

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

Е.С. Денисова

ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

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

Пенза 2015

УДК 528.2/.5:6(075.8)

ББК 26.1я73

ДЗЗ

Рецензенты: главный геодезист ОАО «ПензТИСИЗ»
П.В. Терехин;
кандидат географических наук, доцент
кафедры «Землеустройство и геодезия»
А.И. Чурсин (ПГУАС)

Денисова Е.С.

ДЗЗ

Прикладная геодезия: учеб. пособие / Е.С. Денисова,. – Пенза:
ПГУАС, 2015. – 140 с.

Изложены основные положения по прикладной геодезии. Особое внимание уделено системам координат и способам преобразования координат. Рассмотрены исходная геодезическая основа, планово-картографический материал, используемый в прикладной геодезии, а также способы и приемы проектирования и определения площадей земельных участков. Отражены вопросы применения глобальных спутниковых систем для определения местоположения пунктов и точности геодезических данных и межевания земель.

Подготовлено на кафедре «Землеустройство и геодезия» и предназначено для использования обучающимися по направлению 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» при изучении дисциплины «Прикладная геодезия».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2015

© Денисова Е.С., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие по прикладной геодезии подготовлено в соответствии с рабочей программой. Согласно учебному плану изучение курса «Прикладная геодезия» начинается во 2-м семестре, когда студенты уже получили знания по физико-математическим и общетехническим наукам, а также прошли геодезическую практику.

Учебное пособие состоит из двух частей. В первой части излагаются основные положения прикладной геодезии при землеустройстве и ведении кадастра недвижимости, во второй – методы и принципы инженерно-геодезических работ.

Цель данного учебного пособия заключается в формировании у студента четкого представления о методах топографо-геодезического обеспечения различных народнохозяйственных задач, в том числе задачи землеустройства и ведения государственного кадастра недвижимости.

В задачи курса входят изучение основных видов инженерно-геодезических работ при топографо-геодезических изысканиях, создание и корректировка топографических планов, овладение методами решения инженерных задач при землеустройстве и кадастровых работах в производственно-технологической, проектно-изыскательной, организационно-управленческой и научно-исследовательской деятельности.

Учебное пособие «Прикладная геодезия» направлено на формирование следующих компетенций:

- способности к обобщению, анализу, восприятию, систематизации информации, постановке цели и выбору путей ее достижения;

- способности применять знание законов страны в части правовых вопросов регулирования земельно-имущественных отношений, разрешения имущественных и земельных споров, государственного контроля за использованием земель и недвижимости;

- способности использовать знание методик разработки проектных, предпроектных и прогнозных материалов (документов) по использованию и охране земельных ресурсов и объектов недвижимости, технико-экономическому обоснованию вариантов проектных решений;

- способности использовать знание современных технологий автоматизации проектных, кадастровых и других работ, связанных с Государственным кадастром недвижимости, территориальным планированием, землеустройством, межеванием земель;

- способности использовать знание методики территориального зонирования и планирования развития городов и населенных мест, установления их границ, размещения проектируемых элементов их инженерного оборудования;

– способности использовать знание современных автоматизированных технологий сбора, систематизации, обработки и учета информации о земельных участках и объектах недвижимости;

– способности использовать знания о принципах возникновения и методах учёта погрешностей на разных этапах выполнения геодезических работ при проведении инвентаризации и межевания, землеустроительных и кадастровых работ, о методах обработки результатов геодезических измерений, перенесения проектов землеустройства в натуру и определения площадей земельных участков;

– способности использовать знание современных технологий дешифрирования видеоинформации, аэро- и космических снимков, дистанционного зондирования территории, создания оригиналов карт, планов, других графических материалов для землеустройства и Государственного кадастра недвижимости;

– способности участвовать в разработке новых методик проектирования, технологий выполнения топографо-геодезических работ при землеустройстве и кадастре, ведения кадастра объектов недвижимости, оценки земель и недвижимости.

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

В результате изучения дисциплины студент должен:

1. **Знать:** требования к качеству планово-картографического материала, способы, приемы и современные технические средства выполнения инженерно-геодезических работ при ведении государственного кадастра недвижимости и в землеустройстве.

2. **Уметь:** оценивать качество планово-картографического материала и учитывать погрешности, возникающие на различных этапах выполнения геодезических работ, и их влияние на конечный результат, выбирать оптимальные методы корректировки устаревшего планово-картографического материала, устанавливать целесообразные способы межевания земель, выбирать оптимальные методы определения площадей земельных участков и целесообразные способы проектирования земельных участков.

3. **Владеть:** знаниями в таком объеме, чтобы в условиях развития современных геодезических технологий быть способным к переоценке накопленного опыта, анализу своих возможностей и приобретению новых знаний в области геодезического обеспечения землеустройства, кадастра объектов недвижимости и т.д.

ВВЕДЕНИЕ

В сложном процессе землеустройства большое место отводится прикладной геодезии.

Для проведения землеустроительных мероприятий необходимо знать об основных положениях прикладной геодезии, инженерных изысканиях и методах развития геодезического обоснования, планово-картографическом материале, а также 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, например геодезические спутниковые системы (ГЛОНАСС и GPS), используемые для определения положения точек земной поверхности.

Повышаются требования к проведению геодезических работ по установлению (восстановлению) на местности границ земельных участков владельцев земли по единой государственной системе, оформлению межевых планов земельных участков и документов, удостоверяющих право на землю.

Все это подтверждает важность изучения дисциплины «Прикладная геодезия» и повышает роль и ответственность специалиста в области землеустройства и кадастра недвижимости.

Часть 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИКЛАДНОЙ ГЕОДЕЗИИ ПРИ ВЕДЕНИИ КАДАСТРА И В ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ПРИКЛАДНОЙ ГЕОДЕЗИИ ПРИ ВЕДЕНИИ КАДАСТРА И В ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ

1.1. Цель и задачи прикладной геодезии при ведении кадастра и в землеустройстве

Прикладная геодезия – одно из основных направлений современной геодезии [29]. Она разрабатывает методику геодезических измерений для изысканий, проектирования, подготовки документов о постановке земельного участка на государственный кадастровый учет, закреплении на местности границ землепользования и т.д.

Прикладная геодезия занимается изучением методов топографо-геодезического обеспечения различных народнохозяйственных и научных задач, возникающих в землеустроительном производстве, при исследовании природных ресурсов и др. В более узком смысле в прикладной геодезии изучают методы топографо-геодезических изысканий и вынесения в натуру проектов землеустройства и называют ее инженерной. При этом при проектировании основное внимание в прикладной геодезии обращается на методы создания топографической основы, а при определении границ землепользования – на методы геодезического обеспечения и строгого соблюдения расчетных геометрических параметров.

Землепользование – распоряжение земельной собственностью разными способами; эксплуатация земельных участков личным или чужим трудом [29].

Целью изучения дисциплины «Прикладная геодезия» является получение знаний, умений и навыков по применению современных геодезических технологий для обеспечения кадастровых и землеустроительных работ различного функционального назначения.

К **задачам** прикладной геодезии относятся следующие:

- получение материалов для проектирования;
- определение на местности положения основных осей границ земельных участков и других характерных точек;
- обеспечение на местности геометрических форм и размеров земельных участков в соответствии с проектом;
- изучение основных видов инженерно-геодезических работ при топографо-геодезических изысканиях;
- создание и корректировка топографических планов для решения инженерных задач при землеустройстве и кадастре;
- определение отклонений сооружаемого объекта от проекта (исполнительные съёмки).

Связь курса прикладной геодезии с другими предметами специальности.

Современные инженерно-геодезические работы требуют специалиста широкого профиля, 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.

Курс прикладной геодезии базируется на теоретических и практических положениях геодезии, высшей геодезии, фотограмметрии, математической обработки результатов геодезических измерений. Овладение основами этих наук является обязательной предпосылкой изучения прикладной геодезии.

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

Современное развитие прикладной геодезии.

Прикладная геодезия представляет собой научно-прикладную инженерную дисциплину, которая изучает методы геодезического обеспечения, необходимые для разработки проектов строительных работ, для эксплуатации разнообразных инженерных сооружений, для изучения, освоения и охраны природных ресурсов. Это практическое применение достижений в геодезии земли для экономики страны. Объектом исследования прикладной геодезии являются физические объекты на поверхности и под землёй независимо от их происхождения, различные территориальные и административные образования с целью их практического территориального деления. Все геодезические работы в прикладной геодезии направлены на обеспечение строительства и дальнейшей надежной эксплуатации строительных объектов и инженерных сооружений. Методами современной геодезии земельных участков возможен вынос в натуру основных осей зданий с точностью порядка 1 мм. Также производятся сопровождение строительных работ с оформлением исполнительной документации, точные наблюдения за деформациями с помощью специальных приборов и методик, фасадные съемки в трех измерениях.

Для выполнения геодезических работ, где требуется индивидуальный подход, геодезическая прикладная наука находит новые решения и методы. Это совершенствование методов измерений, появление, наряду с наземными, еще и спутниковых методов определения контуров и расстояний на местности, что делает геодезию земельных участков намного более быстрой и точной. При таких методах результат определения координат и расстояний на местности делается в виде электронной цифровой компьютерной карты, что, в свою очередь, дает новые качественные и количе-

ственные источники информации для общей геодезии земли. Прикладная геодезия активно способствует работе и совершенствованию географических информационных систем для мониторинга и создания теоретической модели географического пространства и трехмерных электронных моделей местности. Технические возможности неуклонно расширяются и совершенствуются, а работа геодезистов значительно облегчается.

1.2. Роль прикладной геодезии в хозяйственном развитии страны

Карты, планы, цифровые модели местности и другие материалы, полученные в результате геодезических работ, необходимы для решения задач, связанных с перераспределением и отводом земельных участков во владение и пользование гражданам страны, государственным, кооперативным и другим предприятиям, организациям, а также для проектирования новых объектов хозяйственной деятельности. Проектные работы, перенесение проектов в натуру производятся геодезическими методами. Большое значение имеют геодезические работы, предназначенные для обеспечения заинтересованных предприятий, учреждений, организаций, частных лиц сведениями об объектах недвижимости в целях их рационального использования и охраны, регулирования земельных отношений, землеустройства, кадастра недвижимости, установления обоснованной платы за пользование земельным участком и оценки хозяйственной деятельности [54].

Задачи, решаемые геодезией, методы и возможности современных технических средств измерений определяют её значение для решения народно-хозяйственных задач.

Количественные данные о Земле как планете и окружающем нас мире нужны не только учёным-теоретикам, решающим фундаментальные научные проблемы, но и в не меньшей мере специалистам, выполняющим государственное планирование производства и размещение производительных сил, инженерам и техническим работникам, занимающимся проектированием инженерных сооружений, геологам и геофизикам при разведке и эксплуатации природных богатств, при выполнении землеустроительных и кадастровых работ и т.д.

Необходимым элементом во всех видах хозяйственной деятельности является топографическая карта или план местности. Топографическая изученность территории есть важнейшее условие социально-экономического развития любой страны.

Методы инженерной геодезии обеспечивают соблюдение геометрических форм проекта инженерного сооружения и контролируют его расположение на местности. Устойчивость инженерного сооружения невозможно обеспечить без выявления оценки деформации, что требует наличия высокоточных приборов, специальных методов выполнения высокоточных геодезических работ.

Прикладная геодезия решает и такие вопросы, как [54]:

- топографо-геодезические работы по обеспечению картами и сетью геодезических пунктов участка работ;
- геодезические изыскания для проектирования дорог;
- создание геодезических сетей для определения границы затопления и профиля водной поверхности реки;
- разбивочные работы при строительстве;
- геодезические наблюдения за осадками (сдвигами) плотин.

Топографо-геодезические работы по созданию карт, планов, высотной геодезической основы непрерывно выполняются для обеспечения эффективной работы сельскохозяйственного сектора экономики страны. Для учёта земельного фонда, проведения землеустроительных работ, агромероприятий, строительства каналов и дренажных систем, осушительной и оросительной мелиорации и других подобных мероприятий необходимо создавать и поддерживать в рабочем состоянии топогеодезическую основу. Решение проблемы геодезического обеспечения потребовало построения специальных опорных геодезических сетей на территории нашей страны.

Таков далеко не полный перечень народнохозяйственных задач, решаемых с помощью прикладной геодезии для экономического и социального развития государства.

1.3. Единицы измерений, применяемые в прикладной геодезии

В геодезии измеряются различные величины¹. Измерить величину – значит определить ее числовое значение в принятых единицах измерения (метр, квадратный метр, градус и т.д.).

Измерения называют прямыми, если их выполняют с помощью измерительных приборов, позволяющих сравнить измеряемое значение с принятым за единицу измерения, и косвенными, когда результат получают по прямым измерениям других величин, связанных с определяемой известной математической зависимостью. Например, значение угла в треугольнике можно непосредственно измерить теодолитом (прямое измерение), но можно значение этого угла вычислить (косвенное определение), если три стороны этого треугольника были непосредственно измерены.

За единицу линейных измерений – расстояний, горизонтальных проложений, высот, превышений – в геодезии принят метр, за единицу измерений горизонтальных и вертикальных углов – градус, минута, секунда.

Первоначальная длина метра, по предложению комиссии Парижской академии наук от 19 марта 1791 г., должна была равняться одной десятиллионной части дуги Парижского меридиана. В 1799 г. был изготовлен образец метра в виде жезла из платины. Он получил название

¹ Под **величиной** понимают количественную характеристику физического тела, явления или процесса.

«архивный метр». В 1889 г. с «архивного метра» была изготовлена 31 копия-жезл из 90 % платины и 10 % иридия. Эти копии-жезлы были названы эталонами. Три эталона хранятся в помещении Международного бюро мер и весов в Севре, около Парижа, а остальные были распределены между странами-участницами в качестве их национальных эталонов. Россия получила эталон №11, хранящийся в Академии наук России, и №28, хранящийся в НИИ метрологии им. Д. И. Менделеева в Санкт-Петербурге.

В XX в. метрическая система легла в основу современной Международной системы единиц, или сокращенно «система СИ» (SI-System International), которую сейчас повсеместно используют в науке, технике, образовании и народном хозяйстве.

Т а б л и ц а 1

Основные единицы (механические)

Длина, метр (м)	1 м равен расстоянию, которое свет проходит в вакууме за $1/299792458$ доли секунды ¹
Масса, килограмм (кг)	1 кг равен массе международного прототипа килограмма, который хранится в Севре (Франция)
Время, секунда (с)	1 с равна $9\,192\,631\,770$ периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия 133

Т а б л и ц а 2

Дополнительные единицы (геометрические)

Плоский угол, радиан (рад.)	Радиан – угол между двумя радиусами окружности, дуга между которыми по длине равна радиусу
-----------------------------	--

Т а б л и ц а 3

Производные единицы (пространства, времени и механические)

Скорость, метр в секунду (м/с)	1 м/с – скорость прямолинейно и равномерно движущейся точки, при которой она за время 1с проходит путь 1 м
Ускорение, метр на секунду в квадрате (м/с ²)	1 м/с ² – ускорение прямолинейно и равноускоренно движущейся точки, при котором за время 1 с скорость точки изменяется на 1 м/с
Площадь, квадратный метр (м ²)	1 м ² – площадь квадрата с длиной стороны, равной 1 м
Объём, кубический метр (м ³)	1 м ³ – объём куба с длиной ребра, равной 1 м
Частота, герц (Гц)	Герц – частота, при которой за время 1 с происходит один цикл периодического процесса (Гц = 1/с)
Давление, паскаль (Па)	Н/м ² (ньютон на квадратный метр); 1 мм ртутного столба = 133,3 Па 1 атмосфера = 760 мм рт. ст. = 101 325 Па. 1 бар = 10 ⁵ Па

¹ Интерференционная установка позволяет сравнивать жезл с эталонной длиной световой волны в 100 раз точнее, чем с платиново-иридиевым эталоном метра.

Диапазон измеряемых величин очень широк и разнообразен, поэтому допускается применение исторически сложившихся и прочно вошедших в геодезическое производство несистемных единиц. Это десятичные кратные (образованные умножением на 10, 100, 1000 и т.д.) и десятичные дольные (образованные умножением на 0,1; 0,01; 0,001 и т.д.) от единиц системы СИ и др.

Для измерения горизонтальных и вертикальных углов используют следующие угловые единицы:

1 градус = $1^\circ = 1/90$ часть прямого угла или $1/360$ часть окружности;

1 минута = $1' = 1/60$ часть градуса = $0^\circ 01' 00''$ ($60''$);

1 секунда = $1'' = 1/60$ часть минуты = $0^\circ 00' 01''$.

Наряду с градусной системой измерения иногда используется и градусная система, в которой прямой угол делится на 100 частей, называемых градами (gon), т. е.

1 град = $1g = 0,9^\circ = 1/100$ часть прямого угла или $1/400$ часть окружности:

$1g = 100c$ (десятичных минут);

1с десятичная минута = $100cc$ (десятичных секунд) = $0,01g = 1$ сантигон (сгон);

$1cc$ десятичная секунда = $0,001g = 1$ миллигон (mgon).

Между угловыми единицами имеются следующие зависимости:

$1^\circ = 1,111g$; $1g = 0,9^\circ = 54'$;

$1' = 1,85185c$; $1c = 0,54' = 32,4''$;

$1'' = 0,3086419cc$; $1cc = 0,054' = 3,24''$.

Для измерения длин линий:

1 километр (км) = 1000 м;

1 дециметр (дм) = 0,1 м;

1 сантиметр (см) = 0,01 м;

1 миллиметр (мм) = 0,001 м.

Для измерения площадей:

1 километр квадратный ($км^2$) = $1\ 000\ 000\ м^2 = 100$ га;

1 гектар (га) = $10\ 000\ м^2$;

1 дециметр квадратный ($дм^2$) = $0,01\ м^2$;

1 сантиметр квадратный ($см^2$) = $0,0001\ м^2$.

1 миллиметр квадратный ($мм^2$) = $0,000001\ м^2$.

В Великобритании и США для всех целей, кроме научных, продолжают использовать «свою» для каждой страны старую систему единиц.

До перехода на метрическую систему в России (до 1927 г.) использовали следующие единицы измерений:

1 верста = 1066,8 м = 1,066 8 км;

1 сажень = 3 аршина = 2,133 6 м;

1 аршин = 71,12 см;

- 1 вершок = 4,445 см;
- 1 дюйм = 25,4 мм;
- 1 десятина = 10 925,4 м² = 1,0925 га.

1.4. Основные виды и особенности инженерно-геодезических работ

Основными видами инженерно-геодезических работ являются:

- геодезические разбивочные работы: построение геодезической разбивочной основы, вынос в натуру главных (основных) осей здания и проектных отметок, детальные разбивочные работы, выполняемые на разных стадиях строительства от раскопки котлована до монтажа технологического оборудования;

- исполнительные съёмки. По мере возведения зданий для определения планового и высотного положения окончательно установленных конструкций выполняют комплекс геодезических работ, который называют исполнительной геодезической съёмкой. Исполнительной съёмке подлежат те элементы и части зданий, от правильного положения которых зависят прочность и устойчивость всего сооружения. Точность, принятая при исполнительной съёмке, должна быть не ниже точности разбивочных работ;

- инженерно-геодезические изыскания. Комплекс геодезических работ по изучению и съёмке ситуации и рельефа на территории предполагаемого строительства включает в себя: создание планово-высотного обоснования, топографическую съёмку, построение крупномасштабных планов для снятого участка, составление проекта вертикальной планировки;

- создание геодезических сетей. Создание, реконструкция, сгущение плановых и высотных геодезических сетей;

- топографо-геодезические работы. Топографические съёмки различных масштабов, создание и обновление топографических карт и планов, фототопографические съёмки, а также съёмки подземных и надземных сооружений (съёмка инженерных коммуникаций);

- наблюдение за деформациями зданий и сооружений. Наблюдения за деформациями представляют собой комплекс геодезических измерений, по результатам которых выявляют величины деформаций и причины их возникновения; также систематические наблюдения за деформациями своевременно предупреждают о возможных авариях и нарушениях эксплуатационных качеств сооружений;

- геодезические работы для кадастра недвижимости. Кадастровые работы включают кадастровые съёмки, межевание земель, определение площадей земельного участка, вынос в натуру и определение границ землепользования;

- фасадные съёмки и построение трехмерной модели здания. Наиболее рационально фасадные съёмки производить с помощью лазерных скани-

рующих систем, которые автоматизируют процессы съемок больших массивов точек и используются для детального отображения сложных фасадов зданий;

– подсчет объемов земляных масс. Комплекс геодезических работ для подсчета объёмов земляных работ.

Инженерно-геодезические работы выполняются в соответствии с требованиями проектирования отдельных видов сооружений и вынесения их проекта в натуру. Так, при проектировании гидротехнических сооружений важнейшее значение имеют детальность и точность изображения рельефа местности. Поэтому при топографической съемке таких территорий принимают сечение рельефа горизонталями через 0,5–1 м независимо от масштаба плана.

При съемке городов и населенных пунктов важную роль играют капитальные сооружения, которые являются опорными при разработке генеральных планов. Поэтому независимо от метода съемки координаты этих сооружений определяются аналитически.

Так как инженерно-геодезические измерения обеспечивают геометрию возводимого сооружения, они должны быть редуцированы на поверхность относимости, совпадающую со средним уровнем строительной площадки или с наиболее ответственной плоскостью сооружения (а не на поверхность референц-эллипсоида).

В инженерно-геодезических работах соблюдается принцип «от общего к частному». Однако требования к точности измерений здесь возрастают в обратном направлении по сравнению с общегеодезическими работами. Так как для сооружения важно сохранить взаимную технологическую связь элементов, а общее положение сооружения и его ориентировка могут быть определены с меньшей точностью, то детальная разбивка осей («частное») должна быть выполнена значительно точнее, чем вынос в натуру главных осей сооружения («общее») от пунктов геодезической основы.

1.5. Понятие об основных этапах производства геодезических работ

Все геодезические работы по их производственному признаку можно условно разделить на три процесса: измерительные, вычислительные и графические. По месту выполнения их обычно делят на полевые и камеральные.

Цель полевых работ – сбор метрической информации об объектах местности для создания планово-картографического материала на определенную территорию. Полевые работы являются в основном «измерительными», и они связаны с постоянным перемещением на местности. Полевые работы включают выбор места установки и закрепление долговременных и временных геодезических пунктов, выполнение измерений геодезическими инструментами и приборами: теодолитами и тахеометрами (горизон-

тальных и вертикальных углов); нивелирами (превышений); спутниковыми приемниками (координат точек); мерными металлическими рулетками и лентами, лазерными рулетками и дальномерами (расстояний) [54].

Результаты измерений записываются в различные журналы, форма и содержание которых определяются инструкциями, а на магнитные носители – в электронных приборах.

В камеральных (офисных) условиях осуществляется математическая обработка результатов измерений. Вычислительный процесс выполняется по определенным алгоритмам с использованием различной вычислительной техники. При вычислительной обработке результатов полевых измерений важно грамотно округлять числа и использовать необходимое и достаточное число значащих цифр.

Значащими цифрами приближенного числа являются все цифры числа, кроме нулей справа и слева, если при округлении нули справа поставлены вместо отброшенных цифр (например: 0,0265 и 120 имеют 3 значащие цифры).

При округлении числа, оканчивающегося цифрой 5, она отбрасывается, если перед ней стоит четная цифра. Число увеличивается на единицу, если предыдущая цифра нечетная. Например, 29,425 нужно округлить до сотых долей числа, тогда округленное число будет 29,42. Или 82,575, по этому правилу округленное до сотых, будет 82,58.

При сложении (вычитании) чисел с разным количеством десятичных знаков все слагаемые должны быть округлены до числа с наименьшим количеством десятичных знаков плюс один запасной. Сумма (разность) должна иметь то же число знаков, что и слагаемое с наименьшим их количеством.

Пример:

$$31,52+56,718+71,8238+9+05432=31,52+56,718+71,824+9,024=169,116=169,1.$$

Произведение (частное) округляют до наименьшего количества значащих цифр в сомножителях.

Пример:

$$52,0318 \cdot 29,18 = 1518$$

$$52,0318 / 89,18 = 0,5838$$

Завершающим этапом является «графический» процесс, который состоит в оформлении измерительных и вычислительных материалов в соответствующие геодезические чертежи – планы, карты, профили – на бумажной основе или в электронном виде.

Комплекс работ, как полевых, так и камеральных, в результате которых получают необходимые данные для составления карты, плана, профиля, называется **геодезической съёмкой**. Таким образом, сущность геодезиче-

ской съёмки заключается в создании геодезического съёмочного обоснования, съёмке ситуации (объектов местности и контуров) и составлении плана, профиля и др.

Все измерения производят с помощью определённых приборов, приёмов и способов, которые применяют соответственно в каждом конкретном случае. В зависимости от этого геодезические съёмки имеют названия: теодолитная, тахеометрическая, мензульная и др.

Перед выполнением геодезической съёмки участка на местности создают съёмочное обоснование, точки которого располагают равномерно как по границе участка, так и внутри него. Затем выполняют геодезические измерения для определения взаимного положения (координат) этих точек. Далее, используя эти точки, приступают к съёмке подробностей местности внутри участка. Съёмка ситуации внутри участка выполняется с использованием менее точных методов и приборов по сравнению с построением геодезического обоснования.

Границы обособленных участков пашни, пастбища, леса, кустарника и другие объекты называют контурами. На местности контуры бывают прямолинейные (ломаные) и криволинейные.

Если при съёмке определяется только плановое положение объектов местности и контуров, то съёмка называется горизонтальной или контурной (теодолитной). Если при съёмке определяется и высотное положение объектов местности и контуров, то съёмка называется топографической (тахеометрической).

1.6. Виды геодезических работ при землеустройстве и ведении кадастра

Геодезические работы занимают в кадастре значительное место. Их состав зависит от назначения кадастра и степени его автоматизации. Однако в большинстве случаев работа ведется по следующей схеме.

1. Подготовительные работы. В процессе подготовительных работ собирают и анализируют следующие материалы:

- проект землеустройства;
- постановление административного органа об отводе земельного участка;
- договор о купле-продаже или аренде земельного участка;
- выписки из книги регистрации земельного участка;
- чертеж границ или топографический план земельного участка;
- схемы и списки координат пунктов государственной или местной геодезической сети;
- сведения об использовании земель.

2. Полевое обследование пунктов опорной геодезической сети. Выполняют для проверки сохранности пунктов и выбора наиболее выгодной технологии проведения геодезических работ.

3. Составление технического проекта. Геодезические работы выполняют по заранее составленному техническому проекту, который включает в себя: текстовую часть, графические материалы и смету затрат.

4. Кадастровые съемки. В зависимости от назначения кадастра кадастровые съемки производят в тех же масштабах, теми же способами и с той же точностью, что и топографические. Базовым является масштаб 1:500, наиболее широко используемым – 1:2000, обзорно-справочным – 1:10000 и мельче.

На кадастровых картах и планах дополнительно изображают: границы земельных участков, владений, сельскохозяйственных и других земельных угодий; кадастровые номера и наименования земельных участков; дают экспликацию (описание) категорий использования земель и других кадастровых сведений. Кадастровые карты¹ и планы могут не содержать информацию о рельефе местности.

5. Установление и согласование границ земельных участков на местности. Границы земельных участков выносят на местность по координатам характерных точек от пунктов геодезического обоснования и закрепляют специальными межевыми знаками. В случае, когда границы каким-то образом были закреплены ранее, определяют координаты закрепленных точек.

Согласование установленных границ производят в присутствии представителя государственной власти, владельцев или пользователей участка и участков, смежных с ним.

6. Определение площадей земельных участков. Площади земельных участков вычисляют в основном аналитическим методом по координатам межевых знаков. В отдельных случаях используют картографические материалы.

7. Составление чертежей границ земельных участков. Чертежи границ земельных участков составляют в масштабе основного кадастрового плана (или крупнее) по результатам установления на местности и согласования границ.

8. Контроль и регистрация результатов кадастровых работ. Результаты кадастровых работ подлежат обязательному полевому контролю, так как в процессе его выполнения устраняются возможные погрешности и несогласованности, возникшие в процессе съемок. Кроме того, контролируют

¹ **Кадастровая карта** представляет собой карту, которая показывает границы и право собственности на земельные участки. Некоторые кадастровые карты содержат дополнительную информацию: местные наименования участков, уникальные идентификационные номера, номера свидетельства о собственности, информацию об обслуживающих организациях, а также площади кадастровых участков.

соблюдение требований технического задания и соответствующих инструкций на производство топографо-геодезических работ.

Полученная в результате работ информация переносится в специальные реестры и отображается на кадастровых картах или планах.

9. Кадастровые съемки. Ведение базы данных. Для систематизации и управления большими объемами текстовой и графической кадастровой информации создается и ведется база данных. Ее наличие предусматривает не только хранение информации, но и оперативную выдачу ее потребителю.

Кроме указанных работ геодезист участвует в планировании землепользования, в оценке состояния и стоимости земель, а также в разрешении возникающих споров.

1.7. Учреждения и организации, планирующие и выполняющие геодезические работы для землеустройства и кадастра объектов недвижимости

Федеральное агентство геодезии и картографии (Роскартография) – федеральный орган исполнительной власти, осуществлявший специальные исполнительные, контрольные, разрешительные и надзорные функции при производстве геодезических, астрономо-геодезических, гравиметрических, топографических, топографо-геодезических в составе маркшейдерских работ и инженерных изысканий, аэрокосмосъемочных, картографических, картоиздательских и кадастровых работ, создании цифровых, электронных карт и геоинформационных систем.

Федеральное агентство геодезии и картографии (Роскартография) образовано как Высшее геодезическое управление (ВГУ) 15 марта 1919 года. 10 мая 1967 года преобразовано в Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР (ГУГК при СМ СССР). Управление активно занималось составлением и изданием разнообразных картографических произведений не только по СССР, но и по многим другим странам мира, по материкам, океанам, географическим областям мира, и наравне с советскими издательствами ему был присвоен код Госкомиздата СССР – 071 [29].

Ее главными производственными задачами были [21]:

1. Производство высокоточных работ по развитию опорных геодезических сетей на территории страны и выполнение топографических съемок для создания карт.

2. Создание и издание различного рода и назначения карт, планов и атласов.

3. Координация и государственный контроль геодезических и топографических работ, выполняемых различными ведомствами и организациями.

20 апреля 1991 было учреждено Главное управление геодезии и картографии при Совете министров РСФСР (Главкартография РСФСР).

30 сентября 1992 года образована Федеральная служба геодезии и картографии России (Роскартография), которая в соответствии с Федеральным законом «О наименованиях географических объектов» № 152-ФЗ от 18 декабря 1997 года участвует в работах по созданию Государственного каталога географических названий «в целях обеспечения единообразного и устойчивого употребления в Российской Федерации наименований географических объектов и сохранения указанных наименований».

Указом Президента РФ от 12 мая 2008 года № 724 и Постановлением Правительства РФ от 05 июня 2008 года № 431 передана в ведение Министерства экономического развития и торговли РФ (с мая 2008 года – Министерство экономического развития) [29].

Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) (до 1 марта 2009 года – Федеральная регистрационная служба (Росрегистрация)) – федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по организации единой системы государственного кадастрового учёта недвижимости, государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним, а также инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации [29].

В соответствии с пунктом 1 Указа Президента Российской Федерации от 25 декабря 2008 года № 1847 «О Федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии» Федеральная регистрационная служба переименована в Федеральную службу государственной регистрации, кадастра и картографии.

Согласно Изменению к перечню полных и сокращённых наименований федеральных органов исполнительной власти (распоряжение Администрации Президента Российской Федерации и Аппарата Правительства Российской Федерации от 16 июля 2008 года № 943/788) от 2 марта 2009 года № П41-6596 сокращённое наименование Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии – Росреестр.

Федеральная регистрационная служба (Росрегистрация) была образована в ходе административной реформы Указом Президента РФ В.В. Путина от 9 марта 2004 года № 314 [3] «О системе и структуре федеральных органов исполнительной власти». Росрегистрация является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции в сфере государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним.

Указом Президента от 25 декабря 2008 года № 1847 [4] получила новое наименование (Росреестр), и был предусмотрен переходный период для передачи Росреестру функций и полномочий упраздняемыми Федеральным агентством кадастра объектов недвижимости (Роснедвижимость) и Федеральным агентством геодезии и картографии (Роскартография) до 1 марта 2009 года.

К полномочиям Росреестра относятся функции по организации единой системы государственного кадастрового учёта недвижимости, государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним, а также инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации.

В рамках своих полномочий Росреестр:

- ведёт Единый государственный реестр¹ прав на недвижимое имущество и сделок с ним (ЕГРП);
- ведёт Единый государственный реестр саморегулируемых организаций (ГРСО);
- ведёт Государственный кадастр недвижимости;
- ведёт Государственный каталог географических названий;
- ведёт сводный государственный реестр арбитражных управляющих;
- осуществляет ведение государственного фонда данных, полученных в результате проведения землеустройства;
- осуществляет контроль за проведением землеустройства;
- проводит экспертизу землеустроительной документации.

Научные работы в области геодезии, аэрофотосъемки и картографии проводятся в Центральном научно-исследовательском институте геодезии, аэрофотосъемки и картографии (ЦНИИГАиК), Сибирском геоинформационном центре, Госцентре «Природа», а также на специальных кафедрах вузов.

Центральный научно-исследовательский институт геодезии, аэрофотосъемки и картографии (ЦНИИГАиК) – головной научно-исследовательский институт Росреестра, занимающийся исследованиями в области геодезии, картографии и аэрофотосъемки. Основан в 1928 году Феодоосием Николаевичем Красовским. В задачи института входят определение фигуры, размеров и гравитационного поля Земли по астрономо-геодезическим, гравиметрическим и спутниковым данным, а также изучение современных движений земной коры. Особое место в работе института отводится теоретическим и практическим аспектам аэрофотосъемочных и фотограмметрических работ и их использованию для создания и обновления топографических карт и планов. Институтом были разработаны условные знаки и обозначения, в течение многих лет используемые на топографических планах и картах масштабов от 1:500 до 1:10000 [29].

Сибирский геоинформационный центр состоит из сети ГИС-центров Сибирского отделения РАН, созданных в Красноярске, Томске, Иркутске, Якутске, Новосибирске и Улан-Удэ. Новосибирский региональный центр геоинформационных технологий СО РАН был создан 21 августа 1995 года на основе Соглашения о совместной деятельности ряда научно-исследовательских и учебных организаций Западной Сибири. Является головным.

¹ **Реестр** – письменный перечень; опись; книга для записи дел и документов.

Центр активно участвует в выполнении ряда международных проектов, связанных с использованием геоинформационных технологий, в частности по программе INTAS (совместно с Бельгией, Нидерландами и др.), программе COPERNICUS (совместно с Бельгией), программе VICER (совместно с Японией). Кроме того, здесь постоянно проводятся работы на контрактной основе для ведущих западных фирм, специализирующихся в области геоинформационных систем.

Центр выполняет большой объем работ для отечественных партнеров, в частности для Министерства обороны РФ (цифровая картография и дистанционное зондирование), Федеральной службы геодезии и картографии РФ (ГИС органов государственной власти субъекта Федерации), администраций областей и городов и др. [34].

Госцентр «Природа» был создан 15 декабря 1973 г. приказом Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР от 12 декабря 1973 г. № 479 во исполнение постановления Правительства СССР от 13 июля 1973 г. № 488-149 «Об обеспечении работ по исследованию природных ресурсов Земли и контролю окружающей среды с использованием космических средств» на базе научных подразделений ЦНИИГАиК и производственных подразделений 7 предприятий ГУГК при Совете Министров СССР.

Основными задачами, возложенными на ФГУП «Госцентр «Природа» с начала его образования, являлись:

- производство информационной продукции на основе дистанционного зондирования Земли аэрокосмическими методами в интересах изучения природных ресурсов и окружающей среды, создание топографических и тематических карт, обеспечение формирования и ведения геоинформационных систем, экологических исследований;
- участие в работах по созданию и использованию космических средств дистанционного зондирования Земли в интересах социально-экономического развития России и повышения обороноспособности страны, а также международного сотрудничества;
- выполнение научно-исследовательских работ по совершенствованию методов и средств получения, обработки и использования аэрокосмических данных и информационных материалов для обеспечения научно-технического прогресса в области топографо-геодезической и картографической деятельности;
- формирование и ведение государственного фонда космической информации длительного использования, банков цифровых и электронных карт;
- реализация правительственных программ в порядке государственного заказа по дистанционному зондированию Земли, получению и использованию аэрокосмической информации длительного использования;

- создание и обновление оригиналов топографических карт и планов в графической, цифровой, фотографической и иных формах, их тиражирование и издание, а также ведение топографического мониторинга и геодинамических исследований;
- создание во всех формах общегеографических, политико-административных, научно-справочных и других тематических карт (планов), атласов, учебных картографических пособий, их тиражирование и издание;
- разработка технологий межотраслевой обработки аэрокосмической информации;
- выполнение аэросъемочных работ;
- аэрокосмическое и геодезическое обеспечение геодинамических исследований;
- аэрокосмическое, картографическое и топографическое обеспечение делимитации, демаркации и проверки прохождения линии Государственной границы Российской Федерации;
- создание и ведение географических информационных систем межгосударственного, федерального, регионального и специального назначения.

В настоящее время **Госцентр «Природа»** решает широкий спектр научно-технических и производственных задач, направленных на эффективное развитие современных и перспективных направлений в области картографии, геоинформационных систем, инфраструктуры пространственных данных, использование материалов дистанционного зондирования Земли [49].

1.8. Влияние научно-технического прогресса на развитие современных методов геодезии

Современная геодезия решает множество задач. Прежде всего очевидна ее роль в создании карт больших и малых территорий (соответственно географических и топографических). Совместно с астрономией, гравиметрией (наукой об измерении ускорения силы тяжести), геофизикой, геодинамикой и другими науками о Земле геодезия позволяет определять геометрические и геофизические параметры планеты, находить вариации скорости ее вращения, учитывать движение полюсов, изучать деформации земной коры, осуществлять прецизионный контроль инженерных сооружений. В отдельные дисциплины выделились морская геодезия, прикладная геодезия, космическая (спутниковая) геодезия. Но при всем разнообразии решаемых задач и областей применения собственно геодезические измерения сводятся к определению всего трех геометрических величин: расстояний, углов и превышений (разностей высот точек). Эти величины могут быть полезны и сами по себе, особенно в прикладной геодезии (на стройплощадках, при разметке местности), но, главное, они позволяют вычислять координаты определяемых точек. Координаты – вот что

интересует чаще всего; они нужны и морякам, и авиаторам, и военным, и участникам экспедиций, и строителям.

За последние двадцать лет произошел новый качественный скачок, который можно назвать второй революцией в геодезии. Появились глобальные спутниковые системы, кардинально изменившие ситуацию в геодезии и навигации. Они позволяют сразу же, без всяких предварительных измерений, определять координаты любых точек на поверхности Земли и находить расстояние между ними с высокой точностью.

Геодезия играет важную роль в городском и линейном строительстве. Сейчас развитие населенных пунктов и городов невозможно без подробного топографического плана, в котором подробно отображены все подземные коммуникации. На топографических картах также показан рельеф и указаны названия улиц с номерами домов.

Геодезические работы предшествуют проектированию как мелких, так и крупных объектов строительства, сопровождают строительство, необходимы для осуществления его контроля. По окончании строительства создается исполнительная съемка, в которой четко отображены все деформации и отклонения от проекта.

Также большую роль геодезические работы играют при оформлении земли в собственность. Ведь любая сделка с участками в настоящий момент требует межевого плана, а составление межевого плана без геодезических работ невозможно. Сейчас геодезия как основная наука изучается во многих колледжах и университетах.

1.9. Использование современных геодезических приборов при ведении земельно-кадастровых работ

Современные геодезические приборы можно разделить на несколько особо значимых групп:

- геодезическое GPS-оборудование;
- электронные тахеометры;
- электронные (цифровые) теодолиты;
- электронные (цифровые) нивелиры;
- лазерные сканеры и пр.

Буквально за последнее десятилетие темпы модернизации геодезического оборудования, расширения его функциональных особенностей и улучшения технических характеристик многократно выросли. Однако, выделяя основные группы современных геодезических приборов, часто не уделяют должного внимания областям их применения, что вводит будущего пользователя в заблуждение.

Для того чтобы было проще сориентироваться, необходимо знать, что каждая из вышеперечисленных групп имеет свое назначение и оптимальную область применения, хотя, конечно, области применения совре-

менных геодезических приборов могут частично пересекаться. Например, в частном случае, GPS-приемники могут заменить электронные тахеометры (например, при съемке местности), и наоборот.

Таким образом, то же геодезическое GPS-оборудование эффективно используется при геодезических съемках, при развитии геодезических сетей и создании государственного кадастра недвижимости, при проведении мониторинга земель и выполнении других работ, зачастую в тех местах, где имеется редкая сеть исходных пунктов [45].

Самыми популярными современными геодезическими приборами являются электронные тахеометры. Это обусловлено тем, что они имеют самый широкий круг применения: от развития Государственной геодезической сети и топографической съемки до инженерной геодезии и землеустройства.

Предлагаемая линейка приборов различных производителей довольно велика, но в основном держится на «четыре китах». Широко представлены на рынке как электронные тахеометры, так и GPS-приемники таких производителей геодезического оборудования и приборов, как TOPCON, SOKKIA, LEICA, TRIMBLE.

Безусловно, помимо высоких технических характеристик, не последнее место при выборе геодезического оборудования занимает стоимость приборов. Однако перед окончательным выбором следует четко понимать, где предполагается работать с тахеометром или GPS-приемником [31].

1.10. Научная и инструктивно-нормативная литература по геодезическим работам при ведении кадастра и в землеустройстве

Состав землеустроительных и земельно-кадастровых работ, а также порядок их проведения определяются нормативно-правовой базой. Основными документами, регламентирующими деятельность землеустроительных предприятий, на данный момент являются следующие:

➤ Конституция Российской Федерации 1993 года (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ, от 05.02.2014 № 2-ФКЗ, от 21.07.2014 № 11-ФКЗ). В статье 9 говорится, что земля в РФ является основой жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории, и может находиться в частной, государственной, муниципальной и иных формах собственности.

➤ Земельный кодекс Российской Федерации (действующая редакция от 29.12.2014). Одобрен Советом Федерации 10 октября 2001 года. В 3-й и 4-й главах определены титулы, на основании которых субъекты земельных отношений могут владеть, пользоваться и распоряжаться земельными участками. Граждане и юридические лица имеют равный доступ к приобретению земельных участков в собственность. Помимо права собственности законодательством предусмотрено использование земельных уча-

стков на правах: постоянного бессрочного пользования, аренды, безвозмездного срочного пользования, на праве ограниченного пользования чужим земельным участком. Право бессрочного пользования предусмотрено для государственных и муниципальных учреждений, федеральных казенных предприятий, органов государственной власти и органов местного самоуправления. Остальные юридические лица, а также физические лица, имеющие земельные участки в постоянном (бессрочном) пользовании, обязаны приобрести их в собственность или аренду. В статье 25 оговорена обязательная государственная регистрация прав на земельные участки, возникших по основаниям, предусмотренным гражданским законодательством и федеральными законами.

➤ Федеральный закон «О введении в действие Земельного кодекса Российской Федерации» № 137 от 25 октября 2001 года (с дополнениями и изменениями на 31 декабря 2014 г.). В статье 3 закон определяет обязательность переоформления не оговоренных земельным кодексом прав на земельные участки. Распоряжение земельными участками на основании не предусмотренных земельным кодексом прав не допускается. Кроме того, в соответствии с законом приватизация зданий и сооружений невозможна без единовременной приватизации земельных участков под ними.

➤ Федеральный закон «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним» № 122 от 21 июля 1997 года (с последними дополнениями и изменениями внесенными Федеральным законом от 31 декабря 2014 г. № 499-ФЗ. Изменения вступают в силу с 1 апреля 2015 г.). Статья 2 раскрывает понятие государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним. Государственная регистрация прав на недвижимое имущество и сделок с ним (далее – государственная регистрация прав) – юридический акт признания и подтверждения государством возникновения, ограничения (обременения), перехода или прекращения прав на недвижимое имущество в соответствии с Гражданским кодексом Российской Федерации. Государственная регистрация является единственным доказательством существования зарегистрированного права.

➤ Федеральный закон «О государственном кадастре недвижимости» № 221-ФЗ от 24 июля 2007 года (с последними дополнениями и изменениями внесенными Федеральным законом от 31 декабря 2014 г. № 499-ФЗ. Изменения вступают в силу с 1 апреля 2015 г.). В статье 1 оговорены основные понятия:

– государственный кадастр недвижимости является систематизированным сводом сведений об учтенном в соответствии с настоящим Федеральным законом недвижимом имуществе, а также сведений о прохождении Государственной границы Российской Федерации, о границах между субъектами Российской Федерации, о границах муниципальных образований, о границах населенных пунктов, о территориальных зонах и

зонах с особыми условиями использования территорий, иных, предусмотренных настоящим Федеральным законом сведений. Государственный кадастр недвижимости является федеральным государственным информационным ресурсом;

– государственный кадастровый учет недвижимого имущества (далее – кадастровый учет) – это действия уполномоченного органа по внесению в государственный кадастр недвижимости сведений о недвижимом имуществе, которые подтверждают существование такого недвижимого имущества с характеристиками, позволяющими определить такое недвижимое имущество в качестве индивидуально-определенной вещи (далее – уникальные характеристики объекта недвижимости), или подтверждают прекращение существования такого недвижимого имущества, а также иных, предусмотренных настоящим Федеральным законом сведений о недвижимом имуществе.

Проведение государственного кадастрового учета включает в себя проверку представленных заявителями документов, составление описаний в Едином государственном реестре, присвоение кадастровых номеров¹, изготовление кадастровых карт (планов) земельных участков и формирование кадастровых дел.

Государственный кадастровый учет проводится в течение месяца со дня подачи заявки о проведении государственного кадастрового учета определенного объекта недвижимости.

➤ Федеральный закон «О землеустройстве» №78 от 18 июня 2001 года (в ред. от 22 октября 2014 г.). Согласно закону землеустройство проводится в обязательном порядке в случаях:

- изменения границ объектов землеустройства;
- предоставления и изъятия земельных участков;
- определения границ ограниченных в использовании частей объектов землеустройства;
- перераспределения используемых гражданами и юридическими лицами земельных участков для осуществления сельскохозяйственного производства.

Федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, а также законами и иными нормативными правовыми актами субъектов Российской Федерации могут устанавливаться другие виды землеустроительной документации.

Состав, содержание и правила оформления каждого вида землеустроительной документации регламентируются соответствующими техническими условиями и требованиями проведения землеустройства.

¹ Каждый объект недвижимости, сведения о котором внесены в государственный кадастр недвижимости, имеет не повторяющийся во времени и на территории Российской Федерации государственный учетный номер (далее – **кадастровый номер**). Кадастровые номера присваиваются объектам недвижимости органом кадастрового учета.

➤ Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации (Минэкономразвития России) «Об утверждении Порядка предоставления сведений, внесенных в государственный кадастр недвижимости, посредством обеспечения доступа к информационному ресурсу, содержащему сведения государственного кадастра недвижимости» № 716 от 7 ноября 2012 года (с последними изменениями, внесенными Приказом Минэкономразвития России от 30 апреля 2014 г. № 248. Изменения вступают в силу 30 июня 2014 г.). В соответствии с данным документом лицо, заинтересованное в получении сведений государственного кадастра недвижимости, подает в соответствующий орган письменное заявление с указанием:

- своих реквизитов,
- объемов и характера запрашиваемых сведений,
- формы предоставления и способа доставки.

Сведения государственного кадастра недвижимости предоставляются в виде выписок из государственного кадастра, а в предусмотренных законом случаях – в виде копий хранящихся в кадастровом деле документов.

Выписки, содержащие сведения об определенном земельном участке, выполняются в форме кадастрового плана этого земельного участка; выписки, содержащие сведения о нескольких земельных участках, – в форме кадастрового плана определенной территории.

➤ Инструкция по межеванию земель 1996 года определяет состав работ, выполняемых в ходе проведения межевания земельных участков, а также устанавливает требования, предъявляемые к виду и содержанию землеустроительной документации, определяет точность проведения работ по закреплению и описанию межевых знаков.

➤ Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации «Об утверждении порядка ведения государственного кадастра недвижимости» № 42 от 4 февраля 2010 года (с изменениями и дополнениями от 12 марта 2014 г.). Определяет состав и порядок ведения государственного реестра объектов недвижимости, содержание форм реестра, аккумулирующих сведения об объекте недвижимости.

➤ Приказ Министерства экономического развития РФ «Об утверждении формы межевого плана и требований к его подготовке, примерной формы извещения о проведении собрания о согласовании местоположения границ земельных участков» № 412 от 24 ноября 2008 года (с изменениями и дополнениями от 25 января 2012 г., 25 февраля 2014 г.). Устанавливает состав и порядок заполнения документов, прилагаемых к заявке о постановке на ГКУ и содержащих информацию о проведенных работах по межеванию земельных участков и характере предстоящего кадастрового действия.

Вопросы планирования и организации землеустроительных, геодезических, земельно-кадастровых работ нашли отражение в следующей научной литературе:

– Оленев К.Я. «Организация и планирование работ по землеустройству». В учебном пособии изложены основы организации, планирования и управления производством работ по землеустройству, рассмотрены структура и функции землеустроительной службы в проектных организациях, вопросы нормирования, оплаты труда, планирования и финансирования работ, организации выполнения работ, хозяйственного расчета, учета и отчетности в проектных организациях по землеустройству.

Помимо научной литературы, раскрывающей основы планирования и организации работ в области геодезии, землеустройства и кадастра, следует отметить труды, посвященные непосредственно данной тематике:

• С.Н. Волков «Землеустроительное проектирование». Книга раскрывает содержание и состав комплекса землеустроительных работ. Описывает землеустроительную документацию и требования, предъявляемые к ней. Землеустройство рассматривается как единая система правовых, социально-экономических, организационно-технических мероприятий, направленных на эффективное и рациональное землепользование. Композицию книги образуют разделы, посвященные видам землеустройства: межхозяйственное (территориальное), внутрихозяйственное.

• И.Ф. Куштин «Геодезия». В пособии приведено много примеров, иллюстрирующих использование полученных формул и методов, что позволяет эффективно применять книгу как для теоретического, так и практического освоения изложенного в ней материала. Рассматриваются вопросы развития и внедрения в производство координатных определений методами спутниковых технологий.

Это лишь малая часть научных трудов, посвященных вопросам проведения геодезических, землеустроительных и земельно-кадастровых работ.

Контрольные вопросы

1. Что такое прикладная геодезия?
2. Что относится к задачам прикладной геодезии?
3. Какие вопросы решает прикладная геодезия в хозяйственном развитии страны?
4. Перечислите единицы измерения, применяемые в прикладной геодезии.
5. Что называется геодезической съемкой и какие виды съемки Вы знаете?
6. Перечислите основные виды инженерно-геодезических работ.
7. Что относится к геодезическим работам при землеустройстве и ведении кадастра?
8. Какие учреждения и организации выполняют геодезические работы для землеустройства и кадастра недвижимости?
9. Какие современные геодезические приборы вы знаете?

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ И МЕТОДАХ РАЗВИТИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРИ ВЕДЕНИИ КАДАСТРА НЕДВИЖИМОСТИ И В ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ

2.1. Геодезические данные для выполнения инженерно-геодезических работ

Для современных сложных сооружений и объектов землепользований требуются разносторонние **геодезические данные**, которые находят отражение в курсе прикладной геодезии [20]:

1) астрономо-геодезические – координаты и высоты пунктов опорных сетей, азимуты направлений.

2) гравиметрические – высокоточная гравиметрическая съемка площадок, величины уклонений отвесных линий;

3) топографические и фотограмметрические – карты различных масштабов, фотокарты и фотопланы, ландшафтные панорамы;

4) инженерно-геодезические – крупномасштабные планы площадок; продольные профили трасс и рек, элементы кривых, геодезическая привязка геологических выработок и гидрометрических створов, результаты натуральных наблюдений за микросмещениями пород и деформациями сооружений.

Астрономо-геодезические данные.

К этому виду источников относят результаты астрономических наблюдений, гравиметрических измерений, данные триангуляции и трилатерации, полигонометрии, нивелирования на местности. Они необходимы прежде всего для создания координатной основы карт, т.е. сети пунктов, для которых определены плановое положение и высота относительно уровня моря, а также для вычисления фигуры Земли и расчета параметров земного эллипсоида.

Пункты геодезических сетей разного класса закрепляют на местности заложенными в землю центрами. Над ними возводят специальные опознавательные знаки – пирамиды или сигналы, укрепляют металлические или бетонные столбы.

В последние годы для создания геодезических сетей привлекаются глобальные позиционирующие системы (ГПС). Их называют также системами спутникового позиционирования. Они основаны на использовании искусственных спутников, специально запущенных на очень высокие орбиты и постоянно посылающих на Землю радиосигналы. Спутники располагаются так, что часть из них всегда видна (или, лучше сказать, слышна) в любой точке земного шара в любое время суток. Их можно наблюдать так же, как звезды во время астрономо-геодезических измерений. ГПС позволяют определять координаты любой точки на местности автономно,

без наземных геодезических измерений и прокладки ходов между пунктами триангуляции.

Изобретение ГПС ознаменовало революционное изменение всей системы геодезических измерений и открыло принципиально новые возможности информационного обеспечения картографирования. Производительность координатной привязки точек наблюдения на местности повышается в 10–15 раз, а главное – все измерения выполняются автономно, без постоянного обращения к сети триангуляции. Следовательно, можно значительно сократить сеть геодезических пирамид. Например, в России, где существует около 370 тыс. действующих пунктов геодезической сети, при введении ГПС достаточно сохранить примерно 20 тыс.

Астрономо-геодезические данные необходимы для привязки всех топографических и тематических съемок, а пункты геодезической сети – один из главных элементов математической основы карт [40].

Гравиметрические данные.

Геодезическая гравиметрия (от лат. «тяжёлый» и греч. «меряю»), или гравитационное зондирование, – геодезический метод, суть которого состоит в измерении поля силы тяжести. В большинстве случаев объектом гравиметрических измерений является Земля.

С помощью гравиметрических измерений решаются многие задачи не только геодезии, но и геофизики и многих других наук о Земле и земной поверхности.

Применительно к задачам геодезии основное содержание гравиметрии состоит в разработке теории и методов определения внешнего поля потенциала и силы тяжести Земли по измерениям на земной поверхности и по астрономо-геодезическим данным.

Основные разделы геодезической гравиметрии:

- теория нивелирных высот;
- обработка астрономо-геодезических сетей.

В геодезии основные задачи гравиметрии тесно связаны с построением моделей геоида. Понятие геоида широко применяется, во-первых, в навигации (для пересчёта геодезических высот, измеряемых GPS-приёмниками, в высоты над уровнем моря), а, во-вторых, в физической океанологии (чтобы определять высоты морской поверхности).

Наиболее распространенный прибор, используемый в гравиметрических наблюдениях, – гравиметр. Этот прибор применяется при проведении относительных измерений, т.е. измерений разности значений силы тяжести в двух пунктах.

Стандартный гравиметр имеет следующее строение: основным его элементом является горизонтальное коромысло, на одном конце которого размещен груз, а на другом находится опора, относительно оси которой коромысло может поворачиваться под действием наклонно расположенной

пружины. Один конец пружины крепится к коромыслу вблизи точки размещения груза, второй – к жесткому элементу корпуса прибора. Если в каком-либо пункте указатель шкалы прибора, связанный с положением груза, стоит на нуле, то в другом пункте в связи с изменением силы тяжести (и, соответственно, положения груза) показание на шкале прибора будет отличаться от нуля. Это показание шкалы и определяет разность значений силы тяжести между двумя пунктами.

Такие гравиметры отличаются не только малыми размерами, но и высокой точностью измерений [31].

2.2. Геодезическая основа для проведения землеустроительных и кадастровых работ

Для проведения геодезических работ при землеустройстве используется исходная основа, состоящая из геодезических сетей и топографических карт (планов).

Обозначенные на местности специальными геодезическими знаками точки с известными координатами, от которых выполняют геодезические измерения, называются исходными (опорными). Эти точки рассчитаны на длительную сохранность и использование. Взаимное положение исходных точек определяется измерениями высокой точности, позволяющей принимать эти точки за исходный каркас при выполнении на его основе последующих видов геодезических работ. Такая опора называется **геодезической сетью**, а её точки – **пунктами**. Если для её пунктов установлено взаимное положение только на поверхности относимости или горизонтальной плоскости, то она – плановая. Если для пунктов исходной геодезической опоры установлено их взаимное положение и по высоте, то она – высотная [9].

Точки, положение которых на местности необходимо определить, называют определяемыми.

Существуют и другие определения геодезической сети. Так, для составления карт и планов, решения геодезических задач, на поверхности Земли располагают ряд точек, связанных между собой единой системой координат. Эти точки маркируют на поверхности Земли или в зданиях и сооружениях центрами (знаками). Совокупность закрепляемых на местности или зданиях точек (пунктов), положение которых определено в единой системе координат, называют **геодезическими сетями**.

Для определения координат пунктов сети между ними измеряют расстояния и углы. Отрезки линий, ограниченные геодезическими пунктами, вдоль которых измерялась длина или направление, называют сторонами сети.

Каждый следующий пункт геодезической сети, начиная со второго, должен быть связан с предшествующими пунктами не менее чем двумя измеренными элементами (угол, длина стороны, дирекционный угол).

Геодезическую сеть создают таким образом, чтобы ее стороны образовывали простые геометрические фигуры, удобные для решения, т.е. определения плановых геодезических сетей.

Геодезические сети подразделяют на плановые и высотные: первые служат для определения координат X и Y геодезических центров, вторые – для определения их высот H [19].

Геодезические сети делятся на:

- глобальные, покрывающие поверхность всей Земли;
- национальные (государственные), создаваемые на территории данной страны;
- сети сгущения, геодезическое съёмочное¹ обоснование (для топографических съёмок);
- специальные (местные) геодезические сети.

При построении геодезических сетей соблюдается принцип перехода от общего к частному и осуществляется систематический контроль всех видов работ.

Глобальная геодезическая сеть создается методами космической геодезии по материалам наблюдений искусственных спутников Земли (ИСЗ). Положение пунктов определяется в геоцентрической системе прямоугольных координат с началом в центре масс Земли, ось Z совпадает с осью вращения Земли, плоскость XZ – с плоскостью начального меридиана, ось OY дополняет систему до правой. Глобальную геодезическую сеть используют для решения научных и научно-технических задач геодезии, геофизики, астрономии и других наук. Данная сеть должна непрерывно совершенствоваться путем повышения точности определения координат ее пунктов, что необходимо для более эффективного решения традиционных и новых научных проблем геодезии и других наук [19].

Государственная геодезическая сеть является главной геодезической основой топографических съёмок всех масштабов и должна удовлетворять требованиям народного хозяйства и обороны страны при решении соответствующих научных и инженерно-технических задач:

– установление и распространение единой государственной системы геодезических координат на всей территории страны, поддержание ее на уровне современных и перспективных требований;

¹ При геодезических работах с целью уменьшения влияния погрешностей измерений, затрат времени и средств на их производство соблюдают правило – «от общего к частному». В соответствии с этим правилом на основе пунктов исходной геодезической опоры для выполнения детальных геодезических работ создают **съёмочное геодезическое обоснование**. Эти точки характеризуются менее прочным закреплением на местности, сравнительно небольшими расстояниями между ними, менее точным определением их взаимного положения.

– геодезическое обеспечение картографирования территории России и акваторий окружающих ее морей;

– геодезическое обеспечение изучения земельных ресурсов и землепользования, кадастра, строительства, разведки и освоения природных ресурсов;

– обеспечение исходными геодезическими данными средств наземной, морской и аэрокосмической навигации, аэрокосмического мониторинга природной и техногенной сред;

– изучение поверхности и гравитационного поля Земли и их изменений во времени;

– изучение геодинамических явлений;

– метрологическое обеспечение высокоточных технических средств определения местоположения и ориентирования [38].

Плановая сеть создается методами триангуляции, полигонометрии, трилатерации и их сочетаниями; высотная сеть – построением нивелирных ходов и сетей геометрического нивелирования. Государственная геодезическая сеть подразделяется на сети 1, 2, 3 и 4 классов, различающиеся точностью измерений углов, расстояний и превышений, длиной сторон сети и порядком последовательного развития.

Государственная геодезическая сеть 1-го класса, называемая еще астрономо-геодезической сетью (АГС), строится в виде полигонов периметром около 800–1000 км, образуемых триангуляционными или полигонометрическими звеньями длиной не более 200 км и располагаемых по возможности вдоль меридианов и параллелей.

Государственная геодезическая сеть 2-го класса строится в виде триангуляционных сетей, сплошь покрывающих треугольниками полигоны, образованные звеньями триангуляции или полигонометрии.

Внутри полигонов 1-го класса на нескольких пунктах 2-го класса производятся астрономические определения широты, долготы и азимута.

Пункты сетей 3-го и 4-го классов, определяемые методом триангуляции, строятся в виде отдельных систем треугольников, опирающихся на стороны сети высшего класса.

На всех пунктах государственной триангуляции или полигонометрии предусматривается установка на расстоянии 500–1000 м от основного пункта двух ориентирных пунктов, видимых с земли. Между основными сторонами сети и направлениями на ориентирные пункты измеряются углы со средней квадратической погрешностью $\pm 2,5''$. Ориентирные пункты предназначаются для азимутальных привязок геодезических сетей низших разрядов [19].

Плотность геодезических пунктов как опорной сети для топографических съемок установлена:

– для съемок в масштабах 1:25000 и 1:10000 – 1 пункт на 50–60 км²;

- для съемок в масштабах 1:5000 – 1 пункт на 20–30 км²;
- для съемок в масштабах 1:2000 и крупнее – 1 пункт на 5–15 км².

Состав работ по развитию геодезической сети на каждом участке заключается в следующем:

- составление проекта геодезической сети по имеющимся картам наиболее крупного масштаба;
- рекогносцировка, заключающаяся в уточнении проекта на местности, в отношении расположения пунктов, высот знаков, проверки целесообразности намеченной в проекте методики и т.д.;
- постройка геодезических знаков и закладка центров;
- производство геодезических измерений – угловых, линейных, астрономических, гравиметрических;
- математическая обработка результатов измерений, в результате которой вычисляются координаты геодезических пунктов, сводимые далее в каталоги. Последовательность обработки – от высшего к низшему.

При проектировании геодезической сети, методов её развития и использования должны выбираться варианты, наиболее выгодные в экономическом отношении в данных физико-географических условиях.

Геодезические сети сгущения, служащие для дальнейшего увеличения плотности геодезической сети, подразделяются на:

- сети 1-го и 2-го разрядов, развиваемые методом триангуляции;
- триангуляционные сети сгущения;
- сети 1-го и 2-го разрядов, развиваемые методом полигонометрии;
- сети технического нивелирования, развиваемые методом геометрического нивелирования.

Сети сгущения прокладываются, как правило, между сторонами и пунктами государственной геодезической сети.

При проведении различных народнохозяйственных, в том числе и землеустроительных, мероприятий на большой территории необходимы топографические карты и планы, составленные на основе сети геодезических пунктов, плановое положение которых на земной поверхности определено в единой системе координат, а высотное – в единой системе высот. При этом геодезические пункты могут быть только плановыми, или только высотными, или одновременно – плановыми и высотными.

Сеть геодезических пунктов располагается на местности согласно составленному для нее проекту. Пункты сети закрепляются на местности особыми знаками.

Постоянные знаки закрепляются подземными знаками – центрами. Конструкции центров обеспечивают их сохранность и неизменность положения в течение длительного периода времени. Как правило, подземный центр представляет собой бетонный монолит, закладываемый ниже глубины промерзания грунта и в ненасыпной массив. У поверхности земли

в монолите устанавливают чугунную марку, на которой наносят центр в виде креста или точки. Положению этого центра соответствуют координаты X и Y и во многих случаях отметки H .

Для того чтобы с одного знака был виден другой (смежный), над подземными центрами устанавливают наружный знак в виде металлических или деревянных трех- или четырехгранных пирамид или сигналов.

Как правило, пункты разбивочных сетей и сетей сгущения закрепляют подземными центрами, такими же, как и пункты государственных сетей. Так как расстояние между этими пунктами сравнительно небольшое, оформления их наружными знаками не требуется. Иногда над ними устанавливают Г-образные металлические или деревянные вехи. В городах знаки оформляют в виде специальной надстройки на крышах зданий или внутри самих зданий (стенные) [19].

Специальные (местные) геодезические сети создают в тех случаях, когда для решения поставленных задач на данном участке нужно иметь пункты, взаимное расположение которых в плане и по высоте определено с наивысшей точностью. Систему координат в таких сетях обычно подбирают так, чтобы редуцированные поправки за переход от измеренных величин к их проекциям на местную поверхность относимости были минимальными. Такие сети строят, например, в сейсмоактивных регионах для прогнозирования землетрясений, при строительстве крупных сооружений и т.п.

Для первоначального изучения местности, рекогносцировки, обзорных целей, эскизных решений при геодезических работах используются топографические карты масштаба 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000 и аэрофотоснимки. Карты создаются равноугольной проекции Гаусса – Крюгера. Высоты точек местности даны от уровня Балтийского моря, точнее, от нуля Кронштадского футштока.

Для удобства пользования картами на каждом листе нанесена прямоугольная координатная сетка, а рамки листа карты разбиваются на минуты и 10-секундные деления широты и долготы.

Топографические карты создаются по материалам аэрофотосъемки или по картографическим материалам более крупных масштабов. Точность картографических карт характеризуется средней погрешностью (круговой) в положении на карте местных предметов и контуров: в равнинной и холмистой местности – не более 0,5 мм, в горных, высокогорных и пустынных районах – 0,75 мм. Приведенные погрешности характеризуют положения контуров и местных предметов относительно пунктов геодезических сетей, но так как погрешности в положении этих пунктов малы, то можно считать, что указанные значения характеризуют абсолютные погрешности в положении контуров и местных предметов на карте. Средние погрешности высот, подписанных на карте, зависят от характера рельефа и могут достигать величин (в метрах), указанных в табл. 4 [21].

Т а б л и ц а 4

Значения среднеквадратических погрешностей высот точек

Местность	Масштаб карты		
	1: 25000	1: 50000	1: 100000
Плоскоравнинная	0,8	2,5	5,0
Равнинная и холмистая	1,6	3,0	7,0
Горная	2,5	5,0	10,0

2.3. Требования к точности геодезических работ

При геодезических работах проводятся измерения, графические построения и аналитические расчеты, которые неизбежно сопровождаются погрешностями. Поэтому абсолютно точных геодезических работ не существует. Погрешности определения координат межевых знаков, поворотных точек земельных участков и дирекционных углов их сторон ведут к искажению размеров и форм участков. Эти искажения ухудшают условия производственной деятельности сельскохозяйственных предприятий и нарушают их экономическую целесообразность.

Погрешности измерений подразделяют на три основные группы: личные, приборные (инструментальные) и погрешности, связанные с влиянием внешней среды. Кроме того, во всех указанных группах погрешности могут иметь не только закономерную случайную, но и систематическую составляющую.

В большинстве случаев устранить систематические погрешности весьма сложно, поэтому их необходимо исследовать и стремиться свести к минимальным значениям либо, используя соответствующие методики и программы работ, перевести в группу случайных погрешностей. Влияние случайных погрешностей ослабляется путем увеличения числа измерений одной и той же величины, конечно, с учетом минимизации затрат на производство работ при обеспечении их требуемого качества [25].

Точность выполнения геодезических работ при землеустройстве зависит от взятой исходной основы, выбранного способа измерения, применяемого при этом геодезического прибора и квалификации исполнителя, а также от физико-географических условий местности и погоды. Геодезические работы должны осуществляться в соответствии с заданием на их проведение, но так, чтобы обеспечивали точностные требования и экономическую целесообразность [21].

Нормы точности геодезических работ задаются в нормативных документах: строительных нормах и правилах (СНиП), государственных стандартах (ГОСТ), в сводах правил (СП), ведомственных инструкциях и других нормативно-технических документах. Нормы точности в этих документах, непосредственно относящиеся к построению точек, осей или

высотных отметок, могут быть указаны в явном виде, как это сделано в ГОСТ 21779–82 «Технологические допуски». Точность может быть приписана к выполнению тех или иных геодезических измерений (угловых, линейных, высотных) [12].

Требования к точности геодезических работ различают в зависимости от хозяйственного значения участков, на которых они выполняются, и их особенностей.

В табл. 5 приведены требуемые значения средних квадратических погрешностей положения пунктов межевой съемочной сети (МСС), межевых знаков и характерных точек для различных земель [21].

Из табл. 5 следует, что более точно определяют положения межевых знаков и точек для земель населенных пунктов и промышленности, менее точно – для других земель. Приведенные погрешности необходимо учитывать при планировании, организации и проведении геодезических работ.

Т а б л и ц а 5

Значения среднеквадратических погрешностей для различных земель

№ п/п	Градация земель	Средняя квадратическая погрешность положения пунктов МСС не более, м	Средняя квадратическая погрешность положения межевого знака (точки объекта) не более, м
1	2	3	4
1	Земли населенных пунктов (города)	0,10	0,03
2	Земли населенных пунктов (поселки, сельские населенные пункты); земли частных владений	0,20	0,07
3	Земли промышленности и специального назначения	0,50	0,15
4	Земли сельскохозяйственного назначения и особо охраняемых территорий	2,5	0,8
5	Земли лесного фонда, водного фонда и земли запаса	5,0	1,5

Учет влияния погрешностей и выбора геодезического прибора для обеспечения необходимой точности можно показать на следующем примере. Исполнитель при выносе в натуру проектных точек применяет способ полярных координат, т.е. положение проектной точки Р получает путем построения проектного угла β и откладывания по полученному направлению проектного расстояния Д (рис. 1). По заданию положение проектной точки должно характеризоваться среднеквадратической погрешностью не более 0,2 м [21].

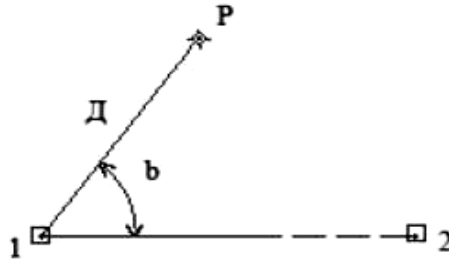


Рис. 1. Схема определения положения точки

Тогда, зная из теории погрешностей формулу вычисления среднеквадратической погрешности положения точки m_p , при этом способе можно применить тот или иной прибор и соответствующую технологию геодезических работ. Формула вычисления среднеквадратической погрешности положения точки имеет вид:

$$m_p^2 = m_c^2 + m_d^2 + \frac{m_\beta^2}{P^2} \times D,$$

где m_c – среднеквадратическая погрешность положения исходного пункта;

m_d – среднеквадратическая погрешность измерения проектного расстояния D ;

m_β – среднеквадратическая погрешность измерения угла β ;

D – проектное расстояние.

Для расстояния $D = 200$ м и исходного пункта с погрешностью $m_c = 0,1$ м можно применить тахеометр 3Та5 ($m_\beta = 5''$; $m_d = 0,005$ м), но нельзя теодолит Т30 и нитяной дальномер ($m_\beta = 30''$; $m_d = 0,67$ м), т.к. погрешности будут: $m_p = 0,03$ м и $m_p = 0,82$ м. Таким образом, по требованиям к точности производится выбор способа работ и соответствующих приборов.

2.4. Назначение и виды плановых и инженерно-геодезических сетей

Инженерно-геодезические плановые и высотные опорные сети представляют собой систему геометрических фигур, вершины которых закреплены на местности специальными знаками. Плановые и высотные опорные сети создают в соответствии с заранее разработанным проектом производства геодезических работ (ППГР). При составлении этого проекта собирают сведения, относящиеся к опорным геодезическим сетям, во всех организациях, производящих работы на территории города или поселка в районе строительства. По собранным материалам составляют схему расположения пунктов ранее выполненных опорных геодезических сетей всех классов и разрядов в пределах территории предстоящих работ. В инженерно-геодезической практике достаточно часто встречаются случаи, когда

сеть создается заново, даже при наличии близкорасположенных пунктов ранее созданных сетей. Это делается с целью обеспечения повышенной точности определения взаимного положения пунктов [42].

Инженерно-геодезические сети обладают рядом характерных особенностей:

- 1) сети часто создаются в условной системе координат с привязкой к государственной системе координат;
- 2) форма сети определяется обслуживаемой территорией или формой объектов, группы объектов;
- 3) сети имеют ограниченные размеры, часто с незначительным числом фигур или полигонов;
- 4) длины сторон, как правило, короткие;
- 5) к пунктам сети предъявляются повышенные требования по стабильности положения в сложных условиях их эксплуатации;
- 6) условия наблюдений, как правило, неблагоприятные.

Также на территории сельскохозяйственных предприятий и поселений для целей землеустройства и кадастровых работ создается геодезическая сеть сгущения специального назначения – *опорная межевая сеть* (ОМС), используемая для координатного обеспечения Государственного кадастра недвижимости (ГКН), государственного мониторинга земель, землеустройства и других мероприятий по управлению Земельным фондом России. ОМС предназначена для [43]:

- установления координатной основы на территории кадастровых округов, районов, кварталов;
- ведения государственного реестра земель кадастрового округа, района, квартала и дежурных кадастровых карт и планов;
- проведения работ по ГКН, землеустройству, межеванию земельных участков, мониторингу земель и координатному определению государственного кадастра;
- контроля за состоянием, использованием и охраной земель;
- информационного обеспечения ГКН данными о количественных и качественных характеристиках и местоположении земель для установления их цены, платы за пользование, экономическое стимулирование при рациональном землепользовании;
- инвентаризации земель различного целевого назначения.

ОМС делятся на 2 класса: ОМС 1; ОМС 2. Их точность построения характеризуется средними квадратическими погрешностями взаимного положения смежных пунктов: не более 0,05 м – для ОМС 1 и 0,10 м – для ОМС 2.

ОМС 1 создается в городах для решения задач по установлению (восстановлению) границ городской территории, а также границ земельных участков как объектов недвижимости, находящихся в собственности (пользовании) граждан или юридических лиц.

ОМС 2 создается в черте других населенных пунктов для решения тех или иных задач на землях сельскохозяйственного назначения и на других землях для межевания земельных участков, мониторинга и инвентаризации земель, создания базовых карт (планов) земель.

Плотность пунктов опорной межевой сети должна обеспечивать необходимую точность последующих кадастровых, землеустроительных работ, а также мониторинга земель и определяется техническим проектом. При этом плотность пунктов на 1 км² должна быть не менее: в черте города – 4-х пунктов; в черте других населенных пунктов – 2-х пунктов; на землях сельскохозяйственного назначения и других землях – принимают данные технического проекта. В сельских населенных пунктах, на землях садоводческих товариществ и т.п. плотность пунктов опорной межевой сети должна быть не менее 4-х пунктов на один населенный пункт.

Опорную межевую сеть строят в следующем порядке:

- 1) планирование, рекогносцировка и техническое проектирование;
- 2) закладка центров пунктов ОМС и устройство знаков;
- 3) выполнение геодезических измерений;
- 4) полевые вычисления и контроль качества измерений;
- 5) математическая обработка результатов измерений;
- 6) составление каталога координат пунктов ОМС и написание технического отчета.

При техническом проектировании нужно предусмотреть применение надежных и экономных методов создания ОМС, которые обосновывают соответствующими расчетами.

Пункты опорной межевой сети на местности закрепляют центрами, обеспечивающими их долговременную сохранность. Один из основных конструктивных элементов пункта геодезической сети – его центр, на котором обозначают метку, к последней относят координаты пункта.

Центр пункта должен обеспечивать: долговременную сохранность и неподвижность в плане и по высоте; легко опознаваться на местности [21].

При проектировании опорных межевых сетей для центров пунктов подбирают их конструкцию, определяют технологию изготовления, глубину закладки, а также форму и внешнее оформление. Необходимо учитывать природные факторы (глубинные, тектонические процессы, происходящие в земной коре, природные деформации и смещения грунта на основе карстов, оползней, просадки и т.п.), приводящие к деформации грунтовой среды и влияющие на стабильность положения центра. Устойчивость центров пунктов зависит также от сил морозного пучения.

При зонировании территории с целью установления подходящих для нее конкретных типов центров пунктов ОМС и определения глубин промерзания грунта, как правило, используют схематические карты глубин промерзания грунтов. Сложные топографические, геологические, климати-

ческие условия и многие другие факторы очень часто заставляют отказываться от принятых типов центров геодезических пунктов и искать индивидуальные решения применительно к местным условиям.

Несколько вариантов из возможных конструкций центра пункта опорной межевой сети показано на рис. 2 [41].

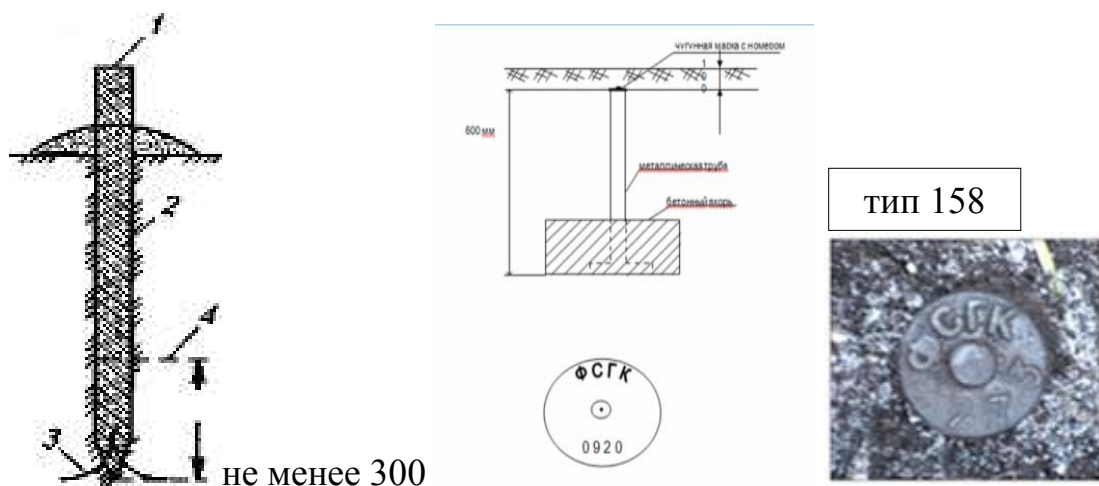


Рис. 2. Конструкции центра пункта опорной межевой сети:
1 – марка; 2 – металлическая труба; 3 – отрезок арматурной проволоки;
4 – линия глубины промерзания грунта

Центр, изображенный на рис. 2, слева, представляет собой металлическую трубу диаметром 3...6 см и толщиной стенок не менее 0,3 см.

Нижний конец трубы имеет заостренную форму. Ее длина должна быть такой, чтобы после установки марка находилась над поверхностью земли на высоте не более чем 50 см, а нижний конец трубы после ее забивки в грунт располагался бы не менее чем на 300 мм ниже наибольшей глубины его промерзания. В нижней части трубы на расстоянии 5 см от заостренного конца трубы имеются два противоположных отверстия, в которые при изготовлении знака вставляют отрезок арматурной проволоки диаметром 5...6 мм. До забивки центра выходящие (не более чем на 2 см) из трубы концы этой арматуры располагают вдоль поверхности трубы. При забивке центра в грунт используют специальную вставку, которую до закрепления марки вставляют в верхний торец трубы. Ударяя, например, металлической кувалдой по вставке, вдавливают концы отрезка арматурной проволоки в грунт.

Составной элемент пункта ОМС – марка с нанесенной меткой (просверленное отверстие, пропиленный крест, керн и т.п.). К метке относятся плоские прямоугольные координаты и высоты. На марке над меткой делают надпись «ОМС», а ниже ее наносят номер пункта опорной межевой сети, например надпись на марке пункта ОМС с номером 201 имеет вид: «ОМС 201». Для центра в виде металлической трубы надпись можно помещать на металлической пластине, приваренной к верхней части этого

центра. Надписи наносят краской, устойчивой к атмосферным воздействиям, или делают насечку (гравирование). Пример марки представлен на рис. 2, справа.

При развитии опорных геодезических сетей на застроенной территории, например в условиях города, в качестве центров пунктов удобно использовать так называемые стенные знаки, закрепляемые на зданиях и сооружениях, а также специальные марки, закладываемые на поверхностях в твердом покрытии (например на поверхности бетонного основания дороги). Стенные знаки более долговечны, чем грунтовые, более экономичны и просты при закладке. Стенные знаки по сравнению с грунтовыми имеют ряд существенных преимуществ, и им, по возможности, отдают предпочтение. Стенные знаки более устойчивы, стоимость их изготовления и закладки значительно меньше, ими удобнее пользоваться в любое время года.

Стенные знаки имеют различное строение. Так, например, стенной знак типа 7 г.р. представляет собой металлический стакан из малоуглеродистой стали, который с помощью выстрела из строительного пистолета СМП-3М крепится дюбель-гвоздем к стене (цоколю) здания или сооружения на высоте 0,3–1,2 м от поверхности земли (рис. 3). Центром знака служит отверстие диаметром 2 мм и глубиной 5 мм, просверленное в верхней части диска знака. Верхняя часть диска может использоваться для передачи на нее отметки.

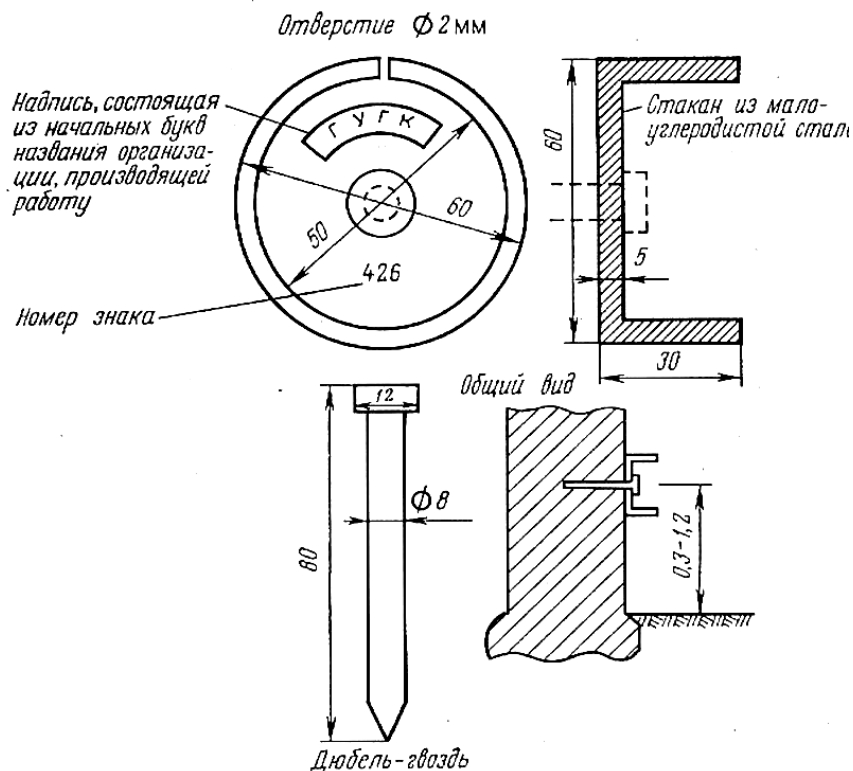


Рис. 3. Конструкция стенного знака – репер типа 7 г.р.

Стеной знак типа 8 г.р. соответствует типу стенового чугунного репера, центром служит отверстие диаметром 2 мм и глубиной 5 мм, находящееся в верхней части сферической головки, на которую передается высотная отметка (рис. 4). Для закладки знака в стене здания или сооружения с помощью шлямбура, дрели или шурфобура (отбойного молотка) пробивают отверстие такого размера, чтобы хвостовая часть знака входила в него свободно. Для диска знака (репера) выдалбливают гнездо с таким расчетом, чтобы плоскость диска оказалась заподлицо со стеной здания.

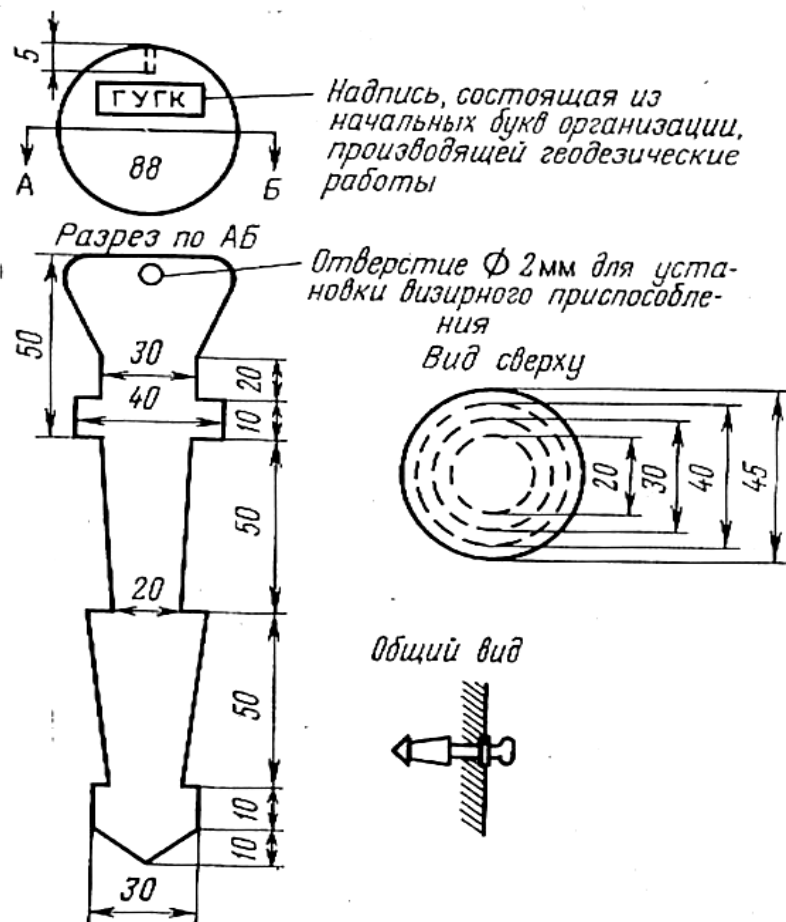


Рис. 4. Конструкция стенового знака – репер типа 8 г.р.

В качестве стеновых знаков могут использоваться металлические штыри, железнодорожные костыли, болты длиной 10–15 см (рис. 5). Предварительно на концах штыря перпендикулярно к его оси просверливают отверстие диаметром 5–6 или 2–3 мм в передней части, выступающей от стены здания. Штырь бетонируют в здание на высоте 0,5–0,7 м от земли так, чтобы передний конец штыря выступал на 1–3 см от поверхности стены, а просверленное отверстие (2–3 мм) было примерно вертикальным. Это отверстие используется для плановой привязки штыря, а верхняя его часть – для привязки по высоте. В хвостовое отверстие диаметром 5–6 мм

вставляют гвоздь или проволоку в качестве якоря при бетонировании штыря в стене [47].

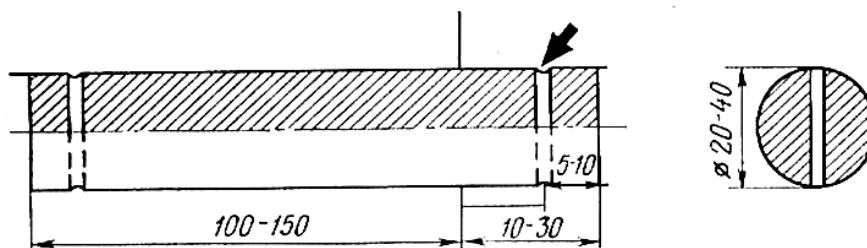


Рис. 5. Конструкция стенного знака – металлический штырь

Стенные знаки можно закладывать в цокольную часть зданий и сооружений как в единственном числе (одинарный стенной знак), так и парами (парные стенные знаки) на расстоянии друг от друга 10...20 м. В последнем случае между ними измеряют расстояние стальной рулеткой с погрешностью не более 1 мм.

Пункты ОМС следует, по возможности, размещать на землях, находящихся в государственной или муниципальной собственности, к местам установки пунктов опорных межевых сетей подъезд или подход должен быть легкодоступным, хорошо опознаваться на местности и обеспечивать долговременную сохранность их центров. На землях сельскохозяйственного назначения и в сельской местности центры, как правило, закладывают вблизи перекрестков улучшенных грунтовых дорог, опор линий электропередачи и связи, лесных полос защитных и т.п.

После закладки пункта создаются абрисы и прикладываются фотографии местности расположения пункта и самого пункта (рис. 6).

Пункты ОМС закладывают на местности с письменного согласия: городской, поселковой или сельской администрации, если они будут расположены на землях, находящихся в государственной или муниципальной собственности; собственника, владельца, пользователя земельного участка, если они будут находиться на их земельных участках; соответствующих министерств и ведомств и организаций, если они будут расположены на землях промышленности и иного специального назначения.

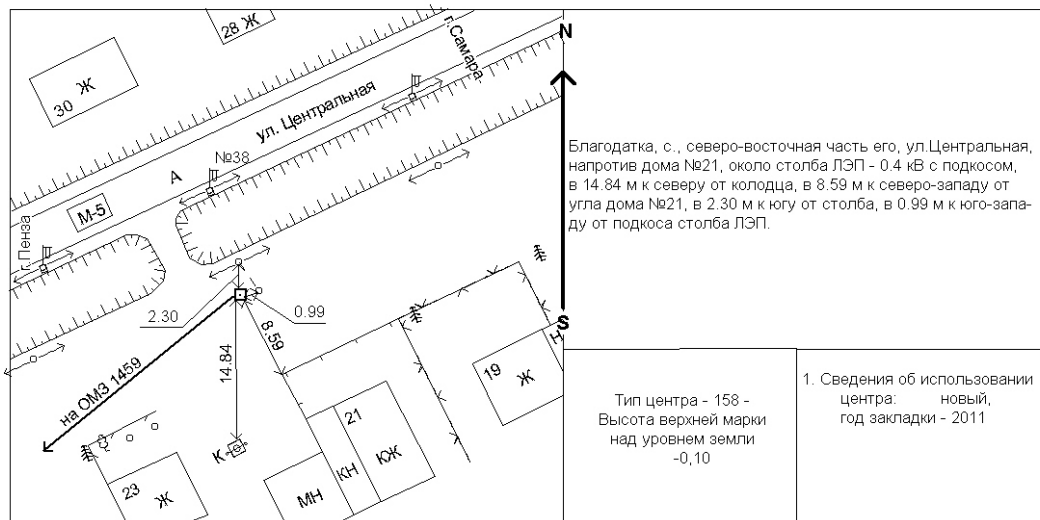
Центры пунктов геодезических сетей из-за разных объективных и субъективных причин часто уничтожают. Государственный контроль над наличием и сохранностью пунктов опорных межевых сетей осуществляет соответствующая контрольная земельная служба. Государственные инспекторы по использованию и охране земель при выявлении их умышленных повреждений и уничтожении имеют право обращаться в органы внутренних дел за установлением личности граждан, виновных в нарушении земельного законодательства, и направлять в соответствующие органы материалы для привлечения их к ответственности [21].

Опорно межевая
сеть

Название пункта № ОМЗ - 773

класс ОМС - 1

Город (населенный пункт) Пензенская область, Кузнецкий район, с.Благодатка



Составил: _____ Шалаев А.В.
(подпись, дата, фамилия)

Принял: _____ Сычев Г.Л.
(подпись, дата, фамилия)

Фотография центра



Обзорная фотография



Рис. 6. Абрис заложения пункта ОМС

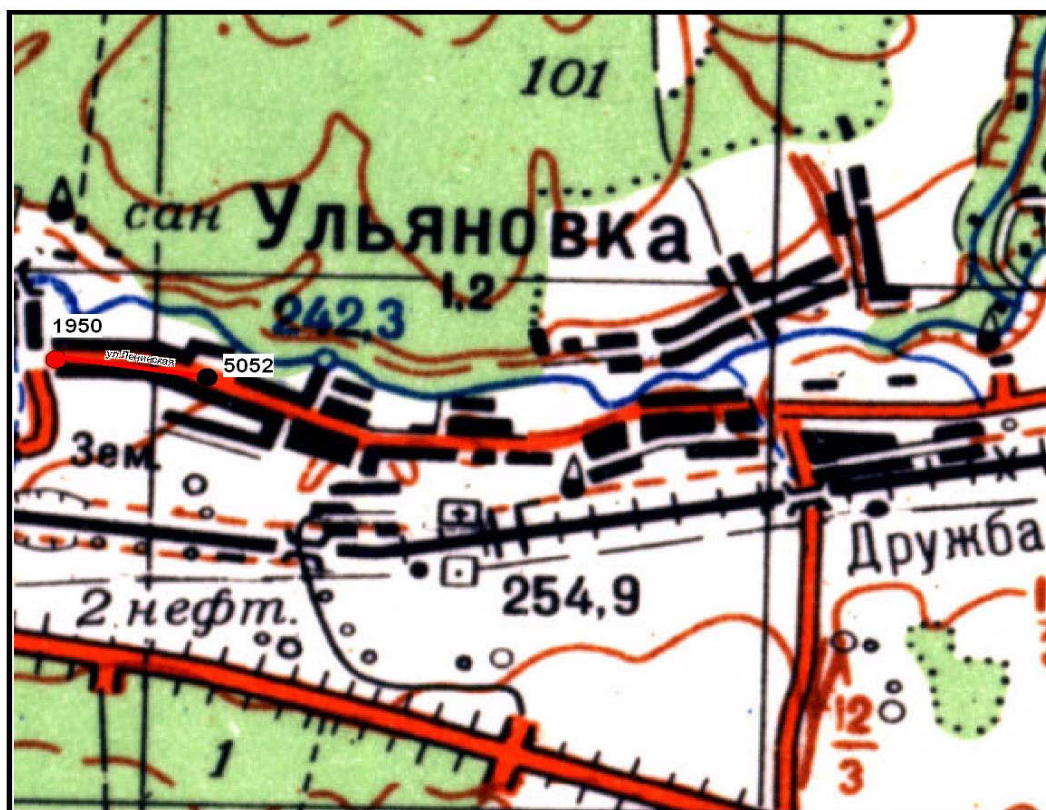
Плоские прямоугольные геодезические координаты пунктов ОМС главным образом определяют по наблюдениям ГЛОНАСС и GPS в режиме статика. Можно также использовать методы триангуляции, полигонометрии и их комбинации. Допускается определение координат пунктов ОМС2 фотограмметрическим методом, технология работ при этом должна регла-

ментироваться техническим проектом с учетом требований к точности взаимного положения смежных пунктов ОМС.

Высоты пунктов опорной межевой сети определяют в Балтийской системе высот с использованием результатов спутниковых измерений, а также геометрическим или тригонометрическим нивелированием в соответствии с техническим проектом производства геодезических работ.

Каталоги координат пунктов ОМС составляют в местной системе координат в границах кадастрового округа Российской Федерации. Ведение каталогов, как правило, выполняют в электронном виде. При составлении каталога в традиционном виде к нему прилагается схема на топографической карте масштаба 1:200 000 (рис. 7).

Схема заложения пунктов ОМС
на территории с. Ульяновка Кузнецкого района Пензенской области



Условные обозначения:

- 1950 - пункты ОМС
- 5052 - пункты ОМС закладки прошлых лет

Рис. 7. Схема заложения пунктов ОМС

В каталоге координат для каждого пункта ОМС указаны его номер, название, класс и тип центра, а также плоские прямоугольные координаты, высоты центров (табл. 6). Номер пункта ОМС устанавливают в границах кадастрового округа РФ в порядке возрастания.

Т а б л и ц а 6

Каталог (список) координат пунктов опорной межевой сети на территорию
(название кадастрового округа)

Номер пункта	Название пункта, класс, тип центра	Плоские прямоугольные координаты X, Y, м	Высота, м
ОМЗ-773	«Лесное», сев, ОМС 1, без знака; центр 4м	344527.42 1837619.71	143.3

Название пункту ОМС присваивают по названию ближайшего населенного пункта или географического объекта. Плоские прямоугольные координаты пунктов ОМС записывают с округлением до 0,01 м, высоты пунктов – до 0,1 м.

Плотность пунктов опорной межевой сети, находящихся на территории проведения земельно-кадастровых геодезических работ, обычно недостаточна для выполнения межевания земельных участков, съемки объектов недвижимости, инвентаризации земель и др. Поэтому ОМС необходимо сгустить, построив так называемую межевую съемочную сеть (МСС). *Межевую съемочную сеть* – геодезическую съемочную сеть – создают с целью сгущения ОМС для ее дальнейшего использования в качестве геодезической основы при определении плоских прямоугольных координат межевых знаков, а также других характерных точек объектов недвижимости.

При построении МСС используют различные способы производства геодезических работ: полигонометрические (теодолитные) ходы, прямые и обратные угловые засечки, линейную засечку и лучевой способ [21].

2.5. Системы координат, применяемые при геодезических работах в землеустройстве и при ведении кадастра

Традиционно этапные результаты решения планетарных задач геодезии выдавались потребителям в виде системы геодезических параметров Земли. Создано несколько таких систем. В нашей стране это Параметры Земли 1977, 1985, 1990 гг., сокращенно ПЗ-77, ПЗ-85, ПЗ-90, созданные Топографической службой Вооруженных Сил. В США – Мировые геодезические системы (World Geodetic System) 1960, 1966, 1972 и 1984 годов, сокращенно WGS-60, WGS-66, WGS-72 и WGS-84, созданные Картографическим управлением Министерства обороны США, преобразованным в 1996 году в Национальное управление по съемкам и картографированию (National Imagery and Mapping Agency, сокращенно NIMA) [23].

Для определения местности объектов на земной поверхности используют системы: пространственных прямоугольных координат; геодезиче-

ских координат; плоских прямоугольных геодезических координат; нормальных высот. Эти системы координат связаны с системой геодезических параметров, называемой «Параметры Земли» (ПЗ). Она включает в себя:

- фундаментальные астрономические и геодезические постоянные; параметры общего земного эллипсоида; систему координат;
- характеристики модели гравитационного поля Земли;
- элементы трансформирования между ПЗ и национальной референцной системой координат [21].

Начальное положение координатных осей ПЗ устанавливали по результатам обширных многолетних астрономических и геодезических измерений и по мере их совершенствования на протяжении многих лет постоянно уточняли.

Параметры Земли 1990 года (ПЗ-90) – государственная геоцентрическая система координат, используемая в целях геодезического обеспечения орбитальных полётов и решения навигационных задач (в частности, для обеспечения работы глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС). Система «Параметры Земли» ПЗ-90 заменила предыдущие наборы ПЗ-77 и ПЗ-85 и является альтернативой WGS84.

Существует уточнённая версия – ПЗ-90.02, представляющая собой систему «взаимосогласованных геодезических параметров, включающих фундаментальные геодезические постоянные, параметры общеземного эллипсоида, параметры гравитационного поля Земли, общеземную систему координат и параметры её связи с другими системами координат по состоянию на 1 января 2002 года» [2]. Версия ПЗ-90.11 основана на Международной земной системе координат.

За отсчетную поверхность в ПЗ-90.02 и ПЗ-90.11 [37] принят общеземной эллипсоид со следующими основными геометрическими характеристиками:

- большая полуось равна $6\,378\,136 \pm 1$ м;
- сжатие эллипсоида составляет $1/298,25784 \pm 0,001$;
- центр эллипсоида совмещён с началом геоцентрической системы координат.

Мировая геодезическая система 1984 года (WGS-84) [55], созданная в США по материалам наблюдений более чем 30 искусственных спутников земли, считается лучшей из зарубежных систем геодезических параметров Земли (с учетом ее модернизаций, проведенных в последние годы). Определяющими фундаментальными геодезическими постоянными системы WGS-84 являются:

- ✓ большая полуось общего земного эллипсоида $a = 6378137,0$ м;
- ✓ геоцентрическая гравитационная постоянная fM , значение которой (с учетом атмосферы) было принято равным $398600,4418 \times 10^9$;

✓ нормированный второй зональный гармонический коэффициент $C_{20} = -484164,953 \times 10^{-9}$;

✓ угловая скорость вращения Земли $\omega = 7292115,0 \times 10^{-11}$ рад/с.

Первоначальная реализация WGS-84 основывалась на наблюдениях начала 1980-х годов. С развитием GPS были предложены новые методы определения местоположения, точность которых существенно превышала точность WGS-84.

Теоретическое задание системы геодезических параметров Земли «Мировая геодезическая система», в дальнейшем названная WGS-84, построено на таких же принципах, как и система ПЗ-90. Вместе с тем между ними имеются существенные различия: взаимное несоответствие их начал координат и направлений координатных осей (рис. 8).

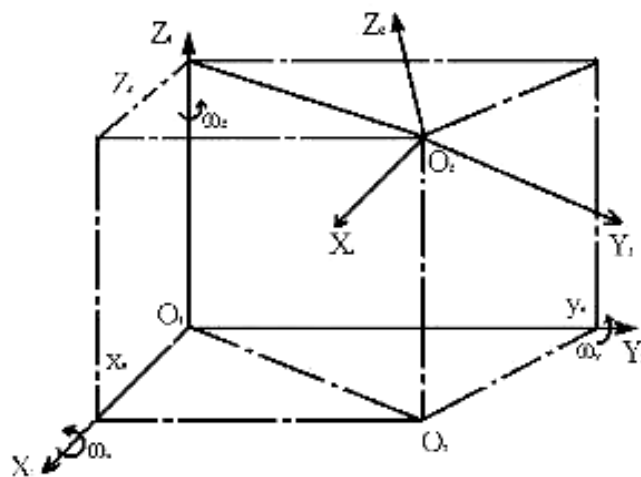


Рис. 8. Параметры связи двух пространственных систем прямоугольных координат

На рис. 8 показаны две системы пространственных прямоугольных координат: первая X_1, Y_1 и Z_1 с началом в точке O_1 и вторая X_2, Y_2 и Z_2 в точке O_2 . Начало этих систем смещено относительно друг друга вдоль координатных осей на величины X_0, Y_0 и Z_0 . При этом координатные оси второй системы развернуты относительно первой на углы поворота $\omega_x, \omega_y, \omega_z$. Параметры $X_0, Y_0, Z_0, \omega_x, \omega_y, \omega_z$ и коэффициент m (масштабный коэффициент), характеризующий соотношение масштабов двух систем, называют элементами трансформирования [21].

Численные значения элементов трансформирования между системами координат равны:

$$X_0 = (-1,08 \pm 0,2) \text{ м}; Y_0 = (-0,27 \pm 0,2) \text{ м}; Z_0 = (0,9 \pm 0,3) \text{ м}; \\ \omega_x = 0''; \omega_y = 0''; \omega_z = (-0,16 \pm 0,01)''; m = (-0,12 \pm 0,6) - 610.$$

Начало *пространственных прямоугольных координат* либо определяется при условии совмещения с центром масс Земли (в общеземных системах), либо находится вблизи от него (в референчных системах).

Ориентировка оси Z в каждой системе координат выполняется с учетом ориентировки средней оси вращения Земли. При установлении системы среднего полюса, в том числе и полюса в Системе Международного условного начала (МУН), не учитывают условия прохождения средней оси вращения через центр масс Земли, поэтому и в референцных, и в общеземных системах оси Z не совпадают со средней осью вращения, а параллельны ей. Плоскость XOY перпендикулярна оси Z и средней оси вращения Земли (рис. 9). Плоскость XOZ выбирается под условием ее параллельности плоскости начального астрономического меридиана. Благодаря названным условиям устанавливается взаимная связь между земными и звездными системами координат, применяемыми в геодезии. Оси Z не совпадают и не параллельны оси Мира, поэтому в установлении этой связи участвуют координаты мгновенного полюса относительно среднего полюса. Ось Z пересекает поверхность Земли в двух точках, которые являются геодезическими полюсами. Плоскость XOZ пересекает поверхность Земли по линии, называемой начальным геодезическим меридианом, а плоскость XOY – по линии, которая является геодезическим экватором.

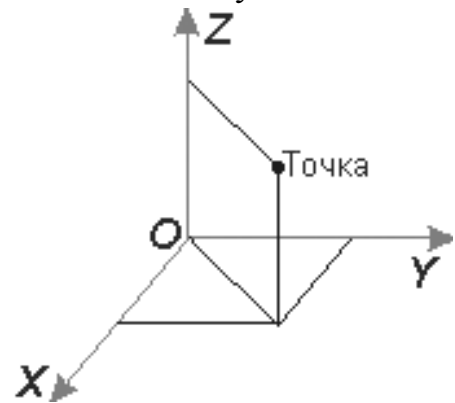


Рис. 9. Пространственные прямоугольные координаты

Начала разных систем координат по-разному расположены относительно Земли, т.е. относительно ее центра масс, поэтому в разных системах координат геодезические полюсы, начальные геодезические меридианы и экваторы на земной поверхности разные. В общеземных системах эта разница невелика и вызвана тем, что совмещение начал этих систем с центром

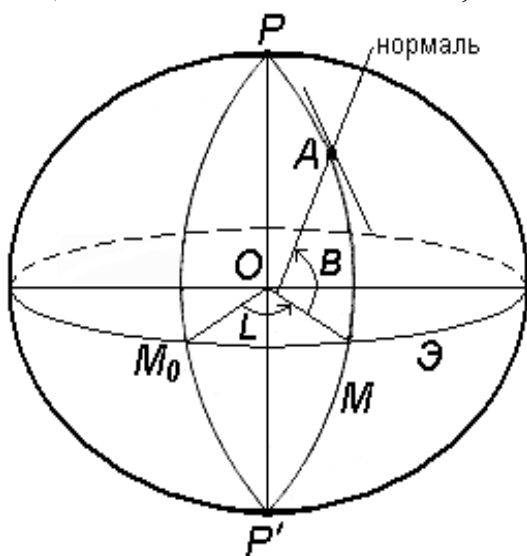


Рис. 10. Система геодезических координат

масс Земли и ориентирование осей выполняются не безошибочно [32]. Положение любой точки задается тремя пространственными координатами:

- абсциссой X ;
- ординатой Y ;
- аппликатой Z .

Геодезические координаты определяют положение точки земной поверхности на референц-эллипсоиде (рис. 10).

Геодезические (эллипсоидальные) координаты относятся к общеземному эллипсоиду, центр которого совпадает с центром масс Земли. Положение точки относительно общеземного эллипсоида

определяют ее геодезические координаты: геодезическая широта B , геодезическая долгота L и геодезическая высота H .

Геодезическая широта B – угол, образованный нормалью к поверхности эллипсоида в данной точке и плоскостью его экватора. Широта отсчитывается от экватора к северу или югу от 0° до 90° и соответственно называется северной или южной широтой.

Геодезическая долгота L – двугранный угол между плоскостями геодезического меридиана данной точки и начального геодезического Гринвичского меридиана. Долготы точек, расположенных к востоку от начального меридиана, называются восточными, а к западу – западными.

Геодезической высотой H является отрезок по нормам к эллипсоиду от точки, находящиеся на земной поверхности, до поверхности эллипсоида.

При решении инженерно-геодезических задач в основном применяют плоскую прямоугольную геодезическую систему координат.

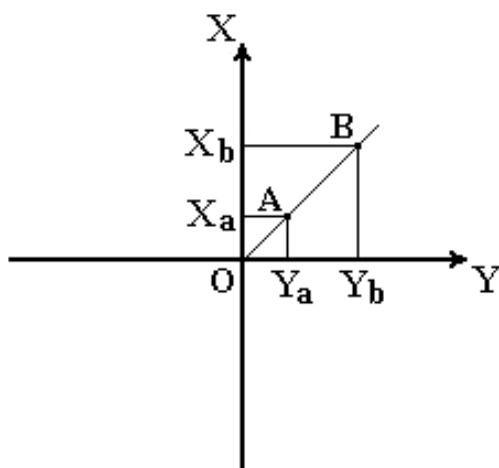


Рис. 11. Плоская прямоугольная система координат

Для определения положения точек в плоской прямоугольной геодезической системе координат используют горизонтальную координатную плоскость XOY (рис. 11), образованную двумя взаимно перпендикулярными прямыми. Одну из них принимают за ось абсцисс X , другую – за ось ординат Y , точку пересечения осей O – за начало координат [32].

Изучаемые точки проектируют с математической поверхности Земли на координатную плоскость XOY . Так как сферическая поверхность не может быть спроектирована на плоскость без искажений

(без разрывов и складок), то при построении плоской проекции математической поверхности Земли принимается неизбежность данных искажений, но при этом их величины должным образом ограничивают. Для этого применяется равноугольная картографическая проекция Гаусса – Крюгера (проекция названа по имени немецких ученых, предложивших данную проекцию и разработавших формулы для её применения в геодезии), в которой математическая поверхность Земли проектируется на плоскость по участкам – зонам, на которые вся земная поверхность делится меридианами через 6° или 3° , начиная с начального меридиана (рис. 12) [32].

В пределах каждой зоны строится своя прямоугольная система координат.

Местную систему координат задают в пределах территории кадастрового округа. Местная система плоских прямоугольных координат является системой плоских прямоугольных геодезических координат с

местными координатными сетками проекции Гаусса. В общем случае осевой меридиан местной системы координат может не совпадать с каким-либо осевым меридианом шестиградусных зон. Именно поэтому в вышеприведенном определении местной системы координат указана проекция Гаусса, а не Гаусса – Крюгера. При разработке местных систем координат используют параметры эллипсоида Красовского [41].

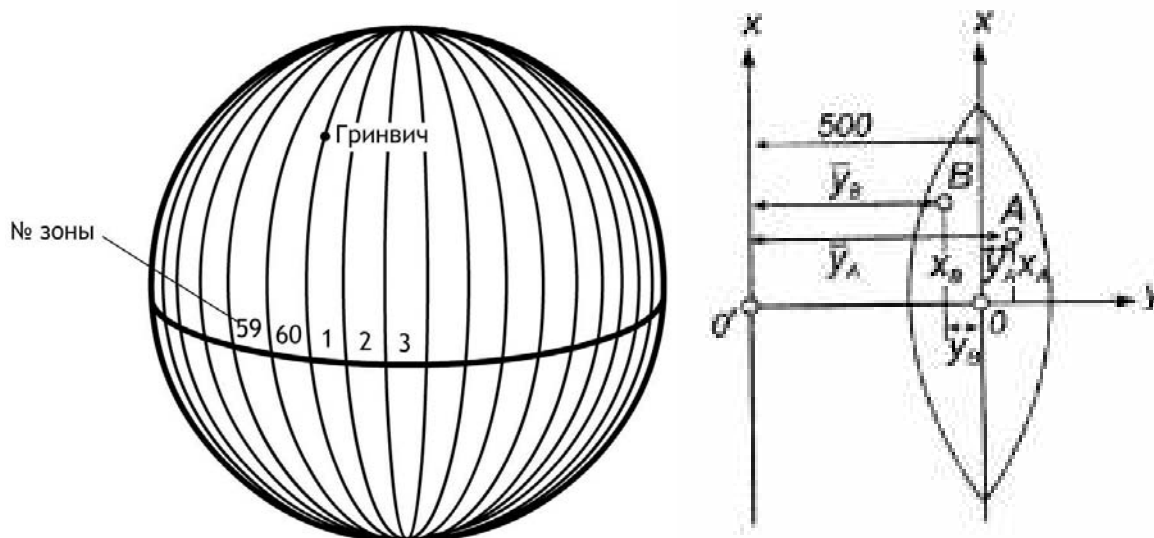


Рис. 12. Деление математической поверхности Земли на шестиградусные зоны

За основу местных систем координат может быть принята система координат СК-63, которая покрывает территорию большинства субъектов Российской Федерации несколькими самостоятельными блоками. В то же время вместо блочного покрытия территории страны местные системы координат можно устанавливать на территории кадастрового округа или кадастрового района. Местные системы координат имеют названия. Названием системы может являться ее номер, равный, например, коду (номеру) субъекта РФ.

Для кадастров уровня субъекта РФ обычно принимают условные геодезические системы координат, в которых значения широты и долготы несколько смещены относительно их истинных значений.

В каждой местной системе координат устанавливаются следующие параметры координатной сетки проекции Гаусса [21]:

- долгота осевого меридиана первой зоны L ;
- число координатных зон N ;
- координаты условного начала;
- угол поворота осей координат местной системы относительно государственной в точке местного начала координат;
- масштаб местной системы координат относительно плоской прямоугольной системы геодезических координат СК-42 или СК-95;

- высота поверхности (плоскости), принятой за исходную, к которой приведены измерения и координаты в местной системе;
- референц-эллипсоид, к которому отнесены измерения в местной системе координат;
- соответствующие формулы преобразования плоских прямоугольных геодезических координат.

Совокупность указанных параметров называют «ключом» местной системы координат. В местной системе координат может быть одна или несколько зон проекции Гаусса.

Условное начало в местных системах назначают так, чтобы координаты в пределах зоны были положительными, а значения абсцисс не имели тысяч километров. Для всех местных систем координат масштаб изображения на осевом меридиане равен единице. При изменении (уточнении) координат пунктов геодезических сетей в государственной референцной системе ключи вычисляют заново при условии минимальных изменений координат в местной системе [41].

2.6. Назначение и методы геодезического обоснования для ведения кадастра и в землеустройстве

Постоянное планово-высотное съемочное обоснование должно служить не только для съемочных и изыскательских, но и для различных разбивочных работ, исполнительных съемок, съемок подземных сетей и сооружений, для составления топографических планов и цифровых моделей местности (ЦММ).

Производству топографических съемок любого вида (теодолитных, тахеометрических, нивелирных, фототеодолитных, аэросъемок и наземно-космических съемок) предшествует обязательная и весьма ответственная работа по созданию геодезического (планово-высотного) обоснования, качество которого во многом определяет и качество (точность) получаемых топографических планов и ЦММ. Геодезическое обоснование съемок представляет собой систему закрепленных на местности точек (временных геодезических пунктов) с известными плановыми или пространственными (планово-высотными) координатами.

В качестве планового обоснования съемок могут быть использованы государственные геодезические сети 1, 2, 3 и 4-го классов, а в качестве высотного – государственные нивелирные сети I, II, III и IV классов. Однако государственные плановые сети имеют плотность в среднем 1 пункт на 5–15 км², высотные – 1 пункт на 5–7 км², и эта плотность в большинстве случаев оказывается недостаточной для производства топографических съемок и геодезического сопровождения инженерных работ. Поэтому осуществляют дальнейшее сгущение геодезических сетей путем создания сетей местного значения – сетей сгущения и съемочных сетей.

Все работы по созданию геодезического обоснования выполняют последовательно в следующем порядке.

1. Проектирование геодезического обоснования топографических съемок производят по имеющимся топографическим картам на район производства работ с учетом назначения и масштаба предстоящих съемок. При выборе того или иного метода создания обоснования исходят из директивных сроков производства работ, наличного парка геодезического оборудования, физико-географических условий района, требуемой точности и плотности пунктов обоснования, возможности привязки к государственным сетям, возможности дальнейшего сгущения обоснования, долговременности сохранности пунктов вновь создаваемой сети, удобства линейных измерений (по дорогам, просекам, вдоль рек и т. д.) и, самое главное, наибольшего охвата местности в ходе съемки с одного пункта. В итоге проектирования создают план производства работ и смету затрат.

2. В результате рекогносцировки на местности уточняют проект обоснования и, если необходимо, корректируют его.

3. Все пункты геодезического обоснования, в зависимости от назначения, закрепляют на местности капитальными или временными знаками.

4. В результате выполнения полевых работ измеряют величины, необходимые для определения планового или планово-высотного положения всех пунктов обоснования.

5. Заключительным этапом создания съемочного обоснования является камеральное вычисление координат пунктов X , Y и H , определяющих положение пунктов съемочного обоснования в принятой системе координат.

2.7. Перевычисление координат точек полигонов и границ землевладений и землепользований, полученных в разных системах, в единую систему координат

В практике геодезических работ при землеустройстве приходится сталкиваться со случаями, когда точки границ земельного участка находятся в разных координатных зонах проекции Гаусса. Еще чаще встречаются случаи, когда при создании плана (карты) границ земельного участка используются планы (карты) других участков, составленные в разных местных системах координат. Местные системы координат могут иметь различные условные начала и углы поворота осей координат относительно государственной системы координат и относительно друг друга. Таким образом, наличие координатных зон, на которые делится земная поверхность при использовании плоских прямоугольных координат в проекции Гаусса, а также местных систем координат, приводит к необходимости преобразовывать эти координаты из системы одной зоны в систему другой зоны, т.е. из зоны в зону [21].

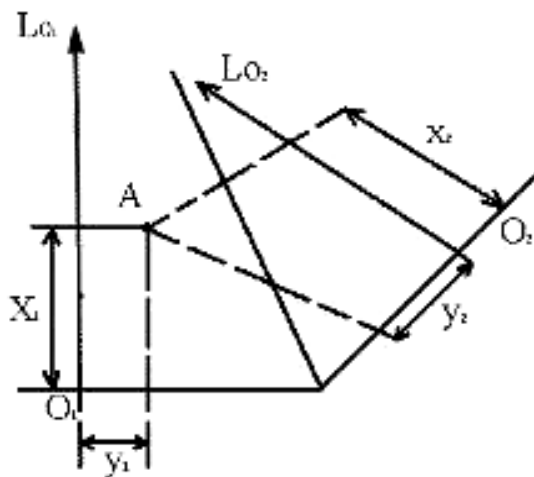


Рис. 13. Преобразование координат

Преобразованием системы координат называется переход от одной системы координат к другой [44]. Задача преобразования координат из зоны в зону состоит в том, что по данным координатам X_1, Y_1 точки A в системе одной зоны (рис. 13) требуется найти: координаты X_2, Y_2 той же точки A в системе другой зоны. Эта задача может решаться графическим и аналитическим способами.

Способ преобразования координат по двум связующим точкам. Для применения данного способа две или более точки должны иметь ординаты в одной и другой системах координат. Такие точки называются связующими. Этот способ чаще всего применяется для преобразования координат из одной местной системы координат в другую. В основу способа положен перенос начала отчета координат одной системы (точка O_1) в начало отчета другой системы (точка O_2) с одновременным разворотом второй относительно первой на угол Q (рис. 14) [21].

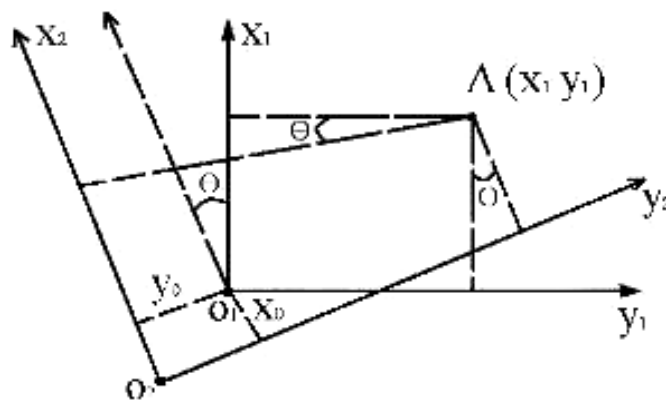


Рис. 14. Схема положения точки в разных системах координат

Схема положения точки в разных системах координат. Такая задача решается в аналитической геометрии по следующим формулам:

$$X_2 = X_0 + X_1 \times \cos Q - Y_1 \times \sin Q;$$

$$Y_2 = Y_0 + Y_1 \times \cos Q + X_1 \times \sin Q,$$

где X_0 и Y_0 – координаты начала отчета новой системы координат;
 X_1, Y_1, X_2, Y_2 – координаты точки в старой и новой системах координат;
 Q – угол поворота осей координат.

Задача по преобразованию координат из одной местной системы в другую может быть такой: имеются координаты n точек в системе координат одной зоны, требуется определить координаты этих точек в системе координат другой зоны. Из всех n точек две точки, например A и B , которые являются связующими, имеют координаты в одной и другой системах координат. Тогда, решив две обратные геодезические задачи для точек A и B по координатам одной и другой системы координат, получают два дирекционных угла (α_{AB} и α'_{AB}) и два горизонтальных положения (S_{AB} и S'_{AB}). Затем вычисляют угол поворота осей координат Q , масштабный множитель m и коэффициенты K_1, K_2 по формулам:

$$Q = \alpha'_{AB} - \alpha_{AB}; m = S'_{AB} / S_{AB};$$

$$K_1 = m \times \cos Q; K_2 = m \times \sin Q$$

Коэффициенты K_1 и K_2 являются значениями поправок, вводимых в приращения координат при преобразовании координат точек из одной системы координат в другую. Используя эти коэффициенты, координаты других ($n-2$) точек преобразуем для определения следующей координаты точки C по формулам

$$X'_C = X'_B + (X_C - X_B) \times K_1 - (Y_C - Y_B) \times K_2;$$

$$Y'_C = Y'_B + (Y_C - Y_B) \times K_1 + (X_C - X_B) \times K_2,$$

где X_B, Y_B, X_C, Y_C – координаты точек B и C в системе координат исходной зоны;

X'_B, Y'_B, X'_C, Y'_C – преобразованные координаты этих точек в другой системе.

Таким же образом осуществляется преобразование координат последующих точек [21].

Графический способ преобразования координат основан на использовании дополнительной сетки плоских прямоугольных координат. Такая сетка прямоугольных координат, точнее, выходы координатных линий смежной зоны (западной или восточной) имеются на картах в пределах $0^\circ 30'$ полосы к востоку и западу от граничного меридиана зон. Для нахождения координат точки в системе другой зоны наносим на карту эту точку по исходным координатам (X_1, Y_1), пользуясь основной сеткой прямоугольных координат, и затем определяем координаты этой точки в системе другой зоны (X_2, Y_2), пользуясь дополнительной сеткой. Считается, что точность преобразования координат характеризуется среднеквадратической погрешностью $0,2-0,3$ мм в масштабе карты, а такая точность не всегда отвечает требованиям нормы точности. В связи с этим графический способ преобразования координат из одной плоской прямоугольной системы в другую следует применять для контроля преобразования аналити-

ческими способами или на стадии эскизного проектирования земельных участков.

Аналитический способ преобразования плоских прямоугольных координат основан на зависимости между геодезическими и плоскими прямоугольными координатами. Этот способ состоит в том, что, имея плоские прямоугольные координаты (X_1, Y_1) точки в одной зоне, вычисляют ее геодезические координаты (B, L) . Затем с учетом разности долгот осевых меридианов соответствующих зон, используя найденные геодезические координаты (B, L') , вновь определяют плоские прямоугольные координаты (X_2, Y_2) точки, но в смежной зоне. Для 60-градусной зоны $L' = L \pm 60$, значение широты в соответствии с проекцией Гаусса не изменяется. В этих случаях для описания положения точек берут системы координат обеих смежных зон. Упрощенные формулы перехода от геодезических координат точки к плоским прямоугольным координатам имеют вид:

$$X_2 = X + \frac{l^2}{2P^2} \cdot N \cdot \sin B \cdot \cos B \{ \dots \};$$

$$Y_2 = \frac{1}{P} \cdot N \cdot \cos B.$$

где X – длина дуги меридиана от экватора до параллели данной точки;
 N – радиус кривизны поверхности эллипсоида;
 P – значение радиана;
 $l = L - L_0$ – разность долгот меридиана данной точки и осевого меридиана зоны;
 B – геодезическая широта точки

Значения величин, входящих в эти формулы, можно показать следующим рисунком (рис. 15).

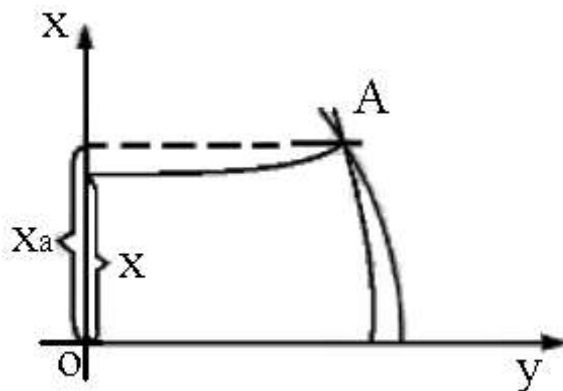


Рис. 15. Зависимость геодезических и плоских прямоугольных координат точки

Для преобразования плоских прямоугольных координат из одной 6-градусной зоны в другую могут применяться различные таблицы, в которых даны рекомендации по их применению [21].

Контрольные вопросы

1. Какие данные требуются для выполнения инженерно-геодезических работ?
2. Что относится к астрономо-геодезическим данным?
3. Что относится к инженерно-геодезическим данным?
4. Что называется геодезической сетью?
5. Какие геодезические сети используются для выполнения геодезических работ при землеустройстве?
6. Каким образом следует учитывать точность геодезических работ при землеустройстве?
7. Назначение плановых геодезических сетей?
8. В чем отличие геодезических сетей ОМС1, ОМС2 и МСС?
9. Что представляет собой государственная геодезическая сеть?
10. Какие геодезические построения включает в себя ГГС?
11. Что представляет собой опорная межевая сеть?
12. Каков порядок построения ОМС?
13. Что представляет собой пункт опорной межевой сети?
14. На каких землях рекомендуется размещать пункты ОМС?
15. Какие сведения приводят в каталоге координат пунктов опорной межевой сети?
16. Для чего создают межевые съемочные сети?
17. Как закрепляют на местности месторасположение ственных знаков?
18. Какие причины вызывают необходимость выполнять преобразование координат?
19. На чем основан графический способ преобразования координат?
20. В каких случаях следует применять графический способ преобразования координат?
21. Какие аналитические способы преобразования координат существуют?
22. Каким образом можно преобразовать координаты из одной 6-градусной зоны в другую?

3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАНОВО-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА И СПОСОБОВ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

3.1. Виды планово-картографических материалов, используемых в землеустройстве, кадастре недвижимости

Для проведения геодезических работ при землеустройстве, кадастре и подготовки документации используются различные картографические материалы. К ним относятся:

- топографические карты различных масштабов;
- топографические планы;
- цифровые модели местности;
- электронные карты (планы).

Топографической картой называют уменьшенное, обобщенное изображение поверхности Земли, построенное на плоскости в картографической проекции. Топографическая карта содержит сведения об опорных геодезических пунктах, рельефе, гидрографии, растительности, грунтах, хозяйственных и культурных объектах, дорогах, коммуникациях, границах и других объектах местности. Полнота содержания и точность топографических карт позволяют решать технические задачи [29].

Степень уменьшения картографической поверхности показывает масштаб карты.

При землеустроительных работах в основном используют крупномасштабные карты¹ (1:10 000; 1:25 000; 1:50 000). Переход от поверхности земли на плоскость при создании карт сопровождается искажениями длин линий, углов и площадей, при этом искажения зависят от соответствующего математического алгоритма перехода (вида проекций). Из-за искажений при переходе от поверхности земли на плоскость, масштаб карты в зоне проектирования изменяется. В проекции Гаусса – Крюгера масштаб изображения линий, объекта проектирования зависит от удаленности их от осевого меридиана зоны.

Топографический план (от лат. *planum* – плоскость) – крупномасштабный чертеж, изображающий в условных знаках на плоскости (в масштабе 1:10 000 и крупнее) небольшой участок земной поверхности, построенный без учета кривизны уровенной поверхности и сохраняющий постоянный масштаб в любой точке и по всем направлениям [38].

¹ Все географические карты в зависимости от масштабов условно подразделяются на следующие типы:

- топографические планы – до 1:5 000 включительно;
- крупномасштабные топографические карты – от 1:10 000 до 1:200 000 включительно;
- среднемасштабные топографические карты – от 1:200 000 (не включая) до 1:1 000 000 включительно;
- мелкомасштабные топографические карты – менее (меньше) 1:1 000 000.

Топографические планы получают проведением различных видов съемок: теодолитной, мензульной, тахеометрической, аэрокосмической, фототеодолитной, нивелирной.

Для получения планов небольших участков местности, занимающих площади в несколько сотен и тысяч гектаров, применяют теодолитную, мензульную или тахеометрическую съемку.

Планы значительных по площади территорий получают аэрокосмической фотосъемкой. По картам и планам детально изучают местность, производят ориентирование на местности, а также различные измерения (координат, длин линий, площадей) и расчеты. Также измерения и расчеты служат основой для проведения геодезических работ, особенно на начальных стадиях, и применяются для «грубого» контроля в процессе их выполнения [21].

В настоящее время при геодезических работах землеустройства широко применяются цифровые модели местности и электронные карты.

Цифровая модель местности (ЦММ) – цифровая модель, содержащая информацию об объектах местности и ее характеристиках. Эта информация подразделяется на:

- метрическую информацию (геодезические пространственные координаты характерных точек рельефа и ситуации);
- синтаксическую информацию для описания связей между точками (границы зданий, лесов, пашни, водоемов, дороги, водораздельные и водосливные линии, направления скатов между характерными точками на склонах и т.п.);
- семантическую информацию, характеризующую свойства объектов (технические параметры инженерных сооружений, геологическая характеристика грунтов, данные о деревьях в лесных массивах и т.п.);
- структурную информацию, описывающую связи между различными объектами – отношения объектов к какому-либо множеству (раздельные пункты железнодорожной линии, здания и сооружения населенного пункта, строения и конструкции соответствующих производств и т.п.);
- общую информацию (название участка, система координат и высот, номенклатура) [50].

Элементарное звено ЦММ – точечный объект, который, как правило, формируют по результатам геодезических, фотограмметрических картометрических работ, а также по соответствующим сведениям других источников информации, например Единого государственного реестра.

Более сложный объект может быть представлен (как совокупность точечных объектов) в виде линейных, условно-линейных, площадных, а также комплексных объектов. Формируют сложный объект на основе собранной метрической и семантической информации, содержащейся в его

описании в соответствии с установленной системой классификации и кодирования.

Один из основных методов отображения пространственных данных, сформированных в виде ЦММ, и соответствующих сведений – их представление в виде электронной карты (плана).

Электронная карта – цифровая картографическая модель, сформированная на машинном носителе с использованием программных и технических средств (ГИС) в принятой проекции, в системе координат и высот, условных знаках, предназначенных для отображения, анализа и моделирования, а также решения информационных и расчетных задач по данным о местности и обстановке [51].

Цифровые топографо-геодезические электронные карты могут быть представлены в виде растровых электронных карт (планов) и векторных цифровых карт (планов).

Растровые электронные планы (карты) – электронные планы (карты), картографическая информация которых представлена в виде матрицы, ее элементами являются коды цветов картографического изображения. Растровые электронные планы (карты) создаются путем сканирования традиционных топографических материалов или растеризацией векторных цифровых моделей местности. Растровые материалы могут быть черно-белыми, полутоновыми и цветными. Основной характеристикой растрового изображения является его плотность, измеряемая обычно в точках на дюйм (d_{pi}).

Векторные электронные планы (карты) – электронные планы (карты), картографическая информация которых представлена в виде последовательности векторов. Семантическая информация у векторных электронных планов (карт) может не определяться (отсутствовать). Векторные электронные планы (карты) создаются на основе автоматизированных методов (передача информации с электронных накопителей геодезических приборов) или путем сканирования графического изображения традиционных планов и их последующей векторизации.

Точечный объект электронной карты – объект, местоположение которого описывается координатами одной точки. Линейный объект электронной карты – объект, метрика которого описывает положение осевой линии объекта. Площадной объект электронной карты – объект, метрика которого описывает положение границ объектов [51].

3.2. Понятие о детальности, полноте и точности планово-картографического материала

Планы и карты, полученные в результате различных видов съемок, имеют неодинаковую детальность и полноту.

Под детальностью понимают степень подобия изображения на плане (карте) всех изгибов и извилин контуров ситуации и рельефа. При отсут-

ствии детальности говорят, что изображение ситуаций и рельефа на плане (карте) обобщено. Обобщение (генерализация) происходит при дешифрировании фотоматериалов, при рисовке рельефа и при выполнении наземных съемок.

Под полнотой понимают степень насыщенности плана объектами местности, изображение которых на плане необходимо и при данном масштабе и высоте сечения рельефа возможно.

Хорошей детальностью и полнотой обладают планы (карты), получаемые методами аэрофотосъемки (космической) съемки. Меньшей детальностью и полнотой обладают планы (карты), получаемые другими видами съемок, т.к. качество их изготовления зависит от внимания и производственного опыта исполнителя [18].

Важной характеристикой карты (плана) является точность. Под точностью карты (плана) понимают степень соответствия пространственного положения точек местности с их изображением на карте (плане).

Детальность и полнота планов зависят от детальности и полноты абрисов.

Под точностью плана (карты) понимают величину средней квадратической погрешности m_t положения контурной точки на плане относительно ближайшего пункта главного геодезического обоснования съемки (контурная точка – точка объекта).

Погрешность положения точки (пункта) m_t является двумерной и определяется формулой

$$m_t = \sqrt{m_x^2 + m_y^2},$$

где m_x и m_y – погрешности координат точки (т.е. погрешности положения точки по осям координат).

Если $m_x = m_y = m_k$ (т.е. точность положения точки приближенно характеризуется кругом погрешностей, а не эллипсом, что точнее), тогда

$$m_t = m_k \sqrt{2} \quad \text{и} \quad m_k = m_t / \sqrt{2},$$

где m_k – средняя квадратическая погрешность координат точки.

Числовые значения средних квадратических погрешностей положения контурных точек m_t на плане для различных объектов приведены в табл. 7 [21].

Для характеристики детальности и полноты может применяться величина называемая информативной плотностью топографического плана (карты) Q , которая равна:

$$Q = \frac{R_O}{R_M},$$

где R_O – информативность топографической карты или плана (инф. ед/га);

R_M – масштабообразующая информационная емкость топографической карты плана (инф. ед./га).

Т а б л и ц а 7

Значения средних квадратических погрешностей положения точек

Наименование объекта	m_t , см
1	2
Углы капитальных построек, оград, центры колодцев и точки других постоянных точек	0,02; 0,03
Точки пересечения асфальтированных дорог, кварталов сельских населенных пунктов, канав	0,04; 0,05
Точки границ пашни, пересечения грунтовых дорог, лесных просек и других малоизменчивых объектов	0,06; 0,1
Точки границ леса, кустарника, луговой растительности урезов воды рек, а также других изменчивых объектов	0,11; 0,15

Под характеристикой R_O информативности топографического плана понимают достаточное для потребителя количество информации позволяющей выполнить конкретную землеустроительную задачу. Для вычисления R_O , инф. ед/га используют формулу

$$R_O = KN + 1,2n,$$

где K – число информационных единиц, зависящее от минимальной площади земельного участка P (m^2), который отображен на плане или карте, K принимается равным 3,0; 2,7; 2,5; 2,3 и 1,8 инф. ед. соответственно для площадей земельных участков 1, 5, 10, 20 и 100 m^2 ;

N – среднее число участков на плане (карте);

n – среднее число объектов местности, показанных масштабными и внемасштабными условными знаками.

Значение масштабообразующей информационной емкости R_M для топографических планов и карт в масштабах 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 и 1:10000 соответственно составляют 500, 300, 110, 30 и 10 инф. ед/га.

Считается, что если информативная плотность топографического плана больше единицы, то многие необходимые объекты местности не выражены в данном масштабе плана (карты). Информативную плотность топографического плана можно применять как критерий обоснования выбора масштаба топографического плана для его использования в конкретных практических целях [21].

3.3. Точность положения контурных точек на планах.

Точность изображения расстояний, направлений, площадей, превышений и уклонов на планах и картах

Точность положения контурных точек на планах. Точность планов разных видов съемок различна, что объясняется различием приборов и технологических процессов, применяемых на съемках.

Согласно многочисленным исследованиям погрешности положения точки для теодолитной, мензульной и аэрофотосъемки в масштабе 1:10000 примерно одинаковы и составляют 4 м, т.е. на плане 0,4 мм. Согласно Инструкции по топографическим съемкам [7] для масштабов 1:500 – 1:10000 средние погрешности в положении на карте четких контуров и предметов местности относительно ближайших точек планового съемочного обоснования не должны превышать:

0,5 мм – при создании карт и планов равнинных и холмистых местностей;

0,7 мм – при создании карт местности с большими уклонами.

Некоторые исследователи замечают, что с укрупнением масштаба погрешности положения контурных точек на плане увеличиваются. Точность расплывчатых нечетких контуров, например, болот достигает 10 м на местности, а положение контуров почвенных разновидностей – 40 м.

Копии планов обладают меньшей точностью по сравнению с оригиналом. Наиболее точны ксерокопия и копии, полученные фотомеханическим способом. Если копирование производится графическим или графомеханическим способом, то для сохранения точности копии на бумаге строят координатную сетку и все точки (границы, геодезические пункты) наносят на нее по координатам [18].

Точность изображения расстояний. Если отдельные точки на плане имеют погрешности, то и расстояния между ними будут определены с погрешностями. Надо определить погрешность расстояния S между точкой 1 и точкой 2 с координатами X_1, Y_1 и X_2, Y_2 :

$$S^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2.$$

Возьмем полный дифференциал этого выражения ($dS, dx_1, dy_1, dx_2, dy_2$) и получим при $dS = m_s, dx_1 = m_{kx}, dy_1 = m_{ky}, m_{kx} = m_{ky} = m_k, m_t = m_k \sqrt{2}$, что $m_s = m_t$, т.е. средняя квадратическая погрешность расстояния между точками на плане равна средней квадратической погрешности положения точки.

Средняя квадратическая погрешность определения расстояния между точками 1 и 2 с помощью измерителя и масштабной линейки с учетом точности плана получится по формуле

$$m_{s_0} = \sqrt{m_t^2 + m_{\Gamma}^2},$$

где m_t – средняя квадратическая погрешность расстояний между точками 1 и 2;

m_{Γ} – графическая погрешность (0,08 – 0,1 мм).

Точность направлений [18]. Точность направления, характеризуемого азимутом (дирекционным углом) линии между двумя точками на плане (точками 1 и 2), зависит от погрешностей положения этих точек m_{x_1} , m_{y_1} и m_{x_2} , m_{y_2} .

Тогда дирекционный угол α направления с точки 1 на точку 2 определим по формуле

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}.$$

После дифференцирования, переходя к средним квадратическим погрешностям:

$$m_{k_1} = m_{x_1} = m_{y_1}, \quad m_{k_2} = m_{x_2} = m_{y_2},$$

$$m_{t_1} = m_{k_1} \sqrt{2} \quad \text{и} \quad m_{t_2} = m_{k_2} \sqrt{2},$$

получаем:

$$m_\alpha^2 = \frac{1}{2S^2} (m_{t_1}^2 + m_{t_2}^2).$$

Если же принять $m_{t_1} = m_{t_2} = m_t$, то $m_\alpha = \frac{m_t}{S}$, при этом m_α выражена в радианной мере.

Если m_α выразить в минутах, то $m_\alpha^2 = \frac{1}{2} (m_{t_1}^2 + m_{t_2}^2) \left(\frac{3438'}{S} \right)^2$ и $m_\alpha = \frac{m_t}{S} 3438'$, т.е. погрешность дирекционного угла увеличивается с уменьшением расстояния между точками.

Точность определения площадей контуров [18]. Погрешности положения контура вызывают погрешность его площади. Чтобы определить погрешность площади контура в зависимости от погрешностей положения поворотных точек этого контура, надо представить, что каждая такая точка определяется на плане независимо от других и ее положение характеризуется координатами x_i и y_i со средними квадратическими погрешностями m_{x_i} и m_{y_i} .

Зависимость площади контура от координат его поворотных точек можно представить формулой

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}).$$

Для получения зависимости средних квадратических погрешностей площади от координат точек контура продифференцируем это выражение по всем переменным x_i и y_i и после преобразования получим:

$$m_p^2 = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^n m_{t_i}^2 D_i^2,$$

где D_i – диагонали.

Если участок близок к правильному многоугольнику с n вершинами, то

$$m_p = S \sin \frac{\beta}{2} m_t \sqrt{n/2} = m_t \sqrt{\frac{P \sin 360^\circ}{n}}:$$

- для прямоугольника $m_p = m_t \sqrt{P} \sqrt{(1+k^2)/2k}$,

где k – отношение большей стороны к меньшей;

- для квадрата $m_p = m_t \sqrt{P}$, причем $[m_p] = \text{м}^2$, $[m_t] = \text{м}$, $[P] = \text{м}^2$.

Теперь для выражения m_p и P в гектарах на местности и m_t в сантиметрах на плане напишем:

$$m_p \text{ (га)} \cdot 10000 = \frac{m_t \text{ (см)}}{100} \cdot M \sqrt{P \text{ (га)} \cdot 10000}.$$

Тогда $m_p \text{ (га)} = m_t \text{ (см)} \cdot \frac{M}{10000} \sqrt{P \text{ (га)}}$, где M – знаменатель численного масштаба.

Из анализа формул следует, что погрешности площадей фигур значительно уменьшаются с увеличением числа точек фигуры и несколько увеличиваются с увеличением ее вытянутости k .

Точность превышений и уклонов [18]. Превышения и уклоны линий между точками определяют по плану с горизонталями, изображающими рельеф местности. Точность изображения рельефа на плане обычно характеризуется средней квадратической погрешностью высоты точки, лежащей на горизонтали, т.е. средней квадратической погрешностью положения горизонтали по высоте, которую можно охарактеризовать по формуле Коппе:

$$m_H = a + b \operatorname{tg} v,$$

где a – величина, характеризующая точность определения точки земной поверхности по высоте;

b – величина, характеризующая сдвиг точки в горизонтальной плоскости вследствие погрешностей определения планового положения станции и пикетов, интерполирования, проведения горизонталей;

v – угол наклона.

Среднюю квадратическую погрешность превышения между точками 1 и 2 с высотами H_1 и H_2 находим по формуле $m_h = m_H \sqrt{2}$. Если расстояние между точками мало, то величины H_1 и H_2 коррелированы и $m_h = m_H \sqrt{2(1-r)}$.

Среднюю квадратическую погрешность уклона, определяемого по горизонталям плана, можно получить по формулам $i = h/S$ и $m_i = m_h/S$, т.е. точность определения уклона снижается с уменьшением расстояния. Следовательно, уклон надо считать по возможно большему расстоянию.

3.4. Корректировка планово-картографического материала

Планы и карты отображают ситуацию местности, соответствующую времени выполнения съемок, поэтому с течением времени зафиксированная на них информация все меньше соответствует фактическому состоянию. С течением времени карты (планы) стареют, т.е. ситуация местности, отображенная на карте (плане), изменяется.

Старение планов и карт обусловлено:

- 1) непрерывным изменением облика земной поверхности, в большей степени зависящим от хозяйственной деятельности человека;
- 2) повышением требований к их точности, детальности, полноте, содержанию и оформлению в связи с научно-техническим прогрессом.

Изменения могут происходить [18]:

- в размерах и конфигурации землепользований и их контуров в связи с трансформацией, изъятием и отводом земель;
- в качественном состоянии участков в связи с проведением мелиоративных, агротехнических и других мероприятий;
- в составе категорий земель и категорий землепользователей;
- в размерах территорий из-за изменения административных границ.

Быстрое старение планов и карт, используемых при проведении землеустройства и кадастра недвижимости, вызывает необходимость их систематического обновления. Требуется определять плановые показатели старения планов и карт для установления сроков их обновления или корректировки.

Под обновлением понимают составление новых планов на основе новых съемок с использованием существующих планов и их геодезического обоснования. Периоды обновления устанавливаются от 8 до 15 лет, в зависимости от степени старения планов и карт в различных районах картографирования. Однако быстрое старение планов и карт заставляет проводить мероприятия по поддержанию планов (карт) на современном уровне через более короткие сроки, чтобы систематически удовлетворять

требованиям достоверной информации об использовании земли при проведении кадастра [21].

Корректировкой называют съемку появившихся объектов ситуации местности, нанесение результатов съемки на существующий план (карту) и уничтожение исчезнувших объектов. Корректировка может производиться аэрофотосъемкой или наземными съемками. Корректировка выполняется, как правило, по мере необходимости участка местности, предназначенного для проведения землеустроительных и кадастровых мероприятий.

Степень старения планов и карт целесообразно определять главным образом с точки зрения стоимости работ по корректировке и обновлению плана. Стоимость работ зависит от следующих факторов:

- степени старения плана (карты);
- способа корректировки (наземным способом или с помощью аэрофотосъемки);
- вида корректируемого плана, составленного способом наземной или аэрофотосъемки (штриховой или фотоплан);
- категории сложности снимаемой местности.

Стоимость корректировки зависит преимущественно от объема полевых работ, который всегда меньше при использовании аэрофотосъемки, чем при наземном методе. Объем полевых работ, в свою очередь, определяется длиной снимаемых контуров и съемочных ходов, прокладываемых в целях съемок происшедших изменений. Поэтому основным показателем старения планов и карт λ является отношение сумм длин снимаемых и наносимых на план контуров l к сумме длин всех контуров L на момент съемки:

$$\lambda(\%) = \frac{l}{L} \cdot 100.$$

Однако проще определять λ из отношения площадей контуров, изменившихся p и всех изображенных на плане P :

$$\lambda(\%) = 100 \cdot \sqrt{\frac{p}{P}}.$$

Если корректировка будет выполняться наземными методами, то ее целесообразно проводить при $\lambda = 40\text{--}50\%$. При использовании аэрофотосъемки корректировка выгодна при $\lambda = 10\text{--}30\%$, в зависимости от сложности условий местности. При выполнении работ по корректировке всегда стремятся к сохранению точности корректируемых планов (карт).

При выполнении работ по корректировке ставится задача – выбрать такие способы корректировки, которые практически обеспечили бы сохранение точности корректируемых планов. Корректировкой невозможно исправить плохой по качеству план, но неудачно выбранный способ

корректировки может привести к недопустимой потере точности корректируемого плана.

Корректировка планов и карт является самостоятельным видом геодезических работ, выполняемых для внесения в план изменений ситуации после последней съемки, с сохранением точности корректируемого плана.

Работа по корректировке осуществляется в следующем порядке [18].

1. Подготовительные камеральные работы – заключаются в подборе и подготовке планов (карт), требующих корректировки, и других документов и материалов, используемых при корректировке.

2. Полевое дешифрирование появившихся контуров на снимках новой аэрофотосъемки или сличение корректируемого плана с местностью (осмотр, рекогносцировка местности). С осмотра (рекогносцировки) местности начинается полевая работа по корректировке плана, которая состоит во внимательном сличении корректируемого плана с местностью. В процессе осмотра местности выполняют следующие работы:

- исправляют на плане изменившиеся наименования;
- выявляют контуры и массивы, подлежащие съемке;
- намечают схемы построения съемочного обоснования, т.е. на плане делают пометку о предполагаемом виде построения съемочного обоснования (проложение съемочного хода, цепи треугольников, построение геометрической сети или проложение мензульных ходов, определение положения точек неизменившейся ситуации) в зависимости от характера местности и степени изменений ситуации, их разбросанности, наличия пунктов геодезических сетей, метеоусловий;
- определяют методы съемки (теодолитом, мензулой, мерным прибором) появившихся контуров и массивов местности.

3. Удаление с плана исчезнувших контуров.

4. Построение съемочного обоснования, если в этом есть необходимость.

5. Съемка появившихся контуров.

6. Нанесение результатов съемки и дешифрирования на план и составление калек выполняемых работ.

7. Контроль и оформление результатов корректировки (вычерчивание плана и калек, составление пояснительной записки или технического отчета, подшивка и брошюровка документов – схем, справок, полевых журналов, абрисов, ведомостей вычислений, таблиц и пр.).

Хотя корректировка и является самостоятельным видом геодезических работ, но она может выполняться и одновременно с проведением землеустроительных и мелиоративных мероприятий.

Контрольные вопросы

1. В чем отличие топографической карты от плана?
2. Какие виды информации имеются в цифровых моделях местности, каково их содержание?
3. Дайте определение метаданных электронной карты.
4. Какими показателями характеризуется качество планово-картографического материала?
5. Дайте определение точности карты (плана).
6. Что понимается под полнотой карты (плана)?
7. Чему равна информативная плотность топографического плана (карты)?
8. С какой периодичностью производится обновление карты, от чего она зависит?
9. Как оценивается старение плана (карты)?
10. Какова последовательность выполнения корректировки планов (карт)?
11. В чем заключается точность положения контурных точек на плане (карте)?
12. В чем заключается точность определения площадей контуров на плане (карте)?

Часть 2. МЕТОДЫ И ПРИНЦИПЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

4. СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ

4.1. Характеристика способов определения площадей землепользования и землевладений

Составление различного рода проектов, связанных с использованием земельной территории, изучение ее природных богатств, учет и инвентаризация земель требуют определения площадей. При проведении этих работ определяют небольшие площади строений, сооружений, уличных проездов, площадей, парков, усадебных участков, огородов и большие площади – городов или сельских населенных пунктов, целых землепользований и севооборотных массивов.

Наряду с величиной площади требуется знать и точность ее определения. В зависимости от хозяйственной значимости участков и массивов, их размеров, конфигурации и вытянутости, наличия результатов измерения линий и углов на местности и планово-картографического материала, а также топографических условий местности применяются следующие способы определения площадей.

- Аналитический – площади вычисляют по результатам измерений линий и углов на местности с применением формул геометрии. Это наиболее точный метод, т.к. на точность определения влияют только погрешности измерения на местности. Допустимая ошибка при этом методе 1/500.

- Графический – площади вычисляют по результатам измерений линий по плану, когда участок, изображенный на плане разбивают на простейшие фигуры и проводят измерения с помощью параллельной или квадратной палетки.

- Механический – площади определяют по плану с помощью специальных приборов – планиметров, дигитайзеров. Этот способ менее точен, но более всего распространен, т.к., пользуясь им, можно быстро и просто определить площадь участка любой формы. Допустимая ошибка при этом методе 1/400. В современных условиях применяют четвертый метод – электронный способ. Он связан с картами в электронном виде, т.е. с использованием ПК [22].

Наиболее точным, но требующим больших материальных затрат на производство полевых измерений является аналитический способ, так как его точность не зависит от точности плана. Его применяют для вычисления площадей, когда по их границам проложены теодолитные ходы и полигоны, а также при обмере ценных в хозяйственном отношении участков.

Менее точен графический способ, так как, помимо погрешностей измерений на местности, на точность влияет погрешность плана. Его используют для определения площадей, ограниченных ломаными линиями. Чем меньше площадь участка, тем больше относительная погрешность. Для больших площадей точность этого способа приближается к точности аналитического.

Наименее точным, но наиболее распространенным является механический способ, так как, пользуясь им, можно быстро и просто определить площадь участка любой формы. Его применяют при определении площадей с извилистыми границами.

4.2. Определение площадей аналитическим способом по результатам измерений на местности

Аналитический способ является наиболее точным. Состоит в расчете площади по результатам измерений линий и углов на местности или по их функциям – координатам согласно формулам.

Вычисление площадей по результатам измерения линий и углов [22]. При определении площадей участки разбивают на простейшие геометрические фигуры (преимущественно треугольники, прямоугольники, реже трапеции), затем суммируют рассчитанные с применением формул геометрии и тригонометрии площади этих фигур.

Если по границам участка проложен теодолитный ход, то площадь всего участка или его части можно вычислить по следующим формулам:

а) площадь треугольника по двум сторонам S_1 , S_2 и углу между ними β (рис. 16):

$$2P = S_1 \times S_2 \times \sin\beta;$$

б) площадь четырехугольника:

– по четырем сторонам S_1 , S_2 , S_3 , S_4 и двум противоположным углам β_2 , β_4 (рис. 17, а)

$$2P = S_1 \times S_2 \times \sin\beta_2 + S_3 \times S_4 \times \sin\beta_4;$$

– по трем сторонам S_1 , S_2 , S_3 и двум углам β_2 , β_3 , заключенным между ними (рис. 17, б),

$$2P = (S_1 \times S_2 \times \sin\beta_2 + S_2 \times S_3 \times \sin\beta_3 + S_1 \times S_3 \times \sin(\beta_2 + \beta_3 - 180^\circ)).$$

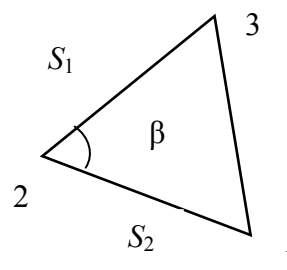


Рис. 16. Определение площади треугольника

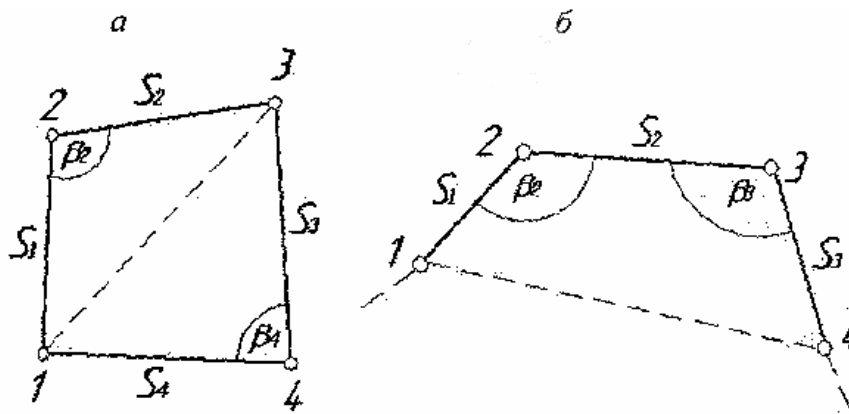


Рис. 17. Определение площади четырехугольника

Вычисление площадей по координатам [22]. Если по границам землепользований или частей землепользований проложены теодолитные ходы, то площади можно вычислить по координатам вершин полигонов.

Для вычисления площади полигона по координатам можно использовать любую из нижеприведенных формул:

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}), \quad 2P = \sum_{i=1}^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1}),$$

где i – порядковый номер поворотной точки границы;

x_i и y_i – абсцисса и ордината поворотной точки с порядковым номером i .

То есть удвоенная площадь полигона равна сумме произведений каждой абсциссы на разность ординат последующей и предыдущей точек. Либо удвоенная площадь полигона равна сумме произведений каждой ординаты на разность абсцисс предыдущей и последующей точек.

Эти формулы применяются для определения площадей, когда координаты вершин полигона выписаны по ходу часовой стрелки.

Для сокращения вычислений площадей участков до 200 га координаты точек следует округлить до 0,1 м, а более 200 га – до 1 м.

4.3. Определение площадей графическим способом

Данный способ выгодно применять в том случае, если граница участка – ломаная линия с небольшим числом поворотов.

Графический способ определения площадей по плану [22] иначе называется геометрическим. Он состоит в разделении фигуры, изображенной на плане, на треугольники, близкие к равносторонним. В каждой фигуре на плане измеряют высоту и основание, по которым вычисляют площадь по формуле

$$2P = a \times h,$$

где a – основание треугольника, м;

h – высота треугольника, м.

Площадь всей фигуры определяется как сумма площадей треугольников. Число треугольников не влияет на точность вычисления всей площади.

Для контроля и повышения точности площадь каждого треугольника вычисляют дважды по разным высотам и основаниям. Если расхождение между двумя значениями площади не превышает допустимого $\Delta P_{\text{доп}}$, то из двух значений площади выводят среднее.

$$\Delta P_{\text{доп}} = 0,04 \frac{M}{10000} \sqrt{2P},$$

где M – значение численного масштаба плана;

P – приближенное значение площади треугольника, га.

При большом числе поворотных точек эффективность этого способа снижается. Поэтому при вычислении площадей участков, имеющих большое число углов, следует применить другой способ.

Определение площадей палетками (рис. 18). Вместо разбивки участка на отдельные фигуры для определения площадей небольших участков можно применять палетки: квадратную или параллельную.

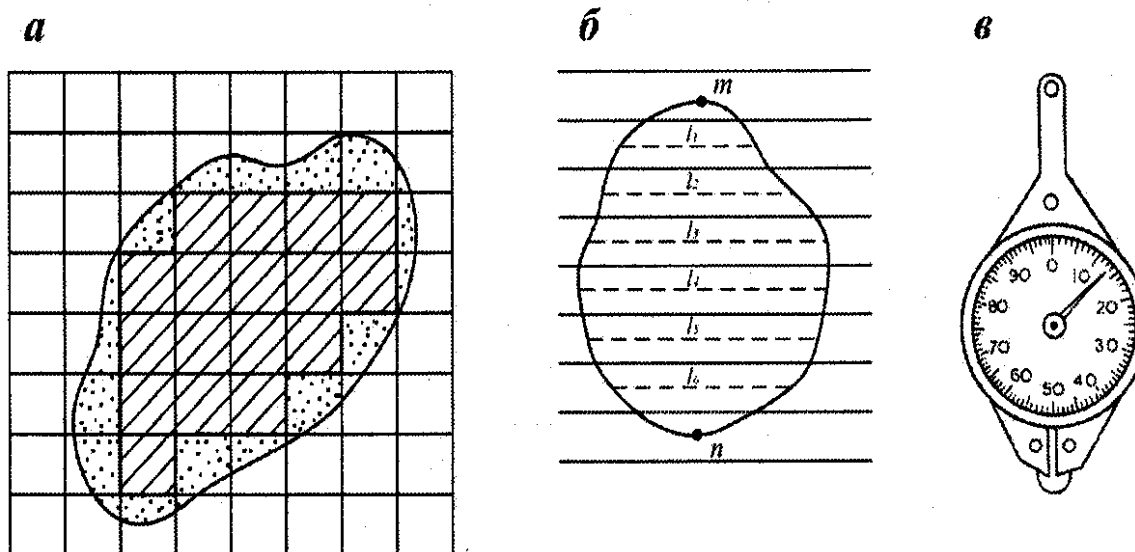


Рис. 18. Определение площади:
 а – квадратной палеткой; б – параллельной (линейной) палеткой;
 в – курвиметром

Квадратную палетку изготовляют из прозрачного материала, на который нанесена сетка квадратов со сторонами 2-4 мм. Наложив такую палетку на контур, площадь которого нужно определить, необходимо сосчитать, сколько полных и сколько неполных квадратов помещается в пределах контура. При этом доли неполных квадратов оценивают на глаз (рис. 18, а). Площадь одного квадрата на палетке выражают в масштабе плана. Зная площадь одного квадрата и общее число квадратов, занимае-

мых контуром, получают площадь контура. Квадратной палеткой рекомендуется измерять площади замкнутого контура размером не более 2 см^2 .

Палетка с параллельными линиями представляет собой прозрачный материал, на который нанесены параллельные линии с интервалом 2 мм. При определении площади контура с помощью такой палетки ее прикладывают таким образом, чтобы крайние точки M и N были размещены на середине между параллельными линиями (рис. 18, б). В результате контур будет разделен на трапеции, у которых сплошные линии являются средними линиями трапеции, а пунктирные (на палетке их нет) – основаниями трапеций. Чтобы определить площадь контура, необходимо измерить средние линии трапеций; так как высоты всех трапеций одинаковы и заранее вычислены, то произведение сумм длин средних линий на высоту даст общую площадь контура:

$$P = \sum_{i=1}^n S_i h.$$

Суммарная длина отрезков может быть замерена с помощью курвиметра (рис. 18, в) – прибора для измерения длин линий на плане (карте). Для этого колесо курвиметра последовательно прокатывают по измеряемым линиям и по разности начального и конечного отсчетов на циферблате определяют суммарную длину отрезков в сантиметрах плана. Для контроля измеряют площадь при втором положении палетки, развернув ее на $60\text{--}90^\circ$ относительно первоначального положения.

4.4. Определение площадей механическим способом

Механический способ основан на использовании приборов – планиметров для измерения на картах (планах) площадей участков.

Механический способ определения площадей участков менее точен, но наиболее распространен, так как, пользуясь им, можно быстро и просто определять по плану площадь участка любой формы.

Площади узких объектов (дороги, канавы и др.) вычисляют по фактической ширине на местности и длине, определяемой по плану. При обводе контуров их включают в прилежащий контур, а после увязки площадей контуров исключают их из площади соответствующего контура.

Невязка распределяется на секции пропорционально их площадям. Допустимость невязки в сумме площадей контуров с площадью секции (или землепользования, если оно не разделялось на секции) определяют по формуле

$$f_p \leq 0,7 p \sqrt{n} + 0,05 \frac{M}{10000} \sqrt{P}, \text{ га},$$

где p – цена деления планиметра;

n – число контуров, обводимых планиметром;

M – знаменатель численного масштаба плана;

P – площадь секции (землепользования), га.

Невязка распределяется на площади контуров пропорционально увязываемым площадям.

Планиметром определяют площади контуров любой конфигурации, но не менее 1 см^2 на плане двумя обводами каждого контура при любом положении полюса, при среднем прямом угле между рычагами, который при обводе должен быть не менее 30° и не более 150° . При отсчете по счетному ролику рычаги должны образовывать угол, близкий к прямому. При определении площади, ограниченной контуром, необходимо убедиться в отсутствии препятствий для обводки [22].

Площади вычисляют по формуле

$$P = p \times (n_2 - n_1),$$

где p – цена деления планиметра,

$$p = \frac{S_{\text{КВ}}}{(n_2 - n_1)_{\text{ср}}},$$

где $S_{\text{КВ}}$ – площадь двух квадратов в масштабе плана, га (для масштаба 1:10000 площадь одного квадрата со стороной 10 см равна $1000 \text{ м}^2 = 100 \text{ га}$);

n_1 и n_2 – отсчеты по планиметру до и после обвода контура.

Значения вычисленных площадей округляют: до 0,01 га – при масштабе 1:10000 и крупнее и до 0,1 га – при масштабе 1:25000 и мельче.

В последние годы в землеустроительной практике находят применение автоматизированные устройства для измерения площадей – электронные планиметры. Примером таких приборов является цифровой планиметр PLANIX, позволяющий автоматически выполнять вычисление площадей.

Еще одним способом определения площадей является **способ акад. А.Н. Савича** [18], который применяют для определения больших площадей, когда межевые знаки по границам не имеют вычисленных значений координат или границы проходят по кривым линиям живых урочищ. Сущность способа в том, что площадь участка, заключенная в целое число квадратов координатной сетки P_0 , определяется по их числу. Планиметром обводятся лишь площади секций, выходящие за пределы этих квадратов (рис. 19), a_1, a_2, a_3 и a_4 и дополнения их до целого b_1, b_2, b_3 и b_4 .

Площади a_i и b_i обводят планиметром при двух положениях полюса по два обвода в каждом положении и выражают в делениях планиметра. Очевидно, что $P_{a_i} + P_{b_i} = P_i$. Искомая площадь участка $P = P_0 + P_{a_1} + P_{a_2} + P_{a_3} + P_{a_4}$. Для исключения грубых промахов обводят всю фигуру планиметром при положении полюса внутри фигуры.

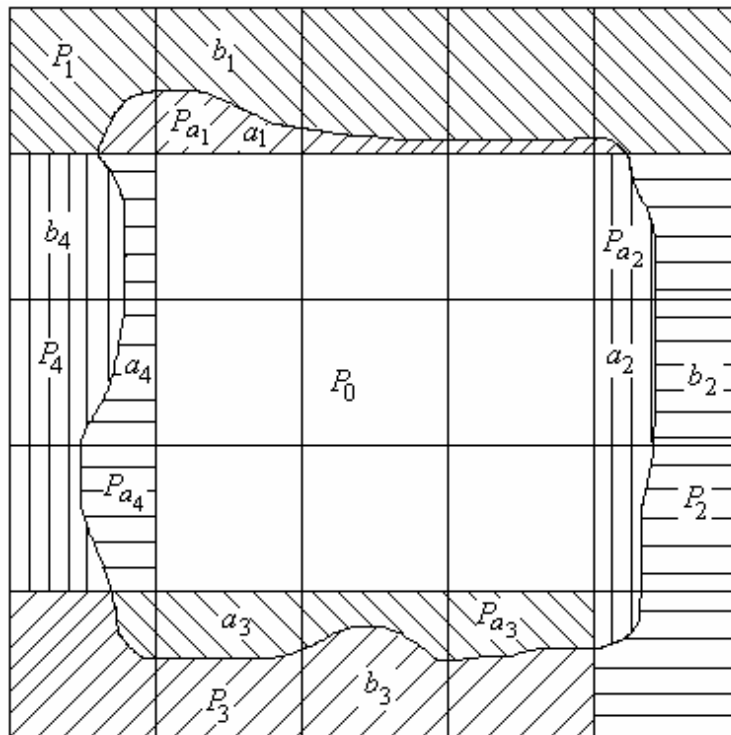


Рис. 19. Схема определения площади по А.Н. Савичу

Преимущества способа Савича:

1. Автоматически учитывается деформация бумаги, на которой составлен план.

2. Уменьшается площадь обводимых фигур, что повышает точность определения площади.

Точность определения площади по способу Савича тем выше, по сравнению с непосредственным обводом всей фигуры или по частям, чем больше отношение площади целых квадратов координатной сетки к площади всей фигуры.

4.5. Практика определения и уравнивания площадей земельных участков

Площади крупных землепользований или землевладений определяют следующими способами [18]:

1. Аналитическим, если по их границам проложены теодолитные ходы.
2. Графическим (по графическим или фотограмметрическим координатам точек границ).
3. Механическим (с помощью планиметра или по способу Савича).
4. С использованием ЭВМ (по графическим или фотограмметрическим координатам точек).

Площади землепользований определяются и увязываются в пределах отдельных планшетов или в пределах теодолитного полигона, проложенного по границе землепользования сельскохозяйственного предприятия.

Общая площадь планшета легко вычисляется по размерам рамок трапеции. Площадь всего землепользования определяется аналитически по координатам точек полигона, а при отсутствии этих данных – по способу А.Н. Савича. Указанные площади принимаются безошибочными (теоретическими) [21].

При работе с полярным планиметром руководствуются следующим [18].

1. Для определения площадей по плану бумагу выпрямляют на гладком столе и закрепляют. Планиметр проверяют, исправляют и определяют цену деления путем обвода трех квадратов по два обвода при двух положениях каретки счетного механизма.

2. Если приходится при обводе переходить место склейки карты, то надо следить, чтобы плоскость ролика была перпендикулярна склейке.

3. При выборе места для установки полюса планиметра предварительно обводят всю фигуру, чтобы убедиться, что угол между рычагами в пределах $30 \dots 150^\circ$.

4. Исходную точку для обвода выбирают там, где вращение самое медленное, т.е. где рычаги взаимно перпендикулярны.

5. Если для повышения точности определения площадей требуется обводить фигуру при двух положениях полюса, то полюс не перемещают, а лишь переводят рычаги.

6. При определении площадей землевладений и землепользований фигуру обводят два раза при каждом положении полюса; площади контуров ситуации (лес, луг, болото) – два раза при одном положении полюса.

7. Обводной индекс (шпиль или стекло) ведут плавно по всем извилинам. Нельзя пользоваться линейкой при обводе прямых линий.

8. Если расхождения между результатами обвода превышают:

- два деления при $P < 200$ делений;
- три деления при $200 < P < 2000$ делений;
- четыре деления при $P > 2000$ делений, то обводы повторяют.

9. Если ситуация плана изобилует мелкими контурами, то их подряд обводят 3...4 раза и разность суммарного результата делят на число обводов.

10. Площади узких контуров определяют не планиметром, а как сумму площадей треугольников.

11. При большой контурности площади секций целесообразно принимать по $250 \dots 300 \text{ см}^2$ на плане.

12. Допустимую невязку суммы площадей секций в площади землевладения или трапеции, ограниченной параллелями и меридианами, определяют по формуле

$$f_{p_{\text{доп}}} = \pm \frac{P}{500}, \text{ см}^2.$$

Ее распределяют пропорционально площадям секций.

13. Допустимую невязку m_p в сумме площадей контуров при сравнении ее с общей площадью участка вычисляют по эмпирической формуле

$$m_p = 0.7c\sqrt{m} + 0.05\frac{M}{10000}\sqrt{P},$$

где m – число контуров;

P – площадь, см²;

c – цена деления планиметра;

M – знаменатель численного масштаба.

В процессе вычисления площадей составляют кальки контуров и экспликацию – таблицу состава земель по угодьям. Типовые формы экспликации разработаны применительно к сельскохозяйственным условиям различных районов страны.

Определение площадей является одним из трудоемких видов работ в комплексе топографо-геодезических изысканий для землеустройства и кадастра. В связи с большими возможностями ЭВМ, все чаще площади землепользования вычисляют аналитическим способом (по вычисленным значениям координат межевых знаков). Механическим способом определяют лишь площади контуров ситуации (например живых угодий). Для вычисления площадей полигонов по координатам их вершин на ЭВМ существуют специальные программы.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют методы определения площадей? Сопоставьте эти методы по точности.

2. В чем сущность аналитического метода определения площади? Напишите применяемые формулы.

3. В каких случаях применяют графический и в каких – механический методы определения площади?

4. Когда применяют палетки для определения площадей?

5. Как определяют общую площадь землепользования?

6. Назовите методы определения площадей контуров угодий.

7. Что называют экспликацией угодий?

5. МЕТОДЫ И ПРИЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ

5.1. Сущность проектирования земельных участков. Объекты проектирования

Землеустроительный проект – совокупность документов (расчетов, чертежей и др.) по созданию новых форм устройства земли и их экономическому, техническому и юридическому обоснованию. Основной графический документ – проектный план, на котором фиксируются границы, площади и местоположение землепользований, земельных участков, дорожная сеть и др. [39].

Объектами земельного проектирования являются землепользования сельскохозяйственного и несельскохозяйственного назначения.

При межхозяйственном землеустройстве и при отводах земель проектируют границы землепользований, представляющие правильные линейные очертания, обеспечивающие контактность землепользований, удобство их расположения относительно населенных пунктов, центров управления, снабжения и сбыта.

При внутрихозяйственном землеустройстве территория землепользования расчленяются сетью границ на производственные подразделения и хозяйственные центры, различные угодья, хозяйственные и рабочие участки, дороги, скотопрогоны, участки инженерных сооружений и т.д.

Основным документом проекта является проектный план, на котором показываются границы, местоположение и площади землепользований, земельных массивов производственных подразделений, земельных угодий, севооборотных массивов, сенокосооборотов, участков пастбищеоборотов, дорожная сеть и др. [21].

Сущность проектирования состоит в графическом построении на проектном плане с определенной точностью экономически обоснованных площадей, местоположения и границ хозяйственных участков, составляющих территориальную организацию с/х производства [39].

Проектирование начинают с изучения задания на проектирование. По заданию, используя план (карту) землепользования, материалы различных обследований, составляют предварительный (эскизный) проект, в котором может быть несколько вариантов. Проведя обследование местности, оценив ее геодезическую обеспеченность и состояние, а также экономический анализ вариантов проекта, принимают решение о способах и приемах окончательного проектирования.

В окончательном проекте производят уточнение положения границ проектируемых участков и их площадей. По проектному плану составляют разбивочный чертеж. На разбивочном чертеже показывают [21]:

- 1) пункты геодезической сети;

- 2) проектные границы;
- 3) проектные горизонтальные углы и расстояния;
- 4) исходные геодезические данные для привязки проекта границ земельных участков к геодезическим пунктам;
- 5) последовательность геодезических работ в виде стрелок и расположения надписей значений проектных величин.

5.2. Способы и правила составления проектов

Составление проекта, а затем перенесение его в натуру – это процесс, обратный съемке и составлению плана. При съемке выполняют измерения на местности для последующего изображения на бумаге границ землевладений, дорог и т.д. При составлении проекта на чертеже сначала изображают проектные границы землевладений, дорог, каналов, после чего положение этих объектов определяют на местности путем соответствующих измерений при перенесении проекта в натуру [39].

Для составления проекта используют план (карту) с экспликациями площадей по землепользованиям, кальки контуров, материалы агрохозяйственных, почвенных, геоботанических, агромелиоративных и других обследований.

Исходной для проектирования является схема землеустройства района или города. На ее основе составляют комплексные проекты, схемы, рабочие проекты по определенной схеме, последовательными приближениями от общего к частному, от предварительных (эскизных) набросков до более точных и окончательных решений. Во многих случаях наиболее правильное проектное решение находят в результате сопоставления и эколого-экономического анализа нескольких вариантов.

Первые (эскизные) проектные решения делают приближенно, по возможности простыми техническими средствами и приемами, применяя различные палетки, чтобы быстрее графически оформить замысел проектировщика в общих чертах, а затем в деталях. По предварительному проекту, в котором дается экономически обоснованное конкретное размещение всех элементов организации территории, можно решать вопрос о способах и приемах окончательного (технического) проектирования, о проведении необходимой полевой подготовки как для проектирования, так и для перенесения проекта в натуру.

В зависимости от производственных требований к точности площадей и положения границ участков, их конфигурации и от наличия геодезических данных по границам, применяют те же способы составления проектов землеустройства, что и при вычислении площадей [18]:

- аналитический – по линейным и угловым величинам, измеряемым на местности, или по их функциям (координатам);
- графический – по линейным величинам, измеренным на плане;

- механический – с помощью планиметра.

Применяют также графоаналитический способ и сочетание механического способа с графическим.

При выборе способа и стадийности проектирования многое зависит от качества обследований, изысканий, возможностей использования их при проектировании и при переносе проекта в натуру, контурности проектируемых угодий, сроков реализации проекта и др.

Разные подходы к проектированию обусловлены часто рельефом местности. В степной зоне большинство границ севооборотных массивов, полей севооборотов и др. создает проектировщик, а точность проектирования границ, перенесения их в натуру в соответствии с заданной точностью площадей зависит от качества геодезического обоснования и точности измерений при перенесении проекта в натуру. В предгорьях и на южном берегу поля севооборотов, участки пастбищеоборотов, сады, виноградники часто образуются набором контуров с известной площадью, и при делении площадей их границы опираются на обозначенные на плане контурные точки, уверенно опознаваемые на местности. Проектирование становится простым в техническом отношении [39].

Проектирование участков технически является действием, обратным вычислению площадей, но более трудоемким, так как площадь определяется произведением высоты на половину основания или на среднюю линию или по формуле $\frac{1}{2} \sum x_i (y_{i+1} - y_{i-1})$, а элементы, образующие заданную площадь, приходится подбирать, учитывая к тому же различные специальные требования.

Очень часто проектирование ведется методом последовательного приближения, т.е. предварительно определяют тем или иным способом (или даже на глаз) границы участка заданной площади, вычисляют эту площадь, а потом проектируют недостающую или избыточную площадь до получения участка заданной площади.

Проектирование, как и вычисление, площадей выполняют по известному правилу – от общего к частному, т.е. группами участков, после чего в каждой группе проектируют отдельные участки. Если же вести проектирование от частного к общему, то сумма площадей отдельных участков может существенно отличаться от заданной за счет погрешностей при определении границ отдельных участков. В границах участков, кроме используемых (чистых) площадей, надо предусмотреть площади для дорог, лесных полос и т.п. Все вместе они составят общую площадь [18].

Для своевременного обнаружения грубых ошибок применяют текущий контроль правильности проектирования участков, например, с помощью палеток или одним обводом планиметра, а вычисленные расстояния контролируют графическими определениями по плану.

5.3. Требования к точности площадей, расположению границ проектируемых участков

Показателем технической правильности проекта является его точность. При проведении землеустройства, планировки населенных пунктов, мелиоративных мероприятий требуется, чтобы проект был составлен и перенесен в натуру технически правильно. Показателем технической правильности проекта является точность, которую требуется обеспечить, не завышая требований. Недостаточная точность выполнения геодезических работ вызывает недопустимые погрешности в размерах сторон и форм участков, их площадей, а также приводит к неправильности проектирования участков относительно рельефа местности. Недостаточно точно спроектированные мелиоративные каналы не будут функционировать. Требования сельскохозяйственного производства к точности площадей полей севооборотов других хозяйственных участков различны, в зависимости от хозяйственного назначения, особенностей производства и др. [39].

С большей точностью должны определяться площади полей овощных и других севооборотов, насыщенных ценными трудоемкими культурами, но точность землеустроительных работ должна быть такой, какую в состоянии освоить сельскохозяйственное производство. Высокая точность желательна, но производством она обычно не осваивается, так как площади полей и участков при каждой новой вспашке несколько меняются.

Так, при пахоте вразвал от края загона вспаханная часть обычно более или менее совпадает с границей поля или дороги. При вспашке всвал от центра загона по краям образуются уже значительные недопашки и перепашки от 0,4...0,5 м на малых тракторах до 1,5...1,8 м на крупных тракторах с каждого края поля. Кроме того, граница засеянной площади полей не всегда совпадает с границей вспаханной площади. Вносятся изменения в границу также в результате противопожарной опашки полей. Эти изменения дают относительную погрешность площадей порядка 1/600, а при слабокриволинейных границах – 1:400, при сильнокриволинейных границах – 1:300. Площади крупных участков по сравнению с мелкими при одних и тех же способах составления проекта и перенесения его в натуру будут получаться с меньшими относительными погрешностями [18].

Чтобы обеспечить точности площадей отдельных участков и полей 1:300, общую площадь землевладения следует получать с большей точностью – 1:1000. Поэтому общую площадь вычисляют по способу Савича, по графическим координатам или аналитическим способом.

Для обеспечения необходимой точности определения площадей усадебных участков обычно стороны измеряют на местности и по этим данным определяют их площади.

Точность расположения границ проектируемых участков заключается в соблюдении параллельности противоположных, обычно длинных, сторон участков, вдоль которых производится вспашка, посев, уход за растением, уборка урожая при помощи современной машинной техники, движущейся по участку параллельными проходами с общей погрешностью примерно в 1 м на 1000 м ширины и длины обрабатываемого участка [21].

Из-за допущенной при проектировании и перенесении проекта в натуре непараллельности сторон участков при машинной обработке ежегодно образуются клинья, которые либо не обрабатываются, т.е. выключаются из сельскохозяйственного использования, что приводит к неудобствам при выполнении механизированных полевых работ, особенно в севооборотах, насыщенных пропашными культурами, либо требуют значительных дополнительных, часто непроизводительных затрат на обработку. В угловой мере точность параллельности сторон составит $\sim 3 \dots 4'$.

Следовательно, допущенная непараллельность сторон осложняет организацию полевых процессов, снижает производительность машинной техники, увеличивает расход горючего и, кроме того, искажает площадь проектируемых участков, нарушает правильность учета земель, урожайности, планирования сельскохозяйственных работ, расчета кормов и др.

По мере совершенствования сельскохозяйственной техники неизбежно будут повышаться и требования к точности работ по организации территории. Поэтому следует обеспечить уже при современных землеустроительных работах некоторый запас точности [18].

5.4. Аналитический способ проектирования участков и его точность

Проектирование аналитическим способом заключается в вычислении проектных отрезков по заданной площади и по результатам измерений углов и линий на местности или по их функциям – координатам точек [39].

При проектировании площадей могут быть заданы два условия:

- 1) проектная линия проходит через данную точку, тогда заданную площадь проектируют треугольником или четырехугольником;
- 2) проектная линия проходит параллельно заданному направлению (по заданному дирекционному углу), тогда заданную площадь проектируют трапецией.

Проектирование площади в один прием можно выполнить только тогда, когда участок имеет форму треугольника, четырехугольника или трапеции. Во всех остальных случаях аналитическим способом вычисляют площадь предварительно намеченного участка, после этого проектируют недостающую или избыточную площадь до заданной – треугольником, квадратом или трапецией.

Рассмотрим следующие примеры [18].

1. В участке (рис. 20) требуется спроектировать площадь P (га) линией, проходящей через точку D .

Определяют площадь P_1 предварительно намеченного участка:

$$P_1 = \frac{1}{2}(ab \sin B + ac \sin C + bc \sin(B + C - 180^\circ)) = 16.28,$$

тогда недостающая площадь P_2 равна $P_2 = P - P_1$.

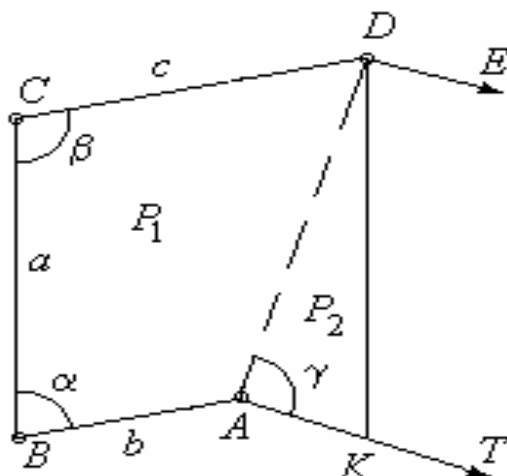


Рис. 20. Схема проектирования недостающей площади треугольником

Вычисляют длину и направление (дирекционный угол) линии AD по координатам точек A и D :

$$\operatorname{tg} \alpha_{AD} = \frac{y_D - y_A}{x_D - x_A}, \quad S_{AD} = \frac{y_D - y_A}{\sin \alpha_{AD}}, \quad S_{AD} = \frac{x_D - x_A}{\cos \alpha_{AD}}.$$

Проектируют треугольником недостающую площадь P_2 и вычисляют длину линии AK , при этом угол γ определяют как разность дирекционных углов (α_{AT}) и (α_{AD}):

$$\gamma = \alpha_{AT} - \alpha_{AD},$$

тогда

$$S_{AK} = \frac{2P_2}{S_{AD} \sin \gamma}.$$

2. В участке, имеющем форму четырехугольника, надо спроектировать площадь линией, проходящей через точку A (рис. 21), $P_1 > P$. Решение задачи сводится к определению длины CL , которая нужна для перенесения проекта в натуру:

$$S_{CL} = \frac{2P - ab \sin \alpha}{a \sin \beta + b \sin(\alpha + \beta - 180^\circ)}.$$

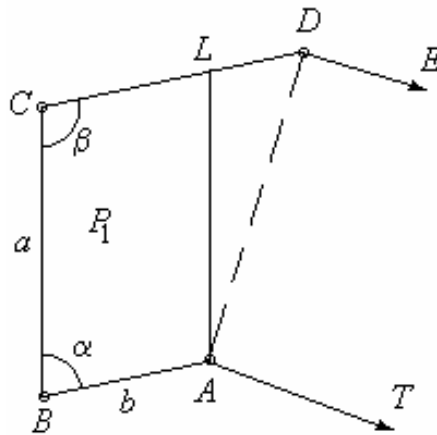


Рис. 21. Схема проектирования площади четырехугольником

3. В участке (рис. 22) следует спроектировать площадь P линией MN , параллельной заданному направлению. Вычисляют: $P_1 = P_{ABCD}$, длину и направление линии AD , дирекционный угол (AD) и углы в треугольнике ADF .

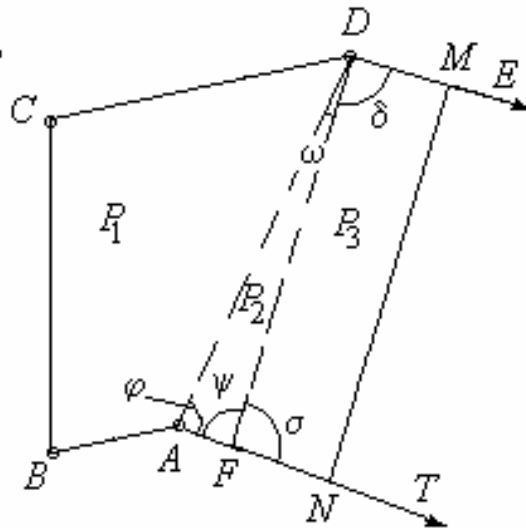


Рис. 22. Схема проектирования площади трапецией

$$\varphi = \alpha_{AT} - \alpha_{AD}; \quad \omega = \alpha_{DA} - \alpha_{DF}; \quad \psi = \alpha_{FD} - \alpha_{FA}.$$

Определяем длины линий AF и FD , а также площадь P_2 :

$$S_{AF} = \frac{S_{AD}}{\sin \psi} \cdot \sin \omega; \quad S_{FD} = \frac{S_{AD}}{\sin \psi} \cdot \sin \varphi; \quad P_2 = \frac{S_{AF} \cdot S_{FD} \cdot \sin \psi}{2}.$$

Площадь P_3 находим по формуле $P_3 = P - P_1 - P_2$.

Проектируемая площадь P_3 должна иметь форму трапеции. Определяем $\delta = \alpha_{DF} - \alpha_{DE}$, $\delta = \alpha_{AT} - \alpha_{FD}$. Из этого следует:

$$P_3 = \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{DF}^2 - S_{MN}^2}{\text{ctg} \delta + \text{ctg} \sigma},$$

$$n = \frac{2P_3}{S_{DF} + S_{MN}}; S_{DM} = \frac{h}{\sin \delta}; S_{FN} = \frac{h}{\sin \sigma}; S_{AN} = S_{AF} + S_{FN}.$$

4. В участке спроектировать четыре участка, каждый площадью P , линиями, параллельными AB (рис. 23).

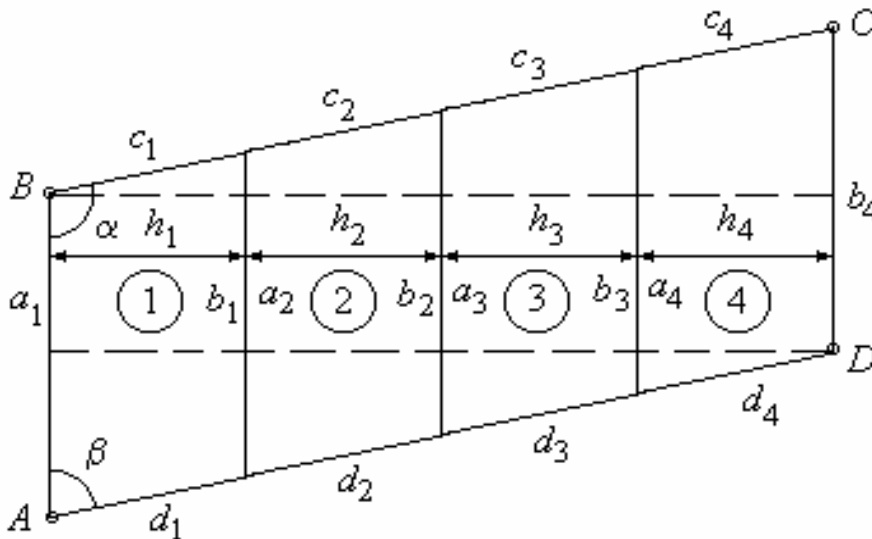


Рис. 23. Схема проектирования площади трапецией

Проектирование производится трапециями, начиная с первого участка:

$$b_1 = \sqrt{a_1^2 - 2P(\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta)};$$

$$h_1 = \frac{2P}{a + b}; c_1 = \frac{h_1}{\sin \alpha}; d_1 = \frac{h_1}{\sin \beta},$$

где c_1 и d_1 – боковые стороны трапеции, необходимые для перенесения проекта в натуру.

Следующий участок проектируют по основанию $a_2 = b_1$ в той же последовательности.

5.5. Графический способ проектирования участков и его точность

Участки часто проектируют графическим способом путем вычисления площади предварительно спроектированного участка и последующего проектирования недостающей или избыточной площади к заданной. То есть графический способ проектирования состоит в получении исходных данных для проектирования (отрезков, углов или координат) путем измерений по карте (плану) и в последующих вычислениях по этим данным [21].

Проектируют земельные участки графическим способом, как правило, в два этапа. На первом этапе, в соответствии с заданием, намечают на плане (карте) примерные положения проектной линии. Затем вычисляют

площадь спроектированного участка. Вторым этапом проектируют недостающую или избыточную площадь по отношению к ее проектным данным.

Предварительно спроектированную площадь в зависимости от наличия или отсутствия геодезических данных по границам определяют планиметром или аналитическим способом. Недостающую или избыточную площадь проектируют треугольником или трапецией [18].

Проектирование треугольником выполняют, когда проектная линия должна проходить через определенную точку. Тогда по заданной площади и известной высоте (основанию) определяют неизвестное основание (высоту) (рис. 24).

Надо спроектировать площадь P линией MN , проходящей через точку F : $P = P_1 + P_2$.

Высоту h определяют по плану графически, опуская перпендикуляр на BA , тогда $a = \frac{2P_2}{h}$.

Следует отметить, что с какой относительной погрешностью измерена высота, с такой же относительной погрешностью будет вычислено и основание a (и наоборот).

Проектирование трапецией производят, если проектная линия должна проходить параллельно заданному направлению. По заданной площади (рис. 25) и длине средней линии $h_1 = P_2/S_1$ или по сумме оснований (что предпочтительнее, точнее), сразу получаем длины оснований FO и KL , тогда $h_2 = 2P_2 / (S_{FO} + S_{KL})$.

Спроектировав участок на глаз, определяют по плану сумму FO и KL длин его оснований, вычисляют высоту h' и по ней более точно снова определяют сумму FO и KL , затем h'' . Вычисления прекращаются, когда

$h'' - h' \leq \frac{0.3 \text{ (мм)} \cdot h}{S} \rightarrow \leq \frac{0.6 \text{ (мм)} \cdot h}{a+b}$. Поля, садовые участки, имеющие

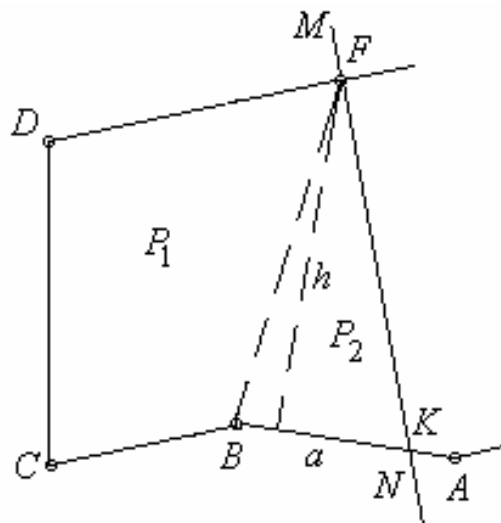


Рис. 24. Схема проектирования площади треугольником

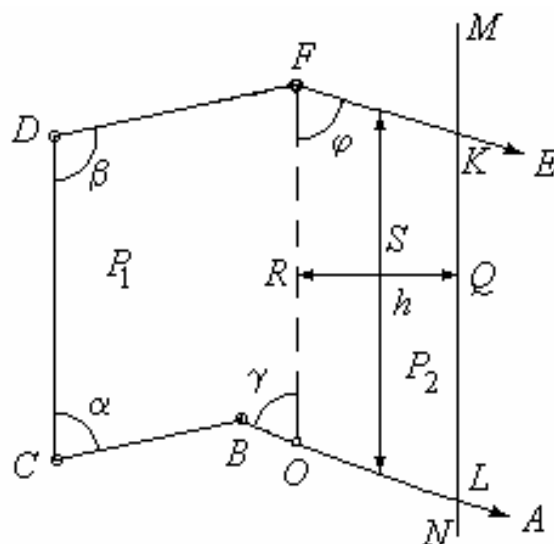


Рис. 25. Схема проектирования площади трапецией

длинные параллельные стороны, при графическом способе проектируют, как правило, трапециями.

В частном случае, когда гон или квартал имеет форму треугольника, ширину участков получают пропорционально их площадям. Если же они имеют форму трапеции, каждый участок проектируют самостоятельно (рис. 26). Заданную площадь каждого участка делят на его среднюю линию или на полусумму оснований трапеции.

$$h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = EF.$$

Разница в результатах будет меньше на плане более крупного масштаба.

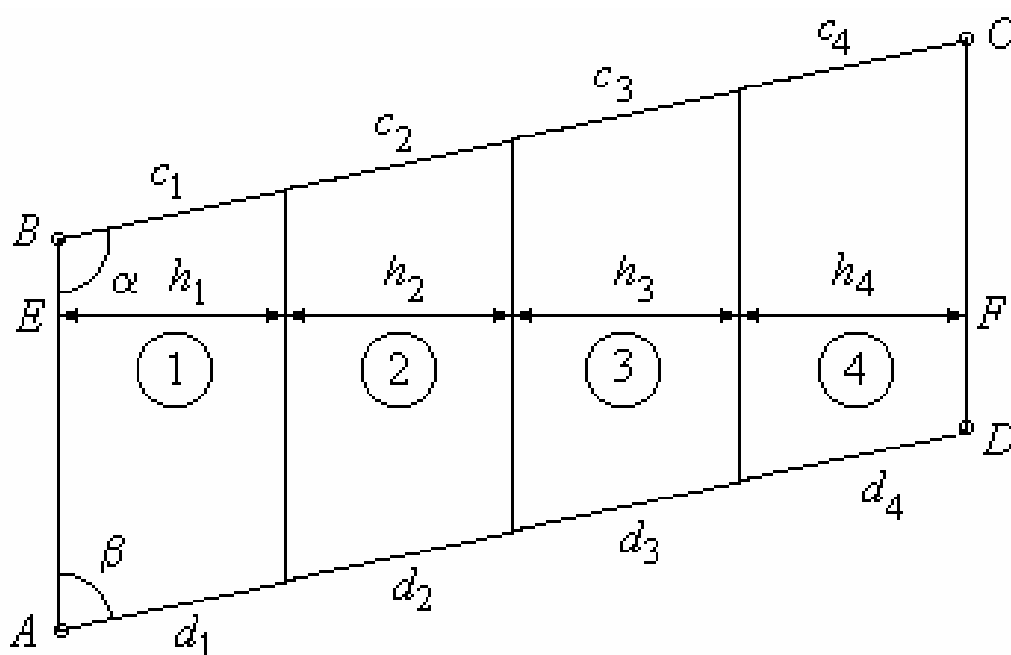


Рис. 26. Проектирование трапецией графическим способом

Графическое проектирование участков в многоугольных фигурах начинают с предварительного вычисления площадей трапеций, на которые разбивают фигуры [39].

5.6. Проектирование участков механическим способом

Графический и аналитический способы удобны лишь в случае, когда гоны (линии) и участки имеют небольшое число поворотов и проектирование не требует больших затрат времени на производство вычислений. При большой изломанности контуров землепользований применение планиметра делает процесс проектирования более простым (но менее точным), вследствие чего механический способ проектирования участков с помощью планиметра наиболее распространен, а для многих районов нашей страны является единственно возможным.

Проектирование участков не выполняют только планиметром, так как этот прибор не дает возможности по заданной площади и одному линейному измерению определить другое линейное измерение. Поэтому возникает необходимость проектировать участки последовательными приближениями до тех пор, пока величина недостающей или излишней площади до заданной не будет превышать допустимой погрешности вычисления площади.

Во избежание большого числа приближений при проектировании механический способ комбинируют с графическим, т.е. планиметром определяют площадь участка, спроектированного на глаз, а недостающую или избыточную площадь проектируют графически треугольником или трапецией. Тогда погрешность проектирования участка будет складываться из погрешности определения предварительно спроектированной площади планиметром и погрешности проектирования недостающей или избыточной площади графическим способом.

Так как точность определения площади планиметром меньше, чем графическим способом, и погрешности проектирования недостающих или избыточных участков вносят малую долю в общую погрешность, то погрешности проектирования площадей механическим способом в сочетании с графическим можно считать примерно равными погрешностям определения площадей планиметром и рассчитывать по соответствующим формулам. Площадь определяют с помощью отъюстированного планиметра двухкратным обводом [18].

5.7. Особенности проектирования полей в условиях мелкой контурности

В ряде областей России, где территории хозяйств характеризуются наличием большого числа мелких контуров пашни, разобщенных мелкими контурами сенокосов, лесов и болот, проектирование участков выполняют методом набора контуров. В этом случае вместо деления крупных массивов на участки, как это делают в степных и лесостепных районах, проектируемые поля составляют из отдельных мелких контуров, близко расположенных друг к другу, удобно связанных между собой и представляющих в сумме площадь заданного размера. При этом не возникает необходимости в вычислениях, связанных с определением положения проектных линий и проектированием недостающих или избыточных площадей к заданной площади.

Проектировщик стремится к тому, чтобы мелкие контуры одного и того же угодья объединить в крупные участки и этим обеспечить более благоприятные условия для применения машинной техники. Для этого изучают возможности перевода одних угодий в другие, т.е. производят трансформацию угодий.

После образования участка проектируемого угодья проводят его границу, которая местами проходит по контуру проектируемого угодья и является твердой, а местами пересекает другие угодья и является условной (рис. 27).

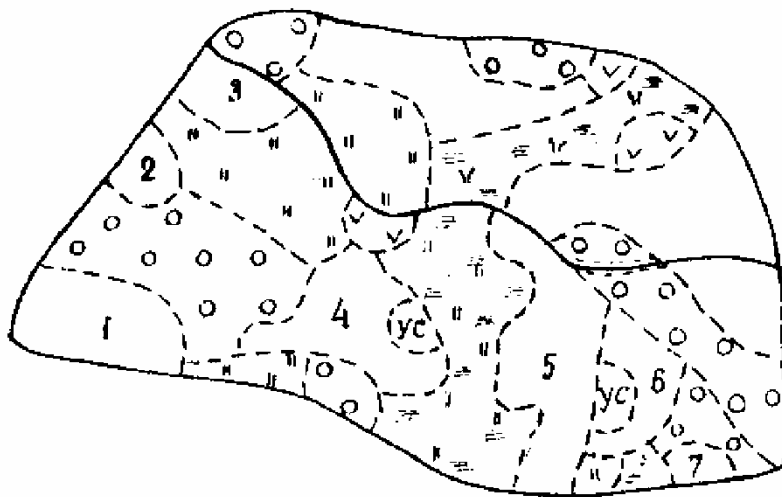


Рис. 27. Схема проектирования полей в условиях мелкой контурности

Форма границы проектных участков может быть любой, однако надо стремиться к тому, чтобы она не была слишком извилистой. Проведение на плане условных границ делает его более понятным, позволяет по чертежу понять, какие контуры входят в данное поле. Средняя квадратическая погрешность здесь увеличивается в \sqrt{n} , где n – число контуров.

Очень важна хорошо составленная ведомость проектирования. Межевые знаки, закрепляющие границы участков, в таких случаях устанавливают на видимых местах, поворотах твердых границ и на контурах угодий, разделяемых условными границами [18].

5.8. Исправление (спрямление) границ участков и способы решения задач в этих случаях

Необходимость спрямления границы чаще всего возникает при уничтожении вклинивания в границы землепользования. При этом новую границу проводят с таким расчетом, чтобы площади землевладений не изменились.

Новые границы проектируются в зависимости от требуемой точности графическим, механическим или аналитическим способом.

Рассмотрим несколько вариантов (рис. 28). Граница земельного участка проходит через точки $ABCDE$. Необходимо изломанность границы в виде треугольника BCD спрямить, т.е. найти точку K , чтобы граница проходила по линии $ABKE$. Для спрямления границы соединяем точки B и D [21].

1-й графический способ

Из точки C проведем линию CK , параллельную BD . Треугольники $\triangle BCD = \triangle BKD$, как имеющие общее основание BD и одинаковые высоты h_1 .

2-й графический способ

Графически определить площадь P треугольника BCD , найдя по плану $P = \frac{1}{2} h_1 \cdot S_{BD}$,

а затем вычислить $S_{DK} = \frac{2P}{h_2}$, h_2 – по

плану.

В обоих способах – новая граница $ABKE$ [18].

Аналитический способ

1. Решением обратной геодезической задачи по координатам точек B и D вычисляют длину линии BD и дирекционный угол линии BD , затем находят координаты точки K как пересечения двух линий, выходящих из точек C и D , с дирекционными углами соответственно (BD) и (DE) .

2. Вычисляют площадь P треугольника BCD по координатам вершин:

$$P = \frac{1}{2} \sum x_i (y_{i+1} - y_{i-1}),$$

а затем

$$S_{DK} = \frac{2P}{S_{BD} \sin(\alpha_{DE} - \alpha_{DB})},$$

где α_{DE} , α_{DB} – дирекционные углы. Новая граница – $ABKE$.

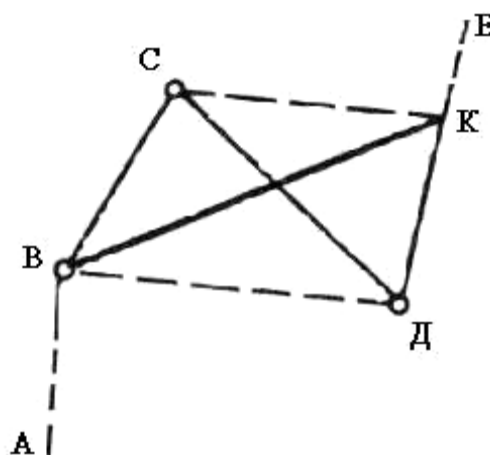


Рис. 28. Спряmlение границы земельного участка

Контрольные вопросы

1. В чем заключается основное содержание проектирования?
2. Какие способы проектирования существуют? Их характеристика.
3. Какие варианты расположения границ земельного участка возможны при проектировании?
4. Какие вычисления необходимо выполнить при проектировании границ земельного участка треугольником?
5. Какие вычисления необходимо выполнить при проектировании границ земельного участка четырехугольником?
6. Какие вычисления необходимо выполнить при проектировании границ земельного участка трапецией?
7. Каким способом можно устранить изломанность границ земельного участка?

6. МЕЖЕВАНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ

6.1. Общие сведения о межевании земельных участков

Межевание земельного участка – комплекс работ по установлению, восстановлению на местности границы земельного участка с закреплением ее поворотных точек межевыми знаками и определению их плоских прямоугольных координат, а также площади земельного участка [14].

Межевание проводят:

- как технический этап реализации утвержденных проектных решений о месторасположении границ земельных участков при образовании новых или упорядочении существующих землепользователей;
- как мероприятие по уточнению местоположения на местности границ земельного участка, при отсутствии достоверных сведений об их местоположении, путем согласования границ на местности;
- как работы по восстановлению на местности границ земельного участка при наличии в государственном кадастре недвижимости сведений, позволяющих определить положение границ на местности с нормативной точностью межевания.

Межевание земель проводится во всех случаях, когда необходимо осуществить землеустроительные работы при:

- установлении на местности границ субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, населенных пунктов, территориальных зон, зон с особыми условиями использования территорий, а также части указанных территорий и зон;
- составлении проектов образования новых и упорядочении существующих объектов землеустройства и формирования землепользований;
- проведении работ по инвентаризации земель городских и сельских населенных пунктов;
- выделе земельных участков на местности в счет земельных долей из общедолевой собственности на землю;
- проведении государственного кадастрового учета земельных участков в процессе разграничения государственной собственности на землю;
- получении гражданами и юридическими лицами земельных участков в результате купли-продажи, обмена, дарения всего или части земельного участка, а также по просьбе граждан, юридических лиц разделить земельный участок и изготовить новые документы для последующей регистрации их права на земельный участки;
- межевых спорах, а также по просьбе граждан, юридических лиц в случае полной или частичной утраты на местности межевых знаков и других признаков границ принадлежащих им земельных участков;
- в других случаях, например при проведении землеустроительной экспертизы, когда без межевания невозможно идентифицировать положение

земельного участка и его границ на местности, а следовательно, и невозможно его использовать без нарушения прав собственников смежных с ним земельных участков [14].

Основаниями для проведения межевания могут служить:

- постановления (решения) федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации или органов местного самоуправления о проведении межевания;
- задания на проведение межевания;
- судебные решения.

Состав работ при межевании земельных участков:

- 1) подготовительные работы;
- 2) составление технического проекта;
- 3) уведомление лиц, права которых могут быть затронуты при проведении межевания;
- 4) определение положения границ земельного участка на местности, их согласование и закрепление межевыми знаками;
- 5) определение плоских прямоугольных координат межевых знаков;
- 6) межевая съемка земельного участка;
- 7) определение площади объекта землеустройства;
- 8) составление плана границ или карты (плана) земельного участка;
- 9) формирование межевого плана;
- 10) постановка на государственный кадастровый учет земельного участка.

Современное законодательство Российской Федерации предполагает подразделение межевания на следующие виды:

- межевание земельного участка (земельных участков) как объекта кадастрового учёта и как объекта, выделяемого в счет земельной доли (земельных долей);
- межевание территорий;
- межевание объектов землеустройства;
- межевание других земель.

Состав работ и виды документации при этих видах межевания земель показаны в табл. 8 [14].

При межевании должны быть учтены данные государственного кадастра недвижимости, правоустанавливающих документов, а также других документов, связанных с использованием, охраной и перераспределением земель.

Таблица 8

Виды документации при межевании земель

Вид межевания	Объект межевания	Вид проектного документа	Знаки, закрепляющие границы на местности
Межевание земель: а) межевание земельного участка, как объекта кадастрового учёта	Земельный участок (или его часть)	План (чертёж, схема) земельного участка и его частей. Проект границ земельного участка	Межевые знаки по границам земельных участков (далее – межевые знаки)
б) межевание земельного участка или земельных участков, выделяемых в счёт земельной доли (земельных долей)	Земельный участок, земельные участки долевой собственности	Проект межевания земельных участков	
Межевание территорий	Застроенные и подлежащие застройке территории	Проект межевания территорий	Межевые знаки, информационные знаки
Межевание объектов землеустройства (описание местоположения и (или) установление на местности границ объектов землеустройства)	Территория субъекта Российской Федерации; территория муниципального образования; территория населённого пункта; территориальная зона; зона с особыми условиями использования территорий	Карта (план) объекта землеустройства. Проект образования земли (или) владения и землепользования	Межевые знаки по границам объекта землеустройства
Межевание других земель	Лесной участок	Проект освоения лесов. План (чертёж, схема) лесного участка	Лесоустроительные и лесохозяйственные знаки
	Искусственный земельный участок	План (чертёж, схема) искусственного земельного участка	Межевые знаки
	Особо охраняемые территории	Проект образования территории. План (чертёж, схема) земельного участка	Межевые знаки, информационные знаки
	Территория особой экономической зоны	План обустройства территории. Карта(план) особой экономической зоны	Межевые знаки

Работы по межеванию земельного участка выполняют на основании задания, утвержденного заказчиком, в котором указывают:

- месторасположение (адрес) земельного участка и его площадь;
- основания проведения межевания;
- перечень нормативно-технических документов, регламентирующих выполнение работ;
- особые и дополнительные требования к производству работ и отчетным материалам, в том числе необходимость разработки проекта межевания земельных участков и др.

Составление задания должно основываться на результатах, полученных при проведении подготовительных работ по сбору и анализу исходных материалов [35]:

- 1) сведений государственного кадастра недвижимости, схем и проектов землеустройства и т.п.;
- 2) данных о фактическом использовании земель;
- 3) имеющихся документов на право собственности, владения и пользования объектами недвижимости, находящимися на территории размежевываемого (разделяемого) участка; решений судебных органов; генеральных планов объектов строительства и другой градостроительной документации;
- 4) каталогов координат ранее установленных межевых знаков, каталогов координат пунктов опорной межевой сети (ОМС) и т.п.

В подготовительный период происходит сбор информации на межуемый земельный участок.

Следующий обязательный этап межевания земельных участков – определение границ объекта землеустройства на местности, их согласование и закрепление межевыми знаками.

При межевании земельного участка поворотные точки его границы должны быть закреплены на местности межевыми знаками с обязательным последующим определением координат их центров в принятой местной системе плоских прямоугольных координат.

6.2. Способы межевой съемки земельных участков

Межевую съемку земельных участков выполняют традиционными геодезическими способами, которые используют при топографической съемке местности. В то же время эта съемка имеет ряд особенностей и отличий, которые определяют ее назначение и название, относятся прежде всего к объектам съемки, которые необходимо отобразить на плане земельного участка. Наряду с этим дополнительно определяются границы зон ограничений и обременений, трасс подземных коммуникаций и др. (по договору между участниками земельных отношений) [46].

Особенностью межевой съемки земельных участков является также необходимость выполнения наружных обмеров зданий и сооружений для их последующей регистрации как объектов недвижимости. При этом точность обмеров не зависит от масштаба межевой съемки земельного участка, который, как и масштаб плана земельного участка, определяется заданием на выполнение работ.

Межевую съемку земельных участков, как правило, выполняют от пунктов межевой съемочной сети. В то же время, если это оговорено заданием на выполнение работ, эта съемка может быть выполнена привязкой к надежно закрепленным на местности межевым знакам. Необходимость определения при съемке высот характерных точек местности на земельном участке, а также на прилегающих к нему территориях должна быть указана в задании на выполнение работ.

До начала съемки положение зон ограничений и обременений, трасс подземных коммуникаций и т.п. должно быть обозначено на местности вешками или колышками. При съемке в обязательном порядке ведут соответствующий абрис.

Межевую съемку земельного участка обычно осуществляют электронным тахеометром. При съемке используют, как правило, полярный метод. Не исключено также применение других методов, например: прямых угловых засечек, промеров по створу, а также промеров от углов капитальных зданий и сооружений, находящихся на территории земельного участка. В последнем случае к пунктам межевой съемочной сети должны быть «привязаны» не менее чем три характерные точки указанных зданий и сооружений [46].

Для контроля и исключения пропусков «окон» с каждой съемочной станции устанавливают положение нескольких пикетов, определенных с других станций.

При использовании электронных тахеометров результаты работы могут быть записаны наблюдателем в процессе съемки в сменный модуль памяти. Результаты измерений записываются в виде отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам тахеометра, наклонных расстояний или их горизонтальных проложений.

6.3. Восстановление утраченных межевых знаков и съемка границ землевладений и землепользований

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 и поэтому считаются обязательным элементом для составления межевого плана.

Со временем некоторые граничные знаки на местности утрачиваются, поэтому границы землепользований 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 геодезической информации о них 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 следующими способами [39]:

- 1) угломерных измерений;
- 2) линейных измерений;
- 3) непосредственного опознавания (дешифрирования) на местности признаков утраченного знака.

Способ угломерных измерений для восстановления утраченных межевых знаков обычно предполагает применение тахеометра (либо теодолита и мерной ленты для измерения длины), при этом необходимые угловые и линейные величины по границам берут из ведомостей координат или из плана. Для работы в поле изготавливают чертеж границ, на который выписывают углы и линии по утраченной части границы и на примыкающих к ней линиях с сохранившимися на местности межевыми знаками.

При восстановлении одиночных межевых знаков применяют полярный способ или способ угловых засечек. Полярный способ заключается в построении на сохранившемся межевом знаке B угла β и отложении от знака B на местности расстояния S для определения положения утраченного знака C (рис. 29).

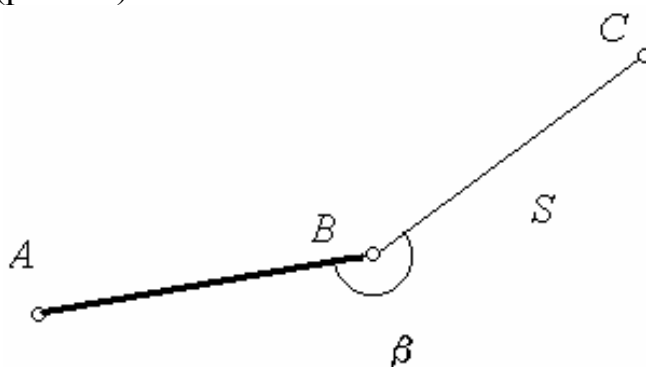


Рис. 29. Схема восстановления утраченных межевых знаков полярным способом

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

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

$$S = \sqrt{(y_C - y_B)^2 + (x_C - x_B)^2}.$$

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 B , D и восстанавливаемым знаком C (рис. 30). Необходимые углы β_1 , β_2 выбирают из ведомости координат или вычисляют по вышепредставленной формуле.

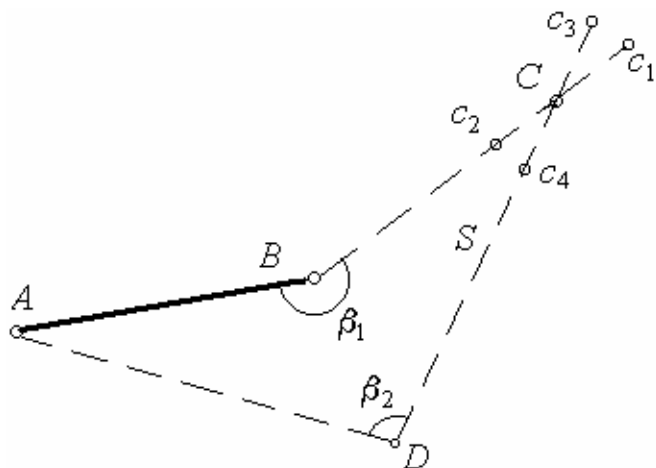


Рис. 30. Схема восстановления утраченных межевых знаков способом угловых засечек

На местности, установив тахеометр на знаке B , от направления на знак A строят угол β_1 и по полученному направлению в районе расположения знака C обозначают створ вешками c_1 и c_2 . Аналогично из знака D получают точки c_3 и c_4 . Затем на пересечении створов c_1c_2 и c_3c_4 восстанавливают утраченный межевой знак C [18].

При необходимости восстановления отдельного звена границы из нескольких смежных знаков целесообразно строить (прокладывать) теодолитный ход. Например, для восстановления утраченной границы BC , CD , DE и граничных знаков C и D строят при точке B угол β , величина которого известна, и по этому направлению откладывают известное расстояние (горизонтальное проложение BC (рис. 31)). В полученной точке C строят угол, величина которого известна, откладывают расстояние CD и фиксируют точку d . У точки E может образоваться невязка eE в результате

влияния погрешностей измерений как при проложении хода $BCDE$, так и при его восстановлении $Bcde$.

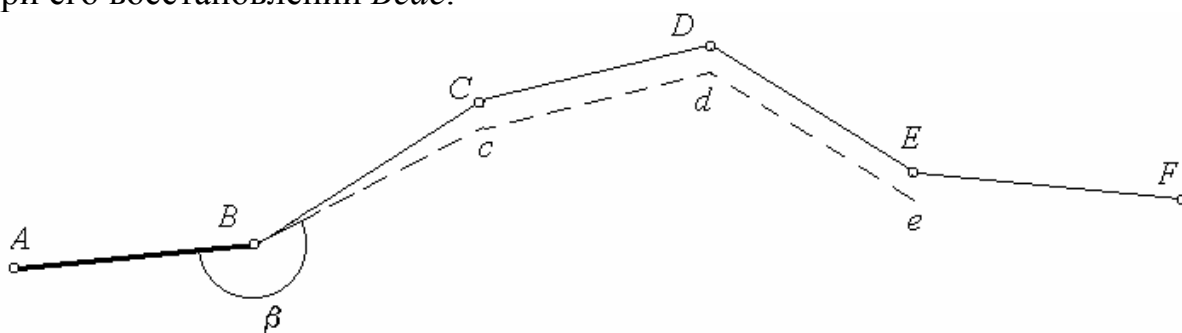


Рис. 31. Схема восстановления нескольких межевых знаков

При обычно принимаемой вероятности 0,954 допустимую невязку можно рассчитать по формуле

$$f_s^2 = 4 \sum_1^n m_s^2 + 4 \frac{n+1.5}{3} \left(\frac{m_\beta}{\rho} \sum S \right)^2,$$

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

n – число линий хода (построенных углов);

m_β – средняя квадратическая погрешность построения угла;

ρ – перевод радианной меры в угловую.

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

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

Иногда нет необходимости производить увязку хода на местности, так как после получения точки C раскопка в этой точке позволяет обнаружить остатки утраченного межевого знака в виде полусгнивших частей столба или осколков камня, бетона и пр. Тогда на этом месте устанавливают новый знак, строят угол при его вершине и отмеряют расстояние для получения точки d , где также обнаруживают остатки утраченного межевого знака, на месте которого тоже устанавливают новый знак.

При восстановлении знаков в закрытой (залесенной или застроенной) местности затрачивается много времени и сил как на прорубку просек, так и на увязку хода в натуре. В этом случае задачу восстановления межевых знаков в точках C и D решают иначе: по координатам точек B и E (рис. 32), решением обратной геодезической задачи, определяют направление и дли-

ну линии BE , а затем по дирекционным углам граничных линий и линии BE вычисляют углы:

$$\varphi = \alpha_{BA} - \alpha_{BT}, \quad \alpha = \alpha_{BE} - \alpha_{BC},$$

$$\beta = \alpha_{BE} - \alpha_{CB}, \quad \gamma = \alpha_{ED} - \alpha_{EB}.$$

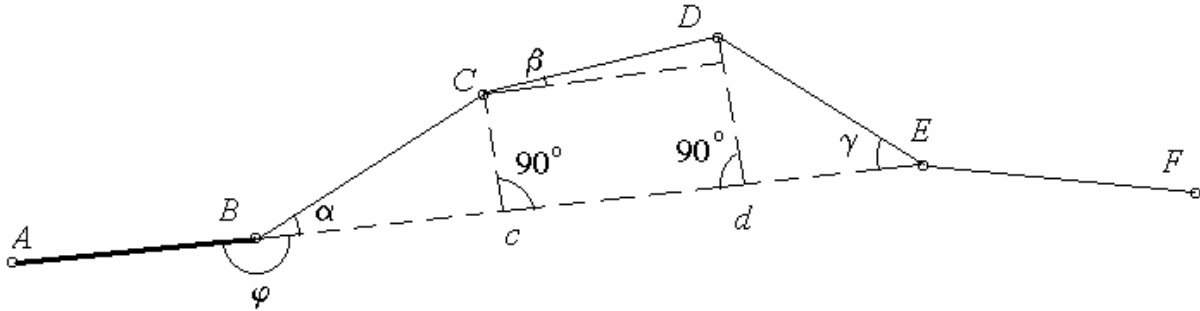


Рис. 32. Схема восстановления нескольких межевых знаков в закрытой местности

По линии BE вычисляют промеры:

$$Bc = S_{BC} \times \cos \alpha; \quad cd = S_{CD} \times \cos \beta; \quad dE = S_{DE} \times \cos \gamma$$

и перпендикуляры к точкам C и D длиной:

$$Bc = S_{BC} \times \sin \alpha, \quad Dd = Cc + S_{CD} \times \sin \beta.$$

Записывают вычисленные данные на чертеже, согласно которому на местности строят в точке B угол φ , провешивают линию BE , отмеряют промер Bc в точке c , строят и откладывают перпендикуляр cC и восстанавливают знак в точке C . Положение знака в точке D находят по промеру Bd и перпендикуляру dD .

Если же и измерение линии BE невозможно или затруднительно, то вспомогательный теодолитный ход между точками B и E прокладывают с одной (двумя) дополнительной точкой Q (рис. 33).

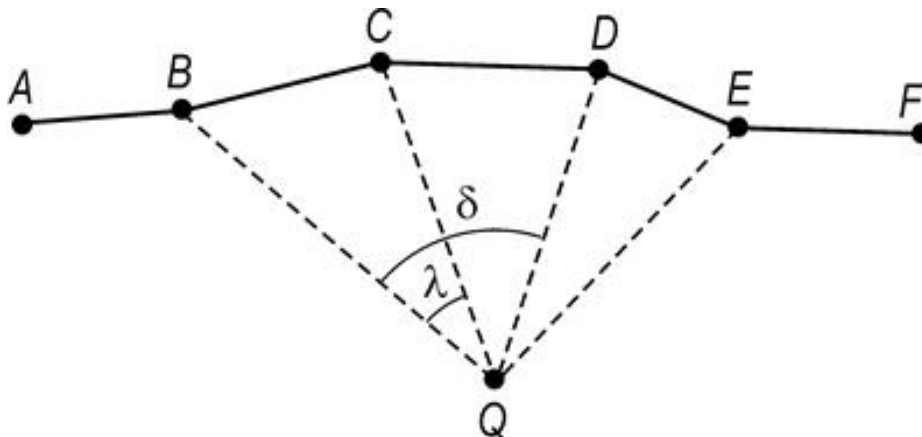


Рис. 33. Схема восстановления нескольких межевых знаков с помощью построения дополнительной точки

Выполняется увязка, а затем по координатам т. Q и C , Q и D вычисляют дирекционные углы и горизонтальные прямые QC и QD и углы:

$$\varphi = \alpha_{QC} - \alpha_{QB}, \quad \alpha = \alpha_{QD} - \alpha_{QB},$$

необходимые для построения их на местности для восстановления утраченных знаков C и D .

Способ линейных измерений (промеров) применяют, если на утраченную часть границы нет геодезических данных (угловых и линейных), а есть лишь графическое изображение ее на плане или фотоплане. Границы в этом случае восстанавливают по точкам на местности, где были граничные знаки, с применением метода промеров между сохранившимися знаками B и E и построением перпендикуляров от промеряемой линии BE до восстанавливаемых знаков C и D . Длину промеров Bc и Bd и перпендикуляров cC и dD определяют графически по плану. Кроме того, могут применяться линейные засечки от ближайших четких контурных точек, промеры вдоль линейных контуров ситуации, по створным линиям и т.д.

Границы землепользований восстанавливают с участием представителей всех заинтересованных сторон.

Границы в натуре могут закрепляться следующими стандартными межевыми знаками [18]:

- железобетонными столбами длиной 135–150 см;
- деревянными столбами длиной 135–150 см и диаметром 15–20 см;
- валунами сравнительно правильной формы весом свыше 100 кг;
- кладкой тура в виде усеченного конуса высотой 80 см.

На границе одного и того же землепользования или по смежной границе межевые знаки должны быть единой конструкции.

Для длительной сохранности знаков обычно вокруг столбов оформляют курган с канавкой в виде окружности внутренним диаметром 2,5–2,8 м, внешним – 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 с государственным гербом. 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 последующий и предыдущий знаки.

Межевые знаки устанавливают друг от друга на расстоянии, обеспечивающем взаимную видимость, но не более 1000 м, а в районах с менее интенсивным землепользованием – ≤ 2000 м.

На открытой территории землепользований границы, не совмещенные с живыми урочищами и другими рубежами, пропахивают в одну борозду глубиной ≥ 20 см.

Наиболее надежным способом съемки межевых знаков является проложение по ним теодолитных ходов, привязываемых к пунктам

имеющейся геодезической сети (в том числе к существующим межевым знакам, имеющим вычисленные значения координат). Тогда эти знаки в течение многих лет служат геодезическим обоснованием [39].

Закрепленные на местности границы землепользований показываются и сдаются в натуре представителям землеустроительных хозяйств с оформлением протокола, в котором описывается положение границ на местности. К протоколу прилагается чертеж установленных границ. После установления границ на местности землепользователю выдается государственный акт на право пользования или владения землей. Координаты межевых знаков должны определяться как можно точнее.

Границы городских земель определяются с точностью до нескольких сантиметров (в пределах 5 см), в пригороде – с точностью съемки (10 см). Точность по площади частных земель 1 м².

6.4. Применение глобальных навигационных спутниковых систем для определения местоположения пунктов

Использование глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) при определении местоположения пунктов имеет существенные преимущества по сравнению с традиционными геодезическими методами [21]:

- исключается необходимость располагать определяемые пункты геодезических сетей, например опорных межевых, с условием их взаимной видимости;
- расстояния между определяемыми пунктами могут составлять десятки километров;
- возможны наблюдения в любую погоду как в дневное, так и в ночное время;
- измерения и обработка результатов почти полностью автоматизированы;
- возможно получение координат геодезических пунктов, поворотных точек границ земельных участков, съемочных станций, характерных точек объектов недвижимости в реальном масштабе времени и др.

6.4.1. Общие сведения о глобальных навигационных спутниковых системах

Спутниковые радионавигационные системы предназначены для предоставления на постоянной основе навигационных услуг различным потребителям. Запросы пользователей к характеристикам навигационного поля постоянно возрастают.

Задачи, решаемые с использованием радионавигационных систем, подразделяются на основные группы:

- навигационные задачи, связанные с определением местоположения (координат) и времени, направления (ориентирования в пространстве) и скорости перемещения подвижных объектов (включая отдельного чело-

века, работа или группу лиц, роботов) на земле, на воде, в воздухе и околоземном космическом пространстве;

- задачи координатометрирования, и в частности создания исходной геодезической основы;

- задачи синхронизации шкал времени (сличение шкал времени и эталонных частот) разнесенных в пространстве объектов;

- специальные задачи, в том числе задачи, определяемые Минобороны России, МВД России и ФСБ России.

В процессе решения навигационных задач меняются условия при движении объектов, а в соответствии с этим изменяются и требования к радионавигационным системам.

Нет принципиальных отличий в навигации наземных транспортных средств на различных этапах движения, но имеется специфика навигационного обеспечения при перемещении по произвольным и установленным маршрутам, а также в местностях с ограниченной «видимостью» источников сигналов навигационных систем (населенные пункты, лесные массивы и т.д.).

Решение задач координатометрирования и создания исходной геодезической основы требуется, в частности, в следующих областях:

- геодезия, картография, гидрография и океанография;
- геологоразведка и добыча полезных ископаемых, контроль состояния окружающей среды;

- геодезическая подготовка объектов транспортной инфраструктуры;
- капитальное строительство, контроль состояния сооружений, окружающей среды и землеустройство;

- фундаментальные и прикладные научные исследования земной поверхности, земной коры и др. [18].

На рис. 34 представлена структура решаемых задач с использованием радионавигационных систем.

В настоящее время функционируют две глобальные навигационные спутниковые системы: Российская ГЛОНАС и система GPS¹, разработанная в США. Внедрение глобальных навигационных спутниковых систем в практику земельно-кадастровых геодезических работ в корне изменило процесс полевых измерений, существенно сократив время, затрачиваемое на них, и значительно повысив точность получаемых результатов.

¹ GPS (англ. Global Positioning System – система глобального позиционирования, читается Джи Пи Эс) – спутниковая система навигации, обеспечивающая измерение расстояния, времени и определяющая местоположение во всемирной системе координат WGS 84.

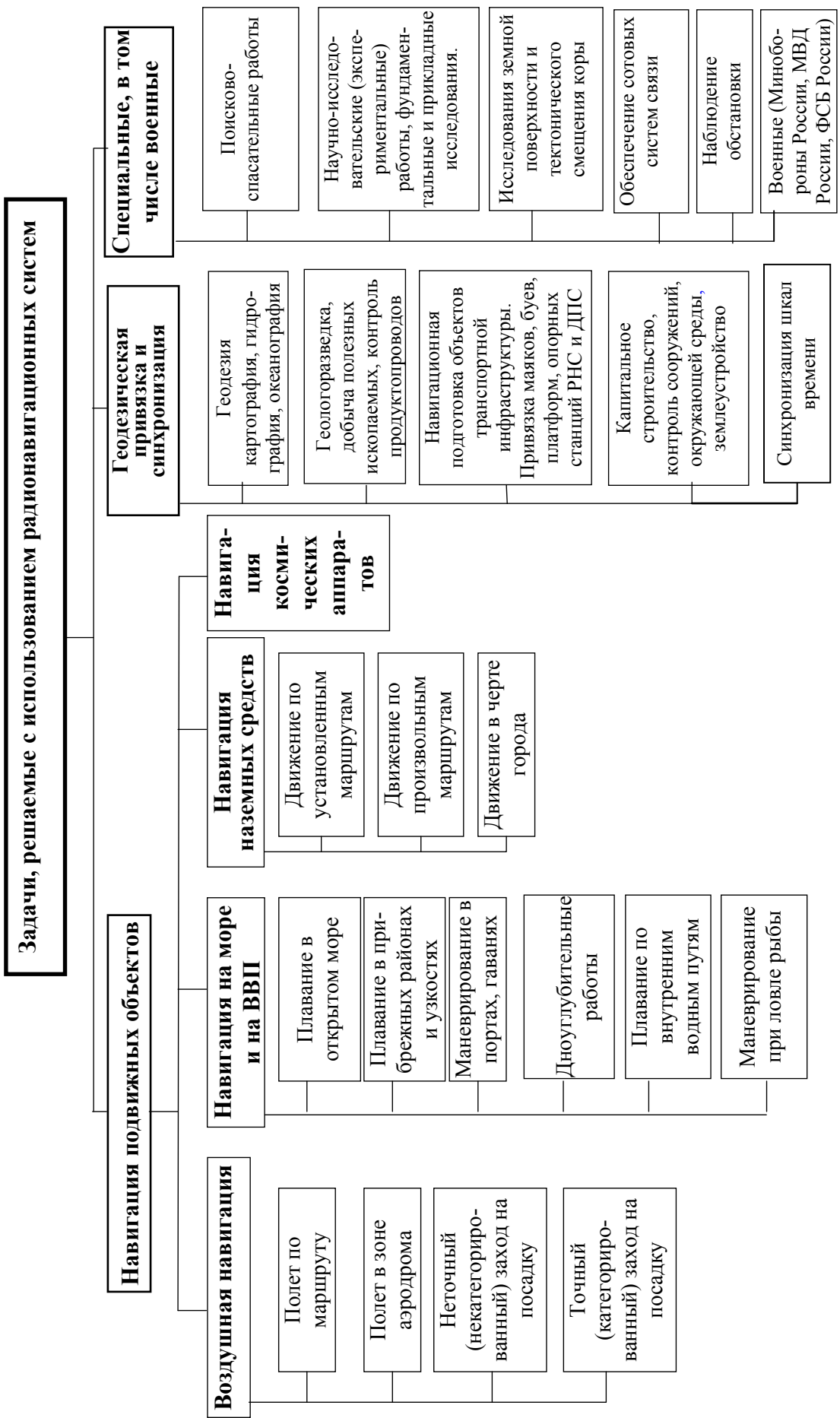


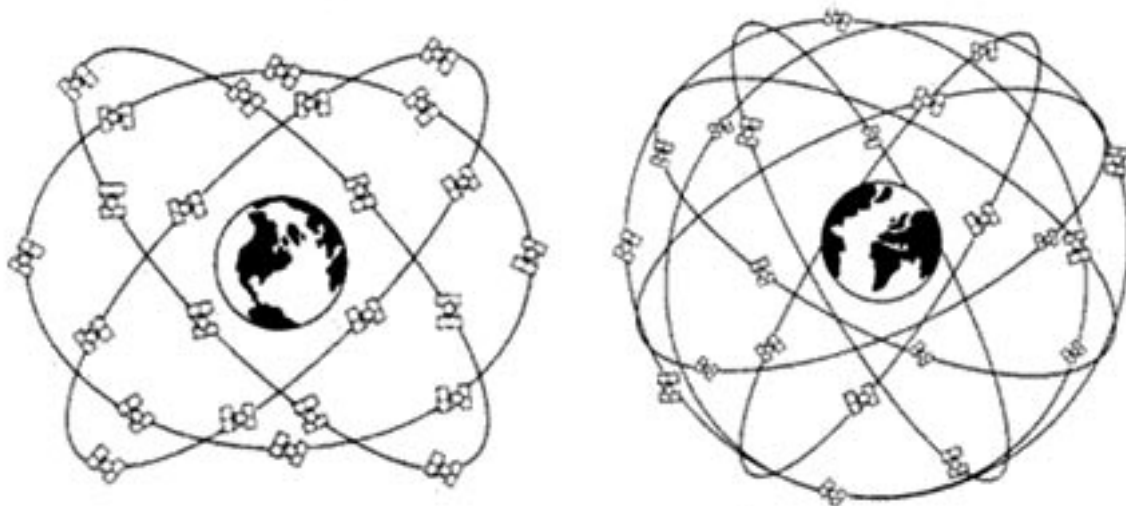
Рис. 34. Структура решаемых задач с использованием радионавигационных систем

Система GPS создана министерством обороны США и позволяет с точностью до 20 м определять в любой точке земного шара место нахождения неподвижного либо движущегося объекта на земле, в воздухе и на море в трех измерениях с очень высокой точностью. Более того, GPS сообщает скорость передвижения объекта. Эта система позволяет оснастить речные и морские суда, автомобили, самолеты электронными картами, на которых указываются место нахождения объекта и кратчайший (либо наиболее удобный) путь к пункту назначения. GPS используется также для составления географических карт и в задачах геодезии. Система широко применяется и гражданскими абонентами. Кроме высокой точности измерения координат своего местоположения и скорости различных подвижных объектов, а также определения времени, важными достоинствами системы GPS являются непрерывность выдачи информации, всепогодность и скрытность [35].

Несмотря на то, что изначально проект GPS был направлен на военные нужды, сегодня GPS широко используется и в гражданских целях. GPS-приёмники продают во многих магазинах, торгующих электроникой, их встраивают в мобильные телефоны, смартфоны, КПК и другие устройства. Потребителю также предлагаются различные устройства и программные продукты, позволяющие видеть своё местонахождение на электронной карте; имеющие возможность прокладывать маршруты с учётом дорожных знаков, разрешённых поворотов и даже пробок; искать на карте конкретные дома и улицы, достопримечательности, кафе, больницы, автозаправки и прочие объекты инфраструктуры [52].

Несмотря на все преимущества, у GPS-систем есть и недостатки. Например, GPS-приемник может быть отключен в любой момент из соображений безопасности США. Кроме того, внедрение GPS-технологии подразумевает наличие подробных электронных карт с масштабом до 100 м, которые не в каждой стране есть в свободной продаже. Нельзя не упомянуть то обстоятельство, что при вычислении координат спутниковая система допускает погрешности. Природа этих ошибок различна. Задержки распространения сигналов при их прохождении через верхние слои атмосферы приводят к ошибкам порядка 20–30 м днем и 3–6 м ночью.

Орбитальная группировка (ОГ) в СРНС (спутниковая радионавигационная система) ГЛОНАСС содержит 24 штатных космических аппарата (КА) на круговых орбитах на высоте 19100 км, в трех орбитальных плоскостях по восемь КА в каждой. Управление орбитальным сегментом ГЛОНАСС осуществляет наземный комплекс управления. Он включает в себя Центр управления системой (г. Краснознаменск, Московская область) и сеть станций слежения и управления, рассредоточенных по территории России. Схематически подсистема космических аппаратов ГЛОНАСС и GPS представлена на рис. 35.



Подсистема космических аппаратов ГЛОНАСС Подсистема космических аппаратов GPS

Рис. 35. Подсистема космических аппаратов

Сущность спутниковой технологии развития съёмочного обоснования и съёмки ситуации и рельефа состоит в использовании глобальной навигационной спутниковой системы и системы вычислительной обработки (ЭВМ и программного обеспечения) для получения координат и высот точек местности (пунктов съёмочного обоснования и съёмочных пикетов).

Группировка GPS полностью укомплектована в апреле 1994-го и с тех пор поддерживается. Последние запуски спутников производились в мае 2010 г., июле 2011, октябре 2012 и 15 мая 2013, а также в августе 2014 г. [53]. В 2015 году планируется запустить два спутника.

Группировка ГЛОНАСС была полностью развёрнута в декабре 1995-го, но с тех пор значительно деградировало. В 2011 году система ГЛОНАСС полностью восстановлена, количество спутников достигло 24. В системе появился орбитальный резерв. В декабре 2009 года введён в эксплуатацию 110-й космический аппарат (далее – КА). Общее число запущенных спутников NAVSTAR к этому времени составило 60. Крайние и планируемые запуски спутников ГЛОНАСС представлены в табл. 9 [36].

Т а б л и ц а 9

Крайние и планируемые запуски спутников

Дата	Крайние и планируемые запуски спутников
1	2
26 октября 2007	РН «Протон-К» стартовал с Байконура и вывел на околоземную орбиту три модифицированных КА «Глонасс-М»
25 декабря 2007	С космодрома «Байконур» стартовал РН «Протон-М» и вывел на орбиту три КА «Глонасс-М». Запуск увеличил число работающих спутников до 16 (одновременно 4 спутника, запущенные в 2001—2003 годах, были выведены из группировки)
25 сентября 2008	Запуск РН «Протон-М» с тремя КА «Глонасс-М» в каждом. Запуск увеличил число работающих спутников до 18 (1 спутник был выведен из состава группировки)

1	2
25 декабря 2008	Запуск РН «Протон-М» с тремя КА «Глонасс-М»
14 декабря 2009	Запуск РН «Протон-М» с тремя КА «Глонасс-М»
2 марта 2010	Запуск РН «Протон-М» с тремя КА «Глонасс-М». Запуск увеличил число работающих спутников до 21 КА (плюс 2 КА в орбитальном резерве)
2 сентября 2010	Запуск РН «Протон-М» с тремя КА «Глонасс-М». Число работающих спутников 21 КА (плюс 2 КА в орбитальном резерве и на 06.09.2010 3 КА на этапе ввода в эксплуатацию)
5 декабря 2010	Запуск РН «Протон-М» с тремя КА «Глонасс-М». В результате выведения разгонного блока с тремя КА на нерасчетную орбиту потеряны три аппарата «Глонасс-М»
3 октября 2011	Запуск КА «Глонасс-М» при помощи РН «Союз-2-1Б» [
4 ноября 2011	Запуск трех КА серии «Глонасс-М» РН «Протон-М»
26 апреля 2013	Запуск КА «Глонасс-М» при помощи РН «Союз-2-1Б», космодром Плесецк
2 июля 2013	РН «Протон-М» с тремя КА «Глонасс-М» взорвался после старта
сентябрь, октябрь 2013	два запуска с космодрома Плесецк при помощи РН «Союз»
24 марта 2014	Выведен на орбиту спутник Глонасс-М № 54 с помощью ракеты-носителя Союз-2.1б
1 декабря 2014	Выведен на орбиту спутник Глонасс-К с космодрома Плесецк с помощью ракеты-носителя Союз-2.1б. Это второй запуск спутника третьего поколения.

На сегодняшний день в России актуальны проблемы развития отечественной системы ГЛОНАСС.

Во исполнение Указа Президента Российской Федерации от 17 мая 2007 года, № 638, разработана новая программа, направленная на обеспечение поддержания, развития и создания условий для широкомасштабного использования системы ГЛОНАСС.

Новая федеральная целевая программа «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС в 2012–2020 годах» утверждена постановлением Правительства РФ 3 марта 2012 г., №189, с общим объемом бюджетного финансирования 326,5 млрд руб. Программой предусмотрено развитие всех структурных элементов системы ГЛОНАСС [10].

Для поддержания системы космического сегмента системы ГЛОНАСС предусмотрены работы по изготовлению 13 КА «Глонасс-М» и 22 КА «Глонасс-К». КА «Глонасс-М» будут запускаться для замены выработавших ресурс КА в период до завершения летных испытаний КА нового поколения с улучшенными тактико-техническими характеристиками «Гло-

насс-К». По мере выработки ресурса КА «Глонасс-М» будет производиться их плановая замена на КА «Глонасс-К».

Предусмотрено завершение летных испытаний нового КА «Глонасс-К» с новыми навигационными сигналами, новыми функциями и улучшенными характеристиками. Планируется запуск еще 2 КА «Глонасс-К» в целях завершения летных испытаний. Улучшение точностных характеристик системы обеспечит запуск 1 КА геодезического обеспечения.

Для получения исходных данных для обновления карт, начиная с 2015 года, запланирована разработка картографической космической системы, будут разработаны и запущены 2 КА оптико-электронной съемки местности.

Потребуется поддержание наземной космической инфраструктуры системы ГЛОНАСС. С целью повышения точностных характеристик системы дальнейшей модернизации будет подвергнут наземный комплекс управления, расширена сеть измерительных станций у нас в стране и за рубежом (до 40 станций). Модернизация дополняющих комплексов системы обеспечит повышение точности навигационных определений потребителей до дециметрового и сантиметрового уровня.

В программе предусмотрено выведение на качественно новый уровень научно-технического сопровождения разработки, изготовления и испытаний всех составных частей системы ГЛОНАСС с целью обеспечения требуемого уровня надежности и качества. Будет создана постоянная служба заказчика из высококлассных специалистов, которые на всех этапах жизненного цикла создаваемых средств смогут обеспечить квалифицированный контроль за соблюдением требований нормативных документов, полноты наземной отработки и испытаний изделий. Будут существенно расширены география научно-технического сопровождения (более 20 ведущих предприятий по всей территории Российской Федерации, от Красноярска до Калининграда) и номенклатура контролируемых разработок [10].

Использование радионавигационных систем с каждым днем становится всё более востребованным.

Недостатки системы ГЛОНАСС – необходимость сдвига диапазона частот вправо, так как в настоящее время ГЛОНАСС мешает работе как подвижной спутниковой связи, так и радиоастрономии – при смене эфемерид спутников погрешности координат в обычном режиме увеличиваются на 25–30 м, а в дифференциальном режиме – превышают 10 м. Это приводит к большим погрешностям определения координат места потребителя, что недопустимо для гражданской авиации.

Мнения многих экспертов в области геоинформатики о ее развитии в ближайшие годы во многом сходятся. Карты и виды со спутника становятся все более распространенными и чаще используемыми в нашей жизни. А крупные инвестиции от компаний, подобных Google, Microsoft,

Apple, Amazon и ESRI, делает сервисы для пользовательского картографирования и геолокационные сервисы просто вездесущими. В таких условиях технологическая составляющая отойдет на задний план, поскольку пользователей больше всего будет интересовать функциональность приложений. Спрос на мобильные приложения продолжит расти, особенно в развивающихся странах, где Интернет и программное обеспечение используют преимущественно на мобильных устройствах. Планируется, что отрасль эволюционирует от простого производства данных до геолокации, использования данных в целях аналитики в режиме реального времени и визуализации, т.е. до извлечения информации из произведенных материалов.

Основной проблемой развития ГЛОНАСС сейчас является отсутствие навигационных карт, и мало того – большая часть картографических данных засекречена, а без них навигаторы никому не нужны. А в России нет даже юридической базы в этой сфере. В 2009 году был принят Федеральный закон Российской Федерации от 14 февраля 2009 г. № 22-ФЗ «О навигационной деятельности» [1]. Но нет ни требований к навигационным картам, ни самого понятия таковых, хотя ГЛОНАСС создана еще 20 лет назад. На пути картографов встал гриф «секретно». В Минобороны России существует документ, засекречивающий ряд картографических данных. Несколько страниц занимает перечень запрещенных объектов: рельеф, покрытие дорог, грузоподъемность мостов и т.д. При этом формулировки настолько расплывчаты и неоднозначны, что любую карту можно будет объявить разглашающей государственную тайну и запретить. Кроме того, существует еще один документ под названием «Перечень объектов местности и характеристик, запрещенных к открытому показу на топографических картах и планах», который даже несекретную информацию переводит в категорию «для служебного пользования» (утвержден Приказом Роскартографии от 14 декабря 2000 г., № 181 пр.) [11]. В процессе принятия находится целый ряд законов и постановлений, регулирующих сферу навигационной картографии, предоставления соответствующей информации, ее обращения, применения и хранения. Но потребуется урегулировать еще массу вопросов, например вопросы авторских прав на результаты интеллектуальной деятельности в области геодезии и картографии, на размещение картографического произведения в Интернете.

Таким образом, существует ряд проблем, мешающих широкому использованию спутниковой навигации. Большинство предприятий предпочитают использовать систему GPS, несмотря на то что у неё существует ряд значительных недостатков. Отечественную систему ГЛОНАСС нужно модернизировать, улучшать качество сигнала, увеличивать точность подаваемых данных, развивать рынок программного обеспечения и навигационных карт. Также важную роль может сыграть изменение Российского законодательства в сфере навигационной деятельности.

6.4.2. Структура и состав глобальной навигационной спутниковой системы

Для достижения таких важных качеств глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС), как непрерывность и высокая точность измерений, в ее составе функционируют три основных сегмента [21]:

- ❖ контроля и управления;
- ❖ космический;
- ❖ потребителя (пользователя).

Сегмент контроля и управления. Это комплекс наземных средств, обеспечивающих непрерывные наблюдения и контроль над работой всей системы. Одна из составляющих этого сегмента – равномерно расположенная на поверхности Земли, в том числе и на территории России, космическая геодезическая сеть.

Данный сегмент состоит из следующих взаимосвязанных стационарных элементов:

- центра управления системой ГЛОНАСС;
- центрального синхронизатора;
- контрольных станций;
- системы контроля фаз;
- квантооптических станций;
- аппаратуры контроля поля.

Космический сегмент. В ГНСС он включает в себя созвездие навигационных искусственных спутников Земли (ИСЗ), вращающихся вокруг Земли на строго определенных орбитах. Размеры и форма эллиптической орбиты характеризуются размером ее большой полуоси a и эксцентриситета e . В системе GPS большая полуось и эксцентриситет примерно равны 26560 км и 0,001 соответственно (см. рис. 35).

Навигационный искусственный спутник Земли движется по орбите в некоторой шкале времени.

В глобальных навигационных спутниковых системах используют следующее время: всемирное (гринвичское среднее солнечное); всемирное координированное; поясное; местное декретное; летнее.

Сегмент потребителей. Основные задачи, решаемые приемной аппаратурой, относящейся к сектору потребителей, – прием и первичная обработка сигналов искусственных спутников земли (ИСЗ).

Обработку сигналов выполняют с целью выработки необходимой потребителям информации (пространственно-временных координат, направления и скорости, пространственной ориентации и т.д.). Упрощенная структурная схема приемной аппаратуры (приемника спутниковых сигналов) показана на рис. 36.

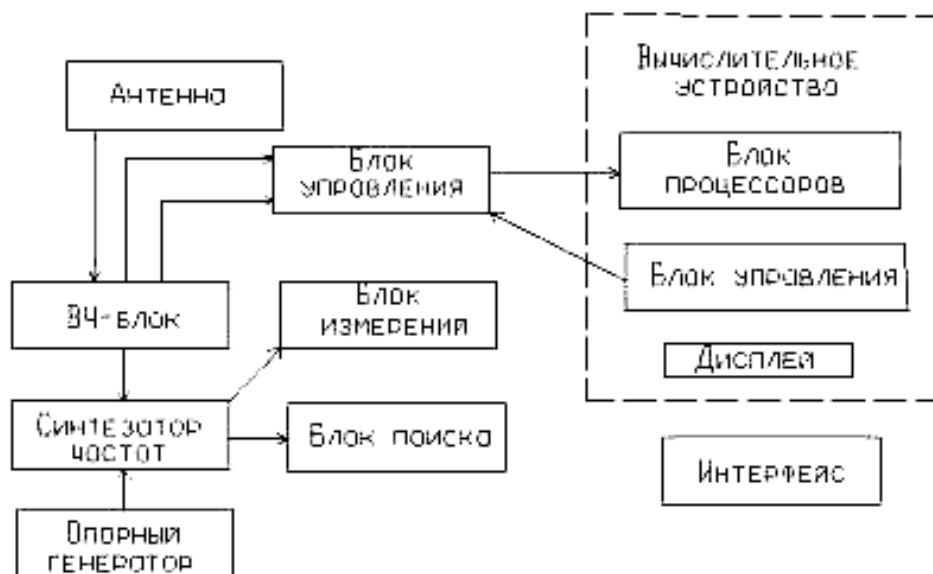


Рис. 36. Структурная схема приемника спутниковых сигналов

Приемное устройство выполняет функции супергетеродинного приемника, а также осуществляет первичную обработку сигналов. Соответствующие сигналы поступают в блок поиска и измерения. После завершения поиска происходит захват сигнала, который поступает в вычислительный блок. По указаниям оператора (наблюдателя) результаты соответствующей обработки, как правило, могут быть отражены на дисплее.

Обычно выделяют три модификации приемников. Приемники первого класса предназначены для быстрых навигационных определений координат. Такие приемники удобно использовать при рекогносцировке, выносе в натуру и съемке объектов с небольшой точностью. Приемники второго класса используются для определения положения движущихся объектов. Приемники третьего класса, как правило, относятся к приемникам геодезического назначения. В них имеется многоканальный блок, осуществляющий слежение одновременно за сигналами нескольких ИСЗ (до 12 и более). Внутренняя память приемника до 100 Мб и более. Приемники оснащены портами для интеграции с другой аппаратурой. Значительный практический интерес представляют совмещенные GPS/ГЛОНАСС-приемники. В общем случае приемники геодезического назначения выполняют следующие функции [21]:

- генерацию местной шкалы времени (местных эталонных колебаний);
- поиск, усиление и разделение сигналов, принадлежащих различным ИСЗ;
- фильтрацию сигналов;
- выделение из сигналов меток времени и псевдослучайных последовательностей;
- слежение за частотой, фазой, кодовыми сигналами, измерение псевдодалейностей до каждого навигационного ИСЗ (далее – НИСЗ);

- прием установочных параметров и маркеров, фиксирующих внешние события;
- различные оперативные расчеты;
- выдачу в форме индикации на дисплее контроллера соответствующей информации об установочных указаниях и параметрах, о результатах измерений, например в форме геодезических координат, о наличии и состоянии участвующих в радиосеансе навигационных ИСЗ и др.;
- прием поправок (с помощью специального радиоканала) в псевдодальности от внешнего передающего устройства;
- передачу результатов спутниковых наблюдений на другие радиоприемные устройства, в том числе телефоны сотовой связи; хранение принятой информации.

Конструктивно приемники, как правило, выполнены в виде отдельных или совмещенных блоков, которые содержат антенное устройство, контроллер (мини-ЭВМ с клавиатурой) и аккумуляторы. С помощью контроллера (встроенного или присоединяемого к приемнику) пользователь может управлять и контролировать процесс спутниковых наблюдений. Часто приемники имеют встроенный радиомодем, с помощью которого в реальном масштабе времени можно передать или принять по каналам связи необходимую информацию. К ней относятся, например, результаты измерений, выполненных на определяемой точке, а также результаты соответствующих расчетов по этим измерениям, которые производятся в специальном, удаленном от места проведения измерений вычислительном центре.

Общий вид приемника спутниковых сигналов, включающего антенное устройство, собственно приемник и контроллер показан на рис. 37.



Рис. 37. Приемник спутниковых сигналов

Выбор конкретного типа приемника спутниковых сигналов для проведения земельно-кадастровых геодезических работ зависит прежде всего от необходимой точности определения положения объектов.

6.4.3. Принципы определения местоположения пунктов

Местоположение точки может быть получено с использованием глобальных навигационных спутниковых систем как из абсолютных, так и из относительных определений [8].

Для реализации относительных спутниковых определений используют два или более приёмника, один из которых является базовой станцией, а другие – подвижными. Наблюдения спутников базовой и подвижными станциями осуществляют приёмами, объединёнными в сеансы.

Различают следующие методы относительных спутниковых определений:

1. Статический – метод, при котором наблюдения подвижной станцией на точке выполняют одним приёмом продолжительностью не менее 1 часа. В случаях, если эксплуатационная документация спутниковой аппаратуры содержит конкретные указания о минимально необходимом времени наблюдении для реализации того или иного метода, при проектировании и выполнении спутниковых определений целесообразно время наблюдений уточнять в соответствии с данными эксплуатационной документации.

2. Быстрый статический – метод, при котором наблюдения подвижной станцией на точке выполняют одним приёмом продолжительностью 5–20 минут. Ориентировочные значения продолжительности наблюдений на точке при применении быстрого статического метода в зависимости от числа наблюдаемых спутников приведены табл. 10.

Т а б л и ц а 10

Продолжительность наблюдений на точке
при применении быстрого статического метода

Число наблюдаемых спутников	Продолжительность наблюдений, мин
4	≥ 20
5	10 – 20
6 и более	5 – 10

3. Реокупация – метод, при котором наблюдения подвижной станцией на точке выполняют двумя приёмами продолжительностью не менее 10 минут каждый с интервалом между приёмами от 1 до 4 часов. Приёмы должны быть выполнены одним и тем же приёмником. В случаях, если эксплуатационная документация спутниковой аппаратуры содержит конкретные указания о минимально необходимом времени наблюдений для реализации того или иного метода, при проектировании и проведении спутниковых определений целесообразно время наблюдений уточнять в соответствии с данными эксплуатационной документации.

4. Кинематический – метод, при котором подвижная станция находится в режиме непрерывной работы как во время приёма на точке, так и во время перемещения между точками. Его разновидностями являются способ «стой-иди» и способ непрерывной кинематики. Работа способом «стой-

иди» складывается из выполнения подвижной станцией приёма, называемого инициализацией (продолжительностью около 15 минут), и выполнения связанных с этой инициализацией приёмов на определяемых точках продолжительностью до 1 минуты. При реализации способа непрерывной кинематики остановок на точках для выполнения приёма не требуется. Однако точность этого способа для производства топографических съёмок недостаточна, и использовать его для этих работ не рекомендуется [8].

Точность определения координат потребителя, которую обеспечивают системы GPS и ГЛОНАСС, составляет около 10 м. Однако для многих приложений подобная точность недостаточна. Для увеличения точности местоопределения существует метод дифференциальной навигации, который обеспечивает точность до нескольких десятков сантиметров.

Дифференциальный режим реализуется с помощью контрольного навигационного приёмника, называемого базовой станцией. Базовая станция устанавливается в точке с известными географическими координатами. Сравнивая известные координаты (полученные в результате прецизионной геодезической съёмки) с измеренными координатами, базовый навигационный приёмник формирует поправки, которые передаются потребителям по каналам связи. Принцип действия дифференциального режима представлен на рис. 38.

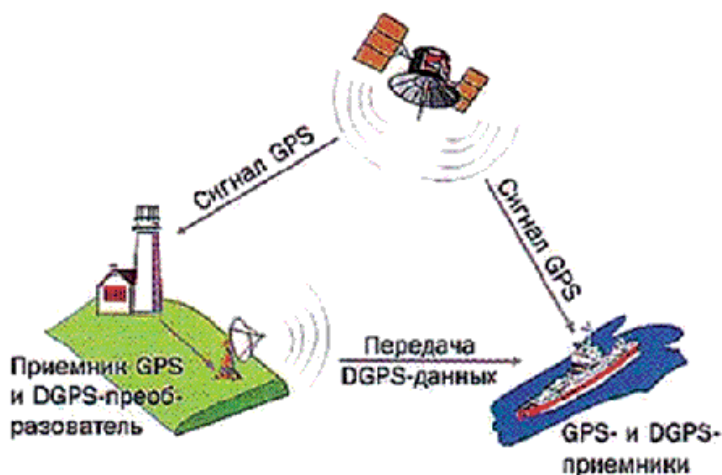


Рис. 38. Принцип действия дифференциального режима

Приёмник потребителя учитывает принятые от базовой станции поправки при решении навигационной задачи. Это позволяет определить его координаты с точностью до одного метра.

Различают два метода вычисления поправок [16]:

- метод коррекции координат, когда в качестве дифференциальных поправок с базовой станции передают добавки к измеренным в определяемом пункте координатам. Недостатком этого метода является то, что приёмники базового и определяемого пунктов должны работать по одному рабочему созвездию. Это неудобно, поскольку все потребители, использующие дифференциальные поправки, должны работать по одним и тем же ИСЗ;

- метод коррекции навигационных параметров, при использовании которого на базовой станции определяются поправки к измеряемым параметрам (например псевдодальностям) для всех спутников, которые потенциально могут быть использованы потребителями. Эти поправки передаются потребителям и учитываются при решении навигационной задачи. Недостатком этого метода является повышение сложности аппаратуры потребителей.

Понятие «псевдодальность» имеет следующий смысл. При радиотехнических измерениях расстояние характеризуется временем распространения сигнала от излучателя (передатчика) до приемника излучения (рис. 39) [21].



Рис. 39. К понятию «псевдодальность»

Псевдодальностью ρ_{Ji} между J -м приемником (точнее, между фазовым центром его антенны) и i -м навигационным ИСЗ называют величину, определяемую по формуле

$$\rho_{Ji} = C \times \tau_{Ji},$$

где C – скорость распространения сигнала по трассе «НИСЗ-приемник»;
 τ_{Ji} – временной интервал между моментом излучения сигнала, определяемым в системной шкале времени, и моментом его приема, отсчитанным в бортовой шкале времени приемника.

Псевдодальность ρ отличается от «истинной» дальности D на:

$$\Delta D_{Ji} = C \times \Delta \tau_{Ji},$$

где $\Delta \tau_{Ji}$ – соответствующее расхождение шкал времени.

Если приемник работает на нескольких каналах, т.е. принимает сигналы нескольких передатчиков (разных ИСЗ) одновременно, то составляющая псевдодальности ΔD , определяемая расхождением временных шкал, будет одинаковой для всех каналов. Разность псевдодальностей, полученных в любой паре каналов приемника (от любой пары ИСЗ), равна разности истинных дальностей от приемника до соответствующих ИСЗ на момент приема сигналов [21].

Результаты, полученные с помощью дифференциального метода, в значительной степени зависят от расстояния между потребителем и базой

вой станцией. Применение этого метода наиболее эффективно, когда преобладающими являются систематические ошибки, обусловленные внешними (по отношению к приёмнику) причинами. Эти ошибки в значительной мере компенсируются при близком расположении базовой станции и приёмника потребителя. Поэтому зона обслуживания базовой станции составляет не более 500 км.

Передача дифференциальных поправок от базовой станции к потребителю может осуществляться с помощью телефонной или радиосвязи, по системам спутниковой связи, а также с использованием технологии передачи цифровых данных RDS (Radio Data System) на частотах FM-радиостанций. В настоящее время во многих странах уже действует развитая сеть базовых (дифференциальных) станций, постоянно транслирующих поправки на определённую территорию [16].

Современные дифференциальные системы спутниковой навигации имеют классификацию. Системы дифференциальной навигации по кодовым измерениям строятся на основе измерения и обработки псевдодальностей, в общем случае имеют неограниченную область действия и характеризуются ошибками местоопределения от долей метра до нескольких метров. Системы дифференциальной навигации по кодовым измерениям, в свою очередь, разделяют на локальные (Local Area Differential GPS), широкодиапазонные (Wide Area Differential GPS, WADGPS) и глобальные (Global Differential GPS, GDGPS). Дальнейшая уточняющая классификация систем дифференциальной навигации будет проводиться только для систем на основе кодовых измерений.

Большинство современных систем дифференциальной навигации являются локальными. Они используют только одну наземную станцию измерений и формирования дифференциальных поправок (далее будем называть её дифстанцией). Дифстанция располагается в центре локальной зоны, размер которой может достигать до 200 км. В центре зоны обеспечивается точность местоопределения порядка 0,5–1 м. На периферии зоны точность ухудшается и постепенно приближается к точности абсолютных местоопределений. Дифференциальные поправки в локальных системах дифференциальной навигации могут формироваться на основе метода коррекции координат и метода коррекции навигационных параметров. На практике широкое распространение получил второй метод, в котором дифстанция формирует поправки к измерениям псевдодальностей для каждого из видимых ею спутников. Потребитель поправляет свои измерения псевдодальностей по тем же спутникам на значения, полученные от дифстанции. Для передачи поправок, сформированных в соответствии с методом коррекции навигационного параметра, был разработан специальный стандарт RTCM SC-104, учитывающий в настоящее время особенности навигационных систем GPS и ГЛОНАСС [16].

6.4.4. Технологическая последовательность спутниковых наблюдений

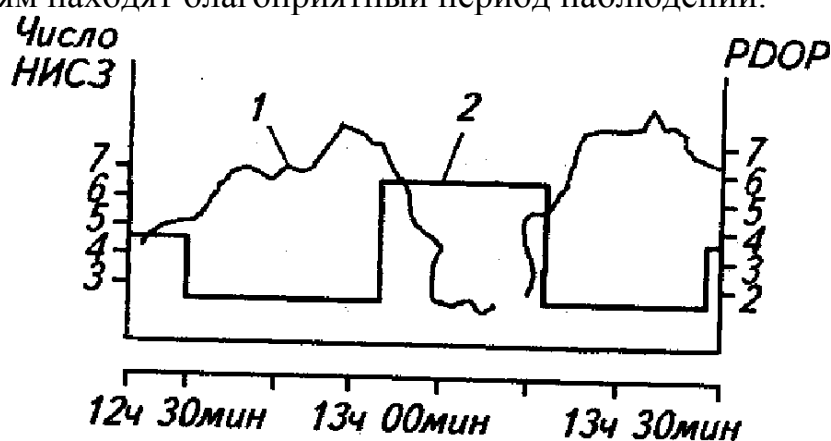
Планирование спутниковых наблюдений [21]. Планируют спутниковые наблюдения с целью прогнозирования геометрических и иных параметров спутникового созвездия на момент проведения работ, чтобы на основании выработанных сведений определить моменты наблюдений и временные интервалы, в которых параметры спутниковых наблюдений соответствуют установленным требованиям, основные из которых:

- угол отсечки должен быть равен 15° ;
- число одновременно наблюдаемых на пунктах одноименных навигационных искусственных спутников Земли должно быть не менее пяти;
- геометрический фактор PDOP¹ должен быть менее трех на протяжении всего сеанса спутниковых наблюдений.

Планируют наблюдения для каждого пункта. Необходимые предварительные координаты пунктов при этом определяют по карте или с помощью навигационного спутникового приемника.

Требуемая точность предварительных геодезических координат для планирования спутниковых наблюдений не более $30''$. Планирование проводят по данным соответствующего альманаха², полученного на дату, отстоящую не более чем на 10 суток от даты предполагаемых спутниковых наблюдений.

Получают альманах, как правило, в результате приема в районе работ спутниковых сигналов в течение 10...15 мин. В процессе планирования с помощью специального программного обеспечения получают также диаграмму видимости числа доступных для наблюдений НИСЗ (рис. 40). На диаграмме, как правило, по функциям времени и указанным ранее ограничениям находят благоприятный период наблюдений.



(угол отсечки 15° ; координаты: широта $52^\circ 50'$, долгота $38^\circ 10'$)

Рис. 40. Диаграмма планирования спутниковых наблюдений:
1 – PDOP; 2 – число НИСЗ

¹ PDOP («пидоп») – геометрический фактор, определяющий точность пространственного положения пункта [21].

² Альманах в космической навигации – совокупность данных об основных параметрах орбит спутников в навигационной системе [26].

Производство спутниковых наблюдений [21]. При развитии геодезических сетей одновременно используют, как минимум, три приемника спутниковых сигналов. Примем, что исходными пунктами при этом являются базовые пункты A, B и C (рис. 41).

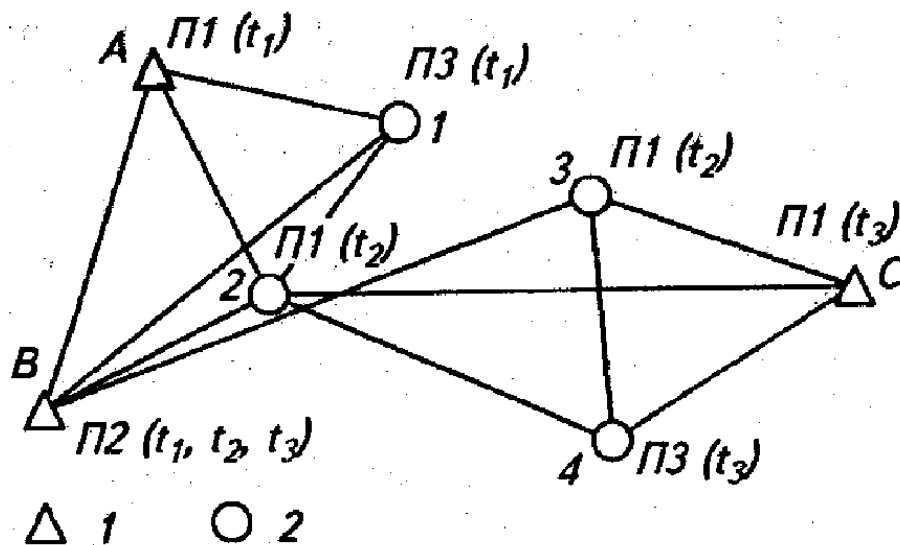


Рис. 41. Схема развития геодезической сети:
1 – базовый пункт; 2 – определяемый пункт

В момент времени t_1 первый приемник (П1), установленный на исходном (базовом) пункте (п. A), принимает сигналы НИСЗ. Одновременно с помощью приемника П2 ведутся спутниковые наблюдения на другом исходном пункте B , а приемником ПЗ – на определяемом пункте 1.

Далее, не прекращая прием сигналов на исходном пункте B , с помощью приемников П1 и ПЗ ведут синхронные спутниковые наблюдения на других определяемых пунктах, перемещая указанные приемники таким образом, чтобы образовывались треугольники, в которых одна из вершин – определяемый пункт, а положение (координаты) двух других либо заданы (случай двух исходных пунктов), либо в дальнейшем могут быть вычислены по результатам предыдущих спутниковых наблюдений.

До начала наблюдений всем пунктам вновь создаваемой сети, включая исходные, присваивают временные уникальные имена, которые наносят на схему создаваемой сети. Число букв в имени пункта не должно превышать данных, указанных в соответствующем руководстве по эксплуатации приемника спутниковых сигналов.

Спутниковые наблюдения на базовом и определяемом пунктах проводят в статическом режиме. Он заключается в одномоментных спутниковых наблюдениях с целью приема сигналов на определяемом и базовом пунктах одноименных навигационных искусственных спутников Земли.

Сеанс спутниковых наблюдений начинают с центрирования над пунктом фазового центра антенны приемника спутниковых сигналов (точка во

внутреннем пространстве антенны приемника, в которую поступают сигналы НИСЗ). Центрирование выполняют с помощью оптического отвеса со средней квадратической погрешностью, не превышающей 0,5 мм. Одновременно, как правило, ориентируют антенну приемника таким образом, чтобы специальная метка – стрелка на поверхности антенны – была направлена на север. Затем специальной рейкой измеряют расстояние между меткой на корпусе антенны, так называемой точкой относимости антенны приемника, и центром пункта. После этого включают приемник и начинают спутниковые наблюдения в соответствии с техническими указаниями фирмы-изготовителя приемника спутниковых сигналов. Соответствующие действия в статическом режиме работы заключаются в записи в память приемника с помощью прибора-контроллера следующих сведений: имени пункта; минимально допустимого значения числа наблюдаемых НИСЗ (пять); значения угла отсечки (маски); дискретности записи результатов наблюдений (15 с); значения наклонной высоты антенны (мм), а также другой служебной информации. Далее в течение не менее чем 0,7...1 ч, в зависимости от класса создаваемой геодезической сети, автоматически производится запись в память приемника результатов спутниковых наблюдений. На этом измерения заканчиваются.

На определяемом пункте в обязательном порядке ведут журнал наблюдений. В журнале в общем случае фиксируют следующие данные: название сети; название пункта; дату наблюдений; фамилию и должность наблюдателя; тип и номер приемника; тип и номер антенны; пункты, участвующие в сеансе наблюдений; время начала наблюдений; время окончания наблюдений; высоту антенны наклонную; диаметр антенны; значение интервала записи (дискретности записи); значение угла отсечки (маски); внешние условия (температура и давление воздуха); условия проведения наблюдений и другие сведения.

Сведения о математической обработке спутниковых наблюдений [21]. Различают предварительную и окончательную математическую обработку спутниковых наблюдений.

Исходными данными для предварительной математической обработки служат файлы (файлы измерительной информации), сформированные в приемной аппаратуре при выполнении спутниковых наблюдений. Предварительную обработку осуществляют с помощью программного обеспечения, как правило, фирмы-разработчика приемной аппаратуры и выполняют ее обычно в два этапа. На первом этапе обрабатывают результаты наблюдения по каждой базовой линии в отдельности. В последующем – совместно уравнивают все базовые линии геодезической сети. Цель предварительной обработки – вычисление приращений пространственных прямоугольных координат между каждым определяемым и соответствующим базовым пунктами. Если геодезические координаты (широта,

долгота и геодезическая высота) базового пункта неизвестны, то их принимают равными тем значениям, которые получены по результатам так называемых кодовых наблюдений.

Результаты обработки базовых линий фиксируют, как правило, в соответствующих протоколах, которые используют для дальнейшей математической обработки спутниковых наблюдений, по результатам которых окончательно уравнивают геодезическую сеть и вычисляют плоские прямоугольные координаты определяемых пунктов.

6.5. Согласование границ землепользования

В процессе подготовки межевого плана образуемого земельного участка выполняется согласование местоположения его границ.

Предметом согласования с заинтересованным лицом при выполнении кадастровых работ, в результате которых обеспечивается подготовка документов для представления в орган кадастрового учета заявления об учете соответствующих изменений земельного участка, является определение местоположения границы такого земельного участка.

В соответствии с п. 3 ст. 39 ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» согласование местоположения границ проводится с лицами, обладающими смежными земельными участками, на праве:

- ✓ собственности (за исключением случаев, если такие смежные земельные участки, находящиеся в государственной или муниципальной собственности, предоставлены гражданам в пожизненное наследуемое владение, постоянное (бессрочное) пользование либо юридическим лицам, не являющимся государственными или муниципальными учреждениями либо казенными предприятиями, в постоянное (бессрочное) пользование);

- ✓ пожизненного наследуемого владения;

- ✓ постоянного (бессрочного) пользования (за исключением случаев, если такие смежные земельные участки предоставлены государственным или муниципальным учреждениям, казенным предприятиям, органам государственной власти или органам местного самоуправления в постоянное (бессрочное) пользование);

- ✓ аренды (если такие смежные земельные участки находятся в государственной или муниципальной собственности и соответствующий договор аренды заключен на срок более чем пять лет).

Лица, имеющие право участвовать в согласовании:

- представители, действующие в силу полномочий, основанных на нотариально удостоверенной доверенности;

- представители, действующие в силу полномочий, основанных на указании федерального закона;

➤ представители, действующие в силу полномочий, основанных на акте уполномоченного на то государственного органа или органа местного самоуправления;

➤ представитель собственников помещений в многоквартирном доме, уполномоченный на такое согласование принятым в установленном ФЗ порядке решением общего собрания указанных собственников;

➤ представитель собственников долей в праве общей собственности на земельный участок из земель сельскохозяйственного назначения – решением общего собрания собственников таких долей;

➤ представитель членов садоводческого, огороднического или дачного некоммерческого объединения граждан – решением общего собрания членов данного некоммерческого объединения.

Согласование границ проводится по выбору заказчика кадастровых работ с установлением границ земельных участков на местности или без установления границ.

Согласование границ без установления их на местности проводится:

- земельные участки, местоположение границ которых согласовывается, являются лесными участками, земельными участками в составе земель особо охраняемых природных территорий и объектов или в составе земель сельскохозяйственного назначения, предназначенных для осуществления традиционного природопользования коренными малочисленными народами Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации;

- подлежащее согласованию местоположение границ земельных участков определено посредством указания на природные объекты или объекты искусственного происхождения либо их внешние границы, сведения о которых содержатся в государственном кадастре недвижимости, что позволяет определить подлежащее согласованию местоположение границ таких земельных участков;

- подлежащее согласованию местоположение границ земельных участков определено местоположением на одном из таких земельных участков линейного объекта и нормами отвода земель для его размещения.

Согласно п. 7 ст. 39 ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» согласование местоположения границ земельных участков по выбору кадастрового инженера проводится следующими способами:

1) проведением собрания заинтересованных лиц;

2) согласованием в индивидуальном порядке с заинтересованным лицом.

Согласование местоположения границ с заинтересованным лицом в индивидуальном порядке не всегда является возможным. В частности, нередки случаи, когда не известен владелец смежного участка либо его местонахождение.

В подобных случаях наиболее приемлемым является согласование местоположения границ посредством проведения собрания заинтересованных лиц.

Заинтересованные лица могут быть извещены о проведении собрания о согласовании местоположения границ следующими способами:

- вручение извещения заинтересованным лицам или их представителям под расписку;

- направление извещений по почтовым адресам заинтересованных лиц посредством почтового отправления с уведомлением о вручении (при наличии таких сведений в государственном кадастре недвижимости);

- направление извещений по адресам электронной почты заинтересованных лиц (при наличии таких сведений в государственном кадастре недвижимости);

- опубликование извещения в порядке, установленном для официального опубликования муниципальных правовых актов, иной официальной информации соответствующего муниципального образования.

Следует отметить, что опубликование извещения допускается в строго определенных случаях, а именно:

- в государственном кадастре недвижимости отсутствуют сведения о почтовом адресе любого из заинтересованных лиц или получено извещение о проведении собрания о согласовании местоположения границ, направленное заинтересованному лицу посредством почтового отправления, с отметкой о невозможности его вручения;

- смежный земельный участок расположен в пределах территории садоводческого, огороднического или дачного некоммерческого объединения и относится к имуществу общего пользования, либо входит в состав земель сельскохозяйственного назначения и находится в собственности более чем пяти лиц, либо входит в состав общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме.

В приказе Минэкономразвития России № 412 24.11.2008 г. утверждены примерные формы извещений о проведении собрания заинтересованных лиц о согласовании местоположения границ земельного участка как для вручения заинтересованным лицам либо направления почтовым отправлением, так и для опубликования (рис. 42).

Указанное извещение должно быть вручено, направлено или опубликовано в срок не позднее, чем за тридцать дней до дня проведения собрания о согласовании местоположения границ земельного участка. Следует отметить, что согласно п. 10 ст. 39 ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» заинтересованное лицо, отказавшееся принять извещение о проведении собрания о согласовании местоположения границ, считается надлежащим образом извещенным о проведении такого собрания.

для вручения заинтересованным лицам либо направления почтовым отправлением

ИЗВЕЩЕНИЕ О ПРОВЕДЕНИИ СОБРАНИЯ О СОГЛАСОВАНИИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ГРАНИЦЫ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА	
КАДАСТРОВЫЙ ИНЖЕНЕР	АДРЕСАТ¹
Ф.И.О. ²	кому:
№ квалификационного аттестата ³	куда:
Почтовый адрес	
Адрес электронной почты	
Контактный телефон	
Настоящим извещаю Вас о проведении согласования местоположения границы земельного участка с кадастровым № _____, расположенного	

<i>(адрес или местоположение земельного участка)</i>	
Заказчиком кадастровых работ является _____	

<i>(фамилия, инициалы физического лица или наименование юридического лица, его почтовый адрес и контактный телефон)</i>	
Собрание заинтересованных лиц по поводу согласования местоположения границы состоится по адресу: _____	
« _____ » _____ г. в _____ часов _____ минут.	
С проектом межевого плана земельного участка можно ознакомиться по адресу: _____	

Обоснованные возражения по проекту межевого плана и требования о проведении согласования местоположения границ земельных участков на местности принимаются с « _____ » _____ г. по « _____ » _____ г. по адресу: _____	

Смежные земельные участки, с правообладателями которых требуется согласовать местоположение границы: _____	

<i>(кадастровые номера, адреса или местоположение земельных участков)</i>	
При проведении согласования местоположения границ при себе необходимо иметь документ, удостоверяющий личность, а также документы о правах на земельный участок	
Подпись ⁴ _____	Дата « _____ » _____ г.
<i>(подпись кадастрового инженера и расшифровка подписи)</i>	
<i>Место для оттиска печати кадастрового инженера</i>	

Рис. 42. Примерные формы извещения о проведении собрания (начало)

Для опубликования

ИЗВЕЩЕНИЕ О ПРОВЕДЕНИИ СОБРАНИЯ О СОГЛАСОВАНИИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ГРАНИЦЫ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА
Кадастровым инженером ² _____ (фамилия, имя, отчество, почтовый адрес, _____ адрес электронной почты, контактный телефон, № квалификационного аттестата ³) в отношении земельного участка с кадастровым № _____, расположенного _____, _____ (адрес или местоположение земельного участка)
выполняются кадастровые работы по уточнению местоположения границы земельного участка. Заказчиком кадастровых работ является _____ (фамилия, инициалы физического лица _____ или наименование юридического лица, его почтовый адрес и контактный телефон)
Собрание заинтересованных лиц по поводу согласования местоположения границы состоится по адресу: _____ « _____ » _____ г. в _____ часов _____ минут. С проектом межевого плана земельного участка можно ознакомиться по адресу: _____ _____.
Возражения по проекту межевого плана и требования о проведении согласования местоположения границ земельных участков на местности принимаются с « _____ » _____ г. по « _____ » _____ г. по адресу: _____ _____.
Смежные земельные участки, с правообладателями которых требуется согласовать местоположение границы: _____ _____.
(кадастровые номера, адреса или местоположение земельных участков) При проведении согласования местоположения границ при себе необходимо иметь документ, удостоверяющий личность, а также документы о правах на земельный участок

¹ Приводятся сведения о правообладателе смежного земельного участка, с которым в соответствии с Федеральным законом от 24 июля 2007 г. № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» необходимо согласовать местоположение границы земельного участка.

² Указываются фамилия, имя, отчество кадастрового инженера. Для лиц, считающихся кадастровыми инженерами до 1 января 2011 года, указываются фамилия, имя, отчество индивидуального предпринимателя или сокращенное наименование юридического лица и его основной государственный регистрационный номер.

³ Для лиц, считающихся кадастровыми инженерами до 1 января 2011 года, строка не заполняется.

⁴ Если кадастровые работы выполняются юридическим лицом, извещение подписывается лицом, имеющим право действовать от имени юридического лица без доверенности.

Рис. 42. Примерные формы извещения о проведении собрания (окончание)

Срок для вручения и направления требований о проведении согласования с установлением границ на местности и возражений после ознакомления с проектом межевого плана составляет не менее 15 дней со дня получения заинтересованным лицом извещения.

Документы, свидетельствующие о соблюдении порядка согласования границ земельного участка:

- акт согласования границ земельного участка;
- извещения лицам, права которых могут быть затронуты при проведении землеустройства;
- возражения о согласовании местоположения границ земельного участка, не отраженные в акте согласования (если таковые имеются).

Акт согласования оформляется кадастровым инженером на обороте листа графической части межевого плана.

Местоположение границ считается согласованным:

1) при наличии личных подписей всех заинтересованных лиц или их представителей;

2) если надлежащим образом извещенное заинтересованное лицо не выразило свое согласие посредством заверения личной подписью, но не представило свои возражения в письменной форме с их обоснованием (в акт согласования вносится соответствующая запись).

Споры, не урегулированные в результате согласования местоположения границ, после оформления акта согласования решаются в установленном Земельным кодексом РФ порядке.

6.6. Оформление межевого плана

При составлении межевого плана необходимо, используя полученные геодезические данные, заполнить его текстовую и графическую части, которые делятся на разделы, обязательные для включения в состав межевого плана, и разделы, включение которых в состав межевого плана зависит от вида кадастровых работ.

К текстовой части межевого плана относятся следующие разделы:

- титульный лист;
- содержание;
- исходные данные;
- сведения о выполненных измерениях и расчётах;
- сведения об образуемых земельных участках и их частях;
- сведения об измененных земельных участках и их частях;
- сведения о земельных участках, посредством которых обеспечивается доступ к образуемым или измененным земельным участкам;
- сведения об уточняемых земельных участках и их частях;
- сведения об образуемых частях земельного участка;
- заключение кадастрового инженера;

➤ акт согласования местоположения границы земельного участка.

Обязательному включению в состав межевого плана независимо от вида кадастровых работ (за исключением случая подготовки межевого плана в отношении земельного участка, образуемого в результате объединения земельных участков) подлежат следующие разделы:

- исходные данные;
- сведения о выполненных измерениях и расчетах;
- схема геодезических построений;
- схема расположения земельных участков;
- чертёж земельных участков и их частей.

В состав межевого плана, подготавливаемого в результате кадастровых работ по образованию земельного участка путем объединения земельных участков, включаются следующие разделы: «Исходные данные», «Сведения об образуемых земельных участках и их частях», «Сведения о земельных участках, посредством которых обеспечивается доступ к образуемым или измененным земельным участкам» – и чертёж.

Разделы «Сведения об образуемых земельных участках и их частях» и «Сведения о земельных участках, посредством которых обеспечивается доступ к образуемым или изменённым земельным участкам» включаются в состав межевого плана, подготавливаемого в результате кадастровых работ по образованию земельных участков путём раздела, перераспределения или выдела.

Раздел «Сведения об измененных земельных участках и их частях» включается в состав межевого плана в случае, если межевой план подготовлен в результате кадастровых работ по образованию земельных участков путем:

- 1) выдела в счет доли (долей) в праве общей собственности на измененный земельный участок;
- 2) раздела исходного земельного участка.

Раздел «Сведения об уточняемых земельных участках и частях» включается в состав межевого плана, подготавливаемого в результате кадастровых работ по уточнению сведений ГКН о местоположении границы и (или) площади земельного участка.

Раздел «Сведения об образуемых частях земельного участка» включается в состав межевого плана в случае, если кадастровые работы выполнялись в целях образования части (частей) существующего земельного участка и при этом не осуществлялось уточнение местоположения границы земельного участка или образование земельных участков. В иных случаях сведения о частях земельных участков включаются в состав следующих разделов межевого плана: «Сведения об образуемых земельных участках и их частях», «Сведения об изменённых земельных участках и их частях», «Сведения об уточняемых земельных участках и их частях».

Раздел «Заключение кадастрового инженера» включается в состав межевого плана в следующих случаях:

1) в ходе кадастровых работ выявлены несоответствия кадастровых сведений о местоположении ранее установленных границ смежных земельных участков, границ муниципальных образований или населенных пунктов их фактическому местоположению, наличие которых является препятствием для постановки образуемых земельных участков на государственный кадастровый учёт или для кадастрового учета изменений в отношении существующих земельных участков;

2) в иных случаях, в том числе если по усмотрению лица, выполняющего кадастровые работы, необходимо дополнительно обосновать результаты кадастровых работ (например, необходимо обосновать размеры образуемых земельных участков).

Раздел «Заключение кадастрового инженера» оформляется кадастровым инженером в виде связного текста.

К графической части межевого плана относятся следующие разделы:

- 1) схема геодезических построений;
- 2) схема расположения земельных участков;
- 3) чертеж земельных участков и их частей;
- 4) абрисы узловых точек границ земельных участков.

Правила заполнения разделов межевого плана содержатся в Приказе Минэкономразвития России № 412 от 24 ноября 2008 г. (с изменениями и дополнениями от 25 января 2012 г., 25 февраля 2014 г.).

Контрольные вопросы

1. В чем заключается основное назначение глобальной спутниковой системы?
2. Что представляет собой сегмент потребителя ГНСС?
3. Что представляет собой космический сегмент ГНСС?
4. В чем заключается принцип определения месторасположения с помощью глобальной спутниковой системы?
5. От каких факторов зависит точность определения положения пункта пространственной линейной засечкой?
6. Что представляет собой понятие «псевдодальность»?
7. Какие основные этапы работ составляют технологическую последовательность спутниковых наблюдений?
8. Что такое межевание земельных участков?
9. В каких случаях проводят межевание земельных участков?
10. Что служит основой для проведения межевания земельного участка?
11. Состав работ при межевании земельных участков.
12. Какие способы межевания вы знаете?

13. Способы восстановления утраченных межевых знаков.

14. Сущность восстановления утраченных межевых знаков в закрытой местности.

15. Сущность восстановления нескольких межевых знаков с помощью построения дополнительной точки.

16. В каких случаях местоположение границ земельных участков подлежит обязательному согласованию?

17. Из каких частей состоит межевой план?

18. Что входит в состав текстовой части межевого плана?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 14.02.2009г. Принят Гос. Думой 30.01.2009г. № 22-ФЗ «О навигационной деятельности» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. ВерсияПроф. – М., 2009. – URL: <http://www.consultant.ru>.
2. Постановление Правительства РФ от 28.12.2012 г. №1463 «О единых государственных системах координат» [Текст].
3. Указ Президента РФ от 09.03.2004 г. № 314 «О системе и структуре федеральных органов исполнительной власти» [Текст].
4. Указ Президента РФ от 25.12.2008 г. № 1847 «О Федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии» (в ред. Указа Президента РФ от 21.05.2012 г. № 636) [Текст].
5. Письмо Минэкономразвития РФ от 29.07.2011 г. № ОГ-Д23-688 «О пунктах государственной геодезической сети или опорной межевой сети, размещенных на земельном участке» [Текст].
6. Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. Утверждена приказом руководителя Федеральной службы геодезии и картографии России от 18.01.2002 г. № 3-пр. (вводится в действие с 1.03.2002 г.) [Текст].
7. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 [Текст]. – М.: Недра, 1985.
8. Геодезические, картографические инструкции нормы и правила. Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. ГКИНП (ОНТА)-02-262-02 [Электронный ресурс]. Утверждена приказом Федеральной службы геодезии и картографии России от 18.01. 2002 г. № 3-пр. // КонсультантПлюс. ВерсияПроф. – М.: 2002 г. – URL: <http://www.consultant.ru>.
9. Радионавигационный план российской федерации [Электронный ресурс]. Утвержден приказом Минпромторга России от 2.09. 2008 г. № 118 (по состоянию на 31.08.2011г.) // КонсультантПлюс. ВерсияПроф. – М., 2008. – URL: <http://www.consultant.ru>.
10. Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС в 2012–2020 годах [Электронный ресурс]. ФЦП утверждена постановлением Правительства РФ 3.03.2012г. №189 // AGGF – М., 2012. – URL: <http://www.aggf.ru/pr.php?zakID=47>
11. Перечень объектов местности и характеристик, запрещенных к открытому показу на топографических картах и планах [Электронный ресурс]. Утвержден Приказом Роскартографии от 14.12.2000 г. № 181 пр. // КонсультантПлюс. ВерсияПроф. – М., 2000. – URL: <http://www.consultant.ru>.

12. Авакян, В.В. Лекции по прикладной геодезии. Ч. 1. Опорные сети и разбивочные работы [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов МИИГАиК / В.В. Авакян. – 153 стр.

13. Аврунев, Е.И. Геодезическое обеспечение Государственного кадастра недвижимости [Текст]: монография / Е.И. Аврунев. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 144 с.

14. Волков, С.Н. Землеустроительное проектирование межевание земельных участков [Текст]: метод. указания / С.Н. Волков [и др.]. – М.: ГУЗ, 2013. – 178 с.

15. Галазин, В.Ф. Система геодезических параметров Земли «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90) [Текст] / В.Ф. Галазин [и др.]. – М.: КНИЦ, 1998.

16. Дифференциальные системы спутниковой навигации. Обзор современного состояния [Электронный ресурс] / Е. Поваляев, С. Хуторной // chipinfo. – 2013. – URL: <http://www.chipinfo.ru/literature/chipnews/200206/2.html>.

17. Ефремкин, В.Я. Глобальная навигационная спутниковая система [Электронный ресурс] / В.Я. Ефремкин // polynskiy.narod. – 2013. – URL: <http://polynskiy.narod.ru/glonas.html>.

18. Ермаков, В.С. Инженерная геодезия. Землеустройство [Текст]: учеб. пособие / Н.Н. Загрядская, Е.Б. Михаленко, Н.Д. Беляев. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – 104 с.

19. Ключин, Е.Б. Инженерная геодезия [Текст]: учеб. для вузов / Е.Б. Ключин [и др.]; под ред. Д.Ш. Михелева. – 4-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.

20. Левчук, Г.П. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ [Текст]: учеб. для вузов / Г.П. Левчук, В.Е. Новак, В.Г. Конусов; под ред. Г.П. Левчука. – М.: Недра, 1981. – 438 с.

21. Лысов, А.В. Геодезические работы при землеустройстве [Текст]: учеб. пособие / А.В. Лысов, А.С. Шиганов. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2007. – 147 с.

22. Лянденбургская, А.В. Геодезические работы при землеустройстве [Текст]: метод. указания для вып. курсового проект / А.В. Лянденбургская, В.В. Лянденбургский. – Пенза: ПГСХА, 2010. – 52 с.

23. Непоклонов, В.Б. Космические методы определения системы геодезических Параметров земли [Электронный ресурс] / В.Б. Непоклонов // credo-dialogue – URL: <http://www.credo-dialogue.com/getattachment/cf080706-6d93-4eff-98d7-b92b5cf31481/Space-methods.aspx>.

24. Параметры общего земного эллипсоида и гравитационного поля Земли (Параметры Земли 1990 года) [Текст]. – М.: РИО ТС ВС РФ, 1991.

25. Попов, В.Н. Геодезия [Текст]: учеб. для вузов / В.Н. Попов, С.И. Чекалин. – М.: Горная книга, 2007.

26. Родионов, А. Краткий ликбез по работе навигаторов. Что такое эфемериды и альманахи? [Электронный ресурс] / А. Родионов // Пользовательский журнал «Школа Жизни.ру» – URL: <http://shkolazhizni.ru/archive/0/n-48638/>.
27. Система геодезических параметров земли «Параметры земли 1990 года» (ПЗ-90). Справочный документ [Текст] / под общ. ред. В.В. Хвостова. – М., 1998. – 37 с.
28. Академик – большая советская энциклопедия [Электронный ресурс] – URL: <http://dic.academic.ru/>.
29. Википедия [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki>.
30. Генон – делимся знаниями [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.genon.ru/>.
31. Геойд – геодезические работы [Электронный ресурс]. – URL: http://www.geoidodintsovo.ru/articles_49.htm.
32. Геодезические координаты // Основные сведения о геодезии. Определение положения точек на земной поверхности [Электронный ресурс]. – URL: http://edu.dvgups.ru/metdoc/its/geod/lek/11/L5_1.htm.
33. Геодезическое обоснование топографических съемок [Электронный ресурс] // Студфайл. – URL: <http://www.studfiles.ru/preview/398109/>.
34. Гис-ассоциация [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gisa.ru/75689.html>.
35. Глобальная навигационная спутниковая система [Электронный ресурс] / В.Я. Ефремкин // polynskyi.narod. – 2013. – URL: <http://polynskyi.narod.ru/glonas.html>.
36. ГЛОНАСС [Электронный ресурс] // Свободная Энциклопедия Википедия. – 2013. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Глонасс>
37. Государственная система координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90) [Электронный ресурс] // СПб Техникум геодезии и картографии. – URL: <http://www.spbtgik.ru/book/2122.htm>.
38. Гринвич – топографо-геодезическая компания [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.spbtgik.ru/book/2353.htm>.
39. Методы и приемы проектирования участков [Электронный ресурс] // Помощь в учебе и работе. – URL: <http://studyes.com.ua/lektsii/polniy-konspekt-lektsiy-po-inzhenernoy-geodezii-25-lektsiy/ctranitsa-16.html>.
40. «МобиСтрой» – геодезические услуги [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mobigeo.ru/astronomo-geodezicheskie-dannye.htm>.
41. Опорная межевая сеть [Электронный ресурс] // Студопедия. – URL: http://studopedia.net/5_8911_opornaya-mezhevaya-set.html.
42. Построение и развитие геодезических сетей сгущения [Электронный ресурс] // «Арт Гео Проект» – URL: <http://www.artgeopro.ru/definition-of-coordinates/geodetic-network-thickening/>.

43. Предмет и задачи курса прикладной геодезии. Основные виды и особенности геодезических работ [Электронный ресурс]. – URL: lib.ssga.ru.
44. Преобразование прямоугольных координат. Параллельный перенос координатных осей без изменения их направления [Электронный ресурс] // Прикладная математика. – URL: <http://www.pm298.ru/reshenie/preob.php>.
45. Русгеоком – геодезическое оборудование [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rusgeocom.ru/informatsiya/stati/sovremennyye-geodezicheskie-priboryi.html>.
46. Способы межевой съемки земельных участков [Электронный ресурс] // Недвижимость – URL: <http://mega-e.su/info/sposoby-mezhevoj-semki-zemelnyh-uchastkov/>.
47. Типы знаков и их закладка [Электронный ресурс] // Инженерная защита. Библиотека материалов по инженерной защите. – URL: <http://injzashita.com/tipi-znakov-i-ix-zakladka.html>.
48. ФБ.ру – Размещение и публикация статей [Электронный ресурс]. – URL: <http://fb.ru/article/147429/>
49. Центр Природа, НИиП ОАО [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.laserlocation.ru/companies/1232/>.
50. Цифровые модели местности [Электронный ресурс] // Студопедия. – URL: http://studopedia.net/6_40589_tsifrovie-modeli-mestnosti.html.
51. Электронная карта [Электронный ресурс] // Техникум геодезии и картографии. – URL: <http://www.spbtgik.ru/book/5056.htm>.
52. GPS [Электронный ресурс] // Свободная Энциклопедия Википедия. – URL: <http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=GPS&stable=1>.
53. List of GPS satellites [Электронный ресурс] // Свободная энциклопедия Википедия. – URL: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_GPS_satellite_launches.
54. NOWOSELIE [Электронный ресурс]: рефераты. – <http://nowoselie.ru/studentu-2/kursy/elektronnyi-uchebnik-glava1/>.
55. World Geodetic System 1984 / Defense Mapping Agency Technical Report DMATR 8350.2, Second Edition – Department of Defence, 1991.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Геодезический пункт – точка, особым образом закреплённая на местности (в грунте, на строении или другом искусственном сооружении) и являющаяся носителем координат, определённых геодезическими методами[29]. Каждый геодезический пункт – пункт Государственной геодезической сети – имеет индивидуальный номер, нанесённый на марку центра и внесённый в специальный каталог.

Геоид (от др. – греч. γῆ – Земля, «нечто подобное Земле») – выпуклая замкнутая поверхность, совпадающая с поверхностью воды в морях и океанах в спокойном состоянии и перпендикулярная к направлению силы тяжести в любой ее точке. Это геометрическое тело, отклоняющееся от фигуры вращения. Геоид определяется как эквипотенциальная поверхность земного поля тяжести (уровенная поверхность), приблизительно совпадающая со средним уровнем вод Мирового океана в невозмущённом состоянии и условно продолженная под материками. Отличие реального среднего уровня моря от геоида может достигать 1 м. По определению эквипотенциальной поверхности, поверхность геоида везде перпендикулярна отвесной линии [29].

Земли особо охраняемых территорий – земельные участки, имеющие особое природоохранное, научное, историко-культурное, эстетическое, рекреационное, оздоровительное и иное ценное значение, изъятые постановлениями федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов РФ или решениями органов местного самоуправления полностью или частично из хозяйственного использования и гражданского оборота (для них установлен особый правовой режим).

Искусственный земельный участок – это сооружение, создаваемое на водном объекте, находящемся в федеральной собственности, или его части путем намыва или отсыпки грунта либо использования иных технологий и признаваемое после ввода его в эксплуатацию также земельным участком. Искусственно созданный земельный участок может прилегать к существующим земельным участкам или быть изолированным от них.

Лесной участок – это земельный участок, границы которого определяются в соответствии с правилами лесоустройства на основе проектной документации о местоположении, границах, площади и об иных количественных и качественных характеристиках лесного участка и данные о котором подлежат государственному кадастровому учёту лесных участков.

Мензуральная съёмка – совокупность действий при составлении подробного плана местности с помощью мензулы и её принадлежностей.

Мензуральная съёмка производится для получения топографических планов небольших участков местности в масштабах 1:5000–1:500, когда

отсутствуют материалы аэрофотосъёмки либо применение их является экономически нецелесообразным. В горном деле мензульная съёмка применяется на открытых горных разработках, при детальном геологоразведочных работах для съёмки обнажений горных пород, для съёмки площадок горных предприятий и т. д.

Эти действия подразделяются на два рода: определение отдельных опорных точек, или составление так называемой геометрической сети, и съёмка подробностей. Отдельные точки, преимущественно вершины гор и холмов, пересечения дорог и т.п., обозначаются на местности вехами; выбрав из этих точек две, расстояние между которыми может быть измерено непосредственно цепью (базис) и с которых открывается обширный кругозор, съёмщик устанавливает мензулу на одну из них и, визируя на все видимые другие точки, прочерчивает соответствующие направления; те же действия исполняются и на другой точке. Пересечения линий, прочерченных на те же окружающие точки, изобразят на мензульном планшете соответствующие точки местности в том масштабе, в каком нанесён был базис.

Переходя последовательно на другие точки, съёмщик получит изображение и всех прочих точек местности, составляющих геометрическую сеть. При съёмке подробностей используют один из следующих четырёх способов:

- 1) засечки, т. е. дальнейшее развитие геометрической сети;
- 2) промеры с вехи на веху и с точки на веху цепью, замечая все точки пересечения промеряемой линии с контурами местности;
- 3) инструментальный обход в местах закрытых, например в лесах и в ущельях гор;
- 4) из одной точки стояния. Последний способ наиболее употребителен и удобен тем, что производство съёмки не сопряжено с порчей огородов и полей: съёмщик рассылет по контурам речников и все окружающие точки получает на бумаге дальномерным способом. Попутно со съёмкой подробностей зарисовывается и рельеф местности [29].

Нивелирование – это вид геодезических измерений. С помощью него находят относительные высоты различных точек земной поверхности. В качестве условного уровня при таких измерениях могут принимать такие природные объекты, как реки, моря, океаны, поля или другие исходные точки. По сути, нивелирование – это определение значения превышения поверхности каждого объекта над заданным (эталонным). Такие измерения требуются для составления точного рельефа изучаемой местности. В дальнейшем эти данные используются при составлении планов местности, карт или при решении конкретных прикладных задач [48].

Особая экономическая зона (ОЭЗ) – ограниченная территория в регионах с особым юридическим статусом по отношению к остальной

территории и с льготными экономическими условиями для национальных или иностранных предпринимателей. Главная цель создания таких зон – решение стратегических задач развития государства в целом или отдельной территории: внешнеторговых, общеэкономических, социальных, региональных и научно-технических.

Полигонометрия (от греч. *polýgonos* – многоугольный) – один из методов определения взаимного положения точек земной поверхности для построения опорной геодезической сети, служащей основой топографических съёмок, планировки и строительства городов, перенесения проектов инженерных сооружений в натуру и т.п. Положения пунктов в принятой системе координат определяют методом полигонометрии путём измерения на местности длин линий, последовательно соединяющих эти пункты и образующих полигонометрический ход, и горизонтальных углов между ними [38].

Система координат – комплекс определений, реализующий метод координат, то есть способ определять положение точки или тела с помощью чисел или других символов. Совокупность чисел, определяющих положение конкретной точки, называется координатами этой точки [29].

Тахеометрическая съёмка (тах. с.) – способ определения положения точки местности как в плане, так и по высоте одним визированием трубой тахеометра на рейку с нанесённой на неё шкалой. Раздел геодезии, рассматривающий способы и организацию измерений при проложении тахеометрических ходов и тахеометрическую съёмку как один из видов топографической съёмки местности называется тахеометрией. При тах. с., визируя зрительной трубой тахеометра на рейку, находящуюся в определяемой точке (пикете), получают автоматически три её координаты – направление, расстояние x (полярные координаты) и превышение h относительно точки стояния прибора или данные для их вычисления по формулам:

$$S = Kl \cdot \cos^2 v + C \cos v \text{ и } h = \frac{1}{2}(Kl + C) \sin 2v + i + f - u,$$

где K – коэффициент нитяного дальномера; l – отсчёт (расстояние между дальномерными нитями) по вертикальной дальномерной рейке; v – угол наклона визирного луча; C – постоянное слагаемое дальномера; i – высота тахеометра; f – поправка на рефракцию и кривизну Земли; u – высота точки визирования на рейке над земной поверхностью. Вычисление S и h упрощается благодаря применению тахеометрических таблиц. Планово-высотной основой тах. с. служат пункты опорной геодезической сети, теодолитно-высотных и теодолитно-нивелирных ходов, а также прокладываемых между ними тахеометрических ходов. При тах. с. подробностей местности с точек стояния («станций»), предварительно определённых в

плане и по высоте, числовые результаты измерения направлений (дирекционные углы, измеряемые по ориентированному лимбу тахеометра) на пикеты, расстояния до них S и их превышения h относительно станций записываются в пикетный журнал. Кроме того, на каждой станции ведутся примерно в масштабе съёмки условными знаками (с пояснительными надписями) схематические зарисовки с показом на них пикетов, контуров угодий, местных предметов и направлений ориентирования лимба прибора. При выборе пикетов главное внимание обращают на съёмку рельефа местности, причём на каждой станции выбирают их столько и располагают так, чтобы их высотные отметки позволили правильно изобразить рельеф и ситуацию снимаемой местности, а также вычислить отметку любой её точки, на которой рейка не ставилась. По данным, определённым на станциях, составляется в крупном масштабе 1:5000 – 1:500 топографический план снимаемой местности с изображением рельефа горизонталями.

Тахеометрическая съёмка применяется при изысканиях для строительства дорог, трубопроводов, каналов и т.п. или мелиоративных, промышленных, гражданских и других сооружений [28].

Теодолитная съёмка (т.с.) – горизонтальная геодезическая съёмка местности, выполняемая для получения контурного плана местности (без высотной характеристики рельефа) с помощью теодолита. В отличие от тахеометрической съёмки и фототеодолитной съёмки, при т.с. высотных характеристик рельефа местности не определяют. Обычно применяется в равнинной местности, в населённых пунктах, на ж.-д. узлах, застроенных участках и пр. Включает этапы: подготовительные работы (рекогносцировка участка, обозначение и закрепление вершин теодолитного хода), угловые и линейные измерения в теодолитном ходе, съёмка подробностей (ситуации), привязка теодолитного хода к пунктам опорной геодезической сети. В отличие от мензульной съёмки план по материалам т.с. составляют в камеральных условиях [28].

Триангуляция (от лат. *triangulum* – треугольник) – метод определения положения геодезических пунктов построением на местности систем смежно расположенных треугольников, в которых измеряют длину одной стороны (по базису) и углы, а длины других сторон получают тригонометрически. Основной метод создания опорной геодезической сети и градусных измерений [30].

Трилатерация (от лат. *trilaterus* – трёхсторонний) – один из методов создания опорной геодезической сети. Метод заключается в построении на местности цепи или сети последовательно связанных между собой треугольников и измерениях в каждом из них всех трёх сторон. Углы этих треугольников и координаты их вершин определяют из тригонометрических вычислений. Стороны треугольников измеряют радиодальномерами или электрооптическими дальномерами [38].

Фототеодолитная съёмка – съёмка местности, карьеров, инженерных сооружений и других объектов с применением фототеодолита и приборов для фотограмметрической обработки снимков [28].

Эфемерида (др.-греч. ἐφημερίς – на день, ежедневный ← ἐπί – на + ἡμέρα – день), в астрономии – таблица небесных координат Солнца, Луны, планет и других астрономических объектов, вычисленных через равные промежутки времени. Эфемериды, в частности, используются для определения координат. Также эфемеридами называются координаты искусственных спутников Земли, используемых для навигации, например в системе NAVSTAR (GPS), ГЛОНАСС, Galileo. Координаты спутников передаются в составе сообщений о местонахождении спутника, в этом случае говорят о передаче эфемерид.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	5
Часть 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИКЛАДНОЙ ГЕОДЕЗИИ ПРИ ВЕДЕНИИ КАДАСТРА И В ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ.....	6
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ПРИКЛАДНОЙ ГЕОДЕЗИИ ПРИ ВЕДЕНИИ КАДАСТРА И В ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ	6
1.1. Цель и задачи прикладной геодезии при ведении кадастра и в землеустройстве.....	6
1.2. Роль прикладной геодезии в хозяйственном развитии страны	8
1.3. Единицы измерений, применяемые в прикладной геодезии	9
1.4. Основные виды и особенности инженерно-геодезических работ	12
1.5. Понятие об основных этапах производства геодезических работ	13
1.6. Виды геодезических работ при землеустройстве и ведении кадастра.....	15
1.7. Учреждения и организации, планирующие и выполняющие геодезические работы для землеустройства и кадастра объектов недвижимости	17
1.8. Влияние научно-технического прогресса на развитие современных методов геодезии	21
1.9. Использование современных геодезических приборов при ведении земельно-кадастровых работ	22
1.10. Научная и инструктивно-нормативная литература по геодезическим работам при ведении кадастра и в землеустройстве.....	23
Контрольные вопросы	27
2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ И МЕТОДАХ РАЗВИТИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРИ ВЕДЕНИИ КАДАСТРА НЕДВИЖИМОСТИ И В ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ	28
2.1. Геодезические данные для выполнения инженерно-геодезических работ	28
2.2. Геодезическая основа для проведения землеустроительных и кадастровых работ	30
2.3. Требования к точности геодезических работ.....	35
2.4. Назначение и виды плановых и инженерно-геодезических сетей.....	37
2.5. Системы координат, применяемые при геодезических работах в землеустройстве и при ведении кадастра.....	46
2.6. Назначение и методы геодезического обоснования для ведения кадастра и в землеустройстве	52
2.7. Перевычисление координат точек полигонов и границ землевладений и землепользований, полученных в разных системах, в единую систему координат.....	53
Контрольные вопросы	57

3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАНОВО-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА И СПОСОБОВ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ	58
3.1. Виды планово-картографических материалов, используемых в землеустройстве, кадастре недвижимости.....	58
3.2. Понятие о детальности, полноте и точности планово-картографического материала	60
3.3. Точность положения контурных точек на планах. Точность изображения расстояний, направлений, площадей, превышений и уклонов на планах и картах.....	63
3.4. Корректировка планово-картографического материала.....	66
Контрольные вопросы.....	69
Часть 2. МЕТОДЫ И ПРИНЦИПЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ.....	70
4. СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ	70
4.1. Характеристика способов определения площадей землепользования и землевладений	70
4.2. Определение площадей аналитическим способом по результатам измерений на местности	71
4.3. Определение площадей графическим способом	72
4.4. Определение площадей механическим способом	74
4.5. Практика определения и уравнивания площадей земельных участков....	76
Контрольные вопросы.....	78
5. МЕТОДЫ И ПРИЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ..	79
5.1. Сущность проектирования земельных участков. Объекты проектирования	79
5.2. Способы и правила составления проектов.....	80
5.3. Требования к точности площадей, расположению границ проектируемых участков.....	82
5.4. Аналитический способ проектирования участков и его точность	83
5.5. Графический способ проектирования участков и его точность	86
5.6. Проектирование участков механическим способом	88
5.7. Особенности проектирования полей в условиях мелкой контурности	89
5.8. Исправление (спрямление) границ участков и способы решения задач в этих случаях.....	90
Контрольные вопросы.....	91
6. МЕЖЕВАНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ	92
6.1. Общие сведения о межевании земельных участков.....	92
6.2. Способы межевой съемки земельных участков	95
6.3. Восстановление утраченных межевых знаков и съемка границ землевладений и землепользований.....	96
6.4. Применение глобальных навигационных спутниковых систем для определения местоположения пунктов.....	102
6.4.1. Общие сведения о глобальных навигационных спутниковых системах	102

6.4.2. Структура и состав глобальной навигационной спутниковой системы	110
6.4.3. Принципы определения местоположения пунктов	113
6.4.4. Технологическая последовательность спутниковых наблюдений	117
6.5. Согласование границ землепользования	120
6.6. Оформление межевого плана.....	125
Контрольные вопросы	127
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	129
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	133

Учебное издание

Денисова Екатерина Сергеевна

ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Учебное пособие

Редактор М.А. Сухова
Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 18.05.15. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 8,14. Уч.-изд.л. 8,75. Тираж 80 экз.
Заказ № 175.



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