при точках 5 и 4 близки к прямым. Длины горизонтальных проложений линий между опорными точками, представляющие суммы проектных отрезков, записаны против этих линий и подчеркнуты.

Таким образом по плану графически определены только отрезки 47,07 м и 839,7 м на линии 16 – 5 и отрезки 518,2 и 232,2 м на линии 2 – 3, которые получили поправки за невязку при сравнении сумм отрезков с длиной линий 16 – 5 и 2 – 3.

Случай, когда в качестве опорных при перенесении проекта использованы контурные точки B и C , представлен на рис. 2. Между этими точками должно быть определено положение проектной точки Q , на расстоянии 81,3 м от точки B , полученном вычислением при проектировании спрямленной границы между пашней и пастбищем. Для контроля перенесения в натуру проектной точки Q и уверенности в правильности положения точек B и C это расстояние измерено на плане (702,0 м) и за вычетом расстояния 81,3 на проектном плане записано 620,7 м.

Отрезок 61,3 м у опорной точки 23 вычислен исходя из проектной ширины прогона. Для этого в точке 23 транспортиром измерен угол и отрезок 61,3 м получен делением ширины прогона (60 м) на синус этого угла.

Для перенесения в натуру угломерным методом полей I, V, II, III и IV, спроектированных в такой последовательности механическим в сочетании с графическим способом, необходимы углы в исходных точках 20 и 26 (см. рис. 2) и в проектных точках L и M , а также расстояния между этими точками. Для этого углы можно измерить транспортиром, а расстояния – измерителем по плану или вторым способом углы и расстояния рассчитать по аналитическим координатам исходных точек и графическим координатам проектных точек, решая последовательно обратные геодезические задачи.

Точность этих способов различна. Таким образом, в данном случае лишь для точки M координаты определены графически.

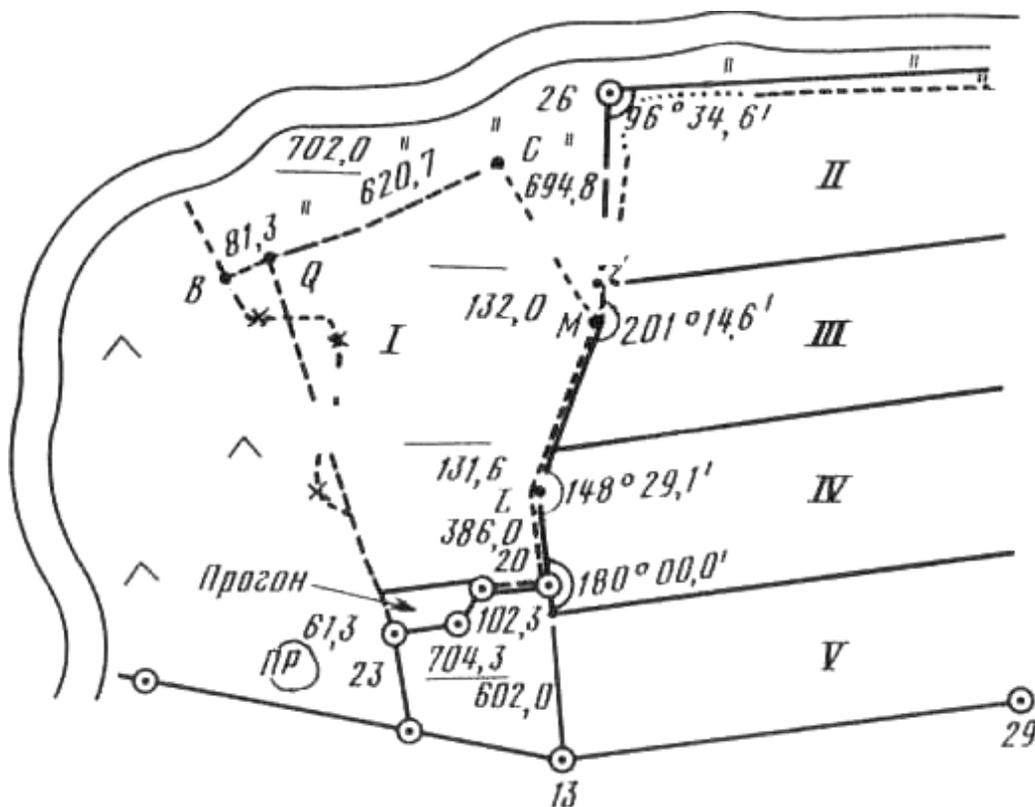


Рис. 2. Пример записей на проектном плане

Результаты вычислений записывают на проектный план. На нем же выписывают и отрезки для перенесения в натуру проектных точек, разделяющих поля II-III и III-IV. Все необходимые поправки за деформацию бумаги, за перенесение с плоскости проекции Гаусса-Крюгера на местность и за наклон линии местности к горизонту вводят в отрезки как указано выше в этом параграфе.

Для перенесения проекта мензулой проектные отрезки на проектный план не выписывают, так как их измеряют по плану между станциями и проектными точками и отмеряют на местности по нитяному дальномеру.

2.3. Составление разбивочного чертежа для перенесения проекта в натуру

Разбивочный чертеж составляют только после нанесения на проектный план всех проектных линий спроектированных объектов и записей на нем всех отрезков (промеров) и углов, необходимых для перенесения проекта в натуру. Он является техническим документом, также как абрис теодолитной или тахеометрической съемки, прикладывается к техническому делу производству и свидетельствует о порядке и правильности выполнения полевых работ. Им предусматривается такой порядок перенесения проекта, который обеспечит наибольшую производительность труда исполнителя, сократит холостые передвижения рабочей силы и позволит выполнить работы с требуемой точностью. Разбивочные чертежи составляют в цвете в масштабе проектного плана только на те части землепользования, на которых проект будет переноситься в течение одного-трех рабочих дней (во избежание порчи всего разбивочного чертежа в полевой обстановке). Если проект несложен, то разбивочный чертеж может быть составлен схематически на листе бумаги.

На разбивочный чертеж наносят только то, что необходимо для перенесения проекта в натуру, а именно:

- проектные границы; величины проектных углов и линий, которые нужно построить и отмерить на местности;
- пункты геодезического обоснования, которые используются при перенесении проекта;
- контуры ситуации, облегчающие нахождение на местности точек геодезического обоснования или служащие опорой для перенесения проекта;
- номера и названия полей и участков.

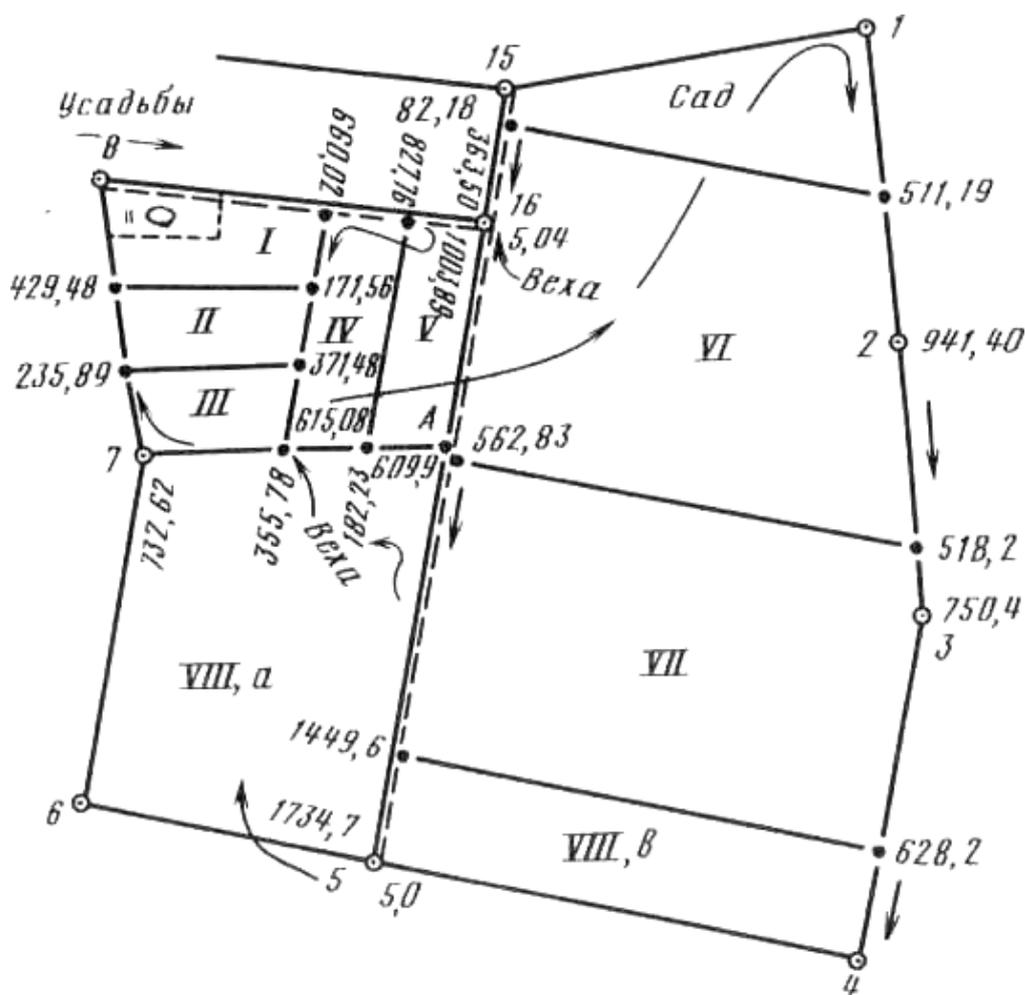


Рис. 3. Фрагмент разбивочного чертежа

На разбивочном чертеже черным цветом принято изображать существующие на местности границы, контуры угодий, условные знаки (значительно разреженные) и относящиеся к существующим границам надписи геодезических данных (румбы, длины линий), а красным цветом – все проектируемое: границы, номера участков, геодезические данные. При этом новые (проектируемые) теодолитные ходы, вспомогательные магистральные линии и относящиеся к ним геодезические данные лучше показывать другим цветом (синим, фиолетовым).

В хорошо продуманных чертежах соблюдается определенный порядок в расположении надписей: если длину проектных отрезков между границами участков на проектном плане (см. рис. 1 и 2) записывают вдоль или против этих отрезков, то промеры до границ участков на разбивочном чертеже (рис. 3 и 4) записывают *нарастающим итогом* по ходу, начиная от одной опорной точки до следующей, возле проектных и конечных опорных точек.

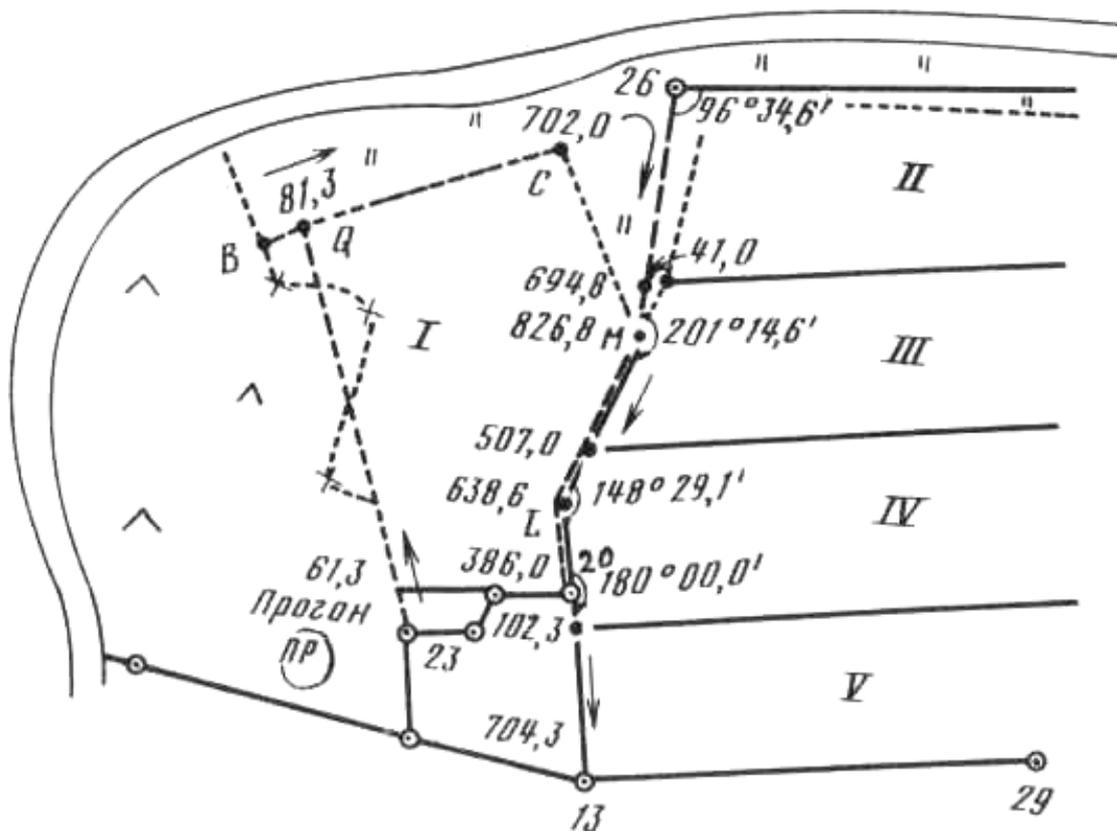


Рис. 4. Пример записей на разбивочном чертеже

Запись отсчетов по мерному прибору (промеров) нарастающим итогом между каждой парой опорных точек избавляет от ошибок при суммировании длин отрезков, делает непрерывным процесс измерения при перенесении проекта, а следовательно повышает точность. Этот процесс удобен как при применении ленты, так и при применении электромагнитных дальномеров или электронных тахеометров, когда в начальной точке опорной линии устанавливают светодальномер, а вдоль линии перемещают отражатель. Получение контрольного отсчета в конце опорной линии, равного ее длине, свидетельствует о том, что именно по этой линии переносится проект в натуру.

Записью на разбивочном чертеже двойных данных (размеров между границами участков и промеров нарастающим итогом) обеспечивается контроль и возможность восстановить в поле затертые надписи, а также возможность удобного маневрирования в случаях непредвиденного изменения порядка выполнения полевых работ. Тогда по отрезкам легко вычислить промеры в обратном направлении хода.

Дополнительные геодезические данные также дают возможность проверять направление проектной линии, получаемое по построенному углу от одного опорного пункта по углу от другого пункта или проверять положение на местности проектной точки по измерению расстояний от одной опорной точки другим измерением от другой опорной точки и т.д.

Составляя разбивочный чертеж продумывают маршрут движения при выполнении полевых работ и отмечают его указательными стрелками (см. рис. 3 и 4). Одновременно с этим отмечают точки, в которых будут установлены вехи для ориентирования при проложении боковых ходов и линий, служащих опорными для разбивки других участков.

В отдельных случаях, когда перенесение проекта в натуру не отличается сложностью и исполнитель в достаточной мере знаком с местностью и состоянием геодезического обоснования, разбивочный чертеж составляют в виде схемы с необходимыми геодезическими данными. Для перенесения проекта в натуру мензулой нужно быть в достаточной степени осведомленным о сохранившихся на местности пунктах аналитической и геометрической сетей и в качестве разбивочного чертежа иметь выкопировку на восковке, на которую нанесены только спроектированные участки, их нумерация и заметки о порядке полевых действий. Все линейные данные при этом определяют измерителем на плане (планшете) в поле и записывают их на разбивочном чертеже. Чем обстоятельнее проведена подготовка к перенесению проекта, тем быстрее и с меньшими погрешностями выполняется полевая работа.

2.4. Перенесение проекта в натуру методом промеров

После составления разбивочных чертежей продумывают организацию полевых работ по перенесению проекта. Еще по предварительному проекту землеустроитель определяет необходимое число граничных знаков (железобетонных или деревянных столбов, железных, гончарных или асбестовых труб, обрезков углового железа) и заблаговременно заказывает землепользователю их изготовление, если оно не производится в централизованном порядке.

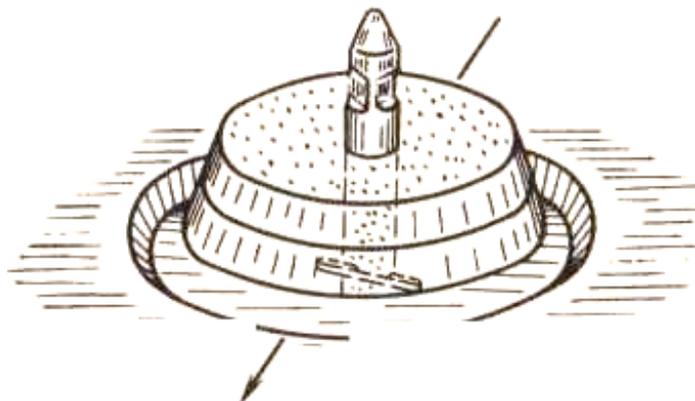


Рис. 5. Граничный знак

В начале полевых работ исполнитель знакомит рабочих с их обязанностями, с требованиями к выполнению работ.

Перенесение проекта в натуру производится согласно разбивочному чертежу, на котором отмечена исходная точка, направление движения мерного прибора, записаны все промеры между проектными и опорными точками, определяющие положение проектных точек. На концах каждой опорной линии, на которой получают положение проектных точек, устанавливают вехи, длинные линии провешивают. Линии при перенесении проекта отмеряют от одной опорной точки до другой в направлении, указанном на разбивочном чертеже, при этом место постановки знака, согласно промеру, временно закрепляют колом.

Если линия проходит по наклонной местности, то кол, а с ним и мерный прибор передвигают вперед на величину поправки за наклон в длину данного промера. Если проектирование выполнялось графическим или механическим способом и не производились вычисления для соблюдения строгой параллельности сторон участков, то поправку за наклон вводят при углах наклона более 5° , а при аналитическом способе проектирования – более $1,5^\circ$.

Достигнув конца опорной линии, записывают на разбивочном чертеже результат ее измерения, который, из-за погрешностей, будет отличаться от контрольного промера, записанного на разбивочном чертеже при его составлении. Если измерение опорной линии до перенесения и в процессе перенесения проекта выполнялось с одинаковой точностью, то полученная разность результатов измерения не должна превышать допустимого расхождения между двумя измерениями.

Расхождения могут быть большими, если результаты измерения опорных линий неравноточны, например, при составлении разбивочного чертежа длина опорной линии получена по проектному плану графически. Если опорными являются контурные точки, то это расхождение допускается до 1 мм на плане.

Если проектирование выполнялось аналитическим способом или производились вычисления, обеспечивающие строгую параллельность сторон участков, то расхождение, не превышающее $1/1000$ ширины проектируемых участков, не указывают, т.е. положение проектных точек, закрепленных кольями, не перемещают. Расхождение, превышающее указанный предел, увязывают путем передвижки колея в створе опорной линии пропорционально сумме промеров от начала опорной линии.

Если проектирование производилось графическим или механическим способом без вычисления, обеспечивающего параллельность сторон участка, то расхождение, не превышающее точности масштаба (0,1 мм на плане), не увязывают. Если расхождение равно удвоенной точности масштаба, то поправки вводят в положение двух последних проектных

точек. При расхождении, превышающем удвоенную точность масштаба, поправки вводят пропорционально сумме промеров от начала опорной линии.

Выше было указано, что знаки на проектных точках устанавливаются в створе линии, на которую опираются проектные границы. Однако, если место постановки знака попадет на дорогу, в промоину, болото и др., то знак ставят в стороне от опорной линии,

После перенесения проекта на разбивочном чертеже исправляют красным цветом все линии, в которые вводились поправки при перенесении проекта в натуру.

При достаточно надежном геодезическом обосновании для перенесения проекта, когда не требуется повторных измерений, расчетов и внесения поправок в размеры сторон участков, измерения выполняют обычно быстро, задерживается лишь постановка знаков. Поэтому нужно, чтобы было не менее чем 2-3 пары землекопов с хорошо отточенными лопатами. Они ставят граничные знаки в отмеченных землеустроителем точках на месте кольев. У этих точек землеустроитель оставляет знаки, на них масляной краской записывает номера полей, между которыми эти знаки устанавливаются.

Чтобы постановка знаков в отмеченных точках была достаточно точной, по одной линии (в створе), место постановки каждого знака берется в крест или в створ. Для этого на расстоянии 2-3 м от точки, отмеченной колом, ставят четыре тонких колышка, так чтобы место постановки знака было в точке пересечения соединяющих их линий. После этого копают яму и ставят в нее знак, проверяя его положение по колышкам. Иногда вместо колышков прокапывают на земле бороздки, а к одной из них, куда должна быть направлена грань между надписями номеров полей, прокапывают еще бороздку в виде стрелки (см. рис. 5). Тогда рабочие смогут достаточно точно поставить знак, правильно ориентируя его в соответствии с надписями. Знаки окапывают курганами высотой 0,3-0,5 м и диаметром 1,5-2 м. Вокруг кургана прокапывают канаву, землю из которой насыпают на курган. Все границы между полями и участками, дорог и скотопрогонов пропахивают в одну борозду.

При перенесении проекта в натуру снимают контуры угодий, вновь вырытые осушительные или оросительные каналы и пр., что появилось после съемки или корректировки плана. Результаты съемки наносят на план и по ним уточняют площади проектных участков и угодий.

Перенесение проекта в натуру согласно разбивочному чертежу (см. рис. 3) начинают от точки 15 в направлении на точку 16 и на расстоянии 82,18 м устанавливают знак, отмечающий границу сада. В точке 16 получают контрольный промер 363,50 м. Далее от точки 16 в направлении на точку 5, предварительно произведя вешение этой длинной линии, на

расстоянии 5,04 м ставят знак, отмечающий дорогу, проектируемую вдоль линии 8-16, и устанавливают вежу, чтобы использовать ее при получении положения проектных точек, отделяющих поля I от IV и IV от V овощного севооборота. Измерения от точки 16 продолжают получением точки А по промеру 562,83 м, затем – границы между полями VI и VII полевого севооборота промером 609,9 м, далее – границы между полями VII и VIIIб промером 1449,6 м и завершают получением контрольной промера 1734,7 м у точки 5.

Так как расстояние 16-5 вычислено по аналитическим координатам точек, то расхождение контрольного промера с результатом измерения следует ожидать не более 1:1500 от расстояния 16-8-7-6-5, т.е. $\approx 3379/1500 = 2,3$ м. Фактически полученное расхождение распределяют только на два предпоследние отрезка, как измеренные графически на плане, т.е. перемещают кол между полями VI и VII. Далее перенесение проекта производят между точками А и 7, при этом в точке на границе IV и III полей устанавливают вежу, после этого – между точками 7 и 8, далее по южной границе дороги 8-16 и наконец по западному основанию поля IV. Так как все эти линии (кроме А-7) измерены ранее, то расхождения между контрольными промерами и результатами измерений надо ожидать в допустимых пределах и поправки в последние промеры вводить, если они превышают 1 /1500 от величины промера.

Перенесение проекта в натуру согласно рис. 3 завершается между точками 1-2, 2-3, 3-4, при этом в положение точки по промеру 511,19 м, полученному аналитическим способом, поправку за расхождение с контрольным промером не вводят.

Согласно разбивочному чертежу (см. рис. 4) метод промеров применяют лишь при отводе прогона, отмерив от точки 23 расстояние 61,3 м по контуру между пастбищем и пашней. Перенесение в натуру проектной точки Q производится между контурными точками В и С с контрольным промером 702,0 м. Не учитывая погрешностей измерения этой линии на местности и по плану, расхождение между контрольным промером и результатом измерения при перенесении проекта допускают 1 мм на плане (10 м на местности при масштабе плана 1:10000), что будет свидетельствовать о надежности положения этих точек на плане и ими можно пользоваться как опорными. Так как промер (отрезок) 81,3 м получен вычислением при проектировании, то за полученное расхождение поправок в оба отрезка не вводят. Если оба (или более) отрезка определены по плану, то расхождение, превышающее 0,4 мм на плане вводят в отрезки пропорционально их длине. Во всех случаях полученный результат измерения линии ВС на местности и исправленные промеры записывают красной тушью в скобках на разбивочном чертеже.

Положение проектной точки на линии 20-13 – границе между полями V и IV получают на местности как и другие точки в результате применения графического метода проектирования.

Заметим, что при создании геодезического обоснования с помощью светодальномерной техники и при использовании ее для перенесения проекта в натуру практически не возникает необходимость вводить поправки в положения проектных точек из-за расхождений с контрольными промерами, так как точность светодальномерных измерений, как правило, выше требований, предъявляемых землеустройством к точности линейных измерений.

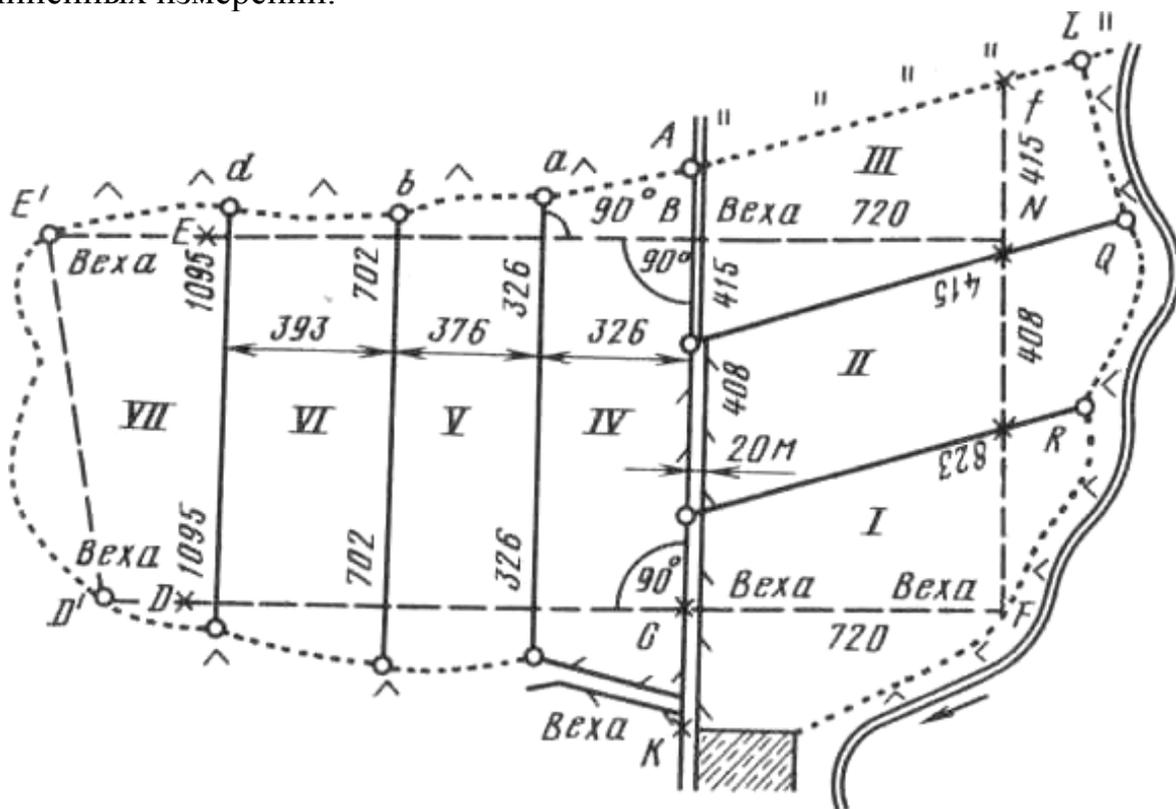


Рис. 6. Пример перенесения проекта в натуру методом промеров

Вместе с этим в примерах, много случаев, когда после проектирования участков графическим и механическим способами приходится производить вычисления для обеспечения параллельности длинных сторон участков, которой нередко бывает проще добиться применением угломерного метода перенесения проекта в натуру. На рис. 6 показан пример перенесения проекта методом промеров, обеспечивающим достаточно строгую параллельность длинных сторон полей, при наличии ломаных проектных границ и когда на территории землепользования много точек контуров ситуации и объектов местности, которые могут быть использованы в качестве опорных при перенесении проекта в натуру. Опорными здесь являются линия AK между контурными точками ситуации A и K и линия AL – достаточно прямой контур между пашней и сенокосом.

Перенесение проекта в натуру начинается с провешивания линии AK и определения на ней точек B и C , через которые по экеру строят вспомогательные перпендикуляры BE , CD , CF , BN .

Затем из точки B в направлении к BE отмеряют расстояния, взятые с плана, равные ширине полей IV , V , VI . На каждой границе поля полученную точку по перпендикуляру к линии BE переносят в точки пересечения границы с контуром пашни, где и ставят знаки (в точках a , b , d). После этого переходят в точку A , отмеряют от нее взятые с плана отрезки на линии AK – 415 и 408 м устанавливают знаки на границах между полями III , II и I . Затем восстанавливают перпендикуляр CD и откладывают по нему ту же ширину полей, что и на линии BE . Из полученных точек вешением на себя переносят границы в места пересечения с линией контура пашни и ставят знаки на южных границах полей IV , V , VI , VII . Из точки C восстанавливают перпендикуляр CF , измеряют его и ставят веху в точке F . Восстанавливают перпендикуляр в точке B и ставят веху в точке N на расстоянии от основания его, равном CF . Продолжают линию FN до пересечения с AL и из точки F по линии fNF отмеряют отрезки в 415 и 408 м. Полученные на концах этих отрезков точки и ранее поставленные знаки на линии AK определяют направление границ между полями III и II , II и I . Вешением на себя продолжают эти границы до точек пересечения их с контуром пашни возле речки и ставят здесь знаки в точках Q и R .

Таким довольно простым способом, без вспомогательных вычислений и без применения теодолита, обеспечивается достаточно точное соблюдение параллельности длинных сторон полей, что и является в данном случае основным требованием.

Во многих случаях возникает необходимость обеспечить не только параллельность сторон полей, но и уточнение их площадей, особенно если проект составляется механическим или графическим способом на плане в масштабе 1:25000. Уточнение площадей полей и других участков может быть сделано по данным натурных измерений.

В полях V и VI , имеющих криволинейные границы по концам, дополнительно, но к промерам от перпендикуляров до знаков нужно измерить перпендикуляров до характерных точек изгиба границы. Тогда криволинейные участки за линиями перпендикуляров CD и BE разобьются на небольшие трапеций основания и высоты которых будут определены в натуре. Площади полей V и VI вычисляют как и поля IV .

Для вычисления площади поля VII нужно продолжить перпендикуляры CD и BE до пересечения их с контуром пашни в точках D' и K' , измерить отрезки до этих точек от границы поля VI и измеряя длину линии $D'EM$ снять характерные изгибы контура пашни способом перпендикуляров. В этом случае будут получены все необходимые данные для уточнения

площади поля VII. Она состоит из площади трапеций с высотой, равной BE , и площадей небольших треугольников и трапеций, расположенных за линией $D'E'$.

Несколько сложнее вычисление площадей в полях I, II и III. Площадь поля III можно сразу вычислить как площадь трапеции, так как верхнее основание ее, равное AL , будет измерено на местности, а нижнее будет равно Af плюс промер до знака Q от точки пересечения с отсчетом 415 м. Высота трапеции может быть вычислена, исходя из отношения высоты параллелограмма (720 м) к его стороне Af ; $h_{III} = 415 - 720/Af$.

Также поступают и с полем II, где дополнительно должны быть измерены) основание и высота небольшого треугольника, расположенного за трапецией. Поле I состоит из двух трапеций и двух треугольников, вычисление площадей которых не представляет затруднений.

Такими, сравнительно простыми дополнительными действиями можно получить вполне точные площади полей с криволинейными границами. Это проще и быстрее, чем проведение съемки и составление плана на участок в крупном масштабе.

Средняя квадратическая погрешность положения точек A , K и L при таком способе равна 0,4 мм на плане (т.е. 4 м на местности при масштабе плана 1:10000). Погрешность перенесения в натуру всех остальных проектных точек относительно точек A , K и L будут такого же порядка. Эти погрешности вызовут соответствующие искажения площадей проектных участков, главным образом вследствие погрешностей съемки внешнего контура пашни, но будет соблюдена достаточно строгая параллельность линий.

Точность положения параллельных линий полей IV, V и VI будет зависеть от длины BC и точности измерения промеров по линиям BE и CD . Например, если погрешность каждого из промеров ширины поля IV будет 1:2000 длины линии, а абсолютная погрешность $326/2000 = 0,16$ м, то влияние погрешностей двух промеров на параллельность сторон этого поля выразится величиной $0,16\sqrt{2} = 0,23$ м, а это для расстояния $BC \approx 900$ м даст угловую величину, характеризующую непараллельность сторон, согласно (13), всего $m \alpha = 0,23 \times 3400'/900 \approx 1'$.

Погрешность построения перпендикуляров в точках B и C при помощи экера не отразится на параллельности сторон участков. Они вызовут уменьшение действительной ширины участков на ничтожную величину $\Delta s = 2s \sin^2 \delta/2$, где δ – погрешность построения перпендикуляра экером. При $s = 326$ м, $\delta = 7'$ величина $\Delta s = 0,0007$ м = 0,7 мм на местности.

2.5. Перенесение проекта в натуру угломерным методом

В зависимости от расположения проектных точек относительно пунктов геодезического обоснования в практике перенесения проекта в натуру теодолитом могут быть два случая определения положения проектных точек на местности:

- 1) с одной станции полярным способом;
- 2) с нескольких станций, образующих проектный теодолитный ход.

При *полярном способе* проектным является угол β (рис. 7), который строят на местности в исходной точке A , и проектным расстоянием – отрезок $Aa = S$, отмеряемый на местности для получения положения проектной точки a . Величины P и S могут быть заданными по проекту в числовом выражении, вычислены в процессе проектирования или определены графически по плану.

Для *построения угла* β выверенный теодолит устанавливают в исходной точке A . Теперь, если β является *левым* углом, как на рис. 7, то учитывая, что деления на лимбе подписаны по ходу часовой стрелки, нулевой штрих алидады совмещают с нулевым штрихом лимба и, вращая лимб (вместе с алидадой), наводят зрительную трубу по исходному направлению на точку B . Затем открепляют алидаду и вращают ее до совмещения штриха алидады со штрихом лимба, обозначающим величину угла ρ . При этом зрительная труба будет направлена на проектную точку a .

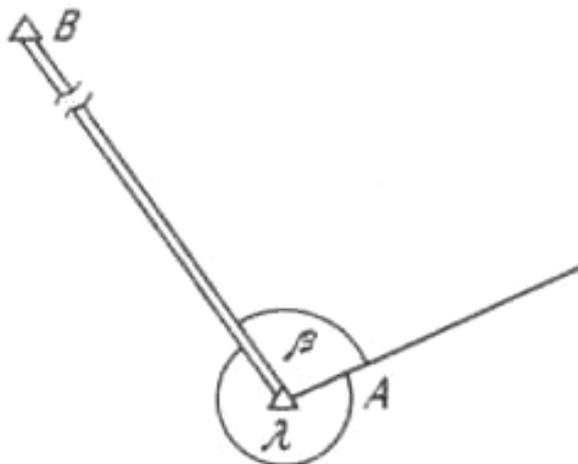


Рис. 7. Перенесение проекта угломерным способом

Если строится *правый* угол X , то нулевой штрих алидады совмещают со штрихом лимба, обозначающим величину угла X , и вращая лимб (вместе с алидадой), наводят зрительную трубу по исходному направлению на точку B . Затем открепляют алидаду и вращают ее до совмещения штриха алидады с нулевым штрихом лимба. При этом положении зрительная труба укажет на проектную точку a .

В указанном направлении на расстоянии несколько большем, чем длина линии S ставят по теодолиту вехи, одну в результате построения

правого угла λ , другую \square левого угла β и из двух положений вех определяют среднее. После этого от точки A отмеряют расстояние в конце, по теодолиту устанавливают знак, закрепляющий положение точки a . Отмеренное расстояние контролируют повторным измерением.

Погрешность положения проектной точки a с учетом погрешности положения исходной точки A определится $m_a^2 = m_A^2 + m^2 S + (sm \alpha / p)^2$.

Здесь m_a – средняя квадратическая погрешность направления (дирекционного угла) линии Aa , определяемого по формуле: $a_{Aa} = a_{BA} + \beta - 180^\circ$.

Это свидетельствует о том, что на погрешность проектного направления Aa оказывает влияние погрешность исходного направления (дирекционного угла линии BA). Поэтому для перенесения проекта в натуру используют длинное расстояние между исходными пунктами, чтобы $m_a \ll m\beta$, когда возможно принять $m_a \approx m\beta$

Приведем примеры расчета погрешности положения проектной точки a .

Пример 1. Вычислим среднюю квадратическую погрешность положения точки a относительно точки A по заданному значению $S = 327,3$ м и углу p . В этом случае принимают $m_n = 0$, погрешность измерения линии на местности будет $327/3000 \approx 0,11$ м, а погрешность построения угла $m\beta = 1'$.

Тогда $m_a^2 = 0,11^2 + (330 \text{ Г}/3400')^2$; $m_a = 0,15$ м.

Здесь обращается внимание на равное влияние погрешностей линейных и угловых измерений.

Пример 2. Вычислим также среднюю квадратическую погрешность положения точки a относительно точки A . Значение $S = 327$ м определено по плану масштаба 1:10000 с погрешностью, зависящей от погрешности нанесения точки A на план по координатам $m_S = \sqrt{(1,8^2 + 0)} / 2$ и от погрешности 0,8 м измерения этой линии на плане между точками A и a , а угол β измерен при помощи транспортира с погрешностью T . В этом случае к погрешности, полученной в примере 1, надо прибавить погрешность, являющуюся результатом влияния погрешностей измерений по плану:

$$m_{\text{пл}}^2 = 1,8^2/2 + 0,8^2 + (330 \cdot 7'/3400')^2; m_{\text{пл}} = 1,64 \text{ м.}$$

Общая погрешность с учетом влияния погрешностей измерений на местности и по плану будет:

$$m_{ao} = \sqrt{0,15^2 + 1,64^2} = 1,65 \text{ м.}$$

Здесь обращается внимание на несоразмерность погрешностей измерений на местности и по плану. Большие погрешности измерений по плану поглощают погрешность полевых измерений и определяют точность положения проектных точек на местности.

Положение *проектного теодолитного хода* иллюстрируется рис. 4. На нем представлена ломаная линия между исходными точками 26 и 20,

полученная на плане в процессе проектирования. Перенесение в натуру этой линии при помощи мерного прибора сопряжено с затруднениями и оно может быть осложнено отсутствием взаимной видимости между точками 26 и 20.

Если проектирование производилось аналитическим способом, то все геодезические данные (углы и линии), необходимые для перенесения в натуру, вычисляют в процессе проектирования. При графическом или механическом способе проектирования эти данные получают графически по плану.

Существуют два способа графического определения геодезических данных для проложения проектного теодолитного хода.

1. Углы измеряют транспортиром, линии – измерителем. В этом случае углы увязывают между исходными дирекционными углами – конечной (20-13) и начальной (27-26) линий хода. Для повышения точности проложения хода, транспортиром измеряют дирекционные углы сторон хода, а по ним вычисляют углы между сторонами, при этом исходные дирекционные углы не измеряют, а принимают их аналитические значения – из ведомостей, каталогов и др. В этом случае не возникает необходимость увязывать углы, так как угловая невязка окажется равной нулю. Однако этот способ вследствие малой его точности применяют редко.

2. Углы и линии определяют путем вычислений по координатам, причем для проектных точек M и L (см. рис. 4) координаты измеряют графически по плану, а для начальных 27 и 26 и конечных 20 и 13 точек проектного хода выписывают аналитические значения координат из ведомостей, каталогов и пр.

Отдельные промеры до проектных точек между точками хода 26, M , L определены измерителем по плану и увязаны в пределах проектных линий 26- M и M - L .

Построение хода в натуре можно начинать как от точки 26, так и от точки 20, но предпочтение следует отдавать той точке, у которой примычный угол строится от наиболее длинной и надежной в смысле точности линии (в случае, изображенном на рис. 2 построение хода лучше начинать в точке 20, тогда угол $180^{\circ} 00,0'$ в этой точке не нужно строить и направление на точку L можно получить на продолжении линии 13-20 вешением на себя).

Согласно разбивочному чертежу (см. рис. 4) проектные углы на местности строят последовательно в точках 26, M , L как указано выше (см. рис. 5). После каждого построения угла отмеряют линии с контролем (например, по нитяному дальномеру) и концы линий, а также проектные точки на линиях закрепляют временно кольями. При промерах линий учитывают поправки за наклон линий.

В результате накопления погрешностей при проложении проектного хода в натуре получается линейная невязка у исходной точки 20, причем величина этой невязки, помимо влияния погрешностей измерений на местности, зависит от способа получения угловых и линейных величин для перенесения проекта в натуре.

Если углы и линии получены по *первому способу*, то невязка получится в результате влияния погрешностей:

- 1) построения углов и линий при перенесении проекта;
- 2) взаимного положения (координат) начальной 26 и конечной 20 точек проектного хода;
- 3) нанесения точек 27, 26, 20, 13 на план по координатам;
- 4) измерения углов и линий проектного хода на плане.

Если углы и линии получены по *второму способу*, то невязка получится в результате влияния только первой и второй погрешностей. Погрешности вычисления углов и линий при этом повлияют только на точность положения проектных точек и не окажут влияния на невязку в проектном ходе.

Заметим, что увязка углов, измеренных транспортиром (при первом способе) не повлияет в значительной степени на уменьшение невязки в проектном ходе и на уменьшение больших погрешностей положения проектных точек при перенесении проекта.

Рассчитаем, какую линейную невязку проектного хода следует ожидать при обоих способах определения проектных углов и линий.

Для вычисления величины первой погрешности воспользуемся формулой, справедливой для вытянутого хода с равными сторонами и не уравненными углами:

$$M^2 = nm_s^2 + ((n+1,5)/3) \times (m_\beta \Sigma S / p)$$

в которой m_s – средняя квадратическая погрешность измерения стороны хода;

n – число сторон хода;

ΣS – сумма длин сторон хода (длина хода);

m_β – средняя квадратическая погрешность измерения (построения) угла;

$p = 3438'$, если m_β выражается в минутах.

Длина проектного хода 26-20, т.е. $\Sigma S = 1851$ м. Для вычисления первой погрешности примем $m_s = 1851 / \sqrt{3-3000} = 0,21$ м, $m_\beta = 1'$ (построение угла производится, вообще говоря, с несколько меньшей точностью, чем его измерение). Тогда величина первой погрешности будет $M_1 = 0,75$ м. Для вычисления четвертой погрешности значение $m_s = 0,8$ м – точность измерения линии по плану масштаба 1:10000, $m_\beta = 7'$ – точность измерения

угла транспортиром. Тогда величина четвертой погрешности будет $M_4 = 4,8$ м.

При увеличении длины проектного хода и числа сторон эта погрешность значительно увеличивается. Так, при длине хода в 3 км, $n = 5$ величина $M_4 = 7,7$ м, при этом влияние погрешностей измерения углов транспортиром всегда несоизмеримо больше влияния погрешностей измерения линий.

Величина второй погрешности зависит от способа взаимного определения положения точек 26 и 20. Если эти точки расположены вблизи пунктов геодезического обоснования, к которым они привязаны, то погрешность взаимного положения этих точек будет небольшая.

Если же эти точки связаны только теодолитным ходом, то погрешность взаимного положения их зависит от длины хода, связывающего эти точки, и в среднем равна 1:3000 (потому что допустимая невязка равна 1:1500 и предельная погрешность принята равной удвоенной средней). Длина хода, связывающего точки 26-27-29-75-20 равна 6738 м. Тогда $M_2 = 6700/3000 = 2,2$ м.

Величина третьей погрешности равна $M_3 = 1,8$ м (0,18 мм на плане масштаба 1:10000).

Следовательно, среднее квадратическое значение невязки в проектном ходе при первом способе

$$f_1 = \sqrt{0,75^2 + 2,2^2 + 1,8^2 + 4,8^2} = 5,6 \text{ м,}$$

при втором способе

$$f_2 = \sqrt{0,75^2 + 2,2^2} = 2,3 \text{ м,}$$

а допустимые невязки, если считать их удвоенными средними квадратическими будут соответственно 11,2 и 4,6 м.

Поэтому, во избежание получения больших невязок, превышающих величину учетверенной точности масштаба, определять углы транспортиром, а линии – измерителем можно только в случаях крайней необходимости для проектных ходов, длина которых не превышает 1 км при масштабе 1:10000 и 2 км при масштабе 1:25 000. При этом для повышения точности (по той же причине, по которой план составляют не по внутренним углам, а по румбам) следует измерять транспортиром не углы, а направления (румбы) и по ним вычислять углы.

Погрешность положения любой проектной точки хода до его середины, так как от середины хода погрешность положения проектных точек после увязки их в натуре по мере приближения к конечной точке хода будут уменьшаться. У этой погрешности надо прибавить (как корень квадратный из суммы квадратов) погрешность определения графических координат проектной точки, равную 1,8 м при масштабе 1:10000.

После увязки хода в натуре погрешность положения точки в середине хода уменьшается примерно вдвое. Для оценки точности положения точки в середине хода после его увязки проф. А. В. Гордеев предложил формулу

$$m_{\text{ср}} = \frac{1}{4}nm_s^2 + \frac{n^2 + 2}{48n} \left(\frac{m_{\beta}}{\rho} \sum s \right)^2$$

Невязку, вычисленную для второго способа, т.е. 4,6 м, следует ожидать также и в случае перенесения проекта в натуру по результатам аналитического проектирования.

На основе приведенных расчетов можно приблизительно вычислить величины допустимых невязок в проектных ходах, при этом относительная линейная невязка не должна быть более 1/700 длины хода. Для коротких проектных ходов относительную невязку допускают до 1:600, а при ходах менее 1 км – до 1:500.

Если углы и линии проектных ходов получены по первому способу, то линейную невязку допускают до 1/200 длины хода.

Допустимую невязку распределяют на местности по способу параллельных линий. Направление невязки в конечной точке хода и поправок в положения проектных точек определяют по буссоли, а линейную невязку измеряют и линейные поправки вводят в положения точек при помощи рулетки.

Если проектирование выполнялось механическим или графическим способом, то невязку, не превышающую точность масштаба (соответствующую 0,1 мм на плане), не распределяют. Если невязка равна примерно удвоенной точности масштаба, то поправки вводят в положение двух последних проектных точек. Когда невязка превышает удвоенную точность масштаба, поправки вводят в положение каждой точки пропорционально длине части хода от начала до его проектной точки.

Если проектирование производилось аналитическим способом, то невязку, не превышающую 1/1000 ширины проектируемых участков, не распределяют. Во всех остальных случаях невязку также распределяют способом параллельных линий.

При перенесении проекта в натуру в закрытой (когда требуется прорубить просеку) или всхолмленной местности часто, даже если проектные линии прямые применяют теодолит. Если на линии AL (рис. 8) встретится какое-либо препятствие, закрывающее видимость между точками A и L , то для перенесения в натуру этой линии вычисляют проектные углы при точках A и L по дирекционным углам линий AB и ML , взятым из ведомости координат, и по дирекционному углу линии AL , вычисленному по координатам точек A и L .

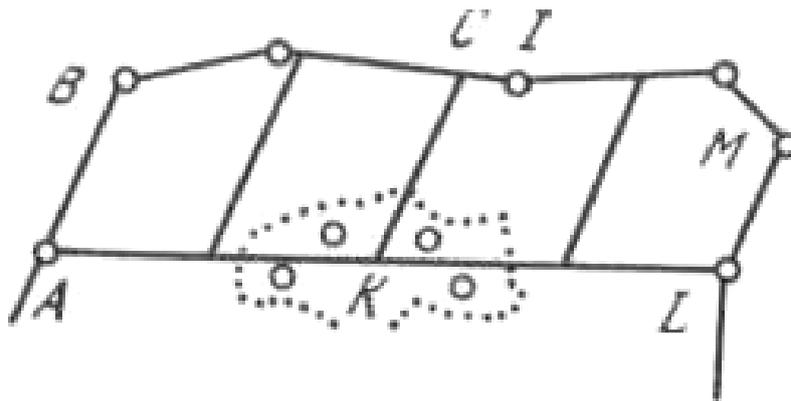


Рис. 8. Схеме перенесения проекта в натуру в закрытой или всхолмленной местности

Проектный угол при точке K может быть не равен углу при точке A (равенство этих углов соблюдают для параллельности противоположных сторон участков), тогда для перенесения в натуру проектной линии $KС$ проектные углы при точках K и C находят по координатам этих точек, вычислив предварительно дирекционные углы линий, образующих проектные углы. Координаты точек K и C вычисляют по формулам:

$$\begin{aligned} x_K &= x_A + AK \cos \alpha_{AL}, & y_K &= y_A + AK \sin \alpha_{AL}, \\ x_C &= x_E + EC \cos \alpha_{EI}, & y_C &= y_E + EC \sin \alpha_{EI} \end{aligned}$$

Эту же задачу решают иначе, особенно когда координаты точки на прямой приходится вычислять после увязки теодолитного полигона или хода. При этом в результате введения поправок в приращения координат величина дирекционного угла, вычисленная по исправленным приращениям, несколько отличается от его значения, по которому вычислены приращения. Чтобы обеспечить положение точек в створе данной прямой, координаты их вычисляют по формулам

Эту же задачу решают иначе, особенно когда координаты точки на прямой приходится вычислять после увязки теодолитного полигона или хода. При этом в результате введения поправок в приращения координат величина дирекционного угла, вычисленная по исправленным приращениям, несколько отличается от его значения, по которому вычислены приращения. Чтобы обеспечить положение точек в створе данной прямой, координаты их вычисляют по формулам

$$\begin{aligned} x_K &= x_A + \frac{x_L - x_A}{AL} AK; & y_K &= y_A + \frac{y_L - y_A}{AL} AK; \\ x_G &= x_E + \frac{x_I - x_E}{EI} EG; & y_G &= y_E + \frac{y_I - y_E}{EI} EG. \end{aligned}$$

О порядке выбора и построения проектного угла при точках A или L сказано в предыдущем примере. Здесь лишь следует добавить, что при прочих равных условиях, если точки A и L или одна из точек находятся в

открытой местности, то проектный угол следует строить в той точке, которая ближе расположена к заросшему участку или находится в нем. В этом случае подрубка просеки, если допущена значительная погрешность в направлении, займет меньше времени. По этой же причине для перенесения и натуру проектной линии примычный угол лучше строить в точке K после того, как положение ее найдено и увязано на местности по линии AL .

Величину невязки, получаемой при перенесении в натуру линий AL и KC , можно приближенно вычислить по величине периметра наименьшего замкнутого полигона, в который входит данная проектная линия. Для проектной линии AL таким полигоном будет $ABEIMLA$, а для линии KC – $KABECK$. Пусть периметры этих полигонов соответственно равны 3734 и 2634 м. Тогда невязку в проектной линии AL можно допустить $f_{AL} = 3734/1500 = 2,5$ м, а линии KC - $f_{KC} = 2634/1500 = 1,8$ м.

2.6. Перенесение проекта в натуру мензулой

Проект в натуру мензулой переносят, если, из-за условий местности, применение только мерного прибора затруднено, а применение теодолита нецелесообразно. Вместе с этим наличие большого количества контурных точек в полузакрытой местности делает применение мензулы для перенесения проекта в натуру достаточно эффективным.

Поскольку при перенесении проекта в натуру теодолитом и мерным прибором угловые и линейные величины в некоторых случаях допускается измерять транспортиром и измерителем по плану, перенесение проекта в натуру мензулой в этих случаях будет давать более точные и быстрые результаты. Это объясняется тем, что построение углов на мензуле производится точнее, чем измерение их транспортиром и, кроме того, на каждой станции планшет ориентируется не по одному, а по нескольким пунктам. Тогда погрешность построения угла в каждой проектной точке в открытой и полузакрытой местности не зависит от погрешностей построения углов в предыдущих точках, как в теодолитном ходе.

В этом состоит основное преимущество мензулы перед теодолитом, разумеется в тех случаях, когда для перенесения проекта по тем или иным причинам нельзя использовать вычисленные координаты точек, измеренные на местности углы и линии. Кроме того, при перенесении проекта мензулой уменьшается возможность получения грубых ошибок, поскольку вся работа ведется и контролируется в поле. Применение мензулы освобождает исполнителя от большой подготовительной работы и лишь перед перенесением проекта в натуру мензулой необходимо убедиться в наличии на местности пунктов геодезической сети и на основе их и надежных контурных точек построить или восстановить геометрическую

сеть нужной густоты. Перенесение проекта при помощи мензулы особенно эффективно в степных районах, где геодезическая сеть пунктов в них редкая и размеры участков, переносимых в натуру, большие. Перенесение проекта мерным прибором (лентой, оптическим дальномером) в таких районах требует измерения больших расстояний от пунктов геодезической сети или от контурных точек и эффективным будет лишь применение электромагнитных дальномеров.

Перенесение проекта мензулой в открытой и полузакрытой местности выполняют следующим образом.

1. В зоне расположения проектных точек A, B, C (рис. 9) устанавливают мензулу M . Если проектная точка находится вблизи опорного пункта или переходной точки, закрепление которой сохранилось на местности, то мензулу устанавливают на этом пункте. Если же опорные пункты находятся далеко от проектной точки, то мензулу устанавливают вблизи нее и положение точки стояния мензулы на плане определяют одним из способов, применяемых при мензурной съемке, с проверкой ее по снятым контурам.

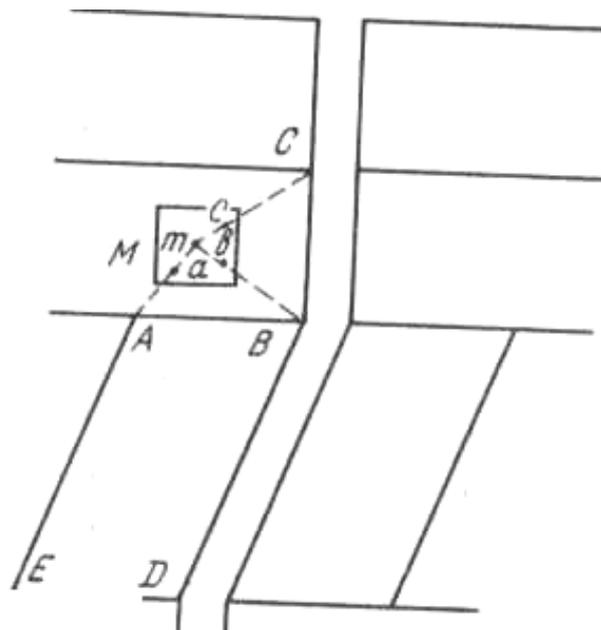


Рис. 9. Схема перенесения проекта в натуру мензулой

2. Между полученной точкой стояния мензулы и проектной точкой определяют по плану расстояние. Если это расстояние превышает: в масштабе 1: 5000 – 150 м, в масштабе 1: 10000 – 250 м, в масштабе 1: 25000 – 450 м, в масштабе 1: 50000 – 500 м, то мензулу переносят ближе к проектным точкам и снова определяют её положение на плане.

3. К полученной точке стояния мензулы m на плане и к проектной точке a прикладывают ребро линейки кипрегеля и в направлении зрительной трубы – речник, отсчитав шагами указанное наблюдателем

расстояние, устанавливают рейку, по которой наблюдатель делает отсчет. В зависимости от величины отсчитанного расстояния, согласно сигналам наблюдателя, передвигается в направлении визирной линии до тех пор, пока отсчет по рейке покажет требуемое расстояние.

Короткие линии на ровной местности быстрее и точнее отмерять мерным способом, контролируя их по нитяному дальномеру. Допускаемые расстояния для мерного прибора можно увеличить, но с таким расчетом, чтобы погрешность измерения расстояния не превышала точности масштаба. Например, если считать, что погрешность расстояния равна $7'$, а точность масштаба $1: 10000$ равна 1м , то допускаемое расстояние будет $S = 1 \times 3438' / 7' \approx 500\text{м}$. Однако измерение длинных расстояний мерным прибором требует больших затрат времени.

4. На окончательно установленной точке ставят знак.

5. Переносят в натуру другие проектные точки, расположенные вблизи данной точки стояния мензулы.

После установки знаков на проектных точках для контроля измеряют линии между проектными точками и результаты записывают.

Иногда топографические условия местности не позволяют проверять положение точек стояния мензулы по опорным пунктам, тогда возникает необходимость прокладывать мензульные ходы с закреплением точек на местности. Направление линии хода строят по проектным точкам, как указано выше, а линии, вместо нитяного дальмера (при отсутствии препятствий) отмеряют более точным мерным прибором.

При привязке хода к опорным пунктам измеряют величину невязки рулеткой, а направление – по буссоли. Допустимую невязку хода в мензульных проектных ходах считают равной $1/200$ длины хода который увязывают способом параллельных линии, как и проектный теодолитный ход. Все промеры с указанием направлений ходов и невязки в них записывают на разбивочном чертеже. После увязки хода и определения положения проектных точек на местности их закрепляют знаками.

Точность перенесения проектных точек в натуру мензулой соответствует точности их съемки, т.е. положение проектной точки на местности характеризуется средней квадратической погрешностью, соответствующей $0,4\text{ мм}$ на плане. Погрешности такой величины вызывают не параллельность и неперпендикулярность проектных линии на местности. Не параллельность коротких проектных линии выражается десятками минут, что значительно превышает требования. Поэтому проект переносят в натуру мензулой в том случае, когда по условиям проектирования не предъявляется строгих требований к параллельности проектных линий, что чаще всего бывает при перенесении проекта организации территории пастбищ и сенокосов.

При повышенных требованиях к взаимной параллельности сторон возникает необходимость принимать меры, обеспечивающие нужную точность. Например, для сохранения параллельности сторон AE и BD (см. рис. 9) измеряют расстояние AB , после чего отмеряют от точки это расстояние так, чтобы DE было равно BA и таких измерений может быть очень много.

Поэтому при повышенных требованиях к точности перенесения в натуру границ полей и участков применение мензулы становится нецелесообразным, тем более, что последующие измерения на местности направленные на уточнение параллельности границ участков, усложняют работу и решение задачи становится более простым, если применять прием, иллюстрированный рис. 6.

2.7. Внесение уточнений на основе данных перенесения проекта в натуру и оформление проекта

Выше описано назначение разбивочного чертежа и при перенесении проекта в натуру, его роль как технического документа наравне с абрисом, составляемым при съемках, записей на нем невязок, расхождений результатов измерений, не совпавших с данными, записанными на разбивочном чертеже, и принятых при перенесении проекта в натуру, результатов до съемок появившихся контуров, результатов контрольных измерений между полученными на местности проектными точками и др.

Все эти записи используют для исправления проектного плана, ненужное зачеркивают, наносят и записывают новые данные, уточняют площади перенесенных в натуру участков на проектном плане и в ведомостях вычисления площадей, если изменения их превышают удвоенные средние квадратические погрешности определения площадей соответствующим способом.

По окончании проектирования и перенесения проекта в натуру подлинники всех расчетных материалов, таблиц, графических схем отдельных фрагментов проекта землеустройства оформляют в дело и хранят в архиве проектной организации.

Графический проект (проектный план) в подлиннике оставляют в карандаше в достаточно четком и ясном оформлении.

На втором чертеже графического проекта, который предъявляют при рассмотрении, согласовании и после завершения всех работ выдают заказчику, производят окраску всех земельных угодий соответствующими цветами.

2.8. Особенности перенесения проекта в натуру по материалам аэрофотосъемки

Если проектирование участков выполнялось аналитическим способом, то выбор способа перенесения проекта в натуру не зависит от вида съемки, после проведения которой получен плановый материал. Если же проектирование производилось механическим и графическим способами, то в качестве опорных при перенесении проекта часто используют точки и контуры, опознаваемые на местности.

В этом отношении материалы аэрофотосъемки имеют большое преимущество перед планами наземных съемок, так как они насыщены изображением мельчайших подробностей местности, дают возможность значительно сокращать количество измерений мерными приборами при перенесении проекта в натуру и применять эти приборы только для измерений коротких расстояний.

Максимальное сокращение количества измерений и уменьшение длин промеров достигается правильным чтением аэроснимков и выбором в качестве опорных ближайших точек, опознавание которых не подлежит сомнению. Опыт показывает, что наилучшим фотоматериалом для опознавания контурных точек, используемых в качестве опорных, являются недешифрованные контактные отпечатки, так как процесс увеличения или трансформирования аэроснимков, а также репродуцирование мозаичных фотопланов всегда снижает резкость изображения, в особенности мелких объектов местности. Нанесением дешифровочных знаков закрываются детали аэроснимка и уменьшается возможность использования в качестве опорных значительного количества контурных точек. Поэтому при проектировании и особенно при перенесении проекта в натуру, помимо дешифрованных аэрофотоматериалов, на которых производится проектирование, полезно иметь недешифрованные контактные отпечатки, при помощи которых (иногда с лупой) легко опознают большое количество мелких объектов местности. По ним удобно переносить в натуру участки, не требующие строгого соблюдения взаимной параллельности и перпендикулярности сторон, например, на пастбищах, сенокосах и др.

Наряду с приемами перенесения проектных точек в натуру, когда проектная точка совпадает с уверенно опознаваемой контурной точкой и не требуется измерений на местности, или когда положение проектной точки C на линии контура AB определяется промером AC или BC , при использовании материалов аэрофотосъемки широко применяются и другие приемы, позволяющие уменьшить длины промеров, необходимых для перенесения проектных точек в натуру.

Например, получение проектной точки C по удаленным точкам A и B , из-за разно-масштабности отдельных частей аэроснимка (особенно, если он не трансформирован) может привести к большим погрешностям измерения линий AC и BC на аэроснимке.

В этих случаях результат будет точнее, если воспользоваться контурной точкой E расположенной вблизи проектной точки C , опустить из точки C перпендикуляр на линию AB и от основания этого перпендикуляра произвести промер CD , взятый с аэроснимка, для получения проектной точки C на местности.

Для уменьшения длины промеров пользуются пересечением прямых линий, руководствуясь тем, что точка пересечения прямых на аэроснимке независимо от искажения аэроснимка из-за его наклона точно совпадает с точкой пересечения этих же прямых на местности (если искажения из-за рельефа незначительны). Поэтому при перенесении в натуру проектной точки K находят вблизи нее на местности положение точки x в пересечении линий AP и BN . От точки отмеряют отрезок xL и по перпендикуляру LK находят положение проектной точки K . Для контроля все линии (стороны) участков между проектными точками измеряют на местности, результаты записывают на аэроснимке или на разбивочном чертеже и сличают с соответствующими линиями на аэроснимке.

Однако такое независимое получение на местности каждой проектной точки границы может вызвать значительную взаимную непараллельность сторон участка, характеризующуюся предельной погрешностью, $\Delta\alpha \approx 0,1 - 3438'/*=344'/S$, где S – средняя длина стороны участка в сантиметрах на плане (здесь $0,1$ – предельная погрешность положения точки в сантиметрах на фотоплане, предусматриваемая действующими инструкциями, формулой предусмотрен наихудший случай, когда все четыре точки участка расположены на разных аэрофотоснимках фотоплана); при $S = 5$ см на фотоплане $\Delta\alpha = 69' = 1,2^\circ$.

В случаях, когда требуется строгая параллельность длинных сторон участков, таким способом определяют только основные точки проекта, например, такие как A , K и L на рис. 6, и относительно этих точек получают все остальные точки. В этом случае на местности несколько сместится вся система границ, но взаимное расположение их будет получено с достаточной точностью.

При таком способе перенесения проекта в натуру в качестве опорных, помимо контурных точек широко используют прямые линии контуров угодий, дорог, канав и пр., опознаваемые на аэрофотоматериалах.

Для повышения точности при проведении подготовительных работ, проектировании и перенесении проекта в натуру, используют закрепленные на местности знаки.

Точность перенесения проекта в натуру по аэрофотоматериалам примерно такая же, как и по планам наземных съемок.

Контрольные вопросы

1. В чем геометрическая сущность перенесения проектных точек в натуру и в чем отличие процессов перенесения проекта в натуру и съемки местности?

2. Назовите методы перенесения проекта в натуру и случаи, в которых они применяются.

3. Как определяются проектные величины расстояний (промеров) и углов, необходимые для перенесения проекта в натуру, при разных способах проектирования участков?

4. Опишите два способа графического определения проектных расстояний и углов для перенесения проекта в натуру угломерным способом (построением проектного теодолитного хода).

5. Опишите порядок построения проектного теодолитного хода на местности и его увязки.

6. Приведите числовые примеры расчета ожидаемой линейной невязки проектного теодолитного хода для обоих способов определения проектных расстояний и углов.

7. Опишите назначение разбивочного чертежа для перенесения проекта в натуру и процесс его составления.

8. Каковы особенности перенесения проекта в натуру по материалам аэрофотосъемки?

Глава 3. ТОЧНОСТЬ ПЛОЩАДЕЙ УЧАСТКОВ, ПЕРЕНЕСЕННЫХ В НАТУРУ

3.1. Точность площадей участков, спроектированных аналитическим способом и перенесенных в натуру методом промеров или угломерным методом

Так как аналитический способ проектирования применяется при наличии сети теодолитных ходов, на основе которых главным образом и производится проектирование, то точность проектирования этим способом зависит только от точности угловых и линейных измерений на местности.

Не останавливаясь на учете влияния погрешностей угловых измерений на погрешность площади, так как для невытянутых замкнутых фигур это влияние сравнительно небольшое, определим погрешность площади в зависимости от погрешностей линейных измерений, полученной для случая, если измерены все стороны участка. Эта формула показывает, что относительная погрешность площади участка равна относительной погрешности линейных измерений.

Если принять среднюю квадратическую погрешность измерения линий мерным прибором равной 1:2000, то средняя квадратическая погрешность площади в зависимости от погрешностей линейных измерений будет $m_P = P/2000$.

С такой же точностью будет спроектирована площадь участка аналитическим способом и перенесена в натуру, так как погрешность площади участка будет зависеть только от погрешностей измерений на местности при съемке и при перенесении проекта в натуру. При этом нет оснований учитывать отдельно погрешности съемки и погрешности перенесения проекта в натуру, так как может оказаться, что положение частиц границ участка определено в процессе съемки, части при перенесении проекта в натуру. Это можно считать равнозначным тому, если бы все границы были измерены либо в процессе съемки, либо в процессе перенесения проекта в натуру.

Назовем этот *случай первым*. Для $P=100$ га, согласно, $m_{P1} = 0,05$ га.

3.2. Влияние погрешностей съемки, составления плана, графического и механического способов проектирования участков на точность их площадей

Рассмотрим *случай II*, когда применяют графический способ проектирования и геодезическим обоснованием при проектировании служат

нанесенные на план точки теодолитных ходов. В этом случае на погрешность площадей участков будут влиять три вида погрешностей: измерений углов и линий на местности. Их влияние на погрешность для участка площадью 100 га получим $m_P = 0,05$ га; нанесения точек теодолитных ходов на план по координатам.

Так как каждая точка наносится независимо от других точек и погрешность нанесения можно принять равной 0,018 см, то влияние этих погрешностей на погрешность площади можно вычислить по формуле:

$$m_{P_V} = 0,018 \frac{M}{10000} \sqrt{P},$$

что для площади 100 га при масштабе плана 1:10000 получим $m_{P_V} = 0,18$ га; свойственных графическому способу проектирования, если не прибегают к графоаналитическому методу. Для площади 100 га на плане масштаба 1:10000 получим $m_{P_Q} = 0,10$ га. Суммарное влияние всех трех погрешностей для случая II будет находиться, как:

$$m_{P_{II}} = \sqrt{0,005^2 + 0,18^2 + 0,10^2} = 0,21 \text{ га.}$$

Случай III, когда графический способ проектирования применяют на плане и опорными для перенесения проекта в натуру служат точки контуров ситуации. Этот случай иллюстрирован рис. 2, поле I, если оно спроектировано графическим способом. На погрешность площадей участков будут влиять погрешности:

1) положения точек контуров ситуации на плане. Если средняя квадратическая погрешность положения контурной точки равна 0,04 см

$$m_{P_S} = 0,04 (M / 10000) \sqrt{P} \text{ (га)}.$$

Для $P = 100$ га при масштабе 1: 10000 получим $m_p = 0,40$ га.

2) свойственные графическому способу проектирования, предусмотренные случаем II – $m_p = 0,10$ га, а их суммарное влияние

$$m_{P_{III}} = \sqrt{0,40^2 + 0,10^2} = 0,41 \text{ га}.$$

При проектировании планиметром рассмотрим также два случая.

Случай IV – проектирование производится планиметром и опорными для перенесения проекта в натуру служат нанесенные на план пункты теодолитных ходов. Этот случай иллюстрирован рис. 2 и 4, поля III, IV, V. На погрешность площадей участков будут влиять m_{P_N} и m_{P_F} , рассмотренные для случая II, а также погрешности, свойственные механическому способу, которые при двукратном обводе участка определяются, согласно, по формуле

$$m_{p_R} \approx \frac{1}{\sqrt{2}} 0,7 \cdot p + \frac{1}{\sqrt{2}} 0,01 \frac{M}{10000} \sqrt{P(\text{га})} + 0,0003 \cdot P \text{ (га)},$$

что для нашего примера даст величину

$$m_{pR} \approx \frac{1}{\sqrt{2}} 0,7 \cdot 0,1 + \frac{1}{\sqrt{2}} 0,01 \frac{10000}{10000} \sqrt{100} + 0,0003 \cdot 100 = 0,15 \text{ (га)},$$

а суммарное влияние всех ошибок будет определяться

$$m_{pIV} = \sqrt{0,05^2 + 0,18^2 + 0,13^2} = 0,24 \text{ га.}$$

Все эти погрешности являются средними квадратическими, и в качестве предельных можно взять их удвоенные или утроенные значения. При расчете погрешностей предполагалось, что работы по проектированию производят на плотной бумаге, выверенными приборами и т.п. Без соблюдения этих условий точность площадей участков значительно понижается.

Случаи II, III, IV и V по сравнению со случаем I дают значительно большие погрешности, которые увеличиваются с уменьшением масштаба плана.

Применение графо-аналитического способа может увеличить погрешности площадей, но не более чем вдвое по сравнению с погрешностями, свойственными аналитическому способу.

Последующий процесс перенесения проекта в натуру вносит дополнительные погрешности (правда, небольшие) в площади проектируемых участков.

3.3. Точность площадей участков, перенесенных в натуру

Учесть влияние погрешностей перенесения проекта в натуру на точность площадей участков очень сложно, потому что часть границ участка, перенесенных в натуру, может опираться на ранее проложенные теодолитные ходы, часть – на точки контуров ситуации, одни границы участка переносятся в натуру одним методом, другие – другим, определение положения одних точек зависит от других и т.п.

Остановимся лишь на более простых, приближенных способах учета погрешностей перенесения проекта в натуру.

Точность перенесения проекта в натуру зависит от точности проведения двух основных стадий этого процесса: камерального определения геодезических данных для перенесения проекта и полевых измерений при перенесении проекта.

Камеральное определение геодезических данных необходимо только при применении графического или механического способа проектирования. При применении аналитического способа геодезические данные получаются в процессе проектирования, и их точность зависит лишь от погрешностей измерений на местности.

Если проект переносить в натуру только мерным прибором, то по плану промеры определяют с погрешностью, соответствующей точности

масштаба (0,08 мм или более округленно 0,1 мм). Если положение поворотных точек участка определяется этими промерами, то погрешность площади участка, зависящая от погрешностей определения промеров.

При перенесении проекта в натуру теодолитом с мерным прибором, когда для определения положения точек в натуре прокладывают проектный теодолитный ход, погрешности положения этих точек зависят от того, каким способом определяют углы и длины линий на плане для проложения проектного хода в натуре.

Если углы и линии вычисляют по координатам проектных точек, определяемым по плану, то погрешность площади участка будет зависеть от погрешностей определения координат на плане.

Однако часто на линии проектного теодолитного хода опираются границы проектных участков, и положение точек этих границ определяется графически от точек проектного хода. В этом случае на погрешности площадей участков будут влиять дополнительные погрешности положения каждой проектной точки, равные $0,08 \times 0,1$ мм на плане.

Геодезические данные для проектного теодолитного хода нередко определяют по плану: углы транспортиром, а линии измерителем по масштабу. В этом случае влияние погрешностей угловых и линейных измерений на погрешность площади будет, вообще говоря, больше, чем при вычислении углов и линий по графическим координатам проектных точек. Однако, учитывая, что длины таких проектных ходов ограничиваются определенными пределами и что проектные ходы после их проложения увязываются на местности, можно принять погрешности площадей участков при этом методе такими же, какие получаются при определении углов и линий по графическим координатам проектных точек.

Полевой процесс перенесения проекта в натуру является дополнительным источником погрешностей для площадей участков. Однако эти погрешности значительно отличаются одна от другой в зависимости от метода перенесения проекта.

Погрешности полевых измерений при перенесении проекта только мерным прибором или теодолитом с мерным прибором, когда опорными для перенесения проекта являются пункты ранее проложенных теодолитных ходов, можно приравнять к погрешностям съемки. Если в качестве опорных используются контурные точки ситуации, погрешности положения которых равны 0,4 мм на плане.

Влияние погрешностей линейных измерений в натуре в этом случае будет настолько мало по сравнению с другими погрешностями, что ими можно пренебречь.

Наконец, перенесение проекта производится мензулой с планшета мензульной съемки или аэрофотосъемки и в качестве опорных при этом используются пункты аналитической и геометрической сетей и

мензульных ходов. Тогда положение каждой проектной точки в натуре, так же как и при съемке, определится со средней квадратической погрешностью 0,4 мм на плане.

Суммарные погрешности площадей проектных участков применительно к пяти случаям, рассмотренным в предыдущих пунктах, будут следующие.

Случай I. Проектирование участков произведено аналитическим способом. Погрешность площади участка будет зависеть только от погрешностей измерений на местности при съемке и при перенесении проекта в натуру.

Случай II. Проектирование произведено графическим способом и опорными при проектировании служили нанесенные на план пункты теодолитных ходов. Перенесение проекта в натуру выполнено методом промеров или угломерным. На погрешность площади, помимо погрешностей, перечисленных в предыдущем параграфе, будут влиять погрешности определения промеров по плану. Однако промеры, вычисленные в процессе проектирования и не определявшиеся вновь для перенесения проекта, учитывать не следует.

Погрешности перенесения проекта в натуру и погрешности съемки в этом случае есть основание учитывать совместно, потому что одна часть границ участка получена при съемке и нанесена на план по координатам, а другая часть, наоборот, взята с плана по координатам ее концов с теми же погрешностями, с которыми точки наносятся на план. Поэтому эта часть границ переносится в натуру с такими же погрешностями, с которыми производится съемка.

Случай III. Проектирование участков произведено графическим способом, и опорными для перенесения проекта служили точки контуров ситуации. В этом случае к двум погрешностям, указанным в предыдущем пункте, прибавятся погрешности графического определения промеров на плане. Погрешностями измерения линий мерным прибором в процессе перенесения проекта в натуру можно пренебречь, так как они малы по сравнению с другими погрешностями.

Случай IV. Проектирование участков произведено планиметром, и опорными для перенесения проекта служили нанесенные на план пункты теодолитных ходов. Перенесение проекта произведено методом промеров или угломерным методом. В этом случае также, помимо трех погрешностей, указанных в предыдущем параграфе, прибавятся погрешности графического определения промеров на плане.

Случай V. Проектирование участков произведено планиметром, и опорными служили точки контуров ситуации. Перенесение проекта выполнено методом промеров. В этом случае к двум погрешностям принятым в

предыдущем пункте, прибавится третья влияние которой на площадь участка тоже выразится формулой.

Для наиболее удобного пользования формулами при предвычислении погрешностей площадей участков с учетом влияния погрешностей всех процессов.

Несколько меньшими могут быть оказаться погрешности площадей небольших участков, когда опорными для перенесения проекта в натуру служат контурные точки ситуации, потому что при малых по площади участках пользуются контурными точками, расположенными близко одна от другой, а следовательно обладающие значительной корреляционной связью. В этом случае надо принимать погрешность положения контурной точки не 0,04 см на плане, а 0,03 см или даже 0,02 см, т.е. не погрешность положения контурной точки относительно пунктов главного геодезического обоснования, а погрешность взаимного положения контурных точек.

Проектирование набором контуров можно отнести к случаю V, а комбинирование механического способа графическим – к случаю IV или V в зависимости от вида геодезического обоснования, используемого при перенесении проекта в натуру.

Сравнив погрешности, с погрешностями, полученными в предыдущем пункте, видим, что правильно выбранный метод перенесения проекта в натуру вносит небольшие дополнительные погрешности сверх тех, которые получаем в процессе съемки местности, составления плана и проектирования участков.

При применении графоаналитического способа проектирования погрешности площадей становятся значительно меньше, чем при графическом способе и приближаются к результатам, полученным аналитическим способом.

Контрольные вопросы

1. Точность площадей участков, спроектированных аналитическим способом и перенесенных в натуру методом промеров или угломерным методом.

2. Основные случаи влияния погрешности съемки на точность перенесения в натуру.

3. Суммарные погрешности площадей проектных участков применительно к случаю I.

4. Суммарные погрешности площадей проектных участков применительно к случаю I.

5. Суммарные погрешности площадей проектных участков применительно к случаю III.

6. Суммарные погрешности площадей проектных участков применительно к случаю IV.

7. Суммарные погрешности площадей проектных участков применительно к случаю V.

Глава 4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ СИСТЕМЫ МЕРОПРИЯТИЙ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

4.1. Объекты проектирования. Общие требования к топографическим планам

Содержанием внутрихозяйственного землеустройства, совершенствованием методики его проведения обеспечивается организационно-территориальная основа для внедрения прогрессивной системы сельскохозяйственного производства, оперативного управления им и осуществления объемного и сложного комплекса природоохранных, особенно *противоэрозионных мероприятий*.

Это объясняется тем, что в нашей стране около 60% сельскохозяйственных угодий расположены на склонах крутизной до 10° расчлененного рельефа, эрозионно опасных и нуждающихся в почвозащите, позволяющей повысить продуктивность склоновых земель на 20-30%.

Противоэрозионные мероприятия разделяют на: агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические. Комплекс их должен обеспечить эффективное снегозадержание и регулирование поверхностного стока, увеличение запасов влаги и уменьшение смыва почв, прекращение образования новых и роста существующих оврагов, повышение плодородия почв.

Агротехнические мероприятия предусматривают приемы обработки почв и возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих задержание и регулирование поверхностного стока. Проведение их тесно связано с применением *контурного земледелия* (называемого также контурной организацией территории или системой контурно-мелиоративного земледелия), наиболее полно учитывающего почвенные и рельефные особенности земельных массивов на склонах. Этот учет состоит в том, что почвенные показатели рабочих участков проектируемых полей должны быть агротехнически однородными, *длинные стороны их должны совпадать с направлением горизонталей*.

Лесомелиоративные мероприятия предусматривают проектирование защитных лесных полос в севооборотах, облесение песков, оврагов, балок, лесопосадки у берегов рек, прудов, водохранилищ, дорог.

Гидротехнические мероприятия состоят в сооружении валов, валов-террас, каналов, канав и коллекторов, плотин, прудов и запруд, перепадов, быстротоков, в выполаживании склонов, создании малых участков регулярного орошения для выращивания овощных и кормовых культур вблизи хозяйственных центров, животноводческих ферм и комплексов.

Агротехнические и лесомелиоративные мероприятия эффективны на склонах небольшой крутизны, на более крутых и длинных склонах проектируются гидротехнические противозерозивные сооружения линейного типа.

Часто возникает необходимость проводить эти мероприятия при *рекультивации*, т.е. восстановлении биологической продуктивности и народнохозяйственной ценности земель, нарушенных разработкой месторождений полезных ископаемых открытым способом, создавшей карьеры и отвалы земляных пород.

Сооружения, создаваемые при проведении комплекса этих мероприятий, называемых объектами инженерного оборудования территории, сначала схематически размещают на проектном плане внутрихозяйственного землеустройства, затем детализируют при разработке рабочих проектов на основе специальных обследований, топографо-геодезических изысканий и инженерно-экономических расчетов.

Основные данные для обоснования и размещения объектов получают с проекта внутрихозяйственного землеустройства, руководствуясь техническими указаниями, инструкциями и нормативными документами, позволяющими выполнить технико-экономические расчеты, предшествующие проектным решениям.

При детализации проектирования объектов разрабатывают варианты решения, выполняют их оценку в расчете на экономию площади сельскохозяйственных угодий или на предотвращение их сокращения и выбирают лучший (оптимальный) вариант проектного решения.

При наличии ранее составленных рабочих проектов их согласовывают с вариантами нового проектирования объектов инженерного оборудования территории, включают в общую систему организации территории, при этом возможны изменения, уточнения в положении границ участков, линейных объектов, т.е. составляют новые варианты, также требующие обоснования, и выбирают из них наилучший.

Объекты инженерного оборудования территории обычно занимают площади в несколько гектаров или десятков гектаров, располагаются на склоновых землях и в условиях расчлененного рельефа, требуют повышенной точности изображения ситуации и рельефа на крупномасштабной топографической основе.

Повышенная точность изображения объектов съемки в плане часто требуется для обеспечения параллельности длинных сторон участков и их ширины, кратной ширине захвата тракторных агрегатов, а при орошении дождеванием длину, ширину и взаимное расположение прямоугольных участков согласовывают с выбором поливного оборудования, типом дождевальной машины, положением трубопроводов и длиной дождевальных крыльев.

При выборе масштаба проектного плана руководствуются точностью плана, получаемой в том или ином масштабе, обращая особое внимание на точность съемки наземных и подземных линий электропередач и связи, дорог, объектов орошения, осушения, водоснабжения и др.

Повышенная точность изображения рельефа горизонталями требуется для обеспечения точности определения уклонов, в пределах которых проектируют границы участков или линейные гидротехнические сооружения.

Для полевого обследования территории и схематического размещения объектов инженерного оборудования пользуются проектные планы внутрихозяйственного землеустройства масштаба 1:10000, а для рабочих проектов выполняют преимущественно мензульные, тахеометрические или фототеодолитные съемки выделенных массивов в масштабе 1:2000 – 1:5000 с высотой сечения рельефа 1-2 м. При склонах в 8-10° масштаб съемки укрупняют до 1:1000, высоту сечения рельефа принимают 0,5-1 м, а для проектирования оросительных систем 0,25-0,5 м.

Для перенесения рабочего проекта в натуру составляют разбивочный чертеж, на котором показывают участки и другие объекты, выписывают необходимые геодезические данные для определения их положения на местности.

Проект переносят на площади, предусмотренной к освоению в ближайшие 2-3 года.

4.2. Составление и перенесение в натуру проектов организации территории в условиях контурного земледелия

Контурное земледелие применяют на местности со значительно выраженным рельефом, границы полей и участков проектируют с условием, что длинные стороны их будут параллельны друг другу и общему направлению горизонталей (перпендикулярному к линии стока), совпадающему с направлением движения тракторных агрегатов, когда уклон этого направления приближается к нулю.

В связи с этим контурное земледелие разделяется на прямолинейное (рис. 10, а) и криволинейные (рис. 10, б). На рисунках тонкими линиями показаны горизонталы, а утолщенными – границы участков. При криволинейном направлении границ радиус кривой не допускается менее 60 – 70 м.

В действительности, редко встречаются крупные массивы обрабатываемых земель, на которых горизонталы представляются прямыми линиями или круговыми кривыми с равными заложениями и отступление от направления горизонтали в установленных пределах при проектировании границ участков становится неизбежным. Установление этих пределов становится необходимым, во-первых, потому, что сами уклоны

линий рассчитываются по горизонталям с погрешностями в 20%, во-вторых, изменение направления горизонтали может вызвать недопустимый уклон направления движения тракторного агрегата, недопустимое изменение тягового усилия на его передвижение, перерасход горючего, размыв почвы.

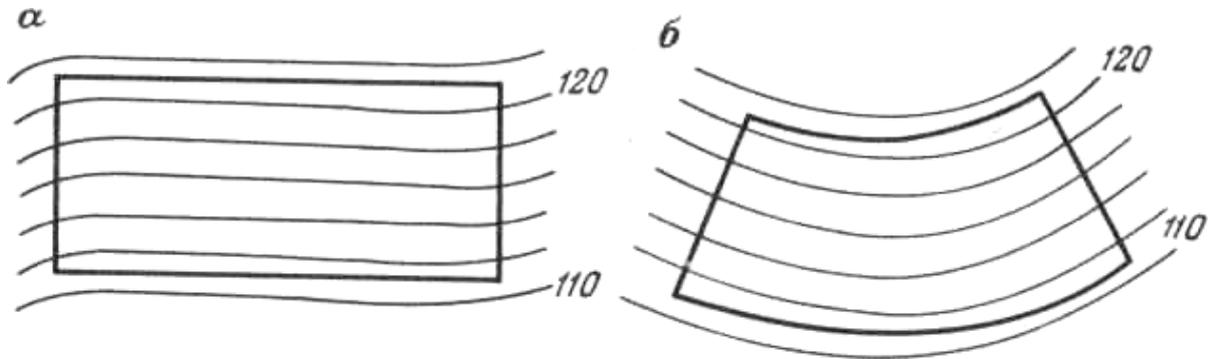


Рис. 10. Виды контурного земледелия

Уклоны местности рассчитывают по горизонталям плана, преимущественно масштаба 1:10000 с высотой сечения рельефа 2-2,5 м, при помощи номограмм, называемых графиками заложений. Максимальным будет уклон линии, перпендикулярной к направлению горизонталей, т.е. под углом φ_{\max} (рис. 11). При изменении направления горизонталей, представленных в виде круговых кривых с общим центром в точке О, изменится уклон линии движения тракторного агрегата, показанной стрелками.

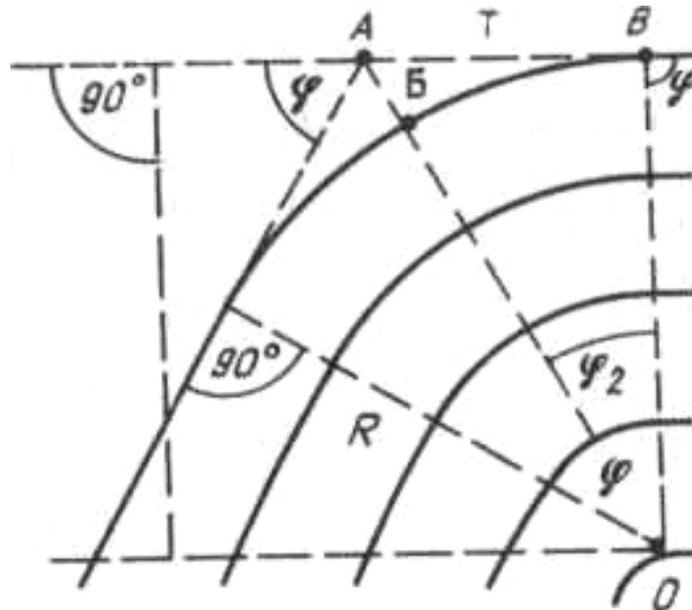


Рис. 11. Номограмма для масштаба 1:10000

При угле поворота направления горизонталей на угол φ , горизонталь с высотой 120 м отклонится от точки A на отрезок B , называемый при разбивке кривых в главных точках биссектрисой, определяемый по формуле:

$$B = R(\sec \varphi / 2 - 1)$$

в которой R – радиус горизонтали.

Превышение между концами отрезка B , т.е. превышение, которое должен преодолеть тракторный агрегат, не меняя направление движения, будет равняться:

$$h = Bi = B \operatorname{tg} v$$

где i – уклон между горизонталями;

v – угол наклона, характеризующий этот уклон.

Но при проектировании участков определяют рабочий уклон $i_{\text{раб}}$, который должен преодолеть тракторный агрегат при движении от точки B до точки A на расстоянии T , называемом тангенсом и определяемом по формуле:

$$T = R \operatorname{tg} \varphi / 2$$

Тогда рабочий уклон будет равняться:

$$i_{\text{раб}} = h / T = (R (\sec \varphi / 2 - 1) / R \operatorname{tg} \varphi / 2) \operatorname{tg} v = (1 - \cos \varphi / 2) / (\sin \varphi / 2) \operatorname{tg} v,$$

который зависит от угла поворота (φ , измеряемого на плане транспортиром либо в точке O , либо в точке A , и угла наклона v (или уклона), между горизонталями, рассчитываемого по плану.

Для расчета точности определения рабочего уклона продифференцируем выражение по переменным φ и v и перейдя к средним квадратическим погрешностям после преобразований получим:

$$m^2 i_{\text{раб}} = [(1 - \cos \varphi / 2) / (\sin \varphi / 2) (1 / \cos^2 v) m^2 v^2] + \\ + [((1 - \cos \varphi / 2) / (2 \sin \varphi / 2)) \cdot \operatorname{tg} v m^2 v^2]$$

В этой формуле второй член несоизмеримо мал по сравнению с первым, даже при измерении угла φ с точностью до $2-3^\circ$, а в первом члене $\cos v$ даже при угле в 10° можно принять равным единице, тогда:

$$m i_{\text{раб}} = (1 - \cos \varphi / 2) / (\sin \varphi / 2) m v$$

Пример: $\varphi = 60^\circ$, $v = 5,7^\circ \pm 1,14^\circ$ или $i = 0,1 \pm 0,02$ получим

$$i_{\text{раб}} = 0,027 \pm 0,005 \text{ или } v_{\text{psб}} = 1,6'' \pm 0,3''.$$

Между тем, на преодоление подъема при $v_{\text{раб}} = 1^\circ$ непроизводительные затраты тяговой мощности трактора, в зависимости от состава прицепных агрегатов, равны 8,5-18% нормального тягового усилия на крюке, а расход горючего на преодоление подъема в 2° увеличивается на 6%.

Если полученный рабочий уклон рассматриваемой части участка превышает установленный предел, который допускают до $1,5-2^\circ$, чтобы исключить возможность размыва почвы, то уменьшают длину участка, а на этой части размещают новый участок, с новым направлением длинных сторон или проектируют криволинейные границы (см. рис. 10, б).

Однако при криволинейных границах не всегда представляется возможность выбрать кривые, параллельные горизонтали, в качестве длинных противоположных сторон участков. В этом случае применяют контурно-полосную организацию территории (рис. 12), обработку проводят вдоль горизонталей по полосам, которые чередуются с полосами, покрытыми растительностью (на рис. 12 они заштрихованы) – лесными полосами или полосами многолетних трав.



Рис. 12. Контурно-полосная организация территории

Ширина обрабатываемой полосы с уклоном $0,05$ на серых почвах при паропропашных севооборотах допускается до 40 м, при зерновых – до 80 м, а на черноземах может быть увеличена соответственно в 2 раза, с расчетом, чтобы эта ширина была кратна ширине захвата основных полевых агрегатов. Такая организация территории обеспечивает регулирование поверхностного стока и параллельность длинных сторон обрабатываемых полос.

При сложном расчлененном рельефе применяют прямолинейное контурное земледелие, когда границы участков представляют ломаные линии, со значительными, но допустимыми отступлениями от направления горизонталей, совмещенные с водорегулирующими линейными рубежами в виде водоотводящих кюветов полевых дорог, валов-террас, ложбин и других объектов, при этом считают, что к горизонтальному расположению границ линейных элементов территории можно отнести те, которые отклоняются от горизонталей на угол до $10-20^\circ$, а расположение этих элементов под углом $20-50^\circ$ к горизонталям опасным в противоэрозионном отношении.

На рис. 13 показан проект размещения таких участков на фрагменте проектного плана землепользования ООО «Родина» Рязанской области в

масштабе 1:10 000 с высотой сечения рельефа 2 м. На плане показаны трассы нивелирно-теодолитных ходов, прокладываемых по всем границам участков для проверки допустимости уклонов в направлении движения тракторных агрегатов и параллельности длинных сторон участков, причем проектирование начинают обычно с нижних границ участков, находящихся на середине склона и в зависимости от них выбирают параллельные границы других участков. Обозначения Б-9 и Б-10 показывают устройство быстотоков, Р-73, Р-14, Р-15 – противоэрозионных рубежей-ложбин, Д-4-2 – дороги.

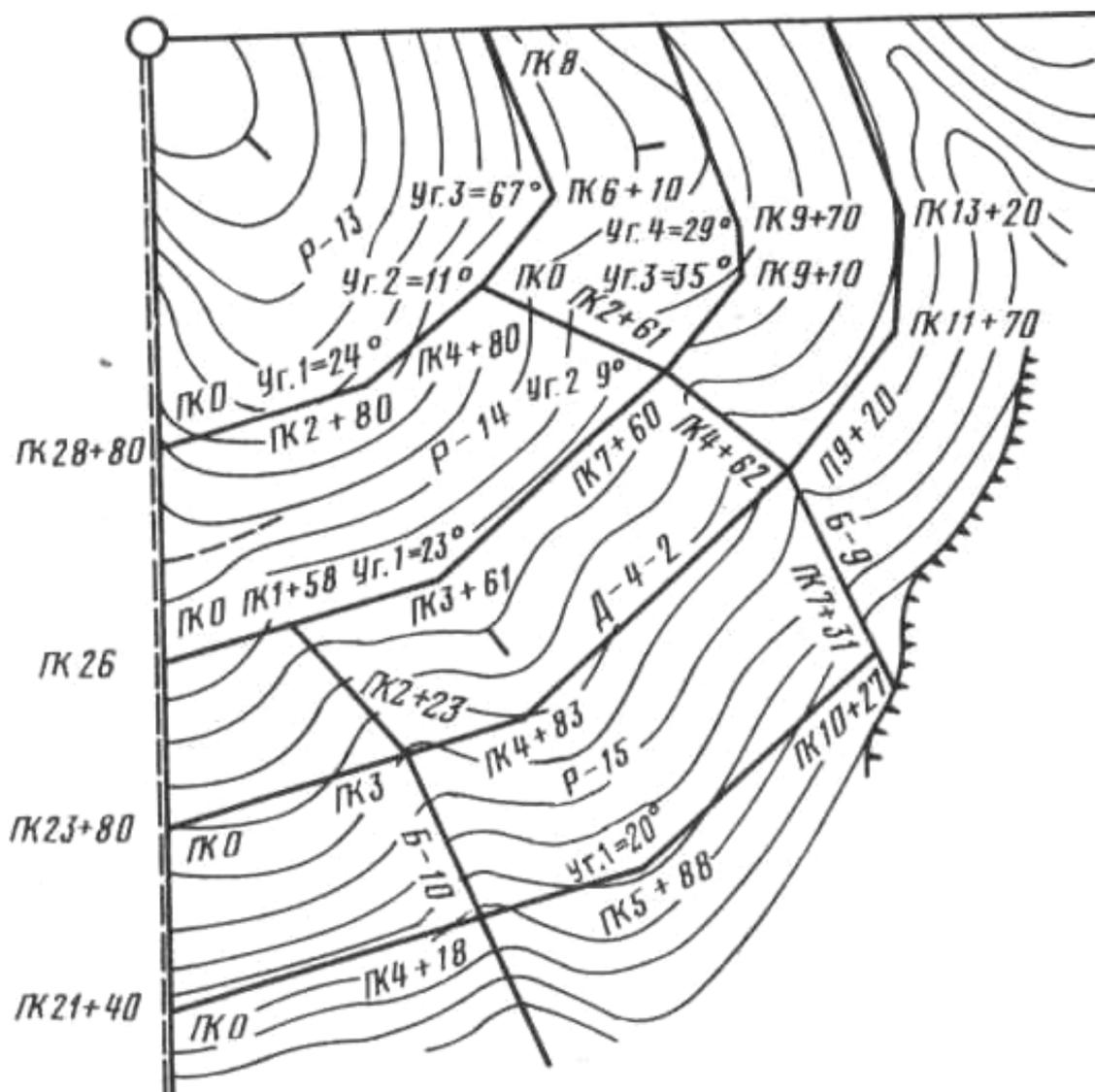


Рис. 13. Проект размещения участков контурного земледелия

В условиях очень высокой эрозионной опасности, когда агроприемами и контурно-полосной организацией территории не удастся достигнуть ликвидации поверхностного стока, применяют контурно-мелиоративную организацию территории, предусматривающую создание системы гидротехнических сооружений для безопасного задержания или отвода избыточного стока. Эта система состоит из постоянных закрепленных на местности полос-контуров, водозадерживающих валов, валов-каналов, водонаправляющих валов-ложбин, совмещенных с дорожной сетью, лесополосами, границами полей и рабочих участков. Кроме того, внутри полос-контуров создаются пологие ложбины – перераспределители стока.

На сложных склонах с выраженным рельефом проектирование начинают от гидрографической сети в направлении горизонталей, а выше расположенные границы проектируют параллельно нижним, при этом пересечения горизонталей с границей в верхней части склонов при небольшой их крутизне не оказывают существенного влияния на развитие эрозии почв.

Для применения контурного земледелия есть и ограничения, например, недопустимо совмещение линейных элементов территории с вершинами оврагов, лощин, ложбин, если не строят гидротехнические сооружения для отвода потоков воды. Проектирование полей, располагающихся на деформированных склонах, часто затруднительно. Трудности возникают и при обработке почвы поперек склона. Резко возрастают затраты на горючее и амортизацию сельскохозяйственной техники, в 3-4 раза увеличиваются расходы на холостые повороты и контурная обработка почвы становится нецелесообразной.

Перенесение в натуру проекта контурного земледелия является делом ответственным и непростым. Качество проекта во многом зависит от качества топографической основы, так как при составлении проекта руководствуются формой и направлением горизонталей, изображенных на плане, и от качества перенесения проекта в натуру, так как длинные стороны полей и рабочих участков должны быть параллельны и ширина их кратна ширине захвата тракторного агрегата. Поэтому перенесение проекта в натуру может быть выполнено только угломерным методом или методом промеров с предварительным построением съемочного обоснования, по которому можно произвести проектирование аналитическим способом. Применение мензулы для перенесения проекта с плана масштаба 1:10000 может оказаться недопустимым, так как, например, при длине стороны поля 300 м не параллельность сторон, будет

$$ma = mt / s \times 3438' \sqrt{2} = 4/300 \times 3438' \sqrt{2} = 65' \approx 1,1^\circ$$

что при полевой обработке участка создаст клин – неодинаковую ширину в начале и в конце поля на величину $m = 300 - 65'/3438' = 5,7$ м, которую

можно назвать средней квадратической погрешностью и параллельности сторон поля. Предельная погрешность будет втрое больше.

Наиболее просто перенесение проекта в натуру производится методом промеров, когда поля спроектированы в форме трапеций аналитическим или графическим способом, и перенесение проекта усложняется в случае, изображенном на рис. 13, когда границы полей (участков) представлены ломаными линиями и в натуру переносятся вершины углов поворотов границ.

В этом случае перенесение проекта производится при помощи теодолита и мерного прибора или электронного тахеометра двумя способами:

- 1) построением на местности проектных теодолитных ходов;
- 2) полярным способом.

При обоих способах проект опирается на пункты имеющегося или специально построенного съемочного обоснования и при подготовке геодезических данных (углов и линий) для перенесения проекта стремятся к тому, чтобы координаты концов противоположных сторон спроектированных участков обеспечивали равенство их дирекционных углов (или отличие их на 180°).

Подготовка геодезических данных для перенесения проекта в натуру может выполняться несколькими вариантами в зависимости от сложности проекта и насыщенности его объектами проектирования различной формы и различного назначения.

Применительно к рис. 13 опишем два основных варианта.

Первый, когда для проектных точек – вершин поворотов границ определяют графические координаты, рассчитывают по ним дирекционные углы и горизонтальные проложения линий, затем редуцируют координаты, чтобы противоположные линии проектных участков были параллельны и расстояния между ними соответствовали проектной ширине участков. После этого по редуцированным координатам проектных точек рассчитывают (проверяют) геодезические данные, удовлетворяющие поставленным требованиям.

Второй вариант состоит в том, что для всех сторон участков измеряют на плане дирекционные углы (или румбы), принимая их для противоположных сторон участков равными, затем рассчитывают боковые стороны, чтобы ширина участков соответствовала проектной ширине. После этого производят вычислительную обработку образованного полигона (хода), внося поправки в линии, чтобы получаемые геодезические данные удовлетворяли поставленным требованиям.

Теперь перенесение проекта в натуру может выполняться построением на местности проектных теодолитных ходов. Для перенесения проекта в натуру полярным способом пользуются преимущественно электронным тахеометром с нескольких пунктов съемочного обоснования, так как

расчлененный рельеф может быть помехой оптической видимости между тахеометром и отражателем. Геодезические данные – полярный угол на пункте геодезической сети, между направлениями на другой пункт и проектную точку, и полярное расстояние до проектной точки вычисляют по координатам пунктов геодезической сети и проектной точки, вычисленным описанными выше вариантами. Контролем правильности перенесения проекта в натуру могут быть результаты измерений между проектными параллельными сторонами участков.

Перенесение в натуру криволинейных границ участков, иллюстрированных на рис. 11, б и 12 выполняется также угломерным методом с контрольными промерами между противоположными границами. Проще переносить в натуру границы, проходящие параллельно горизонталям имеющим форму, близкую к круговым кривым или кривым с изменяющимися радиусами, но с близкими друг к другу заложениями. В зависимости от кривизны границы замечают вешками через 20, 30, 40, 50 м, при этом начинают с нижней границы обрабатываемого участка (полосы), находящейся в середине склона. Затем положение вешек выравнивают в плавную кривую и контролируют высоты точек при помощи нивелира или тригонометрическим нивелированием, записывая их на разбивочном чертеже.

Теперь относительно полученных точек нижней границы участка (полосы) по перпендикуляру к ней отмеряют проектную ширину, концы перпендикуляров закрепляют вешками, в необходимых случаях выравнивают в плавную кривую, определяют высоты точек на кривой и пропахивают полученные на местности границы.

Таким же способом получают нижние и верхние границы других обрабатываемых полос, корректируя их ширину, кратную ширине захвата тракторного агрегата за счет разной ширины полос, покрываемых растительностью.

Перенесение проекта в натуру участков контурного земледелия является достаточно сложным и трудоемким процессом, поэтому естественно стремление проектировщиков к автоматизации этого процесса.

4.3. Проектирование и перенесение в натуру полей противозерозионных севооборотов и рабочих участков, лесных защитных, ветроводозадерживающих и водорегулирующих полос

Смыв почвы определяется главным образом крутизной (более 1°) скатов и длиной склонов, увеличивающих скорость стекающей воды. Длина склона влияет на возрастание объема стока. Так, при увеличении длины склона в два раза нарастание смыва увеличивается почти в три раза.

На склонах разной формы – прямой, вогнутой, выпуклой изменяется интенсивность смыва. На выпуклых с увеличением протяженности смыв возрастает, а на вогнутых уменьшается. Смыв зависит от растительности, способа обработки почвы, глубины промерзания, толщины снежного покрова, интенсивности таяния снега. Почвы под многолетними травами, озимыми посевами, древесной или кустарниковой растительностью смыву почти не подвергаются, а возделывание пропашных и паропропашных культур на эродированных и эрозионноопасных землях нерационально, так как рыхление междурядий ведет к усилению эрозии.

Поэтому на крутых склонах проектируют массивы почвозащитных (противоэрозионных) кормовых севооборотов – сенокосо-оборотов, пастбище оборотов, сенокосно-пастбищных севооборотов, их поля, рабочие, гуртовые, отарные участки и загоны или чередующиеся распахиваемые и не распахиваемые полосы с однолетними сельскохозяйственными культурами и многолетними травами.

Проектирование этих севооборотов, их полей и участков производится в сочетании с полевыми севооборотами, занимающими при водораздельные массивы, а кормовые почвозащитные севообороты размещают на склоновых землях, пользуясь проектным планом внутривладельческого землеустройства, преимущественно, масштаба 1:10000 с высотой сечения рельефа 2-2,5 м.

Для обеспечения задержания поверхностного стока воды и ослабления действия вредоносных ветров проводят мелиоративные мероприятия, т.е. проектируют защитные лесонасаждения в виде линейных рубежей – полезащитных лесных полос вдоль балок и оврагов, вокруг населенных пунктов, производственных центров, по берегам рек, прудов, водоемов, вдоль внутривладельческих магистральных дорог, каналов и участков сплошного облесения (или залужения), на неудобных сельскохозяйственных землях, расположенных на ветроударных низовьях склонов, по овражно-балочным бровкам, откосам и днищам оползневых, эрозионно-опасных склоновых, песчаных участков.

Полезащитные лесные полосы по своему назначению и размещению на территории разделяют на: приводораздельные; ветроломные; водорегулирующие.

Так как площади, занимаемые лесозащитными полосами, а также дорогами, каналами исключают из сельскохозяйственного использования и уменьшают посевные площади от 2 до 5% плодородных земель, то при проектировании их размеры принимают по минимально необходимым нормам и где возможно размещают на менее ценных и неиспользуемых участках.

Приводораздельные полосы шириною 10-12 м размещают в направлении водораздельных линий, предназначаются для задержания поверхностного стока, а следовательно для предотвращения эрозии почв.

Ветроломные полосы шириною 13-19 м проектируют в равнинной местности, перпендикулярно к направлению господствующих ветров в целях снижения скорости ветра, равномерного распределения снега по поверхности, лучшего влагонакопления, снижения испарения влаги, сухости воздуха, глубины промерзания почв, а следовательно повышения урожайности полей.

Водорегулирующие полосы шириной 10-12 м, а на почвах с низким плодородием 15 м, предназначены для задержания поверхностного стока при небольших уклонах в 1-2°. Их проектируют в местах перехода от спокойного к выраженному рельефу, поперек склона, но с учетом направления вредоносных ветров, имея в виду, что на, длинных склонах и с малой крутизной действие эрозии не ослабляется.

Полезачитные лесные полосы, как правило, размещают по границам полей севооборотов и внутри их, образуя отдельные рабочие участки с параллельными длинными сторонами.

Если рядом с лесной полосой размещают полевою дорогу, то ее проектируют с наветренной стороны по отношению к лесной полосе, выше по рельефу, с менее затеняемой и более обогреваемой стороны полосы.

Защитные лесные полосы в садах проектируют как по внешней стороне массива, так и по границам кварталов. Они предназначены, главным образом, для защиты почв от водной эрозии, но во многих случаях являются и ветроломными. Ширина садозащитных полос принимается от 5 до 11 м, расстояние их до ближайшего ряда насаждений, во избежание затенения последних, принимается от 7 до 11 м.

Перенесение в натуру лесных полос, а следовательно и полей (рабочих участков), границы которых представляют ломанные параллельные линии, производится угломерным способом, от пунктов геодезического обоснования или с помощью линейных промеров от надежно опознаваемых контурных точек. Особое внимание при этом обращают на соблюдение параллельности длинных сторон полей и рабочих участков, по границам которых расположены лесные полосы.

Сначала переносят в натуру одну сторону лесной полосы, а затем относительно ее получают другую сторону, отмеряя проектную ширину полосы и прилегающей дороги, если последняя предусмотрена проектом.

Если переход от одного направления лесной полосы к другому сопровождается круговой кривой, то производят расчет для построения главных точек кривой и детальной разбивки кривой, в зависимости от принятого для нее радиуса и угла поворота, пользуясь результатами расчета выносят на местность точки кривой для обеих сторон лесной полосы и прилегающей дороги.

Криволинейные границы полей и участков, на которых проектирование лесной полосы не предусмотрено, переносят в натуру, пользуясь этими же результатами расчетов кривых.

4.4. Составление и перенесение в натуру проектов противоэрозионных гидротехнических сооружений

Комплекс агротехнических и лесомелиоративных мероприятий значительно уменьшает поверхностный сток, но недостаточно ослабляет эрозионные процессы, выражающиеся в разрушительных действиях воды, главным образом на крутых склонах. Поэтому на них проектом внутрихозяйственного землеустройства предусматривается строительство гидротехнических противоэрозионных сооружений в виде:

- водозадерживающих и водонаправляющих земляных валов;
- ложбин и канав;
- распылителей стока;
- головных и донных овражных сооружений, способных остановить разрушение почвы и надежно закрепить растущие овраги;
- прудов и водоемов, задерживающих талые воды;
- водосбросов-быстротоков;
- перепадов, предназначенных для безопасного сброса поверхностных стоков в прилегающие ручьи и реки; выполаживания склонов и засыпки оврагов.

Линейные гидротехнические сооружения – валы, ложбины, канавы часто совмещаются с дорожной сетью, лесополосами, границами полей и рабочих участков, а внутри их создаются пологие ложбины – перераспределители стока, проходимые сельскохозяйственной техникой.

Проектирование этих сооружений производится на крупномасштабных планах 1:1000-1:2000 с высотой сечения рельефа 0,5-1м, на основе технического продольного и поперечного нивелирования.

Водозадерживающий вал (рис. 14) проектируют на склонах до 6°. Основное его назначение – полное задержание объема ливневого стока. Он представляет сооружение, состоящее из вала (насыпи) и корытообразной выемки-канавы. Вал строят трапецеидальной формы из местного суглинистого грунта высотой по оси 1-1,5 м над поверхностью земли, шириной по гребню 2-2,5 м, по направлению горизонтали с отклонением от нее по высоте до 0,3 м. Заложение откосов – сухого $m_1 = 1-1,5$; мокрого $m_2=1,5-3$ (под заложением откоса понимают величину, обратную уклону, т.е. отношение горизонтального проложения между точками к превышению между ними).

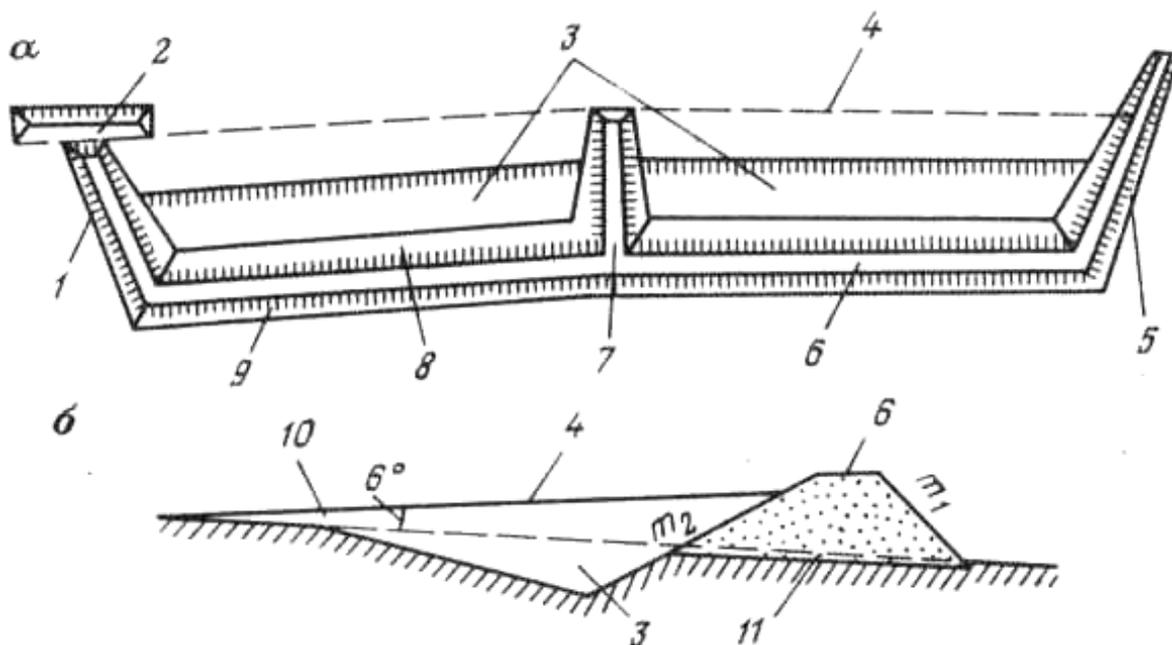


Рис. 14. Водозадерживающий вал:

1 – открытая шпора, 2 – водообход, 3 – выемка, 4 – линия прудка (НПУ),
 5 – глухая шпора, 6 – гребень вала, 7 – перемычка, 8 – мокрый откос, 9 – сухой откос, 10 – угол наклона местности, 11 – растительный слой

Во избежание перелива или переплеска воды через гребень вала, его делают строго горизонтальным и возвышающимся над расчетным уровнем воды на 0,25-0,35 м.

В целях создания прудка в выемке, концы вала, называемые шпорами, загибают кверху на 10-20 м в зависимости от рельефа местности, сопрягая с осью вала под углом 100-140°.

Одну из шпор проектируют открытой с водообходом (см. рис. 14, а), дно которого лежит на одной отметке с нормальным подпорным уровнем (НПУ), а отметки гребня шпор на одной отметке с гребнем вала. Для укрепления основания вала и шпор производят срезку почвенно-растительного слоя толщиной 0,2-0,3 (см. рис. 14, б). Отметка порога водослива должна быть ниже отметки гребня вала на 0,35 м. Водообход закрепляют щебнем, втрамбованным в грунт. Щебнем укрепляют и гребень вала, а откосы валов и шпор – посевом многолетних трав.

Во избежание сброса всего объема воды из прудка в случае прорыва вала, через каждые 50-100 м устраивают перемычки (см. рис. 14, а), при этом гребни вала, шпор и перемычек должны иметь одинаковую отметку.

В целях отвода воды в прудок водозадерживающего вала предусматривают строительство водоотводного (водорегулирующего) вала-канавы треугольного сечения, глубиной 0,2-1,2 м, с уклоном дна 0,006, высотой вала 0,5 м и заложениями – сухого откоса $m_1=2$; мокрого $m_2 = 6$.

При необходимости проектируют также водоотводные каналы, рассчитываемые на пропуск дождевых паводков в овраги, дно и склоны которых облесены и задернованы. Каналы имеют широко распластанный

профиль трапецеидального сечения глубиной 1,5-2 м, с заложением откосов $m = 5$, уклонами дна 0,0001-0,015, при этом имеется в виду обработка каналов сельскохозяйственными машинами.

Головные и донные овражные сооружения проектируют в целях прекращения роста оврагов, когда его невозможно прекратить лесомелиоративными и другими дешевыми мероприятиями и возникает необходимость строить указанные сооружения по специальным проектам, которые составляют на основе крупномасштабных планов с повышенной точностью и детальностью изображения рельефа.

Пруды и водоемы проектируют в ложбинах, балках, оврагах (действующие овраги предварительно закрепляют), на ручьях и малых реках путем накопления местного стока, который не удалось задержать на полях и рабочих участках при таянии снега. Воды прудов и водоемов используют для орошения прилегающих к ним участков, водоснабжения, культурно-бытовых нужд.

Для проектирования пруда, водоема используют план балки или реки и прилегающей территории в масштабах 1:1000-1:5000 с высотами сечения рельефа 0,25-1 м, а также план для определения водосборной площади в масштабе 1:5000 с высотой сечения рельефа 2 м, данные за 15-20 и более лет по поверхностному стоку в месте расположения объекта строительства, а также расчет потребности воды для различных целей в хозяйстве, при этом руководствуются следующими требованиями.

Глубина пруда (водоема) должна быть не менее 5-6 м, оптимально 10-12 м во избежание перегрева воды, заиления и зарастания пруда, площади затопления и подтопления ценных угодий, строений, объемы работ на постройку плотины, расстояние до орошаемой территории должны быть возможно меньшими.

Место сооружения плотины должно быть наиболее узким и глубоким, а пруда – в широкой и разветвленной балке, чтобы обеспечить возможно больший объем задержанной воды и устройство водосбросных сооружений в обход плотины.

Проектом предусматривается также: донный выпуск воды, рыбо-уловитель, гидромеханическое оборудование к зимнему хранению, пропуск весеннего половодья, опорожнение пруда на зиму через донный выпуск. Для проектирования сооружений плотинного узла производится топографическая съемка в масштабе 1:500 с высотой сечения рельефа 0,5 м.

Быстротоки в земляном русле предназначены для отвода поверхностного стока из противозерозионных рубежей, кюветов и резервных дорог. Основные параметры поперечного сечения быстротоков (рис. 15) принимают исходя из минимального расхода талых и ливневых вод и использования быстротоков для механизированной сельскохозяйственной обработки почв. Ширина их принимается кратной ширине захвата машин и

орудий. Дно и откосы засевают травами. Концевые участки быстротоков и часть оврагов балочной сети в районе впадения в нее быстротоков закрепляют каменной наброской толщиной 0,2 м по слою щебня толщиной 0,1 м.

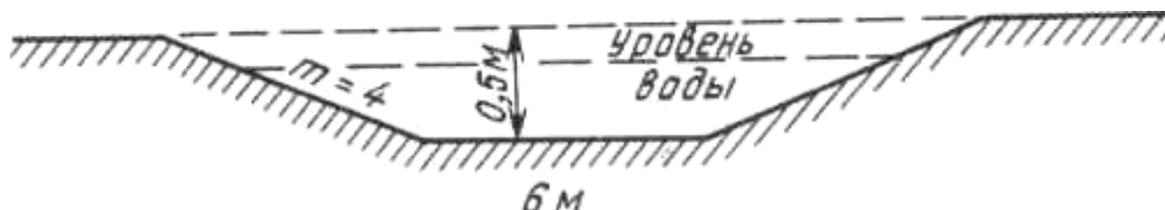


Рис. 15 Поперечное сечение быстротока

Выполаживание склонов с засыпкой оврагов и заравниванием промоин производят в целях вовлечения эродированных и эродируемых земель в сельскохозяйственное использование – созданием на них высокопродуктивных пастбищ или многолетних насаждений, а при невозможности этого, производят облесение склонов.

Выполаживают обычно прибалочные склоны и берега балок крутизной до 10-15°, если овраги на склонах расположены на расстоянии друг от друга не менее 100 м, с водосборной площадью до 20 га, крутизной не более 6°. При крутизне склонов 16-35° выполаживание для создания улучшенных пастбищ доводят до 15°, при этом выше зоны выполаживания создают буферные полосы из многолетних трав.

Овраги глубиной до 5 м засыпают полностью, а при глубине 6-10 м до крутизны склонов не более 10°. Промоины глубиной 1,5-2 м засыпают бульдозером или вспахивают плантажным плугом.

Перед началом работ по выполаживанию оврага в верхней части проектом предусматривается устройство распылителя стока, поступающего с водосборной площади, путем вспашки однокорпусным плантажным плугом полосы шириной 1,5 м на глубину до 0,3 м (рис. 16) под углом 40-50° к направлению потока, а у вершин уже выположенных или засыпанных оврагов – водозадерживающих или водоотводных валов, во избежание повторного размыва почвы.

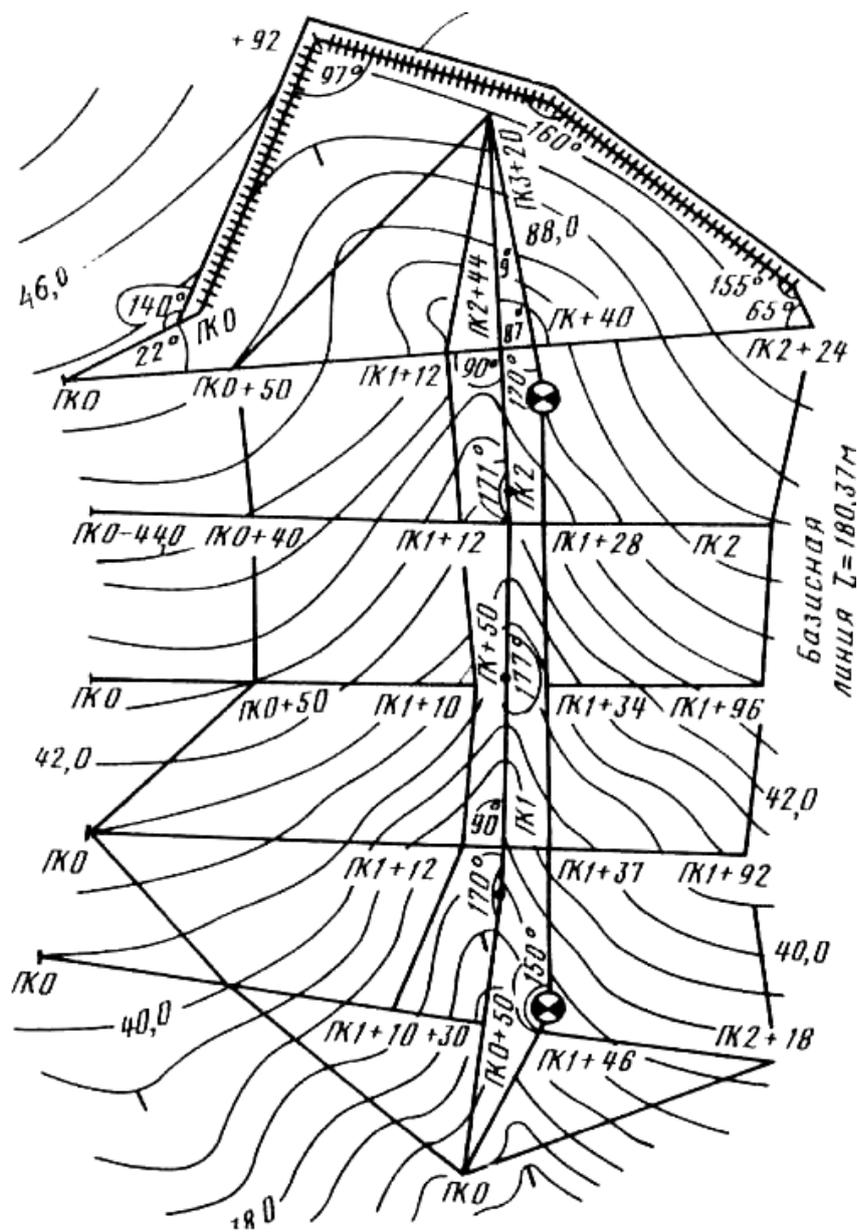


Рис. 16. Пример проекта выполаживания склонов

Почвенно-растительный грунт, срезанный с площади выполаживания складывается в кавальеры за пределами выполаживаемого участка, после выполаживания возвращается на тот же участок, где производилась срезка. Рабочие участки нумеруются от устья оврага. Срезка почвенно-растительного грунта начинается с первого участка с перемещением его во временный отвал ниже участка. Затем бульдозер начинает работу на первом участке перпендикулярно к бровке оврага, срезают землю и перемещают ее в овраг сначала с одной стороны, затем с другой, уплотняя насыпь катком, доводя ее до проектной отметки. После выполаживания первого участка

работу начинают на втором участке, срезают почвенно-растительный грунт и равномерно размещают его на поверхности насыпного грунта первого участка. Затем засыпают овраг на втором участке и размещают почвенно-растительный грунт с третьего участка на насыпной грунт второго участка. На последующих участках выполаживание склонов производится в таком же порядке.

Выположенную площадь после культивации и внесения удобрений закрепляют посевом многолетних трав.

Перенесение в натуру проекта строительства водозадерживающего вала производят относительно реперов и базисных линий между пунктами съемочного обоснования путем трассировки и последующей разбивки осей вала, шпор и перемычек и их технического нивелирования. Направление шпор устанавливается построением проектных углов теодолитом.

Относительно осей вала, шпор и перемычек, по перпендикуляру к ним выносят в натуру бровки гребней, линии подошв мокрого и сухого откосов и границы будущего прудка измерениями рулеткой, согласно разбивочному чертежу, закрепляя точки кольями с прикопкой через 5-15 м в зависимости от извилистости вала.

Аналогично выносят в натуру водоотводные валы, каналы, распылители стока и быстротоки.

Перенесение в натуру проекта пруда (водоема) начинают с определения положения оси плотины относительно пунктов и реперов геодезического обоснования. Относительно этой оси, лучше всего при помощи электронного тахеометра определяют и закрепляют на местности все детали плотины.

Перенесение в натуру проекта выполаживания склонов начинают с разбивки осей распылителей стока относительно пунктов и реперов геодезического обоснования, как и осей водозадерживающих валов – полярным способом при помощи электронного тахеометра. Затем определяют на местности положение границ допустимого подхода сельскохозяйственной техники и к бровкам оврагов (зоны обрушения), границу приовражной полосы, в пределах которой намечена срезка грунта, поперечных створов по границам рабочих участков, указывают толщину срезаемого почвенно-растительного слоя и минерального грунта.

Характерные точки разбивки, нулевой и конечный пикеты привязывают к реперам и закрепляют кольями с указанием на них номера точки выноса и толщину среза грунта, а границы выполаживаемой приовражной полосы пропахивают плугом.

В процессе эксплуатации сооружений по окончании весеннего половодья и дождевых паводков осматривают их, устраняют возможные повреждения – образование трещин и осадков в теле валов, разрушение, размыв щебеночного крепления на пороге водообходов, водосливов,

соблюдают рабочие уклоны для своевременного сброса поверхностных вод в гидрографическую сеть, производят подсев трав и др.

4.5. Составление и перенесение в натуру проектов террасирования склоновых земель

При сложном рельефе местности, а значит и конфигурации полей, значительно усложняется выбор правильного и рационального направления движения сельскохозяйственных агрегатов поперек склона, как этого требует современная противоэрозионная агротехника.

Наиболее благоприятных условий работы агрегатов можно достичь строительством *параллельных террас*, преимущественно прямолинейных, в направлении горизонталей.

В зависимости от крутизны склонов и назначения террасы строят двух видов: *валы-террасы (гребневые)* в районах с недостаточным увлажнением на склонах от 2 до 8° (рис. 17, а) и *ступенчатые террасы* на горных склонах и склонах овражно-балочных систем крутизной более 8° (рис. 17, б), используемых для многолетних насаждений.

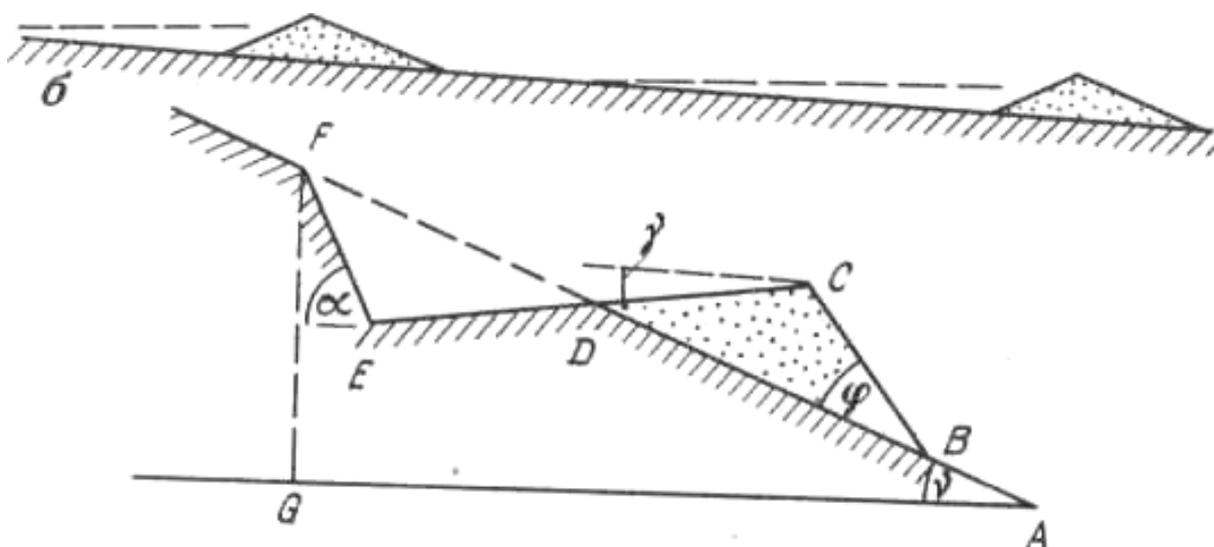


Рис. 17. Поперечный профиль гребневой (а) и ступенчатой (б) террас

В орошаемых районах на крутых склонах строят *террасы-канавы* (рис. 18). Террасы создают условия дополнительного накопления влаги в почве, служат средством для снегозадержания, что необходимо в зоне недостаточного увлажнения.

Террасирование склонов производят на основе специального рабочего проекта, составляемого на топографическом плане масштаба 1:2000 с высотой сечения рельефа 1 м. Для участков площадью до 15-20 га топогра-

фическую съемку производят в масштабе 1:1000. Валы-террасы являются долговременными земляными сооружениями, надежно защищают почву от смывов, а вместе с залуженными водотоками удачно сочетают функции максимального задержания стока и безопасного отвода его с нерегулированной части. Они сокращают сток талых и ливневых вод, вынос питательных веществ из почвы, прекращают рост оврагов и загрязнение водоемов удобрениями, гербицидами и ядохимикатами.

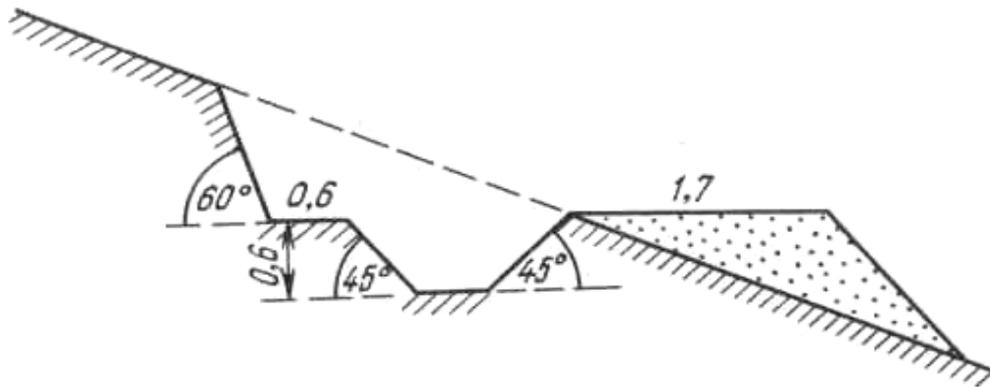


Рис. 18. Поперечный профиль террасы-канавы

Высокая стокорегулирующая почвозащитная и водоохранная эффективность валов-террас на пашне получается в зависимости от природно-климатических условий, валы-террасы могут служить рубежами при контурном земледелии.

На земельных участках, гидрографическая сеть которых поражена оврагами, а вершины их подходят к пашне и разрушают ее, сооружение валов-террас позволяет, помимо предотвращения смыва почв, сократить или отказаться от устройства специальных дорогостоящих оврагозакрепительных головных и донных сооружений.

Во многих хозяйствах в зонах серых почв встречаются «бросовые земли» с уклонами 2-5°, значительно изрезанные промоинами и размывами. На них целесообразно провести планировку территории, построить валы-террасы и засеять мелиорируемые площади многолетними травами.

Построение валов-террас целесообразно на эрозионноопасных склонах прифермских участков, на которых ежегодно возделывают кукурузу на зеленый корм или силос и другие кормовые культуры. Сочетание водорегулирующих лесных полос с валами-террасами позволяет уменьшить количество и ширину этих полос, сместить границы приовражных лесных насаждений вниз по склону, увеличив, таким образом, площади для сельскохозяйственного использования. По продольному профилю валы-террасы могут быть горизонтальными и наклонными. На участках с уклонами в 4-5° применяют одновременно горизонтальные и наклонные профили с уклонами не превышающими 0,005.

Расстояние между валами-террасами зависит от крутизны склона, характера почвы и колеблется от 30 до 120 м, кратно ширине захвата тракторных агрегатов.

В местах изменения отметок гребня вала, а также на террасах, имеющих большую длину с одинаковой отметкой гребня, предусматривается устройство перемычек по типу открытых шпор водозадерживающего вала.

На участках со значительной ложбинностью и отклонением осевых линий валов от горизонталей, их проектируют с переменной высотой с целью уменьшения объема земляных работ и сохранения параллельности и прямолинейности осей террас.

Небольшая высота гребня валов-террас – не более 1 м, включая 1 запас до нормального подпорного уровня прудка, и малая величина заложения откосов – до $m = 6$, позволяют все работы по строительству выполнять при помощи строительных и сельскохозяйственных машин, а сельскохозяйственные культуры возделывать на полосе между осями террас, включая откосы вала.

Перенесение в натуру проекта валов-террас начинают с нивелирования, с закрепления кольями базисных линий, располагаемых по направлению горизонталей и опирающихся на пункты геодезического съемочного обоснования. Относительно базисных линий, методом прямоугольных координат, определяют положение оси вала-террасы, т.е. начала и конца вала, углов поворота и перемычек, при этом за ось абсцисс принимают направление базисной линии, а за ось ординат – перпендикуляр к ней, что обеспечивает параллельность осей террас. На местность ось вала пропахивают одним проходом плуга и параллельно ей – линию прудка, а также границу откосов террасы. Высоту насыпи вала и глубину выемки прудка берут с продольного профиля вала-террасы.

Строительство вала-террасы начинают с верхней по склону террасы. После разбивки осей, пропахивания прудков и откосов производят срезку почвенно-растительного слоя с перемещением во временные кавальеры.

Продольное перемещение грунта составляет около 25% от общего объема насыпи валов-террас. Затем производят отсыпку тела вала бульдозером за счет поперечного перемещения грунта из будущего прудка на 0,15 м ниже проектной отметки, разравнивание и формирование тела вала и прудка полосами параллельно оси вала. Отдельные неровности допускаются высотой 0,1 м.

В начале и в конце вала-террасы дно прудка оканчивается перемычкой с откосом $m = 6$, необходимым для въезда и съезда сельскохозяйственных машин.

После разравнивания тела вала из временного кавальера перемещают на поверхность вала почвенно-растительный слой с неравномерностью распределения до 5 см, затем производится окончательная планировка

откосов и контрольная нивелировка с указанием отметок гребня вала, которая должна быть выше проектной на 0,15-0,20 м. При эксплуатации валов-террас следят за исправностью их, путем систематического надзора – осмотра, особенно во время весеннего паводка и после сильных ливней, производства срочного ремонта, не допуская размыва нижележащих склонов и образования оврагов.

Ступенчатые террасы сооружают на крутых склонах – более 8-15°, используемых преимущественно для виноградников и садов. Поперечный профиль террасы, представленный на рис. 17, б, показывает, что поверхность полотна террасы CE состоит из поверхности насыпи CD и выемки DE , образующих либо горизонтальные вытянутые площадки, либо площадки с поперечным обратным углом наклона ν до 3° (с уклоном 0,05 в сторону выемки) и продольным уклоном до 0,005', во избежание размыва насыпного откоса и почвы вдоль террасы. Поверхность AB является бермой ненарушенной частью склона с углом наклона ν , BC – линия откоса насыпи с углом φ , способным удержать откос от разрушения, который вместе с углом ν может быть доведен до 45°, EF – линия откоса выемки с углом наклона α до 60°. Прямоую AF называют шириной-полосы (ленты) склона, занимаемой террасой, с горизонтальным проложением AG и превышением FG , называемым высотой террасы. Результаты расчета этих величин зависят от угла наклона ν и характера почвы, длина ленты AF может быть не менее 2,5-3 м, а число укладываемых лент на склоне, например, садового квартала, до нескольких десятков. Вокруг террасированных участков проектируют дороги шириной 6 м.

Перенесение в натуру проекта террасирования склонов может выполняться в таком же порядке, как и валов-террас, при этом базисные линии опираются на пункты высотно-теодолитных ходов или малой триангуляции, создаваемой в качестве геодезического обоснования топографической съемки террасируемой территории. Однако, учитывая сложный рельеф местности и большую крутизну склонов перенесение проекта в натуру целесообразно выполнять полярным способом, относительно базисных линий или пунктов съемочного обоснования, при помощи электронного тахеометра. При этом в натуру выносятся границы лент террас, т.е. точки, расположенные на нижних концах берм предыдущей и последующей террас (точки A и F на рис. 17, б). Границы лент террас пропахивают плугом через 10-30 м в зависимости от сложности рельефа. На проектном плане и разбивочном чертеже полярные расстояния записывают как горизонтальные проложения, но на местности отмеряют наклонные расстояния с учетом угла наклона. Эти расстояния фиксируются на разбивочном чертеже в скобках возле их горизонтальных проложений.

Положение остальных точек *B, C, D, E* получают на местности относительно границ лент при помощи рулетки и специальных откосников (в виде прямоугольных треугольников), согласно расчетам, выполняемым при проектировании террас, при этом возможна некоторая корректировка ширины лент смежных террас, в зависимости от не учтенного при съемке микрорельефа.

В процессе строительства террас при помощи нивелира следят за поперечными и продольными уклонами полотна террас, и при помощи мерного прибора – за шириной этого полотна.

После строительства террас производят исполнительные съемки террасирования склонов.

4.6. Проектирование и перенесение в натуру проектов рекультивации земель сельскохозяйственного направления

Выдел земель сельскохозяйственного назначения для промышленного строительства, добычи полезных ископаемых открытым способом и др. приводит к появлению *нарушенных земель*, которые подлежат восстановлению – *рекультивации*.

Нарушенными называются земли, на которых в результате деятельности человека изменился общий облик ландшафта – почвенный и растительный покров, гидрологический режим, оказавший отрицательное воздействие на окружающую среду.

Вред от нарушенных земель огромный. Появление их не только причина полного разрушения создаваемых на протяжении тысячелетий природных комплексов, но и опасные очаги загрязнения воздуха, воды, почв, вызывающего снижение продуктивности сельскохозяйственных и лесных угодий на прилегающей территории, ухудшение санитарно-гигиенических условий жизни и деятельности населения. Вместе с тем земля и ее недра – органически связанные природные ресурсы. Пользование недрами практически невозможно без нарушения земель и единственным средством против них является рекультивация, связанная как с территориальным так и внутрихозяйственным землеустройством и отражаемая в рабочих проектах.

Рекультивация земель представляет комплекс инженерно-технических, мелиоративных, агротехнических и других мероприятий, выполняемых для восстановления продуктивных сельскохозяйственных угодий на нарушенных землях, а также использования их для посадки древесной растительности, строительства водоемов, объектов отдыха, спорта, санитории, улучшающих условия окружающей среды.

Объектами рекультивации являются выемки *карьеров*, выработки торфа, деформированные поверхности шахтных участков, площадок ликвидированных предприятий, *отвалы* вскрышных пород из шахт и карьеров, золы электростанций, шлака металлургических заводов, резервы и кавальеры вдоль построенных каналов, дорог, трубопроводов и др.

Наряду с рекультивацией нарушенных земель, явившихся результатом добычи полезных ископаемых открытым способом, возникла необходимость в рекультивации земель, нарушенных подземными выработками (например, в Тульской области), вызвавшими образования грядового рельефа, трещин и разрывов земной поверхности, затрудняющими обработку полей. На таких землях резко возросли расходы на холостые повороты и горючее, увеличилась амортизация сельскохозяйственной техники, оказалось невозможным применение контурного земледелия и возникла необходимость в планировке поверхности с равномерным распределением плодородного слоя.

Рекультивацию нарушенных земель обычно разделяют на техническую и биологическую.

Техническая рекультивация состоит в планировке поверхности, выполаживании склонов, нанесении почвенного слоя или потенциально плодородно плодородной породы на спланированную поверхность, химической мелиорации грунта, строительстве дорог, мелиоративных, гидротехнических сооружений и др.

Биологическая рекультивация представляет комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий.

Рекультивация сельскохозяйственного направления состоит в создании пашни, сенокосов, пастбищ, садов, огородов с предварительным возделыванием трав, улучшающих плодородие почвы, и запахиванием зеленой массы их в качестве удобрений.

Наиболее трудоемкими являются работы по развалованию отвалов вскрышных пород, засыпке котлованов, выполаживанию откосов до необходимой устойчивости, формированию корнеобитаемого слоя, устройству отводов поверхностного стока, дорог, подъездов, съездов и др.

Рабочий проект рекультивации нарушенных земель сельскохозяйственного направления составляют на планах топографических съемок преимущественно масштабов 1:1000 и 1:2000, выполняемых стереофотограмметрическим или комбинированным методом аэрофотосъемки, методами наземной стереофотограмметрической (фототеодолитной), тахеометрической или мензульной съемок в зависимости от размеров объектов рекультивации, которые занимают площади от десятых долей гектара до десятков квадратных километров и отличаются глубиной (высотой) от нескольких метров до нескольких сотен метров. Съемку крупных объектов выполняют аэрометодами, мелких – наземными мето-

дами, высоту сечения рельефа обычно принимают 0,5 и 1 м, при этом в практике топографо-геодезических изысканий, нередко случаи, когда для объекта более 40 га выполняют съемки в масштабе 1:5000, а до 2 га – в масштабе 1:500.

При составлении проекта рекультивации сельскохозяйственного направления наносят на план контуры развалования отвалов и засыпки котлованов, выколаживания откосов на основании расчетов глубины срезок и высоты насыпей, подписывая высоты отдельных точек проектной поверхности и обозначая ее проектными горизонталями. Вычисляют объемы земляных работ, указывают стрелками или описывают транспортировку земляных масс с места срезок на места насыпей, определяют на проектном плане места линейных объектов – отводов поверхностного стока, дорог и др.

Перенесение проекта в натуру состоит в определении положения и закреплении на местности колышками точек контуров срезок и насыпей и линейных объектов, отображенных на разбивочном чертеже соответствующими условными знаками.

Если проектирование выполнялось на аэрофотоматериалах, то проектные контуры переносят на аэрофотоснимки и положение точек контуров и объектов определяют промерами относительно ближайших точек ситуации, опознаваемых на местности.

Перенесение проекта в натуру с штриховых проектных планов производится методом промеров или полярным методом относительно пунктов геодезического съемочного обоснования либо точек контуров ситуации.

Если проектирование выполнялось на планшете мензульной съемки, то и переносить проект в натуру наиболее целесообразно при помощи мензульного комплекта.

Контроль за работой землеройных машин, выполняющих планировку проектных поверхностей без автоматических средств, например, без применения лазерных систем, целесообразно производить тригонометрическим нивелированием, относительно реперов высотного обоснования, построенного перед съемкой нарушенных земель, или вспомогательных точек, располагающихся вблизи участков земляных работ, причем высоты этих точек определять тоже тригонометрическим нивелированием, относительно реперов высотного обоснования с контролем, не менее, чем по двум реперам или по одному реперу, но визированием на две высоты знака, стоящего на репере.

Контрольные вопросы

1. В каких масштабах и с какими высотами сечения рельефа применяют топографические планы для осуществления противоэрозионной системы мероприятий и рекультивации земель?

2. Какие геометрические требования предъявляют к проектированию участков в условиях контурного земледелия и какими геодезическими измерениями обеспечиваются эти требования?

3. Каковы особенности проектирования и перенесения в натуру лесных защитных, водозадерживающих и водорегулирующих полос?

4. В каких масштабах и с какими высотами сечения рельефа применяют топографические планы для проектирования противоэрозионных гидротехнических сооружений?

5. Какие геометрические требования предъявляют к проектированию и перенесению в натуру проектов террасирования склоновых земель?

Глава 5. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПРИ ПЛАНИРОВКЕ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

5.1. Особенности проектирования при планировке сельских населенных мест

Топографо-геодезические работы, выполняемые на территориях поселков и сельских населенных мест состоят в:

- производстве крупномасштабных съемок 1:500-1:5000;
- составлении топографической основы в виде планов, карт и профилей для разработки проектов планировки и застройки (реконструкции, расширения) поселков и сельских населенных мест.

Основной метод составления планов – аэрофотосъемка. Наземные методы применяются, как правило, при съемках в масштабах 1:500 и 1:1000, а при нецелесообразности использования аэрофотосъемки и в масштабах 1:2000 и 1:5000. В случаях, когда требуется меньшая графическая точность плана, чем это предусмотрено для планов масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000 и 1:5000, то «планы» этих масштабов могут быть получены путем увеличения соответственно планов масштабов 1:1000, 1:2000, 1:5000 и 1:10000. На увеличенных планах указывается метод их создания и точность, с какой выполнены съемочные работы.

Масштабы топографических планов зависят от требований к точности проектно-изыскательских работ, стадий проектирования, плотности контуров ситуации на местности. Выбор высоты сечения рельефа зависит от точности предстоящей планировки территории, уклонов местности (см. работу Неумывакин Ю.К. Обоснование точности топографических съемок для проектирования. – М., Недра, 1976).

Основой для разработки генеральных планов населенных мест, составления проектов территориального и внутрихозяйственного землеустройства, лесоустройства, выбора и отвода в установленном порядке для различных нужд земельных участков, выбора трасс служит проект районной планировки. Он состоит из графических (проектный план – основной чертеж в масштабе 1:25000-1:100000) и текстовых материалов. Проект районной планировки определяет размещение и объем жилищного, культурно-бытового, производственного, мелиоративного строительства и др.

Для планировки и застройки сельских населенных мест, создающих благоприятные жизненные условия людям, наиболее пригодны территории с рельефом, имеющим уклоны 0,5-5%.

В процессе инженерно-геодезических изысканий подготавливается *генеральный план* – крупномасштабный топографический план поселка, сельского населенного места, на котором изображают весь комплекс

наземных, воздушных и подземных сооружений на расчетный срок, равный 20 годам, в соответствии с проектом районной планировки. Для поселков и сельских населенных мест генеральные планы разрабатываются, как правило, совмещенными с проектами *детальной планировки*, при которой на план наносят проектируемые красные линии участков жилой и общественной застройки, зеленых насаждений, приусадебные и приквартирные участки, хозяйственные постройки личного подсобного хозяйства, хозяйственные проезды, скотопогоны. Таким образом, составление проектов планировки сельских населенных мест состоит в размещении на проектном плане различных объектов, как-то: жилой, производственной и других зон, а в пределах этих зон – кварталов и участков, общественных зданий, производственных построек, улиц, площадей в соответствии с экономическими, санитарно-гигиеническими, архитектурными и техническими требованиями и с учетом природных условий. Каждый объект на проектном плане ограничивается прямыми линиями, параллельными или пересекающимися под заданными углами, а также кривыми линиями определенных радиусов. Например, улицы должны иметь на всем протяжении одну ширину, установленную техническими требованиями, жилые кварталы в сельских населенных местах и производственных центрах сельскохозяйственных предприятий должны иметь размеры, строго обусловленные формой, площадями и размерами входящих в них участков. Следовательно, все объекты планировки связаны между собой геометрическими и числовыми зависимостями, и изменение в построении и размещении одного объекта вызывает изменение проекта в целом или в значительной его части, что является отличительной особенностью проектов планировки от других проектов и, в частности, от проектов землеустройства.

Методы проектирования объектов планировки и проектирования севооборотных массивов, полей и участков при составлении проектов землеустройства имеют сходство и различие. Сходство состоит в том, что проектирование и тех и других производится по принципу от общего к частному. Сначала размещают крупные массивы, зоны, затем внутри их – мелкие участки, поля, кварталы, при проектировании руководствуются как экономическими, техническими, так и геометрическими условиями – параллельность противоположных сторон проектируемых объектов, взаимная перпендикулярность линий, соотношение длинных сторон с короткими. Отличие состоит в том, что при проектировании полей руководствуются заданными площадями и направлениями линий (углами), а при проектировании объектов планировки руководствуются направлениями линий, площадями участков, линейными размерами их и правилами архитектурно-планировочной композиции.

При составлении проектов планировки применяют главным образом

графический и графоаналитический методы, когда на проектных линиях, проведенных на плане под заданным направлением, откладывают отрезки вполне определенных проектных размеров.

Для размещения отдельных объектов с заданной площадью, например, при проектировании жилого квартала и усадебных участков внутри него, нередко применяют графический метод.

5.2. Проектирование поверхностей и вычисление объемов земляных масс

Для планировки горизонтальной площадки (вертикальной планировки) нивелируют поверхность по квадратам со сторонами 5-20 м в зависимости от сложности рельефа, затем определяют среднее значение из отметок всех вершин квадратов

$$H_{\text{ср}} = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n}$$

т.е. получают отметку проектной площадки, после чего вычисляют рабочие отметки

$$h_1 = H_{\text{ср}} - H_1, \quad h_2 = H_{\text{ср}} - H_2, \quad \dots, \quad h_n = H_{\text{ср}} - H_n,$$

указывающие высоту насыпи, если рабочая отметка положительная, и глубину выемки, если рабочая отметка отрицательная. На проектном плане через точки, имеющие рабочие отметки, равные нулю, проводят границу насыпей и выемок – *линию нулевых работ*.

Одним из основных условий проектирования вертикальной планировки является обеспечение минимума и баланса объемов земляных масс, т.е. равенство объемов насыпей и выемок. Для подсчета объемов земляных масс применяют различные приближенные формулы. Например, наиболее простыми при планировке горизонтальной площадки будут формулы:

$$V_n = P_1 \frac{\sum(+h)}{n_1}, \quad V_B = P_2 \frac{\sum(-h)}{n_2},$$

в которых P_1 и P_2 – площади, занятые соответственно насыпями и выемками;

$\sum(+h)$ и $\sum(-h)$ – суммы соответственно положительных и отрицательных рабочих отметок;

n_1 и n_2 – количество этих отметок, включая нулевые.

В результате вычисления объемов по этим формулам обычно получается $V_N = V_B$, окончательно объем земляных работ вычисляют по формуле:

$$V = (V_n + V_B) / 2$$

Более сложными расчетами сопровождается проектирование наклонных площадок. При этом сначала вычисляют проектные отметки вершин квадратов, изменяющиеся пропорционально расстояниям и направлениям проектного уклона, после чего вычисляют рабочие отметки, а затем объемы земляных работ.

Еще более сложно решается задача по проектированию вертикальной планировки, если наряду с условиями минимума и баланса объемов земляных масс ставится условие минимальной дальности перемещения грунта. В этом случае строгость решения задачи обеспечивается применением современных вычислительных средств ЭВМ на основе математического программирования и моделирования земной поверхности.

5.3. Способы подготовки исходных данных для перенесения проекта в натуру

Рассмотрим подготовку аналитическим и графическим способами исходных данных для перенесения в натуру проектных точек a и b линейного сооружения от ближайших пунктов A и B геодезической сети (рис. 19). Подготовка исходных данных в этом случае заключается в определении направления на проектную точку a с пункта геодезической сети B и расстояния между ними, которые характеризуют их взаимное положение.

При *аналитической* подготовке исходных данных по проектному плану графическими измерениями определяют координаты проектной точки a .

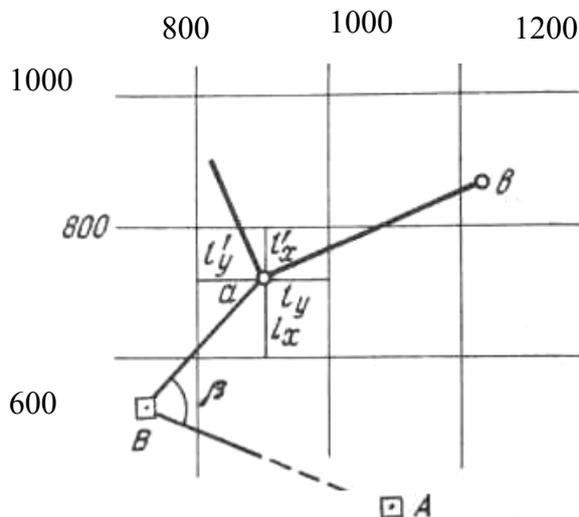


Рис. 19. Схема перенесения в натуру проектов точек a и b

Чтобы ослабить влияние погрешностей графических измерений при определении отрезков l_x , l_y и исключить влияние деформации проектного

плана, измеряют и дополнения сторон квадратов l_x, l_y , тогда окончательное значение координат точки a получится по формулам:

$$X_a = 600 + L / (l_x + l_x') l_x, \quad Y_a = 600 + L / (l_y + l_y') l_y$$

где L – теоретическая длина стороны квадрата сетки.

По графическим координатам проектной точки a и аналитическим координатам пункта B геодезической сети, взятым из каталога координат, решая обратную геодезическую задачу, вычисляют дирекционный угол α_{Ba} и длину линии Ba . По известному значению дирекционного угла линии BA (либо вычисленному по аналитическим координатам пунктов A и B геодезической сети) и вычисленному значению α_{Ba} определяют угол:

$$\beta = \alpha_{BA} - \alpha_{Ba}$$

Для приближенного контроля вычисленные значения угла и линии сравнивают с соответствующими величинами, измеренными при помощи измерителя и геодезического транспортира на проектном плане.

При аналитическом способе подготовки углы вычисляют с точностью до $0,1'$, а линии – до $0,01$ м. Такая работа требует больших затрат времени и ее целесообразно проводить, когда необходимо получить большую точность положения проектных точек на местности, а также, когда на территории работ сохранилось мало пунктов геодезической сети и проектные точки удалены от них на значительные расстояния. В этом случае для перенесения проекта в натуру намечают *проектный теодолитный ход*. Процесс подготовки исходных данных аналогичен предыдущему, так как последовательно определяют углы и линии для примыкающих друг к другу направлений, образующих этот ход.

Если на территории участка работ количество пунктов геодезической сети достаточно и расстояния до проектных точек не превышают допустимых расстояний до реечных точек при съемке ситуации в масштабе проектного плана, то исходные данные (линии, углы) могут быть получены *графическим способом*. Применение графического способа подготовки данных может быть оправдано также при отсутствии или утрате пунктов геодезической сети на участке работ и когда как вынужденная мера, в качестве геодезической опоры используются четкие контурные точки для перенесения проекта в натуру.

При графическом способе подготовки данных выполняют следующее:

1) контрольными измерениями на проектном плане определяют (уточняют) положение пунктов геодезической опоры. Если в качестве опорных при перенесении проекта в натуру используются четкие контурные точки, то необходима уверенность в их правильном изображении на плане и опознавании на местности. В целях контроля сравнивают расстояния, измеренные между этими точками на местности и на плане. Если

результаты измерений отличаются более, чем на величину предельной погрешности положения контурной точки на плане (1 мм), то точки не могут быть использованы в качестве опорных;

2) пункты геодезической сети (или четкие контурные точки) соединяются тонкими линиями с проектными точками, чтобы можно было измерить угол транспортиром и линии измерителем;

3) на проектном плане (чертеже) углы измеряют дважды: сначала нулевой диаметр транспортира совмещают с одной стороной угла, а затем – с другой. За окончательное значение принимают среднее значение угла. При измерении линий учитывают деформацию проектного плана.

5.4. Особенности перенесения в натуру проектов планировки сельских населенных мест

Проекты планировки сельских населенных мест в натуру переносят теми же методами, что и проекты землеустройства. Особенность перенесения в натуру проекта планировки состоит в том, что при камеральной подготовке разбивочного чертежа и при полевой работе требуется сохранить параллельность сторон улиц и проездов, форму и размеры жилых и производственных комплексов и обеспечить надежное закрепление проектных точек в натуре. Поэтому перенесение проекта, как и проектирование, производится в строгой последовательности от общего к частному, т.е. сначала переносят *главные точки проекта*, затем вершины участков микрорайонов или кварталов, затем границы более мелких участков в микрорайонах и кварталах, далее места для постройки зданий и, наконец, детали элементов планировки.

Выбор метода перенесения проекта в натуру и порядок работы зависит от наличия пунктов геодезической сети и их густоты. Чем гуще расположены пункты геодезической сети, тем проще и быстрее можно перенести проект в натуру. При этом могут быть применены способы: полярный, перпендикулярный, промеров по створу, линейных и угловых засечек, проектного теодолитного хода.

Положение проектной точки N *полярным способом* (рис. 20) определяется относительно исходных точек 1, 2 или 3 разбивочной сети по проектным элементам: расстоянию D (s), углам β или β_1 . В зависимости от того, какой из способов, аналитический или графический, был применен при подготовке исходных данных, проектное расстояние и угол определяют либо из решения обратной геодезической задачи, либо графическими измерениями по плану.

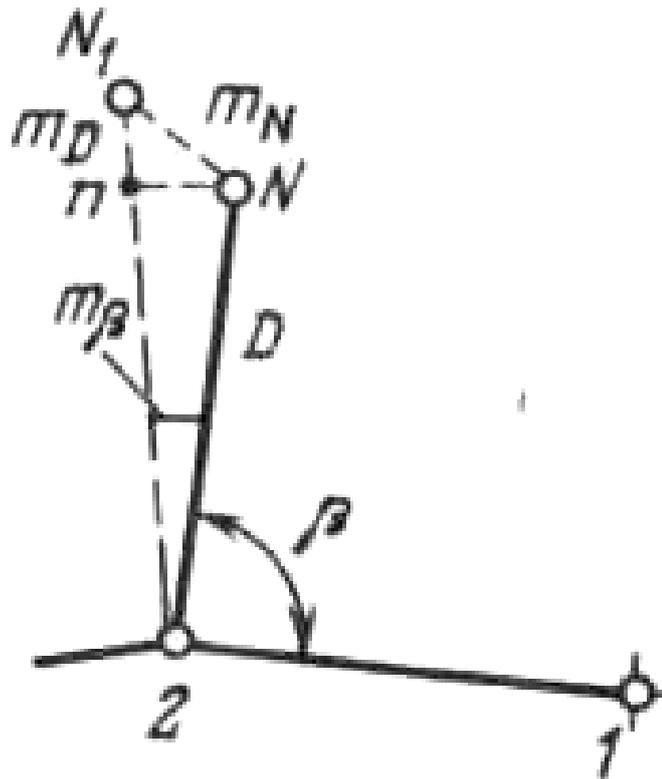


Рис. 20. Определение положения проектной точки полярным способом

Сущность работы заключается в построении на точке 2 проектного угла β или β_1 от исходного направления и отложении проектного расстояния D .

Из-за погрешностей m_D отложения линии D и m_β построения угла β проектная точка N займет положение N_1 (рис. 20). Тогда общая погрешность положения проектной точки N относительно исходной точки 2 будет m_N . С некоторой степенью приближения можно написать, что $Nn = D \sin m\beta - Dm\beta/p$ и тогда: $m_N = \sqrt{m_D^2 + D^2(m\beta/p)^2}$.

Полученная формула может быть использована для подсчета точности угловых и линейных измерений при заданной (назначенной) погрешности положения точки N .

Пример: проектное расстояние $D = 200$ м. Определить средние квадратические погрешности угловых и линейных измерений при условии, что погрешность положения проектной точки N может быть порядка 0,2 м. Примем при этом, что влияние погрешностей линейных и угловых измерений на погрешность положения точки N будет одинаковой, т.е. $m_D = Dm\beta/p = m$. Тогда получим $m_n = \sqrt{2m^2}$, откуда $m = mn/\sqrt{2}$. Следовательно, относительная погрешность измерения линии D должна быть не более: $Md/D = 0,14/200 = 1/1400$, а погрешность угловых измерений – не более $M\beta = mDP/D = 0,14 \times 3438^2/200 = 2,4'$

Полученные величины погрешностей угловых и линейных измерений помогут выбрать соответствующую технологию геодезических измерений и геодезические приборы необходимой точности.

Учесть влияние погрешности положения исходного пункта 2 (m_2) можно, используя формулу:

$$m^2 n = m^2 2 + m^2 d + D^2 (m^\beta / p)^2.$$

При отсутствии вблизи места выноса в натуру пунктов геодезической сети возникает необходимость использовать в качестве исходных (опорных) четкие контурные точки, тогда проектное расстояние и угол могут быть определены по плану.

Перенесение в натуру нескольких проектных точек *различными способами* иллюстрировано рис. 21, на котором изображена часть проекта планировки населенного места. *Главными* точками в этой части проекта, являются a, b, c, d . Пунктами геодезической сети являются точки A, B, C, L, E, F . Для получения положения главных точек проекта на местности может быть применено много вариантов. Каждая из точек a, b, c, d может быть получена на местности *полярным способом* соответственно от пунктов A, B (или C), E и F . Для того, чтобы получить на местности положение точки I , определяют по плану расстояние Aa с учетом деформации бумаги и измеряют транспортиром примычный угол αAa , а для контроля построения – и примычный угол aAD . Результаты определения углов будет более точный, если измерить на плане координаты точки a и решить обратную геодезическую задачу. Если теперь положения главных точек a и b будут получены на местности, то расстояние ab должно быть равно:

$$ab = 15h + l,$$

где h – ширина усадебного участка (см. рис. 21);

l – ширина проезда.

Однако погрешности определения расстояния и углов по плану могут нарушить указанное равенство на предельную величину $A=1(\text{мм}) \times M$, где M – знаменатель численного масштаба плана.

Поэтому нужно точку a или b , а лучше и a , и b передвинуть в створе линии ab так, чтобы удовлетворялось равенство. Значение линии ab можно проконтролировать, камерально вычислив его по координатам точек a и b , определенным по плану. После этого определяют поправки в координаты этих точек по дирекционному углу (ab) и величинам сдвигов, а затем вычисляют расстояния и дирекционные углы отрезков Aa и Bb , решив обратные геодезические задачи.

Положение точек a и b на местности можно найти по *створным точкам* a' и $У$ на линиях AD и BC . Отрезки Aa', da, Bb' и $b'b$ определяют по плану, а перпендикуляры da и $b'b$ на местности строят при помощи экера или теодолита. После получения точек a и b на местности их положение исправляют.

Аналогично получают на местности положения главных точек $c a d$, при этом значение линии cd можно получить в зависимости от ab по формуле:

$$cd = ab / \sin \alpha,$$

в которой значение угла α можно определить транспортиром по плану.

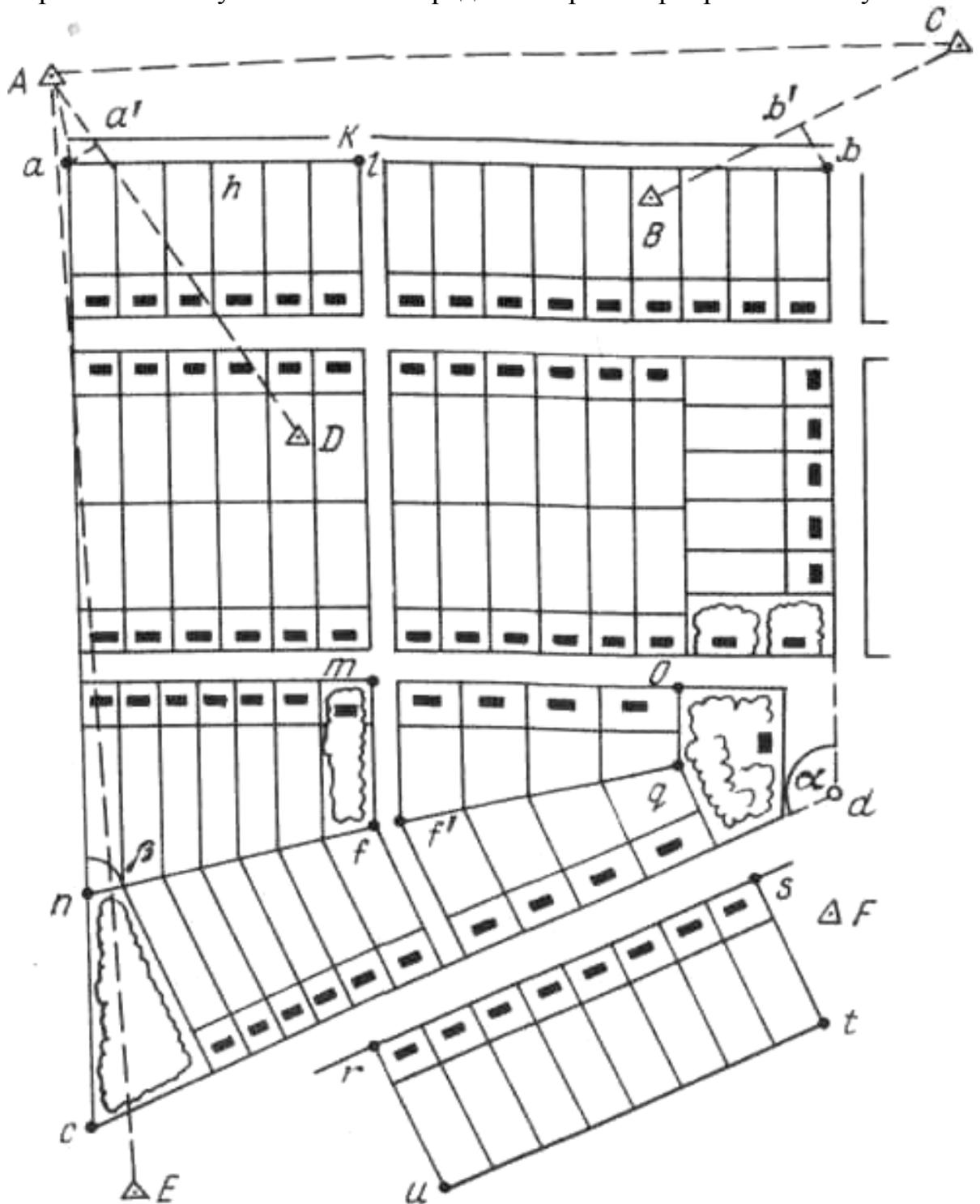


Рис 21. Фрагмент проекта планировки населенного пункта

При определении положения точек a, b, c, d относительно пунктов A, B, E, F стороны ab и ac , ab и bd могут оказаться взаимно не перпендикулярными на величину, выражающуюся формулой в которой m – погрешность определения положения точки на плане. Чтобы обеспечить взаимную параллельность и перпендикулярность друг к другу линий проекта, две наиболее удаленные одна от другой главные точки (в нашем случае a и c) переносят в натуру, как указано выше. Затем в точке a строят угол 90° , отмеряют линию ab , после чего в точке b строят угол 90° и отмеряют линию bd . Контролем перенесения в натуру точек c и d служит измерение на местности линии.

При таком способе перенесения проекта отдельные элементы его должны быть между собой геометрически связаны, т.е. соблюдаться равенство:

$$ac = bd - ab \operatorname{ctg} \alpha \text{ или } bd = ac + ab \operatorname{ctg} \alpha.$$

При перенесении проекта в натуру к значениям проектных линий прибавляют поправки за наклон, если угол наклона местности превышает $1,5^\circ$.

Всю работу по подготовке к перенесению проекта в натуру можно также проделать следующим образом: определить по плану координаты точек a и b и вычислить по ним направление линий ab . По планировочным данным вычислить длины линий ac, ab и затем по прямым углам в точках a и b и по указанным линии относительно графических координат точки a вычислить координаты точек b, c и d . По разностям координат этих точек и имеющихся пунктов геодезической сети можно вычислить примычные углы и линии для перенесения проекта в натуру.

После получения на местности главных точек проекта *методом промеров* определяют положение вершин кварталов.

Положение точки f получают, провешивая вершины кварталов k и m отмеривая расстояние kf .

Положение точки q определяют по перпендикуляру, восставленному из точки o . Контролем служит то, что точки n, f и q должны лежать в одном створе. Для этого сначала следует на местности получить положение точек n и q , а затем в пересечении створов линий km и nq – положение точки f . Следует и в этом квартале связать геометрически элементы проекта nf, ff' и другие посредством формул:

$$nf = ak / \sin \beta, ff' = l / \sin \beta \text{ и др.}$$

Положение вершин квартала определяют на местности относительно линии cd , согласно проектным размерам и форме квартала.

При отсутствии какой-либо закрепленной на местности точки геодезической сети главные точки проекта a и b (рис. 22) получают, опираясь на углы существующих построек A и B , относительно которых сначала

получают точки a' и b' , а затем по перпендикулярным к линии $a'b'$ – положение искомым точек a и b .

Нередко перед перенесением проекта в натуру на местности строят *строительную сетку*, относительно которой переносят проект в натуру.



Рис.22. Схема привязки к углам существующих зданий

Перед *возведением строения* определяют на местности положение его элементов согласно составленному проекту. Геодезическую работу, проводимую при этом, называют *разбивкой* (строительной). Разбивку строения начинают с определения положения на местности его осей и относительно линии квартала, дороги, канала и пр.

Показана линия qq , являющаяся границей квартала или линией строительной сетки. На ней находят точку x , восставляют из нее перпендикуляр xx' , представляющий ось строения, отмеряют на нем расстояние $x_o = 12+44+6 = 62$ м. В полученной точке o при помощи теодолита восставляют к оси xx' перпендикуляр yy' , являющийся второй осью строения. Положение осей xx' и yy' закрепляют т.е. весь период строительства знаками a, b, c, d , устанавливаемыми пределами будущего строения. В верхние торцы знаков вбивают гвоздики или делают крестообразные насечки, более точно отмечающие положения указанных осей. В точках a и b восставляют в обе стороны перпендикуляры к оси xx' , отмеряют на нем по 24 м и устанавливают знаки в точках e, f, k, m с гвоздиками или насечками в торцах. В точках A и B вбивают кольца с гвоздиками и при помощи теодолита поверяют в них перпендикулярность осей ek и fm к оси yy' , а следовательно и параллельность этих осей.

После разбивки осей на расстоянии 2-3 м от будущих стен строения ставят *обноску* (рис. 23,а), т.е. ставят столбы, а к ним прибивают доски (рис. 23, б). Верхние ребра этих досок должны быть горизонтальны и параллельны будущим стенам. На верхних ребрах досок гвоздями и зарубками отмечают продолжения внутренних и наружных стен будущего строения, края фундамента, котлована для фундамента и др. Во время рытья котлована и закладки стен между гвоздями (зарубками) на обноске натягивают шнур или проволоку.

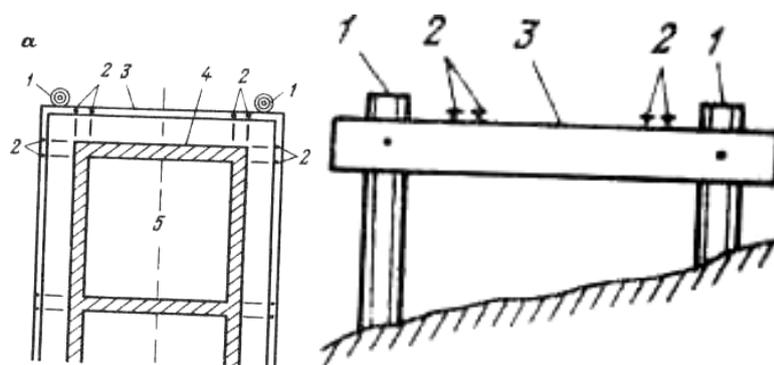


Рис. 23. Элементы обноски:

1 – столб; 2 – гвоздь; 3 – доска; 4 – стена строения, 5 – ось строения

Элементы строения, имеющие круглые очертания, выносят на местность относительно центра круга, положение которого определяют при разбивке. Около этого центра при помощи проволоки по заданной длине радиуса находят положение элементов строения.

5.5. Передача отметки на дно котлована

Цель передачи отметки на дно котлована состоит в определении отметки репера, установленного на дне вырытого котлована, для сравнения ее с проектной отметкой. Если котлован неглубокий или откосы котлована пологие, то работу можно выполнить обычным способом геометрического нивелирования из середины с одной или нескольких станций. Если котлован глубокий и откосы крутые, то работу выполняют при помощи двух нивелиров с рейками и металлической рулетки.

Рулетку укрепляют на кронштейне началом счета (нулевым индексом) вверх, внизу ее подвешивают груз, соответствующий натяжению при компарировании рулетки, и помещают его в ведро с жидкостью. Нивелиры устанавливают так, чтобы обеспечить равенство плеч. Отсчеты по рулетке n_1 и n_2 производят одновременно берут отсчеты по рейкам a и b , которые стоят в точках A и B . Если известна отметка точки A (H_A), то отметка дна котлована H_B как это следует, будет находиться по формуле:

$$H_B = H_A + a - (n_2 - n_1) - b.$$

Аналогичным способом может быть передана отметка на другие горизонты сооружения.

Контрольные вопросы

1. Каковы особенности проектирования участков при планировке сельских населенных мест?
2. По каким топографическим материалам и по каким формулам производится проектирование поверхностей и вычисление объемов земляных масс?
3. Каковы особенности перенесения в натуру проектов планировки сельских и их ленных мест?

Глава 6. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ

6.1. Сведения о мелиоративных системах и содержание топографо-геодезических работ

Современное мелиоративное строительство тесно связано с множеством технических, природных, экономических и социальных факторов. Оно не только улучшает условия организации сельскохозяйственного производства и создает условия для повышения производительности сельскохозяйственных машин, но и способствует социальному преобразованию села.

При землеустройстве комплексно решаются задачи по проектированию полей и участков, по мелиорации, планировке сельских населенных пунктов, дорожному строительству и др.

Объектами мелиоративного и водохозяйственного строительства являются массивы орошаемых и осушаемых земель, водоемы, основные магистральные каналы, коллекторы и другие сооружения. Расположение массивов мелиорируемых земель, их конфигурация и границы увязываются с угодьями прилегающих территорий и их инженерным оборудованием. На территории массивов, предназначенных к орошению или осушению, проектирование сети каналов и других элементов подчиняется техническим нормам и правилам, которые применяют при мелиорации земель.

Мелиоративные мероприятия подразделяются на гидромелиоративные, которые связаны с отводом воды (осушение, обвалование) или подачей воды (орошение, водоснабжение), и на агромелиоративные, выполняемые для усиления водопроницаемости, влагоемкости пахотного слоя и улучшения условий для поверхностного стока воды.

Землеустройство наряду с другими вопросами решает и задачи расположения оросительной и осушительной сети.

Составными элементами оросительной сети являются: орошаемый участок земли, источник орошения (река, водохранилище), оросительная сеть (регулирующая, проводящая, сборная), гидротехнические сооружения и эксплуатационные устройства.

Проектирование по хозяйствам ведут на планах масштаба 1:10000, а обзорный проектный план составляют в более мелком масштабе. В результате составления комплексного проекта согласовываются: площади командования каналов с территориями землепользования, массивов угодий, расположение каналов оросительной и водоотводной сети с границами и площадями полей севооборотов, трассами дорожной сети.

Для обеспечения водозабора дождевальными системами из рек и речек строят искусственные водоемы, основными элементами строительства которых являются земляные плотины и водоспуски.

При орошении водозабор может быть самотечным или механическим (насосной станцией). По конструкции оросительная сеть бывает открытой, закрытой и комбинированной.

В *открытой самотечной оросительной системе* (рис. 24) проводящая сеть состоит из магистрального канала, межхозяйственных, хозяйственных, внутрихозяйственных распределителей различных порядков. Применение самотечного полива оптимально при уклонах от 0,002 до 0,01, в особых случаях до 0,02. Дальнейшее увеличение уклона вызывает эрозию почв.

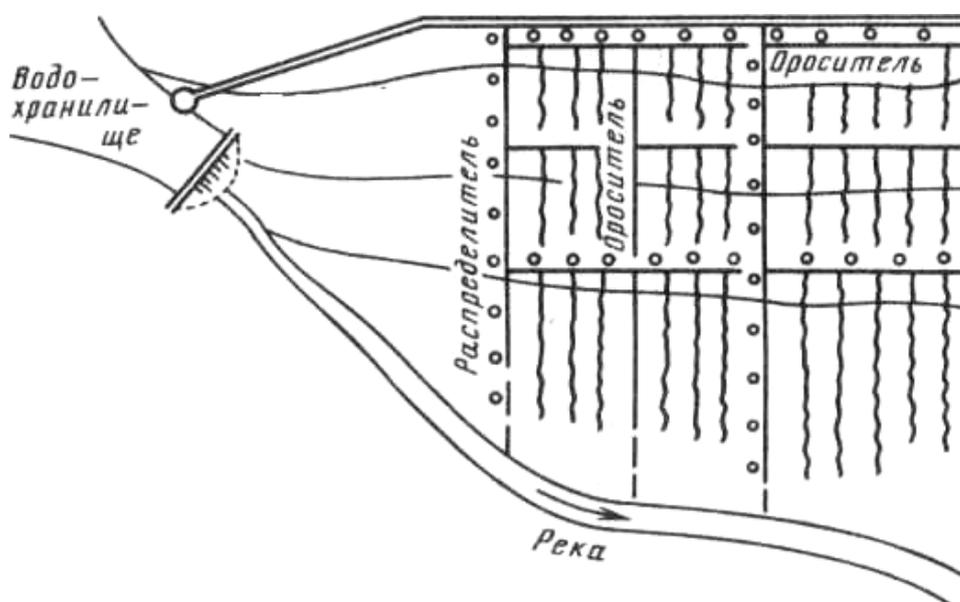


Рис. 24. Схема оросительной системы

Трассы каналов проектируют по границам хозяйств, севооборотных массивов, полей, чтобы сохранить целостность орошаемой площади. При этом магистральный канал проектируют по возможности прямолинейным, с наименьшим уклоном, по водораздельным точкам территории, чтобы обеспечить обслуживание возможно большей площади орошения. Высота уровня зеркала воды в канале старшего рядка проектируется на 5-10 см больше, чем в канале младшего порядка.

Для распределения воды по полям, поливным участкам в пределах границ размещают регулирующую сеть, которая состоит из временных оросителей, выводных и поливных борозд. Временные оросители нарезают внутри поливных участков на расстояниях от 50 до 200 м один от другого параллельно границам полей севооборотов и поливных участков.

В последние годы все более широкое распространение получают

закрытые оросительные системы с поливным дождеванием. Орошение дождеванием допустимо на местности с уклоном до 0,05. Внутрихозяйственная оросительная сеть состоит из распределительных поливных трубопроводов, в которых необходимый напор воды создается уклоном местности или насосом.

Общим требованием к размещению постоянных каналов на орошаемой территории является создание условий не только для полива, но и для применения машинно-тракторных агрегатов при полевых работах, а это означает, что участки должны быть в виде прямоугольников со сторонами до 200 и 600 м или прямоугольных трапеций с шириной или длиной поля, кратной ширине захвата дождевальной машины.

Проектные уклоны трубопроводов закрытой оросительной сети назначают, исходя из оптимальных условий их эксплуатации. Поэтому для обеспечения слива воды в коллекторно-дренажную сеть сбросные трубопроводы проектируют с уклоном не менее 0,005.

Строительство оросительной сети при резко выраженном и сложном микрорельефе усложняется и удорожается из-за увеличения объема планировочных работ. Поэтому орошаемые массивы размещают в первую очередь на местности с небольшими равномерными уклонами.

В зависимости от топографических условий местности, характера грунта устраивают *лотковую оросительную систему*. Бетонные или железобетонные лотки длиной 2-8 м укладывают на подготовленный грунт или опоры. При строительстве лотков-каналов на свайных или стоечных опорах положение каждой из них в пространстве контролируется геодезическими методами.

В районах орошения проектируют лесные полосы вдоль каналов оросительной и водоотводной сетей, границ землепользования, полей севооборотов, не совмещенных с каналом постоянных дорог. Своей корневой системой лесополосы перехватывают воду, фильтрующуюся через дно и откосы каналов и снижают уровень грунтовых вод на прилегающих к каналам участках. Лесополосы вдоль каналов с южной стороны, юго-западной и юго-восточной, затеняя русло канала, уменьшают приток солнечной радиации на затененную поверхность воды, снижают ее испарение и препятствуют зарастанию канала сорняками.

При меридиональном направлении канала (или близком к нему) лесополосы устраивают с западной стороны, по которой происходит наибольший нагрев почвы. Для уменьшения затенения посева в первой половине дня полевыми дорогами размещают между лесополосой и засеянной площадью.

При транспортировании оросительной воды к полям подземными переводами лесополосы и полевые дороги размещают вдоль

трубопроводов, но так, чтобы земля под трубопроводом была свободна от насаждений.

Составными элементами осушительных систем (рис. 25) являются:

- осушаемый земельный массив;
- водоприемник (река, овраг);
- проводящая сеть для отвода собираемых вод, регулирующая сеть каналов;
- дрен для сбора и отвода;
- ограждающая сеть каналов и защитных валов;
- гидротехнические сооружения (перепасы, быстротоки, шлюзы и эксплуатационные сооружения, дороги, скотопрогоны, мосты, трубоперезды).

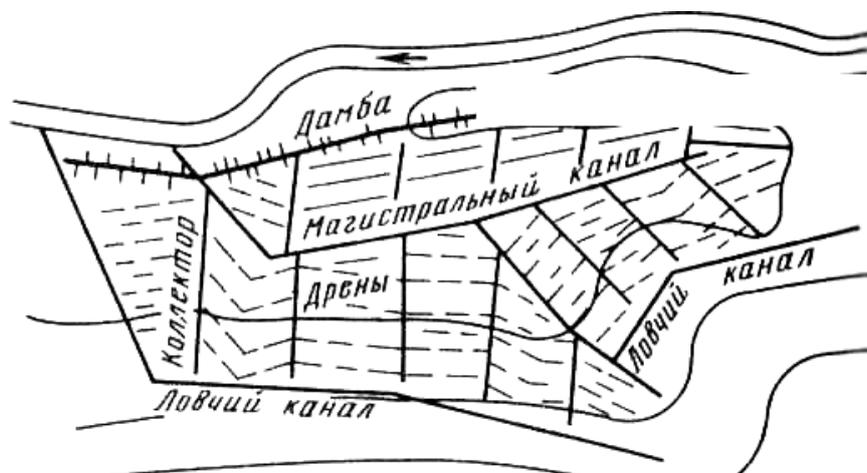


Рис. 25. Схема осушительной системы

Осушительные системы бывают *открытыми* и *закрытыми*. Магистральные каналы различных порядков и коллекторы проводящей сети проектируют таким образом, чтобы поля получались с приемлемой длиной гона для работы машинно-тракторных агрегатов вдоль длинных сторон полей (500-1500 м) и чтобы открытые каналы не делили поля на участки менее 40-50 га. Наибольший экономический эффект дают закрытые осушительные системы, регулирующая сеть которых состоит из дрен-осушителей или закрытых собирателей и служит для удаления избытков воды из корнеобитаемого слоя почвы. Регулирующая сеть, которая располагается с обеих сторон, сбрасывает поступающую в нее воду в проводящую сеть, имеющую коллекторы и каналы различных порядков.

Трассу магистрального канала, предназначенного для транспортирования избытка воды в водоприемники, располагают по самым низким точкам осушаемой территории. Магистральный канал проектируют по возможности прямолинейным с уклоном в пределах 0,0005-0,002. Регулирующую сеть проектируют по данным дополнительных изысканий,

выполненных после планировки поверхности участка. При этом длина коллекторов проектируется не более 600 м, при больших уклонах до 1000 м, а дрен и закрытых собирателей, соответственно – 150 и 200 м.

Схема расположения дрен в плане по отношению к уклону может быть поперечной и продольной. При уклонах более 0,005 рекомендуется поперечная схема, при которой коллекторы располагают по наибольшему уклону. При этом дрены лучше перехватывают воду, а скорость движения воды в коллекторах больше, чем в дренах, что препятствует заиливанию коллекторов. При малых уклонах местности продольное расположение дрен более равномерно регулирует водный режим осушаемого участка.

Оптимальное расстояние между дренами и их глубину определяют, исходя из природных условий и проектируемого хозяйственного пользования осушаемой территории и так, чтобы система устойчиво понижала грунтовые воды до требуемой нормы осушения. Уклоны дрен чаще всего соответствуют уклону поверхности тираемого участка, но если уклон местности менее 0,002, то дренам придают искусственные уклоны путем заглубления устья по сравнению с вершиной.

Трассу коллекторов и дрен на местности разбивают через 20 м, закрепляя пикет и сторожок с соответствующим наименованием, строительству закрытого дренажа приступают только после полной разбивки и высотной увязки всей дренажной системы.

При разработке траншей не допускаются участки с обратным уклоном дна, а длина горизонтальных (безуклонных) участков не должна превышать 5 м. Разработку траншеи экскаватором выполняют с недобором грунта до проектируемых отметок на 5 см, последующая доработка производится вручную. При этом фактические отметки дна траншеи могут отличаться от проектных дрен не более чем на 1,5 см, для коллекторов – 3 см. Контроль выполняют нивелированием дна траншеи через 2-3 м по длине дрены при уклонах меньших 0,004, а при больших уклонах через 5 м. Недопустимые погрешности в уклонах способствуют застою воды и заиливанию дрен, а при укладке труб выше глубины промерзания грунта возможны разрушения труб и выход участков дренажной сети из строя раньше, чем планируется ремонт.

Геодезические работы на мелиорируемой территории предшествуют, сопровождают и завершают процесс мелиоративного строительства и состоят из:

- создания на территории строительства планового и высотного геодезического обоснования (съёмочной геодезической сети);
- производства топографической съёмки;
- нивелирования трассы и поверхности участков для вертикальной планировки;
- составления планов (карт) и профилей;

- съемки водохранилищ, рек и нивелирование их уровней;
- проектирования, трассировки линейных сооружений, разбивки элементов оросительных и осушительных систем;
- осуществления геодезического контроля за строительством сооружений и их состоянием в процессе эксплуатации.

На основании полученного в результате съемки крупномасштабного топографического плана проектируют строительство мелиоративной и гидротехнических сооружений, т.е. размещают на топографической основе оси будущих элементов мелиоративной системы, гидротехнических сооружений, участков заданных размеров с учетом определенных геометрических требований к форме, протяженности и взаимному расположению.

Для обеспечения топографических съемок, трассировок и разбивочных работ при строительстве мелиоративных систем государственную геодезическую сеть дополняют пунктами сетей сгущения и съемочных сетей в соответствии с действующими инструкциями, ведомственными указаниями и нормами.

Пункты геодезической сети при мелиоративном строительстве располагают с учетом наиболее полного их использования при топографической съемке, проектировании, перенесении проектов в натуру, строительстве сооружений и контроле их в процессе эксплуатации.

Геодезическая подготовка, например, к проведению осушительных работ заключается в разбивке на местности отводящей осушительной сети, проверке высот реперов и марок и др. При этом на местности обозначают проектные трассы каналов, закрытых коллекторов с указанием их начала, поворотов и конца. В поле составляют абрисы привязки осей каналов и коллекторов к пунктам геодезической сети или четким контурным точкам ситуации.

6.2. Трассировочные работы

Трассировочные работы заключаются в первую очередь в определении на местности оптимального положения трассы и во вторую очередь – в размещении на ней сооружений. Возможные конкурирующие варианты обычно изучаются на мелкомасштабной топографической основе. Выбор окончательного варианта производится, как правило, после полевого обследования намеченных вариантов.

Строительство осушительных и оросительных каналов включает следующие процессы:

- разбивку осей,
- подготовку трассы,
- подготовку технических данных,
- разработку выемки,

- разравнивание кавальеров,
- крепление дна и откосов.

При трассировании канала определяют положение начала канала, точек углов поворотов, конец канала, намечают площадки для гидротехнических и других сооружений.

При проектировании разных сооружений, как правило, предусматривается камеральное и полевое трассирование.

Камеральное трассирование каналов. На этапе предварительных изысканий его выполняют по имеющимся планово-картографическим материалам. По результатам камерального трассирования канала производят расчеты его габаритов, объема земляных работ по вариантам, уклонов трассы канала, выбирают местоположение и конструкции гидротехнических сооружений. По этим же материалам устанавливаются общие проектные решения и дается технико-экономическое обоснование выбранного варианта трассы.

При камеральном трассировании применяют либо способ попыток, либо построение линий заданного уклона.

Способ попыток заключается в том, что по намеченному на топографическом плане направлению выбирают кратчайшую трассу и составляют по ней профиль местности с проектом красной линии. Затем трассу или часть ее сдвигают вправо или влево до тех пор, пока проектные отметки точек трассы будут близкими высотам точек земной поверхности.

Способ построения на топографическом плане линии заданного уклона сводится к вычислению величины заложения S по заданному углу наклона v или уклону i при известной высоте сечения рельефа h по формуле:

$$S = h \operatorname{ctg} v = h/i.$$

Например, необходимо провести на плане из точки A (рис. 26) линию заданного уклона $i = 0,002$. При $h = 0,5$ м получим $S = 250$ м. Раствором измерителя, соответствующим 250 м, на плане от начальной точки A линейной засечкой получают на соседней горизонтали точку 1, затем другой ножкой измерителя засекают на следующей горизонтали точку 2 и т.д. Линия AB , соединяющая точки уколов измерителя, имеет один и тот же заданный уклон. Незначительные повороты проектной линии спрямляют.

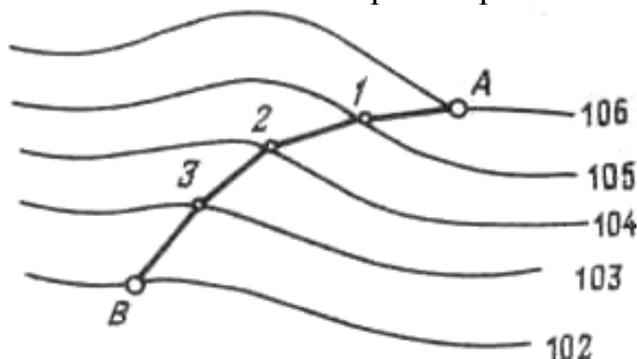


Рис. 26. Схема построения линии с заданным уклоном

В камеральных условиях по материалам камерального трассирования составляют схему расположения трассы с указанием пикетажа, направления прямых участков, подготавливают исходные данные для перенесения на местность вершин углов поворота, схему пунктов геодезической сети и др.

При наличии аэроснимков местности линию заданного уклона можно трассировать по стереомоделям при помощи фотограмметрических приборов. Для стереотрассирования имеются также специальные приборы – профилографы. Имея цифровую модель полосы местности по трассе сооружения, на ЭВМ по специальной программе производят подсчет объема работ, а из сравнения вариантов трассы выбирают оптимальный и получают исходные данные для разбивки трассы на местности. Математические методы обработки на ЭВМ могут предусматривать различные критерии оптимальности: минимальное время строительства, минимальные затраты, максимальную эксплуатационную надежность и др.

Полевое трассирование каналов. Перенесение трассы канала в натуру по заданному направлению заключается в определении на местности положения начала трассы, вершин углов поворота и конца трассы в соответствии с техническим проектом. При этом за начало счета пикетов ПК 0 на оросительных каналах принимается место водозабора, на осушительных – водоприемник. Пикетаж по трассе разбивается через 50 или 100 м стальной лентой, 50-метровой рулеткой или тросиком с относительной погрешностью не более 1:1000.

Положение каждого пикета на местности закрепляют кольшком со сторожкой, а плюсовых (характерных точек рельефа и контуров ситуации) – сторожкой. Также отмечают устья и истоки каналов следующих младших порядков, места установки трубчатых переездов.

На местности положение оси трассы закрепляют знаками (столбами, трубами или уголковым железом), при этом на прямолинейных участках знаки устанавливают в пределах прямой видимости через 400-500 м с указанием на них пикетажного обозначения. Вершины углов поворота трассы закрепляют двумя знаками, устанавливаемым на продолжениях тангенсов, на биссектрисе или створами (рис. 27) с указанием на знаках номера угла поворота, пикетажного обозначено вершины угла и расстояния от знака до угла. Знаки для сохранности устанавливают за пределами полосы разработки на расстоянии 0,5-1 м от будущей бровки канала.

В зависимости от топографических условий местности и наличия мерных приборов расстояния между вершинами углов поворота измеряют стальной лентой, 50-метровой рулеткой, оптическими или электронными дальномерами со средней квадратической относительной погрешностью 1:1000-1:2000. Вдоль трассы канала через 5-7 км устанавливают грунтовые

реперы, через 3 км – дополнительные строительные реперы, а на трассах каналов осушительной системы через 1 км – временные реперы. Кроме этого на створах сооружений устанавливают реперы независимо от расстояния до ближайшего репера и трассе канала. Для контроля за строительными работами устанавливают через 500 м еще выносные столбы рядом с осью трассы.

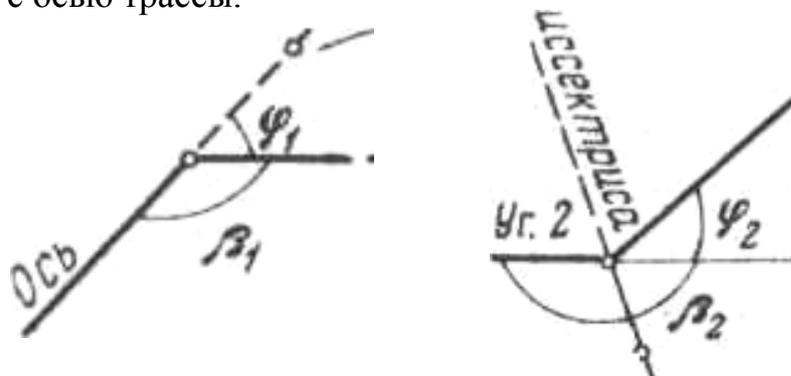


Рис. 27. Схема закрепления углов поворота

Реперы устанавливают на нераспахиваемых землях, обочинах дорог, минеральных островках на болотах, где обеспечивается сохранность их на длительный период.

При разбивке пикетажа по трассе на углах поворота учитывается длина кривой, радиус которой приводится в техническом задании. Для разбивки кривой в главных точках (начало, середина и конца кривой) по измеренному углу поворота трассы φ и радиусу кривой R вычисляют элементы кривой – тангенс (T), длину кривой (K) биссектрису (B), домер (D) по формулам:

$$D = 2T - K;$$

$$T = R \operatorname{tg} \varphi / 2;$$

$$K = \pi R \varphi / 180^\circ;$$

$$B = R(\sec \varphi / 2 - 1),$$

либо выбирают их из специальных таблиц. Полученные значения записывают в пикетажном журнале около соответствующего угла. Положение главных точек на местности закрепляют.

Для получения характеристик поперечных уклонов местности разбивают поперечные профили, чаще перпендикулярно к оси трассы.

Полевое трассирование каналов по заданному уклону заключается том, что от начальной точки ПК0, плановое положение которой определено, при помощи нивелира определяют высотное положение ряда точек, соответствующее проектным высотам трассы канала. Проектную высоту ПК 0 определяют от ближайшего репера. Затем направлению трассирования примерно в 100-150 м от ПК 0 устанавливают нивелир возможно ближе к оси трассы (рис. 28, а), определяют по рейке, установленной на ПК 0,

отсчеты v_0 для определения превышения, а по дальномерным штрихам сетки нитей – для определения расстояния d_1 . Примерно на таком же расстоянии от нивелира по ходу трассы устанавливают рейку, например в точке 6. Нивелировщик берет отсчеты по основному штриху v_6 и по дальномерным штрихам сетки нитей для определения расстояния d_2 .

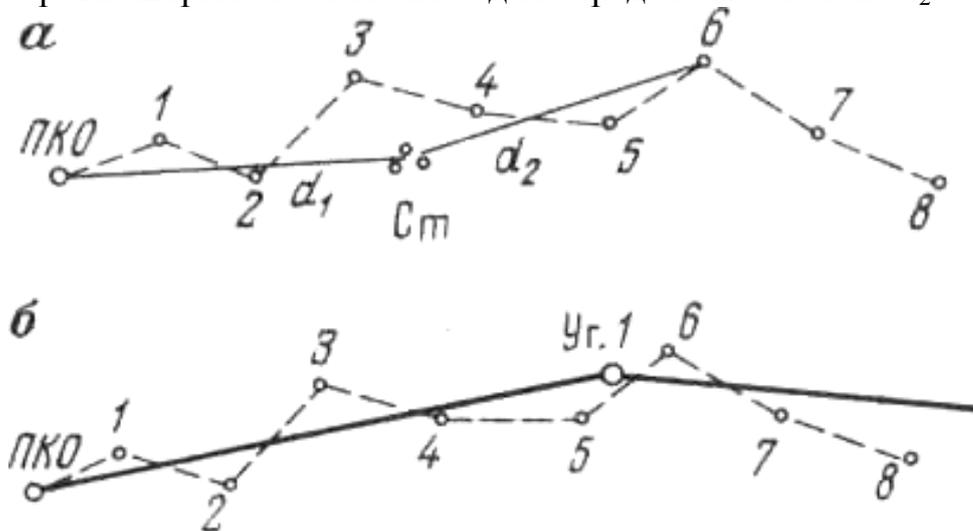


Рис. 28. Полевое трассирование

Расстояние между рейками $d = d_1 + d_2$ используют для вычисления величины снижения трассы канала по формуле $h = id$, в которой i – проектный уклон.

Пусть, например, получилось $d_1 = 123$ м, $d_2 = 132$ м. Отсчеты по ровному штриху $v_0 = 1369$ мм и $v_6 = 1547$ мм. Проектный уклон $i = 0,0011$. Тогда превышение между ПК 0 и точкой 6, соответствующее проектному уклону, будет $h = id = 0,0011 \times 250 = 0,275$ м. Следовательно, отсчет v_6 по рейке на точке 6, соответствующий этому превышению, должен быть $v_6 = v_0 + h = 1369 + 275 = 1644$ мм. В связи с этим рейку перемещают по поперечному склону вверх или вниз до тех пор, пока по рейке получится отсчет $v_6 = 1644$ мм, в этом месте забивают кол и уточняют расстояние по нитяному дальномеру. Полученное расстояние до точки 6 записывают как пикетажное обозначение, т.е. ПК 2 + 55 м. Если на линии ПК 0 – точки 6 имеются характерные изменения рельефа, то намечают дополнительные точки 1, 2, 5, ... На этой станции нивелира отсчеты, соответствующие проектным высотам точек 1, 2, 3, ..., будут находиться в пределах от 1369 мм на ПК 0 до 1644 мм на точке 6. Определив среднее из этих отсчетов 1506 мм, по нему находят на местности положение промежуточных точек 1, 2, 3, ..., которые и показывают в первом приближении положение оси трассы канала на местности.

Проектные высоты следующих точек определяют по формуле:

$$H_n = H_{n-1} + id$$

в которой H_{n-1} – проектная высота предыдущей точки;

- i – проектный уклон;
- d – расстояние от предыдущей точки трассы до последующей, высоту которой определяют.

На следующей станции продолжают работу, принимая за исходную высоту точки b и т. д.

Когда часть трассы установлена и закреплена на местности вешками, в случае необходимости производят спрямление трассы с выбором места угла поворота с таким расчетом, чтобы от намеченной прямой промежуточные точки 1, 2, 3, ... (рис. 28, б), и располагались по обе стороны примерно на одинаковом расстоянии от нее. При этом вначале угол 1 закрепляют вехой, а после выбора положение угла 2 закрепляют знаком и устанавливают веху. По оси закрепленной на местности трассы прокладывают теодолитный ход для ее привязки к пунктам геодезической сети и производят разбивку пикетажа. По измеренному углу поворота и назначенному радиусу кривой вычисляют ее необходимые элементы для разбивки главных точек кривой и выноса пикетов на кривую.

При трассировании распределителей по заданному уклону с определением положения оси трассы совмещают и разбивку пикетажа. На первой станции, определив горизонт нивелира по высоте ПК 0, выставляют рейку вперед по трассе до места поворота трассы и по дальномеру определяют расстояние. Переставляя рейку по склону вверх или вниз, находят положение рейки, соответствующее проектной высоте. Затем на этом отрезке трассы разбивают пикетаж. Если до рейки получается не целое число метров, то рейку передвигают в сторону метки ближайшего метра. Эту точку на местности закрепляют колышком со сторожкой с указанием названия точки и пикетажного обозначения. Потом закрепленную точку нивелируют и вычисляют ее высоту.

Далее выбирают следующий поворот трассы и выполняют аналогичные действия. При этом углы поворота при трассировании распределителей из-за большого их количества определяют приближенно.

Закрепление точек трассы выполняется с расчетом на долговременную сохранность.

После закрепления трассы на местности проводят подготовку трассы на всю ширину каналов и полос разравнивания кавальеров, которая включает удаление с трассы деревьев, кустарников, крупных камней. Затем прокладывают нивелирный ход по трассе и выполняют подготовку технических данных для разработки выемки.

Выбор класса нивелирования зависит от величины уклонов проектируемых каналов или снимаемых рек. Так, при уклонах менее 0,00005 прокладывают ход нивелирования III класса, при уклонах от 0,00005 до 0,0005 – IV класса, при уклонах более 0,0005 – техническое нивелирование.

По результатам нивелирования трассы составляют продольный и поперечный профили трассы. При трассировании каналов, коллекторов, водоприемников, напорных трубопроводов, водопроводов, дамб обвалования продольный профиль составляют в масштабах – горизонтальный 1:5000-1:10 000, вертикальный 1:100, поперечные профили при их длине до 50 м – 1:100, при большей длине – 1:200, а вертикальный 1:100.

При трассировании линий магистральных водопроводов (трубопроводов), обеспечивающих сельскохозяйственное водоснабжение, места пересечения трассой существующих и проектируемых сооружений наносят на план и профиль с указанием вида сооружения, размеров и отметок его элементов.

При наличии на осушаемой территории поверхностных вод и высокого уровня грунтовых вод выполняется предварительное осушение. Трассы траншей предварительного осушения разрабатывают параллельно трассам закрытых коллекторов или дрен на расстоянии 4-5 м от них, а до этого на местности обозначают трассы кабелей связи и других подземных инженерных сетей.

6.3. Подготовка данных для перенесения проекта в натуру

При полевом трассировании и закреплении осей основных сооружений на местности подготовка заключается в получении ведомости закреплений и рекогносцировки на местности состояния знаков закрепления. При камеральном трассировании проводят подготовку геодезических данных (линий, углов, высот) для перенесения в натуру осей основных сооружений. Подготовка включает и определение геодезических данных, характеризующих взаимное положение точек проектируемой системы и положение относительно пунктов геодезической сети или контуров ситуации.

В зависимости от особенностей проекта мелиоративной системы, расположения исходных геодезических пунктов и наличия геодезических приборов, топографических условий местности по проектному плану намечают последовательность и методы перенесения проекта в натуру (мерным прибором, теодолитом и мерным прибором, мензулой). Выбранную последовательность и методы перенесения проекта в натуру показывают на разбивочном чертеже. С учетом этих соображений в дальнейшем выбирают порядок и способы подготовки геодезических данных.

В соответствии с требуемой точностью положения на местности проектных точек, густоты пунктов геодезической сети на мелиорируемой территории геодезические данные для перенесения проекта в натуру определяют по проектным материалам аналитическим или графическим способами.

При аналитическом способе подготовки геодезических данных и соответствующей методике геодезических действий на местности можно достичь высокой точности положения проектных точек и линий относительно пунктов геодезической сети. При графическом способе подготовки этих данных также можно достичь высокой точности, но только взаимного положения проектных точек.

Определенные в процессе подготовки числовые значения линий, углов и высот характеризуют геометрическую связь как между проектными сооружениями, их осями, так и основных элементов проекта с пунктами геодезической сети или четкими контурными точками.

При аналитическом способе подготовки данных перенесение в натуру проектных точек производят от существующих пунктов геодезической сети или специально построенных пунктов геодезического обоснования, так как в этом случае устанавливается взаимное и однозначное соответствие между точками проекта и пунктами геодезической сети. При этом погрешность положения проектных точек на местности будет зависеть от погрешностей положения пунктов геодезической сети и погрешностей перенесения проекта в натуру и не будет зависеть от графической точности проекта.

При графическом способе подготовки данных, когда положение проектных точек определяется относительно четких контурных точек плана, проект переносят от этих точек. В этом случае погрешность положения проектных точек на местности будет зависеть от точности проектного плана, графической точности измерений и погрешностей перенесения проекта в натуру.

В случаях, когда предполагается использовать мензулу для перенесения проекта в натуру, геодезические данные заранее не рассчитывают, а определяют их непосредственно на станции в полевых условиях.

6.4. Методы перенесения проекта в натуру

Перенесение проекта в натуру или геодезические разбивочные работы заключаются в определении на местности и закреплении специальными знаками осей сооружений, границ участков, а также в получении на местности на заданной высоте проектной горизонтальной или наклонной плоскости и линий заданного уклона в соответствии с проектным планом и разбивочными чертежами.

Эти работы выполняются по принципу – от общего к частному. Например, при строительстве оросительных систем разбивочные работы начинают с определения положения и закрепления на местности осей магистральных каналов или магистральных трубопроводов, а затем,

используя эти оси, выполняют разбивку осей распределительных каналов или трубопроводов.

Перенесение проектных точек на местность производится на основании геодезических данных, полученных в результате подготовки, при помощи геодезических приборов.

Основным документом для выноса на местность проектных элементов мелиоративной системы является разбивочный чертеж, на котором показаны пункты геодезической сети, контуры ситуации, все элементы проектируемой системы, пикетаж по осям трасс линейных сооружений.

При детальной плановой разбивке дренажных систем наиболее производительным является графический метод, т.е. использование мензулы, так как вся работа ведется и контролируется в поле и сокращается объем подготовительных работ.

Сущность метода состоит в том, что приемами, применяемыми при мензурной съемке, определяют на местности плановое положение проектных точек, изображенных на проектном плане мелиоративной сети, укрепленном на мензурной доске.

Для этого в зоне расположения проектных точек O , N , K (рис. 29) устанавливают мензулу M . Если в этой зоне имеется пункт геодезической сети, то мензулу устанавливают на этот пункт. Если пункты геодезической сети находятся далеко от проектных точек, то мензулу устанавливают вблизи их, определяют положение точки стояния на плане способами, применяемыми при мензурной съемке, уточняют ориентирование плана по наиболее длинному направлению с контролем по другим направлениям, перпендикулярным к первоначальному, при этом ребро линейки кипрегеля не должно отходить от накола наблюдаемой точки на плане более чем на 0,2 мм.

Затем на проектном плане измерителем определяют расстояние между наколом точки стояния мензулы и проектной точки. Если это расстояние превышает 300 м – в масштабе 1:10 000, 250 м и масштабе 1:5000, 150 м – в масштабе 1:2000, то мензулу переносят ближе к проектной точке и снова определяют ее положение на плане. Для определения положения проектной точки на местности прикладывают ребро линейки кипрегеля к наколу точки стояния мензулы и к проектной точке, в направлении зрительной трубы реечник согласно сигналам наблюдателя устанавливает на местности положение точки, соответствующее измеренному на плане расстоянию. Полученную проектную точку закрепляют на местности, при этом возможно уточнение расположения на местности, например, дрен с целью лучшего приурочивания их к рельефу местности. Но все отступления от проекта должны быть показаны на проектном плане, который после окончания строительства передается заказчику. Аналогично переносят на местность все последующие проектные точки. Средняя

квадратическая погрешность перенесения проектной точки в натуру мензулой от пунктов геодезической сети соответствует точности съемки контуров ситуации мензулой ($mt = 0,4$ мм на плане). Если же в качестве исходных пунктов используются четкие контурные точки, то среднюю квадратическую погрешность положения проектной точки на местности можно определить согласно формуле

$$m_m = \sqrt{m^2t + m^2s + m^2d + (Dm\beta/p)^2}.$$

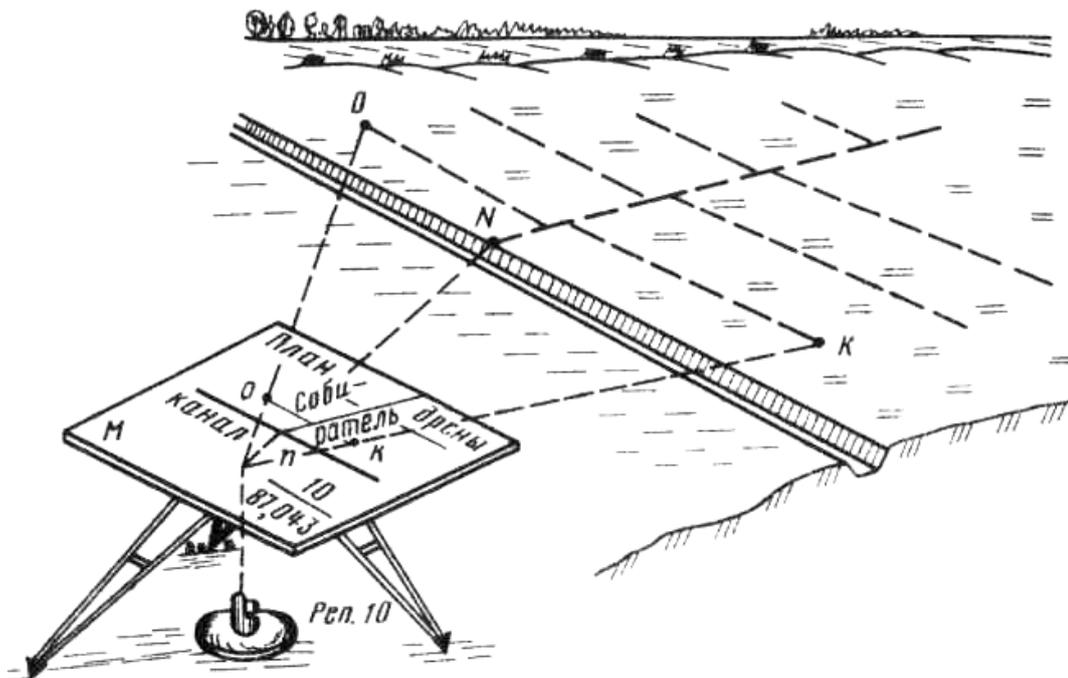


Рис. 29. Пример перенесения проекта в натуру мензулой

Из этого следует, что преобладающее влияние оказала погрешность положения исходной контурной точки, а другие три погрешности оказали равное влияние.

Для подсчета погрешности положение проектной точки относительно исходных следует принять $m_r = 0$.

Высотное положение проектных точек на местности определяют приемами нивелирования. Например, когда нужно на местности от репера получить проектную высоту H_A (рис. 30, а) в точке A (предполагается, что плановое положение точки A на местности уже получено), то поступают следующим образом. На первой станции нивелир приводят в рабочее положение, на репере устанавливают рейку и берут отсчет v . Вычисляют горизонт нивелира $FH = H_{\text{реп}} + v$. Нужный, т.е. соответствующий проектной высоте H_p , отсчет по рейке в точке A будет $v_l = FH - H_A$.

После этого в точке A либо заглубляют в землю кол, либо его подбирают по длине таким, чтобы отсчет по рейке, установленной на верх кола, равнялся v_l . В этом положении кол закрепляют.

Затем для перенесения в натуру линии заданного уклона i от точки A

поступают так. Устанавливают нивелир в рабочее положение над точкой A (рис. 30, б), измеряют его высоту I и вычисляют необходимый отсчет b по рейке, установленной в точке B ; $b = I - is$, где i – проектный уклон; s – горизонтальное проложение линии AB .

В точке B кол устанавливают на необходимой высоте аналогично предыдущему. Потом при помощи подъемных винтов зрительную трубу нивелира наклоняют так, чтобы отсчет по рейке в точке B был равен высоте нивелира I .

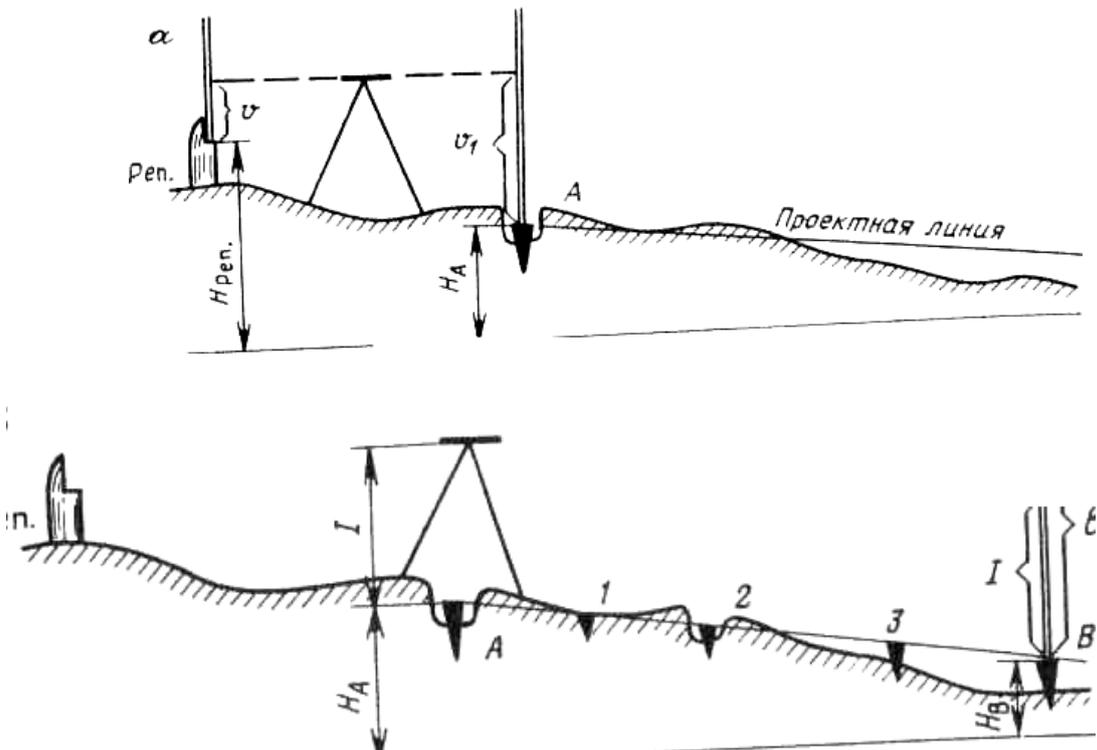


Рис. 30. Примеры определения высотного положения проектной точки (а) и перенесения в натуру линии заданного уклона (б)

В характерных точках рельефа 1, 2, ... забивают колышки так, чтобы отсчет по рейке на них был равен I .

Эта работа может быть выполнена при помощи теодолита или лазерного визира. Особенно эффективно применение лазерных указателей для автоматизации геодезических измерений при мелиоративном строительстве.

6.5. Определение проектного контура водохранилища

При проектировании плотины или дамбы в пойме реки возникает необходимость определить границу будущего водохранилища на топографическом плане, а затем и на местности. На топографическом плане ее определяют в соответствии с отметкой (высотой) нормального подпорного уровня (НПУ) или горизонта высоких вод (ГВВ), затем вычисляют

площадь и объем водохранилища. Иногда возникает необходимость уточнить в камеральных или в полевых условиях положение на плане ближайших незатапливаемых горизонталей.

До наполнения водохранилища определяют на местности положение линии будущего уреза воды – горизонтали затопления (ГЗ), так как создание водохранилища может быть связано со сносом промышленных предприятий, жилых зданий и даже целых населенных мест, затоплением разработок полезных ископаемых, территорий сельскохозяйственных угодий.

Определение горизонтали затопления одна из ответственных задач геодезических изысканий. Особенно тщательно ГЗ отыскивают на пологих склонах.

Она образует извилистую линию, закрепляется в характерных изгибах знаками и служит юридической границей для изъятия земель из сельскохозяйственного использования.

Для обеспечения необходимой точности отбивки линии затопления проектируют на плане вдоль и выше этой линии теодолитный ход $AabcdenB$ (рис. 31), затем прокладывают его на местности с закреплением точек соответствующими знаками. Для больших водохранилищ теодолитный ход прокладывают с привязкой к пунктам государственной или специальной геодезической сети. На закрепленные знаки (реперы) передают высоты в общем случае нивелированием IV класса, а при больших склонах берегов и на малых водохранилищах – техническим нивелированием, в лесной местности с крутыми берегами рек при помощи барометрического нивелирования. Положение линии затопления отыскивают методом приближения, перемещая рейку или барометр по склону.

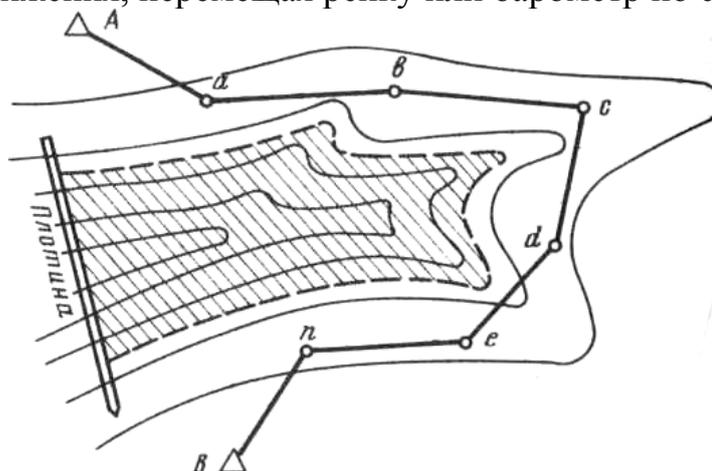
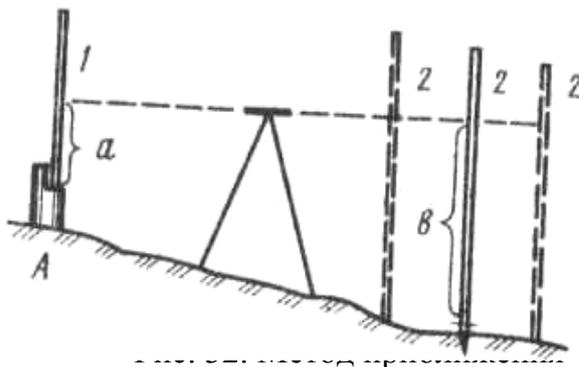


Рис. 31. Проектирование теодолитного хода вдоль линии затопления

Например, установив нивелир в точке N (рис. 32), а нивелирную рейку 1 на репере A , по отсчету a определяют горизонт нивелира $ГН = H_{\text{реп}} + a$. Теперь, если горизонталь затопления имеет высоту $ГЗ$, то отсчет b по рейке 2 на горизонтали затопления должен быть $b = ГН - ГЗ$.



На нивелирной рейке 2 на отсчете b укрепляют планку, по которой на этой станции, последовательно перемещая рейку по склону, отыскивают точки заданной высоты ГЗ.

Точность работы при отыскании ГЗ устанавливается соответствующими руководствами.

И зависит от крутизны склонов и ценности затопляемого участка. Например, если угол наклона местности $\nu = 1^\circ$, а отсчет b будет ошибочен на 3 см, то это приведет к смещению положения ГЗ на величину $\delta S = 3 \text{ (см)} \times 57^\circ/1 = 171 \text{ см} = 1,7 \text{ м}$.

Точки ГЗ закрепляют на местности кольями приблизительно через 100 м, а если необходимо и постоянными знаками. В населенных местах горизонталь затопления отыскивается более тщательно и точки на ней закрепляют кольями через 50 м, знаками – через 0,5 км.

Для нанесения линии затопления на план закрепленные точки на ней привязывают к пунктам теодолитного хода.

Создание водохранилища изменяет режим грунтовых вод, вследствие чего наряду с линией затопления возникает необходимость определять и линию подтопления и заболачивания пологих берегов водохранилища. Линия подтопления располагается выше линии затопления и в пределах нее также осуществляют перенос строений, изъятие земель из сельскохозяйственного пользования и проект организации территории составляют с учетом положения линии подтопления, которую также требуется определять на местности и наносить на план.

Контрольные вопросы

1. Какие геодезические работы выполняют при проектировании и строительстве мелиоративных объектов?
2. В каких масштабах составляются профили при проектировании каналов?
3. Какие геодезические работы выполняют при определении проектного контура водохранилища?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Денисова, Е.С. Прикладная геодезия: учеб. пособие / Е.С. Денисова. – Пенза.: ПГУАС. 2015. – 126 с.
2. Ермаков, В.С. Инженерная геодезия. Землеустройство: учеб. пособие / Н.Н. Загрядская, Е.Б. Михаленко, Н.Д. Беляев. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – 104с.
3. Золотова, Е.В. Геодезия с основами кадастра / Е.В. Золотова, Р.Н. Скогорева. – М.: Академический Проект; Трикста, 2011. – 413с.
4. Ключин, Е.Б. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Е.Б. Ключин, М.И. Киселев, Д.Ш. и др. // Под ред. Михелева Д.Ш. – 4-е изд., испр. – М. Издательский центр «Академия», 2004. – 480с.
5. Левчук, Г.П. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ: учебник для вузов / Г.П. Левчук, В.Е. Новак, В.Г. Конусов. // Под ред. Левчука Г.П. – М.: Недра, 1981. – 438с.
6. Лысов, А.В. Геодезические работы при землеустройстве: учеб. пособие / А.В. Лысов, А.С. Шиганов. – Саратов.: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2007. – 147с.
7. Лянденбургская, А.В. Геодезические работы при землеустройстве: метод. указания для вып. курсового проект. / А.В. Лянденбургская, В.В. Лянденбургский. ПГСХА. Пенза. 2010. – 52с.
8. Маслов, А.В. Геодезические работы при землеустройстве: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / А.В. Маслов, А.Г. Юнусов, Г.И. Горохов – М.: Недра, 1990. – 215 с.
9. Неуливанина, Ю.К. Обоснование точности топографических съёмок для проектирования: учеб. пособие / Ю.К. Неумывакин – М.: Недра, 1976.
10. Хаметов, Т.И. Геодезические работы при землеустройстве [Электронный ресурс] мультимедийное учеб. пособие / Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2011.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ	6
1.1. Общие сведения по геодезическим работам при землеустройстве.....	6
1.2. Топографо-геодезические обследования и изыскания при землеустройстве и их значение	8
1.3. Геодезическое обоснование на территории сельскохозяйственных предприятий	9
1.4. Восстановление и съемка границ землепользования	11
1.5. Разреженная привязка границ землепользования к пунктам геодезической сети	14
Глава 2. ПЕРЕНЕСЕНИЕ ПРОЕКТОВ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА В НАТУРУ	16
2.1. Сущность и методы перенесения проектов в натуру	16
2.2. Подготовительные работы при перенесении проекта в натуру	19
2.3. Составление разбивочного чертежа для перенесения проекта в натуру	27
2.4. Перенесение проекта в натуру методом промеров	30
2.5. Перенесение проекта в натуру угломерным методом.....	37
2.6. Перенесение проекта в натуру мензулой.....	44
2.7. Внесение уточнений на основе данных перенесения проекта в натуру и оформление проекта.....	47
2.8. Особенности перенесения проекта в натуру по материалам аэрофотосъемки.....	48
Глава 3. ТОЧНОСТЬ ПЛОЩАДЕЙ УЧАСТКОВ, ПЕРЕНЕСЕННЫХ В НАТУРУ	51
3.1. Точность площадей участков, спроектированных аналитическим способом и перенесенных в натуру методом промеров или угломерным методом	51
3.2. Влияние погрешностей съемки, составления плана, графического и механического способов проектирования участков на точность их площадей.....	51
3.3. Точность площадей участков, перенесенных в натуру	53

Глава 4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ СИСТЕМЫ МЕРОПРИЯТИЙ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ	57
4.1. Объекты проектирования. Общие требования к топографическим планам	57
4.2. Составление и перенесение в натуру проектов организации территории в условиях контурного земледелия	59
4.3. Проектирование и перенесение в натуру полей противоэрозионных севооборотов и рабочих участков, лесных защитных, ветроводозадерживающих и водорегулирующих полос.....	66
4.4. Составление и перенесение в натуру проектов противоэрозионных гидротехнических сооружений.....	69
4.5. Составление и перенесение в натуру проектов террасирования склоновых земель	75
4.6. Проектирование и перенесение в натуру проектов рекультивации земель сельскохозяйственного направления	79
Глава 5. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПРИ ПЛАНИРОВКЕ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ	83
5.1. Особенности проектирования при планировке сельских населенных мест	83
5.2. Проектирование поверхностей и вычисление объемов земляных масс	85
5.3. Способы подготовки исходных данных для перенесения проекта в натуру	86
5.4. Особенности перенесения в натуру проектов планировки сельских населенных мест	88
5.5. Передача отметки на дно котлована.....	94
Глава 6. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ	95
6.1. Сведения о мелиоративных системах и содержание топографо-геодезических работ.....	95
6.2. Трассировочные работы	100
6.3. Подготовка данных для перенесения проекта в натуру	106
6.4. Методы перенесения проекта в натуру.....	107
6.5. Определение проектного контура водохранилища	110
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	113

Учебное издание

Денисова Екатерина Сергеевна

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ

Учебное пособие по направлению подготовки
21.03.02 «Землеустройство и кадастры»

В авторской редакции
Верстка Т.Ю. Симутина



Подписано в печать 17.05.16. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать офсетная.
Усл.печ.л. 6,74. Уч.-изд.л. 7,25. Тираж 80 экз.
Заказ № 304.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.