

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Институт физики

Кафедра астрономии и космической геодезии

Менжевицкий Владимир Сергеевич, Соколова Марина Геннадьевна

Основы геодезии

Краткий конспект лекций

Казань – 2014

Направление подготовки: 23.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование»

Название учебного плана: «Космическая геодезия и навигация», 2014

Дисциплина: «Геодезия» (бакалавриат, 1 курс, 1, 2 семестры, очное обучение)

Количество часов: 216 ч. (в том числе: аудиторная работа – лекции 54, лабораторные занятия 54, самостоятельная работа – 72, экзамен - 36); формы контроля – зачет, экзамен.

Аннотация: курс составлен в поддержку дисциплины «Геодезия», которая изучается на 1 и 2 курсах (1, 2, 3, 4 семестры) в соответствии с утвержденной программой учебного плана. Данный ЭОР содержит материал первого года изучения дисциплины (1 и 2 семестр) по таким разделам программы как «Предмет и задачи геодезии», «Основные понятия геодезии», «План и карта», (темы 1, 2, 5), «Системы координат, применяемые в геодезии» (темы 3, 4), «Ориентирование линий. Прямая и обратная геодезические задачи» (тема 6), «Рельеф местности и его изображение на топографических картах и планах», «Задачи, решаемые по топографическим картам и планам» (тема 7), «Основные принципы проведения геодезических измерений», «Угловые измерения», «Линейные измерения», «Главная геодезическая основа и съёмочные сети», «Съёмочное обоснование» (Темы 8, 9), «Топографические съёмки» (тема 10). ЭОР охватывает 60% объема часов дисциплины "Геодезия", представленных в учебном плане.

Темы: 1. Предмет и задачи геодезии. 2. Основные понятия геодезии. 3. Системы координат, применяемые в геодезии. 4. Понятие о картографических проекциях. 5. Разграфка и номенклатура карт. 6. Ориентирование линий. Прямая и обратная геодезические задачи. 7. Рельеф местности и его изображение на топографических картах и планах. 8. Построение и обработка планового обоснования съёмки местности. 9. Построение и обработка высотного обоснования съёмки местности. 10. Топографическая съёмка местности.

Ключевые слова: топография, геодезия, план, карта, эллипсоид вращения, геоид, номенклатура, разграфка, картографическая проекция, главный масштаб, частный масштаб, система координат, истинный азимут, магнитный азимут, дирекционный угол, румб, сближение меридианов, магнитное склонение, прямая геодезическая задача, обратная геодезическая задача, рельеф, высота, превышение, высота сечения, горизонталь, профиль, плановое съёмочное обоснование, горизонтальный угол, вертикальный угол, замкнутый ход, разомкнутый ход, высотное съёмочное обоснование, нивелирование, нивелирная сеть, геометрическое нивелирование, нивелир, топографическая съёмка, кроки, тахеометрия, тригонометрическое нивелирование, угловая засечка, линейная засечка

Авторы: Соколова Марина Геннадьевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры астрономии и космической геодезии института физики КФУ, Менжевицкий Владимир Сергеевич, ст. преподаватель кафедры астрономии и космической геодезии КФУ.

Дата начала использования: 1 сентября 2014 г.

URL: <http://tulpar.kfu.ru/course/view.php?id=1007>

Содержание

Название темы	Стр.
Тема 1. Предмет и задачи геодезии.	4
Тема 2. Основные понятия геодезии.	5
Тема 3. Системы координат, применяемые в геодезии.	7
Тема 4. Понятие о картографических проекциях.	9
Тема 5. Разграфка и номенклатура карт.	11
Тема 6. Ориентирование линий. Прямая и обратная геодезические задачи.	13
Тема 7. Рельеф местности и его изображение на топографических картах и планах.	15
Тема 8. Построение и обработка планового обоснования съемки местности.	16
Тема 9. Построение и обработка высотного обоснования съемки местности.	18
Тема 10. Топографическая съемка местности.	20
Примеры контрольных заданий, тестов, вопросов по темам	21
Информационные источники	24
Вопросы к экзамену	24

Тема 1. Предмет и задачи геодезии

Аннотация. Предмет изучения и методы исследования, разделы геодезии, развитие взглядов и учений о Земле, ее форма и размеры.

Ключевые слова. Топография, геодезия.

Методические рекомендации по изучению темы. Материал представляет собой введение в предмет геодезии и предназначен вызвать заинтересовать у студента в изучении курса, понимание важности геодезических работ в современном обществе. Для этого студентам рекомендуется изучить исторические материалы о развитии геодезии как науки, проследить усовершенствование методов исследования поверхности Земли, ее недр и околоземного пространства.

Глоссарий.

Геодезия - наука о физических и динамических параметрах Земли и других планет, о методах определения положения объектов на земной поверхности.

Топография - дисциплина, изучающая методы изображения элементов местности на основе съёмочных работ и создания на их основе топографических карт и планов.

Геодезия имеет широкое применение в различных областях науки, производства и в военном деле. Топографические карты используют при планировании и размещении производительных сил государства, при разведке и эксплуатации природных ресурсов, в архитектуре и градостроительстве, при мелиорации земель, землеустройстве, лесоустройстве, земельном и городском кадастре. Геодезия используется при строительстве зданий, мостов, тоннелей, метрополитенов, шахт, гидротехнических сооружений, железных и автомобильных дорог, трубопроводов, аэродромов, линий электропередач, при определении деформаций зданий и инженерных сооружений, при строительстве плотин, при решении задач оборонного характера.

Усложнение и развитие геодезии привело к разделению ее на несколько научных дисциплин.

Высшая геодезия изучает фигуру Земли, ее размеры и гравитационное поле, обеспечивает распространение принятых систем координат в пределах государства, континента или всей поверхности Земли, занимается исследованием древних и современных движений земной коры, а также изучает фигуру, размеры и гравитационное поле других планет Солнечной системы.

Топография (от греч. τόπος – место и греч. gráphō – пишу, дословно - описание местности) изучает методы топографической съемки местности с целью изображения ее на планах и

картах.

Картография изучает методы и процессы создания и использования карт, планов, атласов и другой картографической продукции.

Фотограмметрия (фототопография и аэрофототопография) изучает методы создания карт и планов по фото- и аэрофотоснимкам.

Инженерная геодезия изучает методы и средства проведения геодезических работ при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации различных инженерных сооружений.

Маркшейдерия (подземная геодезия) изучает методы проведения геодезических работ в подземных горных выработках.

Фигура Земли как планеты издавна интересовала ученых; для геодезистов же установление ее фигуры и размеров является одной из основных задач.

В модели шарообразной Земли поверхность Земли имеет сферическую форму; здесь важен лишь радиус сферы, а все остальное - морские впадины, горы, равнины, - несущественно. В этой модели используется геометрия сферы, теория которой сравнительно проста и очень хорошо разработана.

Модель эллипсоида вращения имеет две характеристики: размеры большой и малой полуосей. В этой модели используется геометрия эллипсоида вращения, которая намного сложнее геометрии сферы, хотя разработана также достаточно подробно.

Если участок поверхности Земли небольшой, то иногда оказывается возможным применить для этого участка модель плоской поверхности; в этой модели применяется геометрия плоскости.

Тема 2. Основные понятия геодезии.

Аннотация. Понятие о форме и размерах Земли. Физическая поверхность. Уровенная поверхность. Земной эллипсоид. расстояние и горизонтальное проложение.

Ключевые слова. отвесная линия, уровенная поверхность, геоид, эллипсоид вращения, референц-эллипсоид, горизонтальное проложение, план, карта.

Методические рекомендации по изучению темы. В данной теме дается описание основополагающих понятий геодезии, поэтому важно внимательно изучить теоретический материал с привлечением рекомендованной учебной литературы. Теоретический материал сопровождается иллюстрационными материалами, которые помогут более глубоко уяснить физический смысл новых понятий. Чтобы проверить знания основных понятий, предлагается ответить на предложенные тесты.

Глоссарий.

Геоид – выпуклая замкнутая поверхность, совпадающая с поверхностью воды в морях и океанах в спокойном состоянии и перпендикулярная к направлению силы тяжести в любой ее точке, а именно геометрическое тело, отражающее свойства потенциала на Земле

Горизонтальное проложение – длина ортогональной проекции линии местности на горизонтальную плоскость.

Карта - это уменьшенное, обобщенное изображение на горизонтальной плоскости сферической поверхности Земли, выполненное в определенной картографической проекции.

Отвесная линия - направление силы тяжести в данной точке на земле.

План - это уменьшенное, подобное изображение на горизонтальной плоскости небольшого плоского участка местности.

Референц-эллипсоид - земной эллипсоид с определёнными размерами и положением в теле Земли, служащий вспомогательной математической поверхностью, к которой приводятся результаты геодезических измерений.

Уровенная поверхность - поверхность равного потенциала, в каждой точке перпендикулярная отвесным линиям.

Эллипсоид вращения (сфероид) - это фигура вращения в трёхмерном пространстве, образованная при вращении эллипса вокруг одной из его главных осей.

Под действием неравномерно расположенных масс в земной коре изменяются направления сил притяжения, а следовательно, и сил тяжести. Уровенная поверхность Земли, как перпендикулярная к направлению силы тяжести, отступает от эллипсоидальной, становится сложной и неправильной в геометрическом отношении. Она совпадает с невозмущенной водной поверхностью океанов и морей и математически не выражается какой-либо известных аналитических форм. Ей присвоено особое наименование – *геоид*. Геоидом называется уровенная поверхность, совпадающая с поверхностью океанов и морей при спокойном состоянии водных масс и мысленно продолженная под материками таким образом, чтобы направления силы тяжести пересекал и ее под прямым углом.

Неравномерности в распределении масс в земной коре деформируют эллипсоидальную фигуру Земли, причем наибольшие отступления геоида от эллипсоида сравнительно малы и не превышают 100-150м. Нетрудно сделать вывод, что правильной математической фигурой, наиболее приближающейся к геоиду, является эллипсоид вращения. Эллипсоид с определенными размерами и определенным образом ориентированный в теле Земли

называется референц-эллипсоидом. В разных странах приняты референц-эллипсоиды с различными параметрами.

Топографические материалы, являющиеся уменьшенным спроецированным изображением участков земной поверхности на плоскость, подразделяют на карты и планы.

Степень уменьшения изображения на плане контуров местности, иначе отношение длины отрезка линии на плане (карте) к соответствующему горизонтальному положению этого отрезка на местности, называется масштабом. Масштабы делятся на численные и линейные.

На топографических картах и планах изображают разные объекты местности: контуры населенных пунктов, сады, огороды, озера, реки, линии дорог, электропередачи. Совокупность этих объектов называется ситуацией. Ситуацию изображают условными знаками. Условные знаки, обязательные для всех учреждений и организаций, составляющих топографические карты и планы, устанавливаются Федеральной службой геодезии и картографии России (Роскартография) и издаются либо отдельно для каждого масштаба, либо для группы масштабов.

Тема 3. Системы координат, применяемые в геодезии.

Аннотация. Географическая система координат. Астрономическая система координат. Геодезическая система координат. Пространственная полярная система координат. Система плоских полярных координат. Плоская условная система координат. Зональная система плоских прямоугольных координат. Плоские прямоугольные координаты Гаусса-Крюгера. Местная система координат. Преобразование координатных систем.

Ключевые слова. Геодезическая широта, геодезическая долгота, астрономическая широта, астрономическая долгота, плоская прямоугольная система координат.

Методические рекомендации по изучению темы. В данной теме формами освоения материала является внимательное изучение лекционного материала с параллельным просмотром графических материалов, представленных в файле-презентации, рассмотрение примеров решений заданий. В качестве самостоятельной работы предлагается разобрать практические задания для самостоятельного решения, при этом важно выработать умение переходить от буквенных обозначений в формулах к их численным конкретным значениям задачи и наоборот.

Глоссарий.

Астрономическая долгота λ - это двугранный угол между плоскостью начального меридиана и плоскостью астрономического меридиана данной точки. Плоскость

астрономического меридиана проходит через отвесную линию данной точки параллельно оси вращения Земли.

Астрономическая широта φ - это угол между отвесной линией, проходящей через данную точку, и плоскостью небесного экватора.

Геодезическая долгота L - это двугранный угол между плоскостью начального геодезического меридиана и плоскостью геодезического меридиана, проходящего через данную точку (плоскость геодезического меридиана проходит через малую ось эллипсоида).

Геодезическая широта B - это угол между нормалью к поверхности эллипсоида в данной точке и плоскостью геодезического экватора, т.е. плоскостью, проходящей через центр эллипсоида перпендикулярно к его малой оси.

Плоская прямоугольная система координат - это линейные величины абсцисса и ордината, определяющие положение точки на плоскости относительно исходных направлений.

Положение точек на физической поверхности Земли определяется системой координат.

Координаты – это угловые и линейные величины, определяющие положение точек на поверхности Земли или в пространстве. В геодезии применяются различные системы.

Геодезические координаты – это геодезическая широта (B), геодезическая долгота (L) и геодезическая высота (H).

Координатными плоскостями, относительно которых определяют положение точек, являются плоскость экватора земного эллипсоида и плоскость начального меридиана. Плоскость экватора проходит через центр эллипсоида перпендикулярно к его оси вращения. Плоскость, проходящая через отвесную линию и параллельно оси вращения Земли, называется плоскостью геодезического меридиана. Меридианом называют линию на поверхности Земли, проходящую через оба полюса, все точки которой имеют одинаковую долготу. Они образуются пересечением плоскостей меридианов с земной поверхностью. Плоскость начального меридиана проходит через начальный (Гринвичский) меридиан, параллельно малой оси земного эллипсоида.

Астрономические координаты состоят также из трех величин, называемых астрономической широтой (φ), астрономической долготой (λ) и ортометрической высотой (H_g).

Географические координаты – обобщенное понятие об астрономических и геодезических координатах, когда отклонения отвесных линий не учитывают. Такие координаты применяются при составлении географических карт, а также и в инженерно-геодезических работах.

Система прямоугольных пространственных координат характерна тем, что ее начало расположено в центре земного эллипсоида, а оси X и Y – в плоскости экватора, при этом X – в плоскости начального меридиана, а Y перпендикулярна к ней. Ось Z проходит вдоль полярной оси. Применяется эта система для определения мест положения объектов специального назначения (космических аппаратов, ракет и др.), в инженерной геодезии эти координаты распространения не получили.

Местная система прямоугольных координат состоит из двух взаимно перпендикулярных прямых – оси абсцисс X и оси ординат Y , которые делят плоскость на четверти. Применяется в инженерной геодезии при съемке небольших участков поверхности Земли. Уровенная поверхность принимается здесь за горизонтальную плоскость, перпендикулярную к отвесной линии, проходящей через начало координат. Направление оси абсцисс обычно принимают на север, а в строительстве чаще – по направлению главных осей предприятия. Направлениям осей приписывают знаки «плюс» или «минус».

Система полярных координат применяют при определении планового положения точек на небольших участках в процессе съемки местности и при разбивочных работах.

Тема 4. Понятие о картографических проекциях

Аннотация. Понятие о картографической проекции, виды проекций, градусная и картографическая сетки, способы проектирования поверхности эллипсоида на плоскость, искажения проекция, главный и частный масштабы.

Ключевые слова. Картографическая проекция, градусная сетка, картографическая сетка, искажение проекции, главная точка проекции, главный масштаб, частный масштаб

Методические рекомендации по изучению темы. Современная картография как раздел геодезии изучает способы построения и изготовления карт, теоретические основы о предмете и методах картографирования, генерализации и способах изображения (знаковой системы); в нём рассматриваются виды, типы и классификация карт. Поэтому знакомство с основными принципами построения карт необходимо уже при изучении основных вопросов геодезии (системы координат, ориентирование линий, прямая и обратная геодезические задачи) в рамках данного курса на первом курсе в первом семестре. Более детально курс картографии будет изучаться студентами на втором курсе обучения. Поэтому тесты на самооценку состоят из общих вопросов на понимание темы.

Методические рекомендации по изучению темы. Современная картография как раздел геодезии изучает способы построения и изготовления карт, теоретические основы о предмете и методах картографирования, генерализации и способах изображения

(знаковой системы); в нём рассматриваются виды, типы и классификация карт. Поэтому знакомство с основными принципами построения карт необходимо уже при изучении основных вопросов геодезии (системы координат, ориентирование линий, прямая и обратная геодезические задачи) в рамках данного курса на первом курсе в первом семестре. Более детально курс картографии будет изучаться студентами на втором курсе обучения. Поэтому тесты на самооценку состоят из общих вопросов на понимание темы.

Глоссарий.

Главный масштаб - это степень уменьшения земного эллипсоида при его отображении на плоскость при создании карты, подписывается на карте и остается неизменным вдоль одной или нескольких линий (меридианов или параллелей).

Градусная сетка - изображение линий меридианов и параллелей на глобусе и географических картах.

Искажение проекции - отличие углов между направлениями, подобия фигур и площадей объектов на земной поверхности при отображении земного эллипсоида на плоскость (карту).

Картографическая проекция - математически определенный способ отображения объемной поверхности Земли (либо другого небесного тела) на плоскость.

Картографическая сетка - изображение на карте меридианов и параллелей в какой-либо картографической проекции, которая позволяет определять по карте географические координаты точек.

Частный масштаб - это отношение, которое показывает, во сколько раз уменьшены размеры объектов в данной точке на поверхности эллипсоида или шара при их изображении на плоскость (карту), не совпадает с главным масштабом карты и характеризует степень искажений проекции в каждой точке карты.

Под картографической проекцией понимают математически определенный способ отображения сферической поверхности Земли на плоскости карты, который устанавливает аналитическую зависимость между географическими (или иными) координатами земного эллипсоида и прямоугольными координатами тех же точек на плоскости карты.

Исходная аксиома при изыскании любых картографических проекций состоит в том, что сферическую поверхность Земного шара нельзя развернуть на плоскости карты без складок или разрывов (без сжатия или растяжения). Другими словами, земную поверхность нельзя изобразить на плоскости без геометрических деформаций,

называемых искажениями, сохраняя истинные очертания объектов. Неизбежно возникают деформации, различные по величине и направлению. Именно поэтому на карте возникает непостоянство масштабов длин и площадей.

Проекции группируются по видам нормальной сетки и по характеру искажения.

В картографической практике распространена классификация проекций по виду вспомогательной геометрической поверхности, которая может быть использована при их построении. С этой точки зрения выделяют проекции по видам нормальной сетки (характеру пересечения параллелей и меридианов): цилиндрические, конические, азимутальные, условные, многогранные проекции.

В теории картографических проекций доказывается, что бесконечно малые окружности на поверхности эллипсоида в общем случае изображаются эллипсом, называемом эллипсоидом искажений. Это означает, что масштаб изображения зависит не только от положения точки, но может изменяться в данной точке с переменной направления. Отношение частного масштаба к главному характеризует искажение длин. Наряду с искажениями длин различают искажения площадей и углов. За искажение площади в некоторой точке карты принимают отношение площади эллипса искажений к площади соответствующего бесконечно малого круга на эллипсоиде.

Искажением угла называют разность между углом, образованным двумя линиями на эллипсоиде, и изображением этого угла на карте.

Тема 5. Разграфка и номенклатура карт.

Аннотация. Понятие номенклатуры листов карт, правила разграфки карт меридианами и параллелями на листы заданного масштаба, расчет номенклатуры листов по заданным координатам объекта.

Ключевые слова. Номенклатура, разграфка, ряд, колонка.

Методические рекомендации по изучению темы. Деление топографических карт на отдельные листы линиями меридианов и параллелей удобно тем, что рамки листов точно указывают положение на земном эллипсоиде участка местности, поэтому данная тема имеет широкое практическое применение, так как дает ориентировку листа карты относительно сторон горизонта, задает координаты углов листа, позволяет определить масштаб карты по ее номенклатуре и наоборот, по номенклатуре листов производится сшивка отдельных листов в ГИС. Чтобы уметь решать данные задачи, необходимо разобрать примеры, решить задачи для самостоятельного решения и ответить на вопросы, каждый из которых представляет собой мини-задачу на заданную тему.

Глоссарий.

Колонка - это система деления карты масштаба 1:1 000 000 меридианами через 6° .

Номенклатура - это система деления по определенным правилам меридианами и параллелями карты одного масштаба на листы карты более крупного масштаба.

Разграфка – деление топографических карт географическими параллелями (ряды) и меридианами (колонки) на отдельные листы заданного масштаба.

Ряд - это система деления карты масштаба 1:1000000 от экватора параллелями через 4° .

К основным принципам составления номенклатуры топографических карт относятся: 1) связь с географическим положением изображенной на листе территории, которая обеспечивает быстрый подбор листов карты на любой участок земной поверхности; 2) зависимость от масштаба изображения, позволяющая легко переходить от карт одного масштаба к другому. Разграфка и номенклатура листов советских топографических карт и планов всего масштабного ряда основаны на разграфке и номенклатуре Международной карты масштаба 1:1000000

Границы листа миллионной карты, образуемые меридианами, совпадают с границами координатной зоны в проекции Гаусса. Для изображения всей зоны требуется несколько десятков листов миллионной карты. Совокупность этих листов называется *колонной карт* (просто-колонной). Колонны обозначаются арабскими цифрами (аналогично зонам), их счет ведется так же, как и зон, но от меридиана с долготой 180° , поэтому номер колонны отличается от номера зоны на 30. Например, 1-я зона— 31-я колонна, 30-я зона — 60-я колонна.

В горизонтальном направлении листы карты масштаба 1:1 000 000 образуют *широтные ряды* (пояса), ограниченные параллелями через 4° . Ряды обозначаются прописными буквами латинского алфавита к северу и югу от экватора. Номенклатура листа карты масштаба 1:1 000 000, определяющая его положение в общей системе листов, состоит из буквенного обозначения широтного ряда и номера колонны, например, E-33.

Разграфка листов карты масштаба 1:500000 и крупнее производится путем деления миллионного листа меридианами и параллелями с установленными интервалами между ними для каждого масштаба. При этом выполняется условие: полученные листы карт всего масштабного ряда должны быть примерно равных размеров, а ограничивающие их меридианы и параллели иметь долготу или широту, выраженную целым числом минут и секунд.

Тема 6. Ориентирование линий. Прямая и обратная геодезические задачи.

Аннотация. Ориентирование линий и направлений, истинный и магнитный азимуты, склонение магнитной стрелки, сближение меридианов, дирекционный угол, определение углов ориентирования по карте, приращения координат, формула для решения прямой и геодезической задач, знаки приращений координат и их связь со значением дирекционного угла

Ключевые слова. Истинный азимут, магнитный азимут, магнитное склонение, сближение меридианов, дирекционный угол, румб, прямая геодезическая задача, обратная геодезическая задача

Методические рекомендации по изучению темы. Тема содержит лекционную часть, которую необходимо детально изучить, акцентируя внимание на понятиях азимутов и исходных направлениях их отсчета, способов нахождения азимутов и перехода от одного к другому. В качестве самостоятельной работы предлагается поэтапно рассмотреть алгоритмы решения прямой и обратной геодезической задач на примере решенных примеров в блоке практического задания. Для проверки усвоения темы рекомендуется выполнить домашнее задание, которое представлено в виде мини-кроссворда по результатам решения прямой и обратной геодезических задач и передачи дирекционного угла направлениям. В таблице в пустые клетки необходимо вписать вычисленные значения величин и выполнить контроль вычислений. Пример заполнения кроссворда приведен в блоке практического задания.

Глоссарий.

Дирекционный угол - это угол, образуемый между направлением на какой-либо предмет местности и северным направлением осевого меридиана, отсчитываемый от 0° до 360° по ходу часовой стрелки.

Истинный азимут - это угол, образуемый между направлением на какой-либо предмет местности и северным направлением истинного меридиана, отсчитываемый от 0° до 360° по ходу часовой стрелки.

Магнитный азимут - это угол, образуемый между направлением на какой-либо предмет местности и северным направлением магнитного меридиана, отсчитываемый от 0° до 360° по ходу часовой стрелки.

Обратная геодезическая задача - это определение горизонтального проложения и дирекционного угла между двумя точками с заданными координатами

Прямая геодезическая задача - это определение прямоугольных координат точки по исходным значениям дирекционного угла направления между опорной точкой с

заданными координатами и искомой точкой и горизонтального проложения этой линии
Румб - это угол между ближайшим направлением истинного (осевого) меридиана и направлением на какой-либо предмет местности, отсчитываемый по ходу или против часовой стрелки; изменяется в пределах от 0° до 90°

Сближение меридианов - это угол между касательными, проведенными к истинному и осевому меридианам в заданной точке

Склонение магнитной стрелки – горизонтальный угол между истинным меридианом и направлением магнитной стрелки в данной точке поверхности.

Ориентировать линию на местности – значит определить ее положение относительно другого направления, принятого за исходное. В качестве исходных в геодезии используют следующие направления (рис. 5, а): северное направление N^I истинного (географического) меридиана; северное направление N^M магнитного меридиана; северное направление N° осевого меридиана зоны или направления параллельного ему.

При ориентировании на местности для измерения магнитных азимутов и магнитных румбов пользуются буссолями и компасами. Принцип измерения азимута линии буссолью заключается в том, что нулевой диаметр буссоли совмещают с направлением этой линии, а по северному концу магнитной стрелки отсчитывают значение азимута или румба.

Прямая геодезическая задача. Пусть на местности имеется пункт $A(x_A, y_A)$ с известными координатами. Зная дирекционный угол α линии между пунктами A и B и горизонтальную проекцию длины этой линии d , можно вычислить координаты пункта B . Эта задача называется прямой геодезической задачей.

Обратная геодезическая задача Если на местности известны координаты двух точек $A(x_A, y_A)$ и $B(x_B, y_B)$, то можно определить горизонтальную проекцию расстояния между этими пунктами d и дирекционный угол этого направления α . Эта задача носит название обратной геодезической задачи.

Ориентировать карту – это значит расположить ее так, чтобы направления линий на карте были параллельны направлениям горизонтальных проекций соответствующих линий местности. При ориентировании карты с помощью компаса (буссоли) следует помнить, что ось магнитной стрелки прибора устанавливается в направлении магнитного меридиана. На карте имеются только направления истинных меридианов (западная и восточная внутренней рамки) и направления, параллельные осевому меридиану (вертикальные линии километровой сетки).

Тема 7. Рельеф местности и его изображение на топографических картах и планах.

Аннотация. Сущность изображения рельефа земной поверхности горизонталями. Высота сечения рельефа. Заложение ската. Крутизна ската. Уклон линии ската. Основные формы рельефа. Свойства горизонталей. Проведение горизонталей по отметкам точек. Аналитическое интерполирование горизонталей. Графическое интерполирование горизонталей.

Ключевые слова. Рельеф, высота, высота сечения, уклон, крутизна ската, горизонталь, профиль

Методические рекомендации по изучению темы. Тема содержит лекционную часть, которую необходимо детально изучить, чтобы понять особенности отображения рельефа на карте; уяснить такие понятия как превышение, горизонталь, уклон, крутизна, профиль. В качестве самостоятельной работы предлагается рассмотреть способы изучения рельефа по карте и определения его элементов; рекомендуется разобрать примеры решения задач, приведенные в блоке практического задания. Для проверки усвоения темы рекомендуется ответить вопросы контрольных тестов.

Глоссарий.

Высота - это отрезок отвесной линии (расстояние) от заданной точки на земной поверхности до уровенной поверхности, принятой за начало отсчета высот.

Высота сечения - это расстояние между секущими горизонтальными параллельными плоскостями (уровенными поверхностями) при сечения земной поверхности.

Заложение - это расстояние между соседними горизонталями на карте и плане.

Крутизна ската – угол, образованный направлением ската с горизонтальной плоскостью в данной точке земной поверхности.

Превышение - это разность высот двух точек; принимает отрицательные и положительные значения.

Профиль - это вертикальный разрез местности по заданной линии.

Рельеф - это совокупность неровностей земной поверхности.

Уклон линии - это отношение превышения между двумя точками к горизонтальному проложению линии, выраженное в тысячных долях или в процентах.

В зависимости от характера рельефа местность подразделяют на равнинную, всхолмленную и горную. Равнинная местность имеет слабовыраженные формы или почти совсем не имеет неровностей; всхолмленная характеризуется чередованием сравнительно небольших по высоте повышений и понижений; горная представляет

собой чередование возвышений высотой более 500м над уровнем моря, разделенных долинами.

Способ изображения рельефа на картах и планах должен давать возможность судить о направлении и крутизне скатов, а также определять отметки точек местности. Вместе с тем он должен быть наглядным. Известны различные способы изображения рельефа: перспективное, штриховка линиями разной толщины, цветной отмыв (горы – коричневые, лощины – зеленые), горизонтали.

О крутизне ската можно судить по величине заложений на карте. Чем меньше заложение (расстояние между горизонталями), тем круче скат. Для характеристики крутизны ската на местности используют угол наклона ν . Другой характеристикой крутизны служит уклон. Уклоном линии местности называют отношение превышения к горизонтальному проложению. Уклон безразмерная величина. Его выражают в процентах % (сотых долях) или в промилле ‰ (тысячных долях).

Тема 8. Построение и обработка планового обоснования съемки местности.

Аннотация. Понятие о способах создания геодезических сетей. Закрепление геодезических пунктов на местности. Угломерные геодезические инструменты. Принцип измерения горизонтальных и вертикальных углов. Теодолитные замкнутые и разомкнутые ходы. Передача и вычисление координат точек планового обоснования.

Ключевые слова. Плановое съемочное обоснование, горизонтальный угол, вертикальный угол, замкнутый ход, разомкнутый ход.

Методические рекомендации по изучению темы. Тема содержит лекционную часть, которая раскрывает одно из важнейших понятий государственная геодезическая сеть, принципы, методы ее построения и направления развития; в материалах презентации демонстрируются современные угломерные и дальномерные геодезические приборы. Практическая составляющая раскрывается в блоке практического задания, где приведены примеры обработки различных видов теодолитных ходов, алгоритм их обработки разбит на этапы, которые должны выполняться именно в такой строгой последовательности. В качестве самостоятельной работы предлагаются примеры решения практических заданий по обработке замкнутого и разомкнутого теодолитных ходов. Для проверки усвоения темы также рекомендуется ответить на контрольные вопросы теста на самооценку знаний.

Глоссарий.

Вертикальный угол – это угол между горизонтальной плоскостью и направлением линии

местности (угол наклона, зенитное расстояние); бывают положительные и отрицательные.

Высотное съёмочное обоснование - это нивелирные ходы III—IV класса или техническое нивелирование, которое создается методом геометрического нивелирования с привязкой с по высоте к пунктам государственной геодезической сети.

Горизонтальный угол – это ортогональная проекция пространственного угла между двумя направлениями на местности на горизонтальную плоскость (например, горизонтальный кург геодезического прибора).

Замкнутый ход - это ход, который начинается и заканчивается в одной и той же точке с привязкой к пункту государственной геодезической сети

Плановое съёмочное обоснование — это полигонометрические сети первого и второго разрядов четвертого класса, которые прокладываются в виде отдельных теодолитных ходов с привязкой к пунктам государственной геодезической сети.

Разомкнутый ход - это ход, который начинается и заканчивается на пунктах государственной геодезической сети.

Развитие геодезических сетей осуществляется по принципу – «от общего к частному», т. е. от более крупных по размерам построений к менее крупным, и «от более точных к менее точным». Соответственно этому принципу геодезические сети подразделяются на четыре вида.

Государственная геодезическая сеть, представляющая собой главную геодезическую основу для всех видов геодезических и топографических работ.

Геодезические сети сгущения, развиваемые в отдельных районах при недостаточном числе пунктов государственной геодезической сети.

Съёмочные геодезические сети (съёмочное, или рабочее обоснование), на основе которых непосредственно производятся съёмки контуров и рельефа местности, инженерно-геодезические работы при строительстве сооружений.

Специальные геодезические сети, развиваемые при строительстве сооружений, предъявляющих к геодезическим работам специальные требования.

Каждый из указанных видов сетей подразделяется на классы и разряды.

Плановые сети создаются методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии и их сочетаниями. Высотные сети – методом геометрического нивелирования; при невозможности его применения – методом тригонометрического нивелирования.

Государственная плановая геодезическая сеть служит основой для решения научных

задач геодезии, для топографических съемок, для проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений. В настоящее время для построения государственных сетей применяют также спутниковые методы измерений.

Для определения положения точек в плановом отношении измеряют горизонтальный угол. Горизонтальным называют двухгранный угол между отвесными плоскостями, проходящими через его стороны. Для измерения горизонтального угла над его вершиной располагают градуированный круг (лимб) измерительного угломерного прибора. Центр круга совмещают с отвесной линией, проходящей через вершину угла O , а сам круг размещают в горизонтальной плоскости. После установки прибора в рабочее положение приступают к измерению горизонтальных углов, при этом в целях исключения ошибки от эксцентриситета алидады и наклона оси вращения зрительной трубы (коллимационной ошибки) измерение угла следует выполнять при двух положениях вертикального круга – при круге лево (Л) и круге право (П) по отношению к окуляру.

Для определения высот точек и превышений между ними измеряют вертикальные углы (углы наклона). Вертикальным называют угол между стороной угла и ее проекцией на горизонтальную плоскость.

Измерение расстояний производят непосредственным или косвенным методами. При непосредственном методе мерный прибор (измерительную рулетку, землемерную ленту и т. п.) последовательно укладывают в створе измеряемого отрезка. При косвенном методе измеряют вспомогательные параметры (углы, базисы, физические параметры и т. п.), а длину отрезка вычисляют по формуле, отображающей зависимость между измеренными величинами и длиной отрезка.

Тема 9. Построение и обработка высотного обоснования съемки местност

Аннотация. Сущность геометрического нивелирования, нивелирование «из середины» и «вперёд», влияние кривизны Земли и рефракции на результаты геометрического нивелирования, нивелиры и нивелирные рейки, поверки и юстировки нивелиров, обработка нивелирных ходов

Ключевые слова. Нивелирование, нивелирная сеть, нивелир, геометрическое нивелирование.

Методические рекомендации по изучению темы. При изучении теоретического материала необходимо понять принципы геометрического нивелирования. Для усвоения темы рекомендуется внимательное прочтение лекционного материала с привлечением материалов презентации, демонстрирующих схемы нивелирования и устройство

нивелира, разбор примера практического задания. В качестве самостоятельной работы предлагается обработать результаты нивелирования разомкнутого хода, опирающегося на два исходных репера.

Глоссарий.

Геометрическое нивелирование - определение превышений точек местности при помощи геодезического прибора с горизонтальной визирной осью.

Нивелир - это геодезический инструмент для измерения превышения точек земной поверхности способом геометрического нивелирования при горизонтальном положении луча визирования.

Нивелирная сеть - это совокупность закрепленных на местности точек, высоты которых определены путем геометрического нивелирования; основой для определения высот пунктов в России служит государственная нивелирная сеть I, II, III и IV классов.

Нивелирование - это комплекс работ по определению высот точек земной поверхности относительно исходной уровенной поверхности, один из видов геодезических измерений, которые производятся для создания высотной опорной геодезической сети.

Нивелирование обычно используют для определения высот точек при составлении топографических планов, карт, профилей, при перенесении проектов застройки и планировки территории по высоте. При производстве строительно-монтажных работ с помощью нивелирования устанавливают строительные конструкции в проектное положение по высоте. Применяют нивелирование при наблюдениях за осадками и деформациями зданий, для определения вертикальных перемещений точек зданий и сооружений.

Геометрическое нивелирование – это метод определения превышения с помощью горизонтального визирного луча и нивелирных реек (рис. 35). Для получения горизонтального луча используют прибор, который называется нивелиром. Геометрическое нивелирование широко применяется в геодезии и строительстве. Горизонтальный визирный луч создает геодезический прибор – нивелир. Нивелирование с одной стоянки прибора (станции) называют простым. Если требуется определить превышения или высоты для многих точек на значительном протяжении, то нивелирование осуществляют с нескольких станций - прокладывают нивелирный ход.

Способ нивелирования «из середины» является основным при производстве инженерных работ, поскольку практически не сказывается на результатах нивелирования точность юстировки прибора (нивелира), а также влияние кривизны Земли и рефракции

земной атмосферы.

Прежде чем начать работу с нивелиром, как и с любым геодезическим прибором, проводят поверки. Поверки – это действия, которыми контролируют правильность взаимного расположения основных осей прибора. Если при выполнении поверок обнаруживается несоответствие взаимного расположения частей прибора, то его юстируют исправительными винтами.

Тема 10. Топографическая съемка местности

Аннотация. Виды топографических съёмок местности и их классификация. Тахеометрическая съемка. Выбор масштаба топографической съёмки и высоты сечения рельефа.

Ключевые слова. Топографическая съемка, тахеометрия, тригонометрическое нивелирование, кроки, линейная засечка, угловая засечка.

Методические рекомендации по изучению темы. При изучении теоретического материала необходимо обратить внимание на виды топографических съёмок, их отличие друг от друга и область применимости. Важно понять принцип тригонометрического нивелирования и его отличие от геометрического нивелирования. Для усвоения темы рекомендуется внимательное прочтение лекционного материала с привлечением материалов презентации, демонстрирующих схемы съёмок, и разбор примера практического задания. В качестве самостоятельной работы предлагается обработать результаты тахеометрической съёмки, задание выполняется на бланке полевого журнала по вариантам, номер которого определяется порядковым номером студента в списке группы.

Любые виды топографических съёмок требуют создания планово-высотного съёмочного обоснования. Таким образом, топографические съёмки ведутся с использованием основного принципа геодезии – «от общего к частному»: вначале создается планово-высотное обоснование, затем производится съёмка подробностей ситуации и рельефа и, наконец, работа завершается созданием топографических планов или цифровых моделей местности.

Съёмку характерных подробностей ситуации осуществляют в зависимости от конкретных условий местности и используемых приборов одним из следующих способов: прямоугольных координат; полярным; прямых угловых засечек; линейных засечек; обхода; створов.

Тахеометрическая съемка является самым распространенным видом наземных топографических съемок, применяемых при изысканиях объектов строительства. Высокая производительность при тахеометрических съемках обеспечивается тем, что все измерения, необходимые для определения пространственных координат снимаемых точек местности, выполняются комплексно, одним измерительным прибором – тахеометром, при одном наведении трубы. При этом, положение снимаемой точки местности в плане определяется измерением полярных координат: измеряется горизонтальный угол по лимбу прибора между направлениями на точку съемочного обоснования и снимаемую точку, и измеряется расстояние до точки нитяным дальномером. Высотное положение снимаемых точек определяется методом тригонометрического нивелирования.

Основными масштабами тахеометрических съемок при изысканиях объектов строительства являются: 1:500, 1:1000 и 1:2000. При этом масштаб съемки принимают в зависимости от ее назначения, стадии проектирования, а также от категории рельефа и ситуационных особенностей местности и, в частности: масштаб 1:500 с высотой сечения рельефа 0,25-0,5 м для составления планов при проектировании городских улиц и дорог, временных и гражданских сооружений, небольших карьеров и резервов грунта. Масштаб 1:1000 с высотой сечения рельефа 0,5-1,0 м или масштаб 1:2000 с высотой сечения рельефа через 1,0-2,0 м – для составления топографических планов отдельных мест при проектировании системы поверхностного водоотвода, планировки территорий, проектирований транспортных развязок движения в разных уровнях, пересечений и примыканий в одном уровне, мостовых переходов, сложных мест (овраги, оползни, осыпи, карст и т. д.), месторождений дорожно-строительных материалов, а также для решения вопросов камерального трассирования.

Съемку производят с исходных точек – пунктов опорных и съемочных геодезических сетей. Результаты измерений записывают в журнал тахеометрической съемки и ведут абрис (кроки) – схематический чертеж отдельных сторон съемочного обоснования и контуров ситуации в произвольном масштабе, но с обязательным указанием промеров.

Примеры контрольных заданий, тестов, вопросов по темам

Тема 3.

Вопрос 1. Назовите основные признаки плана.

Вопрос 2. Назовите основные признаки карты.

Вопрос 3. Выделите отличительные свойства плана и карты друг от друга.

Задание. Определите номер зоны, в которой расположена точка, географическая долгота которой равна $102^{\circ}35'$, а также долготы осевого L_0 и граничных меридианов L_3 и $L_в$ этой зоны.

Тест. *Горизонтальное проложение это –*

- а) проекция расстояния на горизонтальную плоскость
- б) уменьшенное расстояние между точками
- в) уменьшенная центральная проекция расстояния

Тема 4.

Тест. *В проекции Гаусса-Крюгера поверхность Земли условно разделена*

- а) на 36 зон по 10°
- б) на 60 зон по 6°
- в) на 30 зон по 12°
- г) на 120 зон по 3°

Тема 5.

Задание. Определить номенклатуру листов карт масштабов 1:50000, на которых находится точка с заданными географическими координатами: широта φ и долгота λ .

1 вариант	$\varphi = 55^{\circ} 47'$	$\lambda = 49^{\circ} 07'$
2 вариант	$\varphi = 57^{\circ} 41'$	$\lambda = 39^{\circ} 46'$

Тема 6.

Задание. Известны координаты двух опорных точек $x_1=4564$ м, $y_2=342$ м, $x_2=6034$ м, $y_2=867$ м. Найдите горизонтальное проложение линии 1-2 составляет 497,45 м, а также дирекционный угол направления 1-2 и дирекционный угол направления 2-1.

Тема 7.

Задание. Определить угол наклона и уклон (в промилях) линии, соединяющей две точки с известными отметками 156.56 м и 111.43 м, если длина линии $S=2346$ м.

Задание. Найти превышение между точками 1 и 2, если даны их высоты:

- а) $H_1 = 78.9$ м, $H_2 = 67.1$ м
- б) $H_1 = 118.2$ м, $H_2 = 97.6$ м

Тема 8

Тест. *В методе триангуляции построения ГТС измеряются*

- а) все горизонтальные углы
- б) все вертикальные углы
- в) все расстояния и вертикальные углы
- г) все горизонтальные и вертикальные углы

Тест. Закончите определение

Геодезическая сеть – это совокупность точек, закрепленных на местности, положение которых определено в общей для них

Вопрос 1. Вычислите невязку измерения горизонтальных углов в замкнутом ходе

$$\beta_1 = 76^{\circ} 03', \quad \beta_2 = 94^{\circ} 10', \quad \beta_3 = 89^{\circ} 31', \quad \beta_4 = 138^{\circ} 03' \quad \beta_5 = 142^{\circ} 20'$$

Вопрос 2. Чему равно теоретическое значение суммы горизонтальных углов замкнутого полигона из шести вершин?

Тема 9.

Тест. *Горизонталь – это*

- а) Линии, соединяющие на чертеже (карте) точки с одинаковыми количественными показателями.
- б) Расположение двух и более предметов на одной линии.
- в) Параметр, характеризующий крутизну элементов продольного профиля.
- г) Линии, проходящие через одинаковые по высоте точки местности.

Тест 2. *Продольный профиль трассы - это*

- а) Проекция оси пути на вертикальную плоскость.
- б) Проекция оси пути на вертикальную цилиндрическую поверхность, развернутую на плоскость.
- в) Продольный разрез вдоль оси пути.
- г) Очертание земной поверхности в плоскости, перпендикулярной оси пути.

Тест. *Принцип – «от общего к частному», обозначает*

- а) от более точных к менее точным
- б) от более коротких сторон к более длинным
- в) от большей густоты опорных точек к меньшей
- г) переход от общей системы координат к местной

Тема 10.

Задание. С помощью транспортира и линейки с учетом масштаба нанесите на план следующие пикеты способом полярных координат:

масштаб 1:2000 горизонтальный угол горизонтальное проложение

24 ⁰	143,5 м
185 ⁰	91,6 м
339 ⁰	178,0 м

Съемка производилась со станции 1. (положение станции 1 и линию ориентирования выберите произвольно).

Задание. Вычислите расстояния до пикетов в метрах, если отсчеты по дальномерным нитям сетки нитей нивелирной рейки равны:

верхней	нижней
1234	0984
2087	1167
3990	1956

Коэффициент дальномера равен 100.

Информационные источники

Поклад, Геннадий Гаврилович. Геодезия. - Москва: Акад. Проект, 2007.—589,[1] с.: ил., табл.; 25.—(Учебное пособие для вузов).—(Gaudeamus).—Библиогр.: с. 573-574.—Предм. указ.: с. 575-580.—ISBN 5-8291-0781-3.

Инженерная геодезия: учебник для студентов высших учебных заведений / [Е.Б. Ключошин и др.]; под ред. проф. Д.Ш. Михелева.—Издание 9-е, стер.—Москва: Академия, 2008.—478, [1] с.: ил.; 22.—(Высшее профессиональное образование, Геодезия).—(Учебник).—Авт. указаны на обороте тит. л.—Библиогр.: с. 473.

Куштин И.Ф. Инженерная геодезия / И.Ф. Куштин, В.И.Куштин. - Ростов-на-Дону: Издательство ФЕНИКС, 2002. - 416 с.

Комаров Р.В. Геодезия с основами космоаэро съемки / Р.В.Комаров, Г.З.Минсафин// Казань: Геологический факультет КГУ, 2008. – 77 с.
(электронная версия http://www.ksu.ru/f6/k8/bin_files/2008!26.pdf).

«Краткий курс инженерной геодезии» для студентов обучающихся по направлению «Строительство» // Казанский государственный архитектурно-строительный университет, кафедра геодезии, 2010 г., 116 с. (электронная версия <http://www.kgasu.ru/sved/structure/its/foip/kg/>).

Вопросы к экзамену (1 курс, 2 семестр)

Форма и размеры Земли, методы их определения.

Системы координат, применяемые в геодезии.

Прямая и обратная геодезические задачи на плоскости.

Системы высот в геодезии.

Проекция Гаусса-Крюгера. Зональная система прямоугольных координат.

Топографические карты и планы. Масштабы.

Изображение ситуации на топографических картах и планах.

Изображение рельефа на топографических картах и планах.

Ориентирование линий на топографических картах и планах.
Разграфка и номенклатура топографических карт и планов.
Определение координат точек по топографическим картам и планам.
Решение задач по топографической карте.
Способы и средства линейных измерений в геодезии.
Принцип измерения горизонтальных углов. Приборы.
Устройство и поверки оптических теодолитов.
Способы создания плановых геодезических сетей.
Закрепление геодезических пунктов на местности.
Геометрическое нивелирование.
Устройство и поверки нивелиров.
Тригонометрическое нивелирование.
Виды топографических съемок и их применение.
Тахеометрическая съемка. Приборы, методика измерений, камеральная обработка.