

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОУ ВПО «СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»

В.С. Хорошилов, Ж.А. Хорошилова

ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие для студентов 2-го курса
специальности 080502 «Экономика и управление на предприятии»
очной и заочной форм обучения

Новосибирск
СГГА
2010

УДК 528.48
Х79

Рецензент:
доктор технических наук, профессор
Ю.П. Гуляев

доктор технических наук, профессор
М.Ф. Носков

Хорошилов, В.С.

Х79 Прикладная геодезия [Текст] : учебно-методическое пособие / В.С. Хорошилов, Ж.А. Хорошилова. – Новосибирск, СГГА, 2010. – 42 с.

ISBN 978-5-87693-368-3

Учебно-методическое пособие разработано для студентов 2-го курса специальности 080502 «Экономика и управление на предприятии» очной и заочной форм обучения, изучающих дисциплину «Прикладная геодезия».

Издание содержит программу курса в развернутом виде, перечень основных вопросов, выносимых на экзамен, задания лабораторно-практических работ и методику их выполнения.

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГГА

УДК 528.48

ISBN 978-5-87693-368-3

© ГОУ ВПО «Сибирская государственная
геодезическая академия» (СГГА), 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Рабочая программа учебной дисциплины «прикладная геодезия»	5
1.1. Содержание дисциплины.....	5
1.2. Методические указания по изучению курса.....	6
1.3. Экзаменационные вопросы	9
2. Лабораторно-практические работы	12
2.1. Общие положения по выполнению лабораторно-практических работ	12
2.2. Лабораторно-практическая работа № 1. Трассирование автодороги	12
2.3. Лабораторно-практическая работа № 2. Подготовка данных для выноса в натуру проектов сооружений.....	21
Библиографический список рекомендуемой литературы	29
Приложение 1. Образец продольного профиля.....	30
Приложение 2. Вычисление объема земляных работ	31
Приложение 3. Образец разбивочного чертежа	34

ВВЕДЕНИЕ

Инженерная геодезия является одной из профилирующих дисциплин при подготовке инженеров по специальности 080502 «Экономика и управление на предприятии». Эта дисциплина призвана дать будущему специалисту знания для успешного выполнения работ в области экономики и управления предприятием на различных стадиях проектировании, строительства и эксплуатации инженерных сооружений.

Курс прикладной геодезии студенты проходят в третьем и четвертом семестрах, опираясь при этом на знания, полученные при изучении геодезии, теории математической обработки измерений, математики, физики, радиоэлектроники и др. Поэтому при освоении учебного материала основное внимание должно быть сосредоточено на составе и содержании инженерно-геодезических работ и технологии их выполнения в общем процессе проектно-исследовательских, строительного-монтажных работ и эксплуатации инженерных сооружений с точки зрения экономики и управления геодезическим производством. Теоретические вопросы прикладной геодезии, отдельные способы и методы измерений и обработки их результатов, а также специальные геодезические приборы и оборудование изучаются применительно к конкретным видам инженерно-геодезических работ.

Учебный материал программы для студентов 2-го курса специальности 080502 «Экономика и управление на предприятии» по существу является основным курсом прикладной геодезии.

1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ»

1.1. Содержание дисциплины

ВВЕДЕНИЕ. Предмет и задачи курса прикладной геодезии. Основные виды и особенности инженерно-геодезических работ. Связь курса прикладной геодезии с другими предметами специальности. Краткий исторический очерк развития прикладной геодезии и её народно-хозяйственная роль.

ОПОРНЫЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ. Плановые инженерно-геодезические сети. Назначение и виды сетей, требования к их точности. Линейно-угловые сети в городах и на промышленных площадках. Триангуляция. Типовые схемы сетей. Проектирование триангуляции в городах и на промышленных площадках. Особенности измерения углов и линий в городах и на промышленных площадках. ГОСТ 10529-96 на теодолиты. Закрепление пунктов.

Полигонометрия. Проектирование полигонометрических ходов и сетей. Особенности угловых и линейных измерений в полигонометрии. Применение линейно-угловых построений. Закрепление пунктов на территориях городов и строительных объектов. Микротриангуляция и микротриангуляция. Область применения. Закрепление пунктов.

Геодезическая строительная сетка. Назначение и требования к точности ее построения; способы и этапы построения; методы определения координат, редуцирование и закрепление пунктов. Использование геодезической строительной сетки для разбивочных работ.

Высотные инженерно-геодезические сети. Назначение и требования к точности высотной основы. ГОСТ 10528-90 на нивелиры. Особенности нивелирования при создании высотных инженерно-геодезических сетей. Закрепление реперов в городах и на промышленных площадках.

КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ИНЖЕНЕРНО-ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ. Назначение и виды топографических планов, их точность, детальность и полнота. Выбор масштаба и высоты сечения рельефа. Точность измерений на плане. Планово-геодезическое обоснование крупномасштабных съемок. Топографическая съемка застроенных территорий. Поиск и съемка подземных коммуникаций. Индуктивный метод поиска. Технология работ при съемке подземных коммуникаций.

Сведения о цифровой модели местности.

ТРАССИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ. Общие сведения о трассе и трассировании. Общая технология изысканий магистральных трасс. Камеральное трассирование. Полевое трассирование. Вынесение трассы в натуру, закрепление трассы, измерение углов и линий, разбивка пикетажа, нивелирование. Детальная разбивка круговых кривых. Обработка материалов трассирования, составление продольного профиля.

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ. Принципы разбивочных работ. Нормы точности разбивочных работ. Элементы разбивочных работ: построение проектного угла, построение проектной линии, вынесение в натуру

проектной отметки. Геодезическая подготовка проекта. Методы подготовки данных для выноса проекта сооружения в натуру: аналитический, графический и графоаналитический; разбивочный чертеж. Проект производства геодезических работ. Вынос в натуру (разбивка) главных и основных осей сооружений. Особенности, точность выноса осей в натуру. Способы выноса основных осей в натуру: полярных координат, полигонов, прямоугольных координат, прямой угловой засечки, замкнутого треугольника. Закрепление главных и основных осей. Детальная разбивка сооружений. Особенности, точность разбивки. Способы детальной разбивки: створной засечки, линейной засечки, створно-линейный. Закрепление проектных точек на местности и монтажном горизонте.

ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ПЛАНЫ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ. Типы генеральных планов, методы их ведения, отражаемая информация. Назначение и типы исполнительных съемок, требования к точности, методы и средства для их выполнения. Геодезическая основа исполнительных съемок. Съемка скрытых сооружений. Исполнительная съемка смонтированных строительных конструкций и оборудования. Исполнительные съемки подкрановых путей зданий и сооружений.

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОСАДКАМИ И ДЕФОРМАЦИЯМИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ. Виды и причины возникновения осадок и деформаций. Типы осадок, методы и средства их измерения; точность, цикличность наблюдений. Цели и задачи исследования деформаций сооружений. Контроль технического состояния инженерных объектов в процессе эксплуатации. Геодезические методы измерений осадок, горизонтальных перемещений сооружений, отклонений геометрических параметров и деформаций конструкций сооружений

1.2. Методические указания по изучению курса

Изучение курса инженерной геодезии необходимо начать с выяснения различий между понятиями «геодезия» и «прикладная геодезия». При этом следует рассматривать эти различия в научном и народно-хозяйственном (производственном) аспектах. В настоящее время под этими понятиями понимаются, как правило:

- две взаимосвязанные, но самостоятельные научные дисциплины (с научной точки зрения);
- две отрасли геодезического производства (с производственной точки зрения).

Производственная задача геодезии, в конечном счете, заключается в картографировании территории страны или значительных ее регионов, в процессе которого создаются единая для всей страны планово-высотная геодезическая основа и топографические карты и планы, и/или цифровые модели местности (цифровые карты). Конкретно, применительно к нашей стране, конечной продукцией этой отрасли геодезического производства будут каталоги координат и высот, а также топографические карты и планы масштабов 1 : 100 000–1 : 2 000 и цифровые модели местности. Поэтому в

производственном аспекте у геодезии существует одна задача – картографирование территорий.

Производственные задачи прикладной геодезии заключаются в топографо-геодезическом и инженерно-геодезическом обеспечении многочисленных отраслей народного хозяйства. В каждой из этих отраслей существует большое разнообразие различных инженерных задач, для решения которых необходима топографо-геодезическая информация о местности, геодезические данные о геометрических параметрах существующих или представленных в проектах объектов и др. Эта информация и данные представляются геодезистами в виде: каталогов координат и высот геодезических пунктов или заданных точек местности; разнообразных карт и планов (топографических, специализированных, ситуационных, подземных коммуникаций и др.) в различных масштабах; цифровых моделей местности; продольных и поперечных профилей трасс инженерных сооружений; геодезических разбивочных данных; геодезических данных о пространственном положении инженерных сооружений и многих других видов геодезической информации. Поэтому в производственном аспекте у инженерной геодезии существует множество задач.

В научном аспекте геодезия и прикладная геодезия имеют свой предмет и задачи исследования, которые призваны в научном отношении обеспечить наилучшее выполнение производственных задач. Таким образом, принципиальное отличие геодезии и прикладной геодезии весьма существенное и заключается в количестве и характере решаемых производственных и научных задач.

Если искусственно ограничить разнообразие производственных задач, решаемых прикладной геодезией и свести их только к инженерным задачам, то состав и содержание последних определяется жизненным циклом инженерного сооружения в соответствии с рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема жизненного цикла инженерного сооружения

Таким образом, состав работ при проектировании, строительстве и эксплуатации инженерного сооружения полностью определяет состав инженерно-геодезического обеспечения жизненного цикла инженерного сооружения. При этом каждый этап инженерно-геодезического обеспечения предполагает определенное содержание инженерно-геодезических и/или топографо-геодезических работ и технологию их выполнения применительно к конкретному инженерному объекту и конкретным условиям работ.

Основной учебный материал по прикладной геодезии изложен в учебнике [1] (введение, разд. 1, 2, 3) и учебном пособии [3], а также частично в учебнике [2] (гл. 1, 3, 5, 7). Этого материала достаточно для знакомства с курсом

прикладной геодезии. Для более углубленного изучения курса требуется привлекать дополнительную литературу. Она условно делится на справочную (справочники) и научно-производственную. Последняя, как правило, посвящена отдельным видам топографо-геодезических и/или инженерно-геодезических работ.

1.3. Экзаменационные вопросы

Для студентов 2-го курса специальности «Экономика и управление на предприятии (в геодезическом производстве)» по курсу «Прикладная геодезия» за третий и четвертый семестры выносятся следующие вопросы.

1. Предмет и задачи курса «прикладная геодезия».
2. Структурная схема жизненного цикла инженерного сооружения.
3. Составные части прикладной геодезии.
4. Исторический очерк развития прикладной геодезии.
5. Геодезические сети, общие сведения, методы построения.
6. Построение геодезических сетей методом триангуляции, требования к точности.
7. Сети сгущения, методы построения, требования к точности.
8. Съёмочные сети, методы построения, требование к точности.
9. Опорные геодезические сети городов.
10. Опорная геодезическая сеть гидроузла.
11. Геодезическая основа мостового перехода.
12. Геодезическая плановая сеть тоннелей.
13. Геодезические сети прецизионных сооружений.
14. Геодезическая строительная сетка.
15. Технология создания строительной сетки: вынос исходных направлений.
16. Детальная разбивка строительной сетки: осевой способ и способ редуцирования.
17. Геодолиты, классификация по ГОСТ.
18. Особенности измерения углов и линий в инженерно-геодезических сетях.
19. Высотные инженерно-геодезические сети.
20. Нивелиры, классификация по ГОСТ.
21. Особенности закрепления геодезических пунктов на территории городов.
22. Геодезическая подготовка проекта.
23. Способы геодезической подготовки проекта.
24. Геодезические разбивочные работы, порядок разбивочных работ.
25. Этапы разбивочных работ.
26. Точность детальной разбивки.
27. Способы основных разбивочных работ: способ полярных координат, способ прямоугольных координат, способ прямой угловой засечки, способ замкнутого треугольника.
28. Способы детальной разбивки: створная засечка, линейная засечка.

29. Построение на местности проектных углов, линий, отметок.
30. Установка в проектное положение и выверка конструкций: выбор монтажных осей, закрепление осей, создание сети рабочих реперов.
31. Методы установки в проектное положение конструкций и оборудования в плане.
32. Струнный метод.
33. Струнно-оптический метод.
34. Метод оптического визирования: общего створа, последовательных створов.
35. Способы оптического метода створных измерений: малых углов; подвижной марки; измерение угла, близкого к 180° ; биполярной засечки.
36. Коллиматорный метод выверки конструкций.
37. Дифракционный метод выверки.
38. Методы установки конструкций по высоте: геометрическое нивелирование, микронивелирование, гидростатическое нивелирование.
39. Способы определения уровня жидкости в методе гидростатического нивелирования.
40. Деформации сооружений, классификация осадок.
41. Наблюдение за осадками сооружений: размещение знаков, создание высотной опоры.
42. Измерение осадок сооружений.
43. Исполнительные съемки.
44. Генеральные планы.
45. Общие сведения о трассе и трассировании.
46. Категории трасс.
47. Параметры трассирования.
48. Трассирование в равнинной местности.
49. Трассирование в горной местности.
50. Технология изыскания трассы: определение воздушной линии, выбор вариантов, камеральное трассирование (способ попыток и способ построения линии заданного уклона).
51. Полевое трассирование.
52. Разбивка главных точек круговой кривой.
53. Вынесение точек с касательной на кривую.
54. Ведение пикетажного журнала.
55. Закрепление трассы.
56. Нивелирные и съемочные работы.
57. Привязка трассы к пунктам геодезической основы и камеральная обработка результатов измерений.
58. Изыскательские топографические планы.
59. Детальность, точность, полнота плана.
60. Точность геодезического обоснования топографических съемок: схемы обоснования, точность планового и высотного обоснования.
61. Методы развития геодезического обоснования: триангуляция, полигонометрия, геодезические засечки, бездиагональные четырехугольники.

62. Методы крупномасштабных съемок: аэрофотосъемка, геодезические методы съемки.

63. Съемка подземных коммуникаций.

64. Изыскания магистральных трубопроводов.

65. Изыскания линий электропередач.

66. Лазерные геодезические приборы.

67. Электронные тахеометры.

Примечание. Кроме вышеперечисленных вопросов экзаменатор по своему усмотрению задает любые вопросы в соответствии с программой курса.

2. ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

2.1. Общие положения по выполнению лабораторно-практических работ

Лабораторно-практические работы выполняются студентами самостоятельно под методическим руководством преподавателя. Все работы являются индивидуальными, т. е. каждый студент выполняет свой вариант. Перед выполнением каждой лабораторно-практической работы студент обязан изучить соответствующий теоретический материал, используя при этом учебники и учебные пособия (см. список литературы), а также конспекты лекций. На занятиях каждому студенту необходимо иметь:

- 1) геодезический транспортир, измеритель (лабораторно-практическая работа № 1), линейку, угольник (все работы);
- 2) карандаши простые – твердый и мягкий, резинку, набор цветных ручек (все работы);
- 3) миллиметровку размером 40 × 60 см (лабораторно-практическая работа № 1), ватман размером 0,25 листа (лабораторно-практическая работа № 2);
- 4) школьную тетрадь в клетку (лабораторно-практическая работа № 2), бумагу писчую, бланки вычислений (все работы);
- 5) микрокалькулятор (все работы);
- 6) скоросшиватель или папку.

По мере выполнения каждой из двух лабораторно-практических работ студент накапливает материал, подлежащий сдаче и формирует технический отчет, который подшивает в скоросшиватель или папку. Требования к техническому отчету следующие:

- технический отчет должен содержать титульный лист и все требуемые материалы, подписанные студентом с указанием даты;
- материалы вычислений представляются в виде таблиц и других установленных форм (бланки вычислений, распечатки на принтере и др.);
- чертежи, схемы и рисунки выполняются по правилам строительного и топографического черчения;
- пояснительная записка содержит краткую информацию о технологии выполнения работ (состав, содержание и порядок выполнения работы; применяемые методы и способы; геодезические приборы и оборудование и т. д.), полное обоснование принятых решений, а также краткие ответы на контрольные вопросы.

После выполнения лабораторно-практической работы студент предъявляет преподавателю технический отчет на проверку, устраняет замечания и защищает работу индивидуально.

2.2. Лабораторно-практическая работа № 1. Трассирование автодороги

Общая часть. Трассой называется ось проектируемого линейного сооружения, обозначенная на местности, нанесенная на топографическую карту и фотоплан или заданная координатами основных точек в цифровой модели местности.

Основными элементами трассы являются:

- план (проекция трассы на горизонтальную плоскость);
- продольный профиль (вертикальный разрез).

Начальная и конечная точки трассы определяются в задании на проектирование. Прямая линия, соединяющая эти точки, называется воздушной прямой. Вследствие наличия на местности различных препятствий, трасса, как правило, не является воздушной прямой, а представляет собой сложную пространственную линию, состоящую:

- в плане – из прямых участков разного направления, которые могут сопрягаться (например, авто и железные дороги) круговыми и переходными кривыми;

- в продольном профиле – из линий различного уклона, которые могут соединяться между собой вертикальными кривыми (авто и железные дороги).

Параметры трассы: наименьшие допустимые радиусы круговых кривых R_{min} , наибольшие или наименьшие допустимые уклоны i_{max} , i_{min} и др. задаются техническими условиями на её проектирование.

Трассированием называется комплекс инженерно-изыскательских работ по выбору трассы, отвечающей всем требованиям технических условий и требующей наименьших затрат на строительство и эксплуатацию инженерного линейного сооружения. Как правило, разрабатывается несколько вариантов трассы, а оптимальный вариант находится путем технико-экономического сравнения конкурирующих вариантов. Трассирование называется *камеральным*, если выполняется по топографическим картам и планам или стереофотограмметрическим моделям местности, и *полевым*, если работы выполняются непосредственно на местности. Как правило, вначале выполняется камеральное трассирование, а затем полевые работы (полевое трассирование).

При проектировании линейных сооружений, для которых уклоны местности не являются определяющими (линии электропередачи, связи), а также автомобильных и железных дорог в равнинной местности положение трассы определяется контурными препятствиями, т. е. трассирование ведут «вольным ходом». При этом трассу прокладывают по направлению воздушной прямой, обходя при этом, по возможности, препятствия (населенные пункты, озёра, ценные леса, сельскохозяйственные угодья, месторождения полезных ископаемых, запретные зоны и т. д.). Каждый угол поворота дает некоторое удлинение трассы, относительная величина которого подсчитывается по формуле:

$$\lambda = \frac{AC - AB}{AB}, \quad (1)$$

где AB – длина воздушной трассы;

AC – длина проектной трассы.

В зависимости от величины угла поворота, относительное удлинение будет равно:

- в градусах: 10° 20° 30° 40° 50° 60° ;
- в процентах: 1,5 % 6,4 % 15,5 % 30,5 % 55,5 % 100 %.

Отсюда следует, что углы поворота 10–20 градусов незначительно удлиняют трассу. Для получения наиболее короткой трассы необходимо придерживаться следующих правил трассирования:

а) трассу прокладывать по прямой линии от одного контурного препятствия к другому. Необходимость отклонения трассы от прямой линии и назначение угла поворота в каждом случае должны быть обоснованы;

б) вершину углов поворота выбирать против середины препятствия с таким расчетом, чтобы трасса огибала это препятствие;

в) углы поворота стремиться иметь по возможности наименьшие, чтобы минимально удлинять трассу.

Положение трассы автомобильных, железных дорог и некоторых других линейных сооружений в горных районах определяется главным образом рельефом местности. Так как уклоны горной местности превосходят допустимые уклоны трассы i_{max} , то трассирование ведётся «напряженным ходом», когда каждая линия задается предельным уклоном. Чтобы выдержать этот уклон, приходится удлинять трассу, т. е. иначе производить развитие проектируемой линии. В зависимости от характера местности применяют различные приёмы развития линии: извилины, петли, спирали, серпантины.

При трассировании в горных районах соблюдают следующие правила:

- трассу прокладывают с предельным допустимым уклоном;
- углы поворота, радиусы круговых кривых и длины прямых подбирают с учетом конфигурации рельефа.

ЗАДАНИЕ. ТРАССИРОВАНИЕ АВТОДОРОГИ ПО КАРТЕ МАСШТАБА 1 : 25 000. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОФИЛЯ. РАЗБИВКА КРИВЫХ

1. Выполнить камеральное трассирование участка подъездной автодороги 4-й категории протяженностью 3–4 км (начальная и конечная точки задаются преподавателем). Трассирование выполняется методом «вольного хода» и/или методом «напряженного хода» (по предельно допустимому уклону). Геодезическим транспортиром измерить углы поворота трассы, а с помощью измерителя и масштабной линейки – длины прямых. Назначить оптимальные радиусы кривых.

2. Рассчитать элементы круговых кривых (Т, Б, Д, К), вычислить пикетажные значения начала и конца круговых кривых для каждого угла поворота.

3. Разбить пикетаж трассы через каждые 100 м. Определить отметки пикетов и плюсовых точек.

4. Составить ведомость приведенного пикетажа (пикеты и плюсовые точки, их отметки).

5. Составить продольный профиль трассы автодороги в масштабах: 1 : 25 000 – горизонтальный; 1 : 500 – вертикальный на миллиметровке. Горизонтальный и вертикальный масштабы выбираются в зависимости от масштаба карты и рельефа.

6. Разработать проект красной линии при условии минимального объема земляных работ и примерного равенства объемов выемки и насыпи, рассчитать проектные уклоны и рабочие отметки, определить объемы земляных работ.

7. Составить пояснительную записку, содержащую: технологию выполнения работ (состав, содержание работ и порядок их выполнения, методы и способы, геодезические приборы и т. д.), обоснование принятых решений, ответы на контрольные вопросы.

Методика выполнения задания

1. Выполнить камеральное трассирование участка подъездной автодороги 4-й категории протяженностью 3–4 км.

На топографической карте масштаба 1 : 25 000 преподаватель задает точки *A* и *B* (начало и конец автодороги). Эти точки соединяются прямой линией, которая называется воздушной прямой. Перед началом проектирования трассы необходимо изучить ситуацию, гидрографию и рельеф района трассы:

– определить препятствия, которые необходимо обойти обязательно (населенные пункты, ценные лесопосадки и др.), а также препятствия, которые желательно обойти (лесопосадки, сельскохозяйственные угодья и др.);

– определить заболоченные участки, по которым прохождение трассы нежелательно; пересекаемые реки и ручьи, через которые необходимо строительство мостов; озёра, которые необходимо обойти;

– определить участки с уклонами местности i_m , превышающими предельно допустимые уклоны трассы i_{max} ;

– определить места наилучшего пересечения трассы с имеющимися на местности линейными сооружениями (железных и автодорог, линий связи и др.), реками, ручьями и др.

Далее начинают прокладывать трассу автодороги «вольным ходом» в районах, где $i_m < i_{max}$, или «напряженным ходом», где $i_m > i_{max}$. При этом следует обходить препятствия или находить компромиссные решения по их пересечению. Критерием оптимальности трассы является наименьшая сумма затрат на строительство и эксплуатацию автодороги. Применительно к проектированию трассы это выражается в следующем:

- длина трассы автодороги L – минимальная и в идеале $L = AB$;
- объем земляных работ (насыпи и выемки) (V – минимальный);
- баланс земляных работ: $V_{насыпи} = V_{выемки}$.

Параметры трассирования соответствуют заданной преподавателем категории автодороги. Для трассы IV категории принимают: минимальный радиус круговой кривой – 250 м; минимальную величину прямой вставки между круговыми кривыми – 100 м; предельно допустимый уклон $i_m = 60 ‰ = 0,060$; ширину проезжей части – 15 м.

Замечание: теоретически между точками *A* и *B* можно проложить бесчисленное количество вариантов трассы. Задача заключается в проектировании трассы, оптимальной по вышеуказанному критерию.

Таким образом, план трассы, запроектированный на топографической карте, будет состоять из прямолинейных отрезков, соединенных горизонтальными круговыми кривыми (рис. 2). После нанесения трассы на карту измеряют геодезическим транспортиром углы поворотов трассы, а с помощью измерителя и масштабной линейки – длины прямых отрезков.

Анализируя ситуацию и рельеф в районах, прилегающих к вершинам углов поворотов, назначают радиусы круговых кривых R , сопрягающих прямолинейные участки. Общее правило – чем больше радиус, тем лучше. Поскольку трасса на участках круговых кривых сдвигается от заранее намеченной, то могут появляться и новые препятствия. Поэтому, как правило, величину радиуса ограничивают эти новые препятствия, а также величины сопрягаемых прямолинейных участков. Обычно для автодорог IV категории радиус круговой кривой находится в интервале $250 \text{ м} < R < 2\,000 \text{ м}$, средний радиус $R = 500 \text{ м}$.

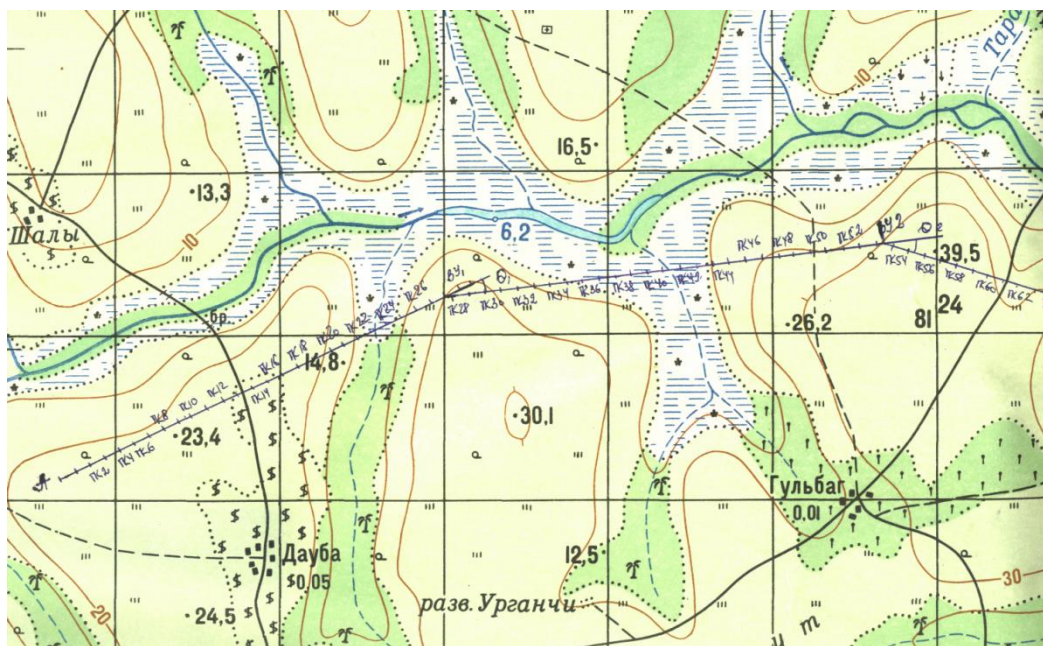


Рис. 2. План трассы автомобильной дороги на топографической карте масштаба $1 : 25\,000$ (фрагмент)

2. Рассчитать элементы круговых кривых.

Элементы круговых кривых: T (тангенс), B (биссектриса), D (домер) и K (длина круговой кривой) рассчитываются по соответствующим формулам или определяются по таблицам:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = 600 \cdot \operatorname{tg} \frac{19^\circ}{2} = 102,3 \text{ м}; \quad (2)$$

$$D = R \left(2 \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} - \frac{\pi \theta}{180^\circ} \right) = 2T - K = 600 \cdot \left(2 \operatorname{tg} \frac{19^\circ}{2} - \frac{\pi 19^\circ}{180^\circ} \right) = 5,1 \text{ м}; \quad (3)$$

$$B = \frac{R}{\cos \frac{\theta}{2}} - R = \frac{600}{\cos \frac{19^\circ}{2}} - 600 = 6,1 \text{ м}; \quad (4)$$

$$K = R \frac{\pi \theta}{180^\circ} = 600 \cdot \frac{\pi 19^\circ}{180^\circ} = 100,4 \text{ м}, \quad (5)$$

где R – радиус круговой кривой;

θ – угол поворота трассы.

Геометрический смысл элементов круговых кривых показан на рис. 3.

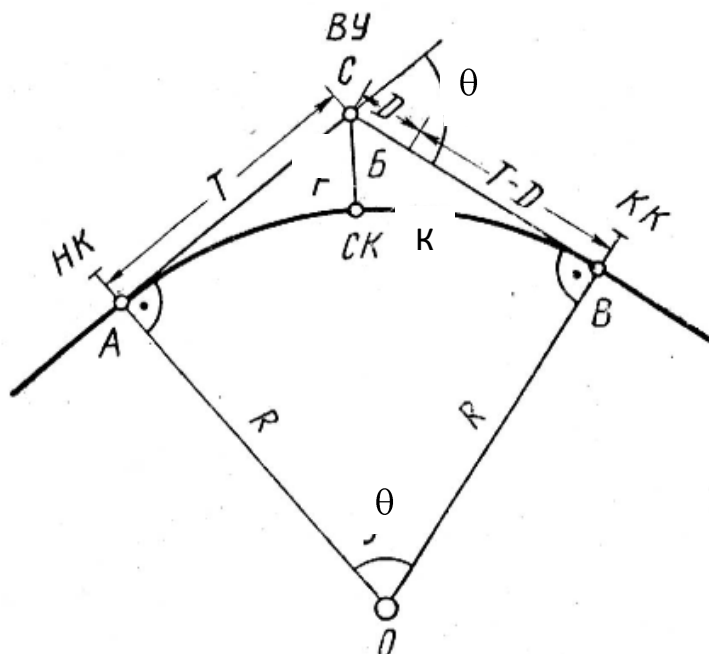


Рис. 3. Основные элементы круговой кривой

Все вычисленные данные заносят в табл. 1.

Таблица 1. Расчёт элементов круговых кривых

Параметр \ Радиус, угол	R = 600 м; $\theta = 19^\circ$	R = 700 м; $\theta = 21^\circ$	R = 800 м; $\theta = 17^\circ$	R = 900 м; $\theta = 20^\circ$
T	102,3 м	133,3 м	128,4 м	162,3 м
K	199,4 м	256,2 м	240,2 м	315,4 м
Б	6,1 м	14,3 м	8,1 м	18,4 м
Д	5,2 м	10,1 м	16,3 м	9,2 м

3. Разбить пикетаж трассы через 100 м.

Определяем отметки пикетов и плюсовых точек. После вычисления пикетажных значений НК и КК, наносим их на трассу (НК – начало круговой кривой, КК – конец круговой кривой, СК – середина круговой кривой).

Пример расчета пикетажных значений НК, КК, СК.

Пикетное значение (ПК) начала (НК), конца (КК) и середины кривой (СК) находят из выражений:

$$\text{ПК НК} = \text{ПК ВУ} - T = 2\,997,5 - 102,3 = 2\,695,2 \text{ м}; \quad (6)$$

$$\text{ПК КК} = \text{ПК НК} + K = 2\,695,2 + 199,4 = 2\,894,6 \text{ м}; \quad (7)$$

$$\text{ПК СК} = \text{ПК НК} + \frac{K}{2} = 2\,695,2 + \frac{199,4}{2} = 2\,794,9 \text{ м}, \quad (8)$$

где ПК ВУ – пикетажное значение соответствующей вершины угла поворота.

Контрольными формулами являются:

$$\text{ПК КК} = \text{ПК ВУ} + T - Д = 2797,5 + 102,3 - 5,2 = 2894,6 \text{ м}; \quad (9)$$

$$\text{ПК СК} = \text{ПК КК} - \frac{K}{2} = 2894,6 - \frac{199,4}{2} = 2794,9 \text{ м.} \quad (10)$$

4. Составить ведомость приведенного пикетажа (пикеты и плюсовые точки, их отметки) (табл. 2).

Таблица 2. Ведомость приведённого пикетажа (фрагмент)

Номера пикетов и плюсовых точек	Отметки (м)	Примечание
А	20,8	Начало трассы
ПК 1	20,4	
ПК 2	20,0	
ПК 3	18,9	
ПК 4	17,5	
ПК 5	18,0	
ПК 6	20,3	
ПК 7	21,7	
ПК 8	21,7	
ПК 9	21,3	
ПК 10	22,2	
ПК 11	22,3	
ПК 12	21,8	
ПК 12+25	21,8	Граница вырубленного леса
ПК 13	21,2	
ПК 13+30	21,2	Пересечение с проселочной дорогой
ПК 14	20,9	
ПК 14+77	20,9	Граница вырубленного леса
ПК 15	20,5	
ПК 16	20,1	
ПК 17	17,2	
ПК 18	11,0	
ПК 19	9,4	
ПК 20	9,3	
ПК 21	9,8	
ПК 22	12,5	
ПК 22+60	12,5	Граница заболоченного участка реки
ПК 23	16,0	
ПК 23+40	12,5	Урез реки Карасу
ПК 24	20,0	
ПК 25	21,0	
ПК 26	21,2	
ПК 26+95,2	19,9	Начало круговой кривой
ПК 27	14,5	
ПК 27+97,5	11,8	Вершина угла поворота
ПК 28	10,0	
ПК 28+94,6	9,8	Конец круговой кривой
ПК 29	9,6	
ПК 30	9,8	

5. Составить продольный профиль трассы автодороги. На пройденный участок трассы составляют продольный профиль в горизонтальном

масштабе 1 : 25 000 и вертикальном масштабе 1 : 500. В качестве характерных точек профиля берут пикетные и плюсовые точки. Продольный профиль участка дороги 4-й категории представлен в прил. 1.

6. Разработать проект красного профиля.

При составлении проекта красного профиля учитывают следующие условия.

1. Уклон проектной линии красного профиля не должен превышать предельный уклон трассирования $i_{пр.} \leq i_{пр.}$.

2. Уклон, равный нулю, проектировать лишь на небольших участках.

3. Шаг проектирования должен быть не менее 400 м.

4. Объём земляных работ должен быть минимальным: $V_{насыпи} = V_{выемки}$, т. е. суммарный объём выемок должен приблизительно равняться суммарному объёму насыпей.

Продольный уклон проектной линии вычисляем по формуле:

$$i_{пр.} = \Delta h / S,$$

где Δh – разность проектных отметок начала и конца линии проектного уклона;

S – длина линии проектного уклона.

Проектные отметки точек профиля определяются по вычисленному уклону и расстоянию между точками профиля и вычисляются по формуле:

$$H_i = H_{i-1} + i \cdot \Delta S, \quad (11)$$

где H_i – вычисляемая проектная отметка точки;

H_{i-1} – проектная отметка предыдущей пикетной (плюсовой) точки;

ΔS – расстояние между предыдущей пикетной (плюсовой) точкой и данной.

Рабочие отметки определяются как разность проектных отметок и отметок природного рельефа:

$$h = H_{проект.} - H_{прир.}$$

Для подсчёта объёма земляных работ найдём точки «нулевых» работ на продольном профиле. Положение точки нулевых работ (рис. 4) находим по формуле:

$$x = \frac{|h_1| \cdot a}{|h_1| + |h_2|}, \quad (12)$$

где h_1, h_2 – рабочие отметки;

a – расстояние между двумя соседними пикетными (плюсовыми) точками;

x – расстояние между точкой нулевых работ и пикетной точкой, рабочая отметка которой равна h_1 .

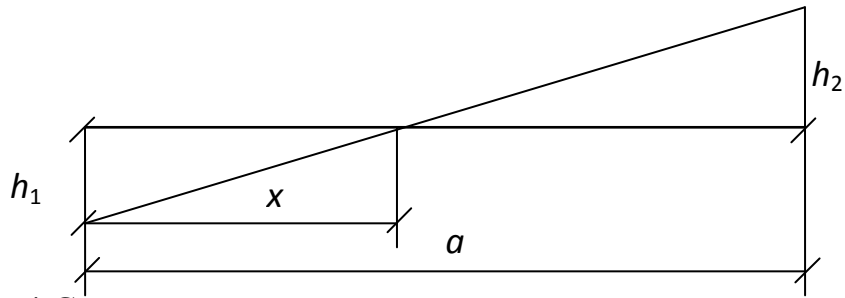


Рис. 4 Схема определения положения точки нулевых работ

Элементарные площади для насыпи и выемки (рис. 5) вычисляются по формулам:

$$S_{нас} = \frac{15 + (15 + 3h_{p.})}{2} \cdot h_{p.}, \quad S_{выем} = \frac{17 + (17 + 3h_{p.})}{2} \cdot h_{p.}, \quad (13)$$

где $h_{p.}$ – рабочая отметка i -го пикета.

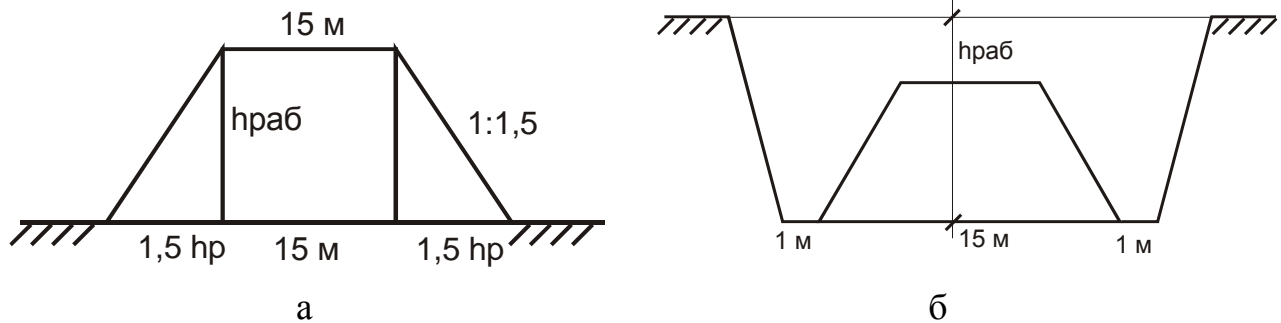


Рис. 5 Вычисление элементарной площади: а – насыпь; б – выемка

Если разбить весь земляной массив на элементарные площадки, то объем каждой элементарной площадки можно определить как объем элементарной фигуры по приближённой формуле (рис. 6):

$$V_{з.п.} = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \cdot l_{i,i+1}, \quad (14)$$

где S_i и S_{i+1} – площади i -го и $i+1$ поперечных сечений, проходящих через соседние пикетные точки i и $i+1$;

$l_{i,i+1}$ – расстояние между соседними пикетами (плюсовыми точками).

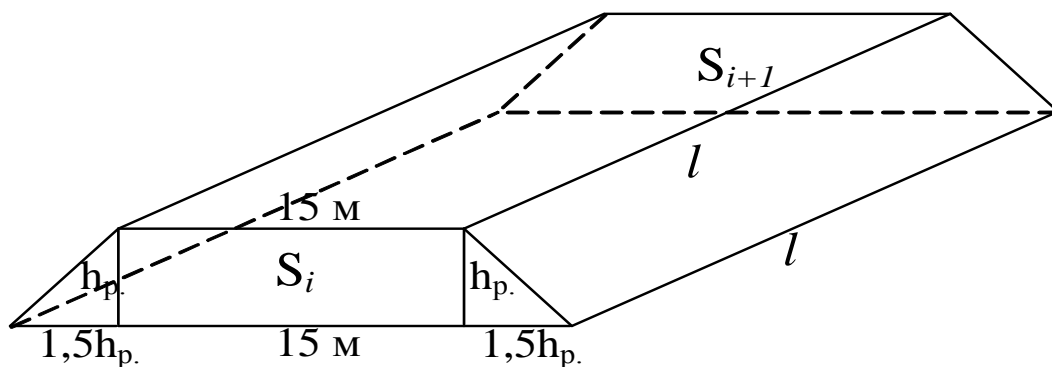


Рис. 6. Вычисление элементарного объема

Вычисление объема земляных работ приведено в прил. 2.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое «трасса автодороги»?
2. Методы трассирования (перечислить).
3. В чем суть камерального трассирования?
4. Способы камерального трассирования (перечислить).
5. Что такое «пикетаж»?
6. Элементы трассы.
7. Элементы круговой кривой.
8. Что такое «продольный профиль»?
9. Какая информация изображается на продольном профиле?
10. Что такое «черный профиль», «красный профиль», проектные уклоны?

МАТЕРИАЛЫ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СДАЧЕ

1. Проект трассы автодороги на карте масштаба 1 : 10 000, 1 : 25 000.
2. Ведомость расчета элементов круговых кривых.
3. Ведомость приведенного пикетажа.
4. Продольный профиль трассы с проектом красной линии.
5. Ведомость подсчета объемов земляных работ.
6. Пояснительная записка.

Все материалы подшиваются в папку, скоросшиватель.

2.3. Лабораторно-практическая работа № 2. Подготовка данных для выноса в натуру проектов сооружений

ЗАДАНИЕ. ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ДЛЯ ВЫНОСА В НАТУРУ КРАСНЫХ ЛИНИЙ И ОСЕЙ СООРУЖЕНИЙ

1. Подготовить топографическую основу:
 - на лист ватмана нанести сетку квадратов размером 3 × 4 дециметра, координатные оси оцифровать в масштабе 1 : 1 000;
 - нанести по координатам пункты полигонометрии;
 - нанести графически точки А, В' (по указанию преподавателя).
2. Измерить координаты точек А, В' с помощью измерителя и поперечного масштаба. Вычислить дирекционный угол линии АВ'.
3. Принять для дальнейшей работы в качестве исходных данных:
 - координаты точки А;
 - дирекционный угол линии АВ = АВ';
 - проектные размеры взаимно перпендикулярных красных линий: АВ = 200 м, АС = 100 м.
4. Вычислить координаты точек В и С; нанести их на топографическую основу.
5. Вычислить углы и расстояния для выноса в натуру точек А, В и С от пунктов полигонометрии каждую одним из следующих способов:
 - прямой угловой засечки;
 - линейной засечки;
 - полярным способом.

6. Полученные данные для выноса в натуру нанести на топографическую основу.

7. Выполнить оценку точности выноса в натуру всех точек.

8. Составить пояснительную записку, содержащую:

– технологию выполнения работ (состав, содержание работ и порядок их выполнения, методы и способы, геодезические приборы и т. д.);

– обоснование принятых решений;

– ответы на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

1. Подготовить топографическую основу. Координатные оси оцифровать в масштабе 1:1 000. Нанести по координатам пункты полигонометрии.

Координаты пунктов полигонометрии выбрать следующие:

$x_{236} = 1\ 222,82$ м; $x_{237} = 1\ 124,30$ м; $x_{238} = 1\ 017,87$ м; $x_{276} = 1\ 213,33$ м;

$y_{236} = 1\ 573,04$ м; $y_{237} = 1\ 617,76$ м; $y_{238} = 1\ 675,40$ м; $y_{276} = 1\ 765,91$ м.

2. Нанести точки А и В'. Определить графически координаты точек А и В' с помощью поперечного масштаба и измерителя и вычислить дирекционный угол $\alpha_{A-B'}$. Координаты определяемых точек представлены в табл. 3.

Таблица 3. Прямоугольные координаты определяемых точек

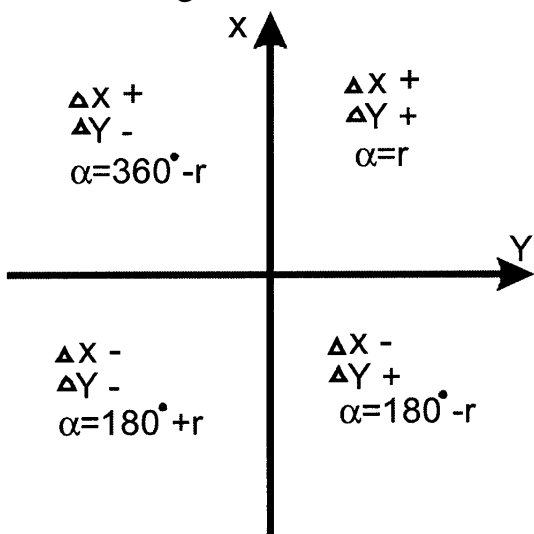
Номера точек	Прямоугольные координаты	
	X	Y
A	1 066,40	1 534,40
B'	1 076,40	1 740,40

Рабочие формулы для вычисления дирекционного угла $\alpha_{A-B'}$:

$$\Delta X = X_{B'} - X_A; \quad (15)$$

$$\Delta Y = Y_{B'} - Y_A; \quad (16)$$

$$r = \arctg \Delta Y / \Delta X. \quad (17)$$



Контроль вычислений выполняют по формуле:

$$S = \frac{\Delta X}{\cos r} = \frac{\Delta Y}{\sin r} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (18)$$

В зависимости от знака приращения координат находим дирекционный угол α , как показано на рис. 7.

Вычисление дирекционного угла $\alpha_{A-B'}$ приведено в табл. 4.

Рис. 7. Связь румба и дирекционного угла

Таблица 4. Вычисление дирекционного угла $\alpha_{A-B'}$

№ п\п	Параметр	Значение
1	x_A	1 066,40
2	$x_{B'}$	1 076,40
3	Δx	+10,00
9	$\cos r$	+0,048 486 594
10	S_1	206,24
7	$\operatorname{tg} r$	+20,600 000 00
8	r	87,220 833 14°
13	$\alpha_{A-B'}$	87° 13' 14"
11	$\sin r$	0,998 823 833
12	S_2	206,24
4	y_A	1 534,40
5	$y_{B'}$	1 740,40
6	Δy	206,00

3. Принять для дальнейшей работы исходные данные следующие:

- координаты точки А: $x_A = 1\,066,40$ м; $y_A = 1\,534,40$ м;
- дирекционный угол: $\alpha_{A-B} = \alpha_{A-B'} = 87^\circ 13' 14''$;
- проектные размеры взаимно перпендикулярных красных линий: $AB = 200$ м, $AC = 100$ м.

4. Вычислить координаты точек В и С; нанести их на топографическую основу.

$$x_B = x_A + S_{np} \cdot \cos \alpha_{A-B} = 1\,066,40 + 200 \cdot (+0,048\,486\,594) = 1\,076,09 \text{ м}; \quad (19)$$

$$y_B = y_A + S_{np} \cdot \sin \alpha_{A-B} = 1\,534,40 + 200 \cdot (+0,998\,823\,833) = 1\,734,16 \text{ м}; \quad (20)$$

$$\alpha_{A-C} = \alpha_{A-B} - 90^\circ + 360^\circ = 87^\circ 13' 14'' - 90^\circ + 360^\circ = 357^\circ 13' 14''; \quad (21)$$

$$x_C = x_A + S_{np} \cdot \cos \alpha_{A-C} = 1\,066,40 + 100 \cdot 0,998\,719\,357 = 1\,166,30 \text{ м}; \quad (22)$$

$$y_C = y_A + S_{np} \cdot \sin \alpha_{A-C} = 1\,534,40 + 100 \cdot (-0,050\,592\,94) = 1\,529,30 \text{ м}. \quad (23)$$

5. Вычислить углы и расстояния для выноса в натуру точек А, В, С от исходных пунктов полигонометрии одним из способов (прямая угловая засечка, линейная засечка, полярный способ).

Способ полярной засечки для выноса точки А

Определение на местности планового проектного положения точек способом полярной засечки (см. прил. 3) заключается в построении на местности проектного угла и проектной линии от ближайшей стороны геодезической основы, координаты пунктов которой известны, как показано на рис. 8.

Исходными данными для вычисления полярного угла β и расстояния S служат исходные координаты пунктов геодезической основы и точки проекта А. Решая обратную

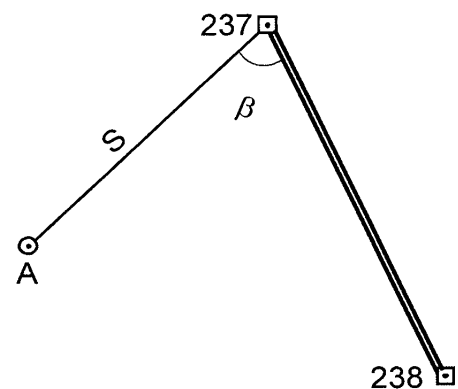


Рис. 8. Способ полярной засечки для вынесения точки А на местность

геодезическую задачу, находят расстояние S (с контролем) и дирекционный угол стороны α_{237-A} .

Способ полярной засечки применяют на местности с хорошими условиями для откладывания расстояния, причём длина линии должна быть меньше длины мерного прибора.

Полевые работы по определению планового положения точки A заключаются в следующем.

Теодолит устанавливают в точке исходной геодезической основы (пп 237), приводят его в рабочее положение, откладывают от базисной линии вычисленный горизонтальный угол β и по найденному направлению откладывают вычисленное расстояние S . Точка A закрепляется на местности и выполняются контрольные измерения.

Подготовка данных для способа полярной засечки заключается в вычислении дирекционных углов α_{237-A} и $\alpha_{237-238}$, расстояния S_{237-A} и полярного угла β .

Рабочие формулы для вычислений способом полярной засечки:

$$\Delta X = X_A - X_{237}; \quad (24)$$

$$\Delta Y = Y_A - Y_{237}; \quad (25)$$

$$r = \arctg \Delta Y / \Delta X; \quad (26)$$

$$S = \frac{\Delta X}{\cos r} = \frac{\Delta Y}{\sin r} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}. \quad (27)$$

Находим значение полярного угла β как разницу дирекционных углов линий α_{237-A} и $\alpha_{237-238}$ по формуле:

$$\beta = \alpha_{237-A} - \alpha_{237-238}. \quad (28)$$

В зависимости от знака приращения координат находим дирекционный угол α , как показано на рис. 7.

Вычисления приведены в табл. 5.

$$\beta = \alpha_{237-A} - \alpha_{237-238} = 235^\circ 13' 01'' - 151^\circ 33' 39'' = 83^\circ 39' 22''. \quad (29)$$

Итак, проектный угол $\beta = 83^\circ 39' 22''$, а проектное расстояние $S = 101,49$ м.

Таблица 5. Вычисление проектных данных для выноса точки A в натуру

№ п/п	Параметр	Значение			№ п/п	Параметр	Значение		
1	x_{237}	1 124,30			1	x_{237}	1 124,30		
2	x_A	1 066,40			2	x_{238}	1 017,87		
3	Δx	-57,90			3	Δx	-106,43		
9	$\cos r$	-0,570 469 664			9	$\cos r$	0,879 325 123		
10	S_1	101,49			10	S_1	121,03		
7	$\operatorname{tg} r$	1,439 723 661			7	$\operatorname{tg} r$	0,541 576 623		
8	r	55,217 016 67°			8	r	28,438 939 68°		
11	$\sin r$	-0,821 318 673			11	$\sin r$	0,476 221 931		
12	S_2	101,49			12	S_2	121,03		
4	y_{237}	1 617,76			4	y_{237}	1 617,76		
5	y_A	1 534,40			5	y_{238}	1 675,40		
6	Δy	-83,36			6	Δy	57,64		
13	α_{237-A}	235°	13'	01''	13	$\alpha_{237-238}$	151°	33'	39''

Способ линейной засечки для выноса точки С

Определение проектного положения точки С способом линейной засечки заключается в отложении расстояний от двух точек геодезической основы (рис. 9) (см. прил. 3).

Наиболее выгодной в геометрическом отношении формой линейной засечки является засечка под прямым углом. В этом случае погрешности отложения расстояний S_1 и S_2 имеют минимальное влияние на положение определяемой точки С. По мере роста величины отклонения угла γ от 90° это влияние увеличивается, поэтому линейная засечка под острыми (менее 30°) и тупыми (более 150°) углами нежелательна. Способ линейной засечки применяют при компактном размещении пунктов геодезической основы на местности с хорошими условиями для отложения горизонтальных расстояний. Длина проектных расстояний не должна превышать длины мерного прибора.

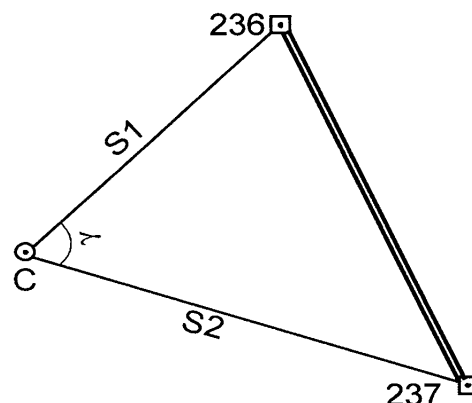


Рис. 9. Способ линейной засечки для вынесения точки С на местность

Расстояния S_1 и S_2 откладывают рулеткой, прочерчивая на местности дуги; искомая точка С лежит в пересечении прочерченных дуг. По возможности желательно использовать две рулетки одновременно.

Зная координаты искомых точек, величины S_1 и S_2 можно рассчитать по формуле: $S = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$. Вычисление проектных расстояний приведено в табл. 6.

Таблица 6. Вычисление проектных расстояний для вынесения точки С

№ п\п	Параметр	Значение, м	Параметр	Значение, м
1	x_{236}	1 222,82	x_{237}	1 124,30
2	x_C	1 166,30	x_B	1 166,30
3	Δx	-56,52	Δx	+42,00
4	y_{236}	1 573,04	y_{237}	1 617,76
5	y_C	1 529,30	y_B	1 529,30
6	Δy	-43,74	Δy	-88,46
7	S_1	71,46	S_2	97,92

Итак, проектное расстояние $S_1 = 71,46$ м; проектное расстояние $S_2 = 97,92$ м.

Способ прямой угловой засечки для выноса точки В

Определение проектного положения точки В способом прямой угловой засечки заключается в отложении двух проектных углов β_1 и β_2 от базисной линии (рис. 10) (см. прил. 3).

Рассматриваемый способ применяют для вынесения в натуру труднодоступных точек на местности, существенно осложняющих выполнение линейных измерений (большие расстояния, овраги и т. д.). Погрешность определения положения точки В зависит не только от точности отложения углов, но и от формы и размеров треугольника. Величина угла γ не может быть менее 30° и более 150° .

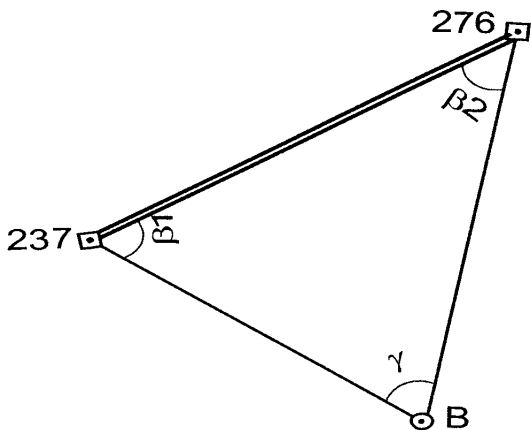


Рис. 10. Способ прямой угловой засечки для вынесения точки В на местность

В этом способе положение проектной точки В на местности находится одновременным отложением на пунктах полигонометрии 237 и 276 проектных углов β_1 и β_2 . Углы откладываются теодолитами при двух кругах. Сторона 237–276 служит базисом засечки.

Разбивочные углы β_1 и β_2 вычисляются как разности дирекционных углов сторон. Последние находят из решения обратных задач по проектным

координатам точки В и известным координатам пунктов 237 и 276. Вычисление проектных углов β_1 и β_2 представлено в табл. 7.

Таблица 7. Подготовка проектных данных для вынесения точки В

№ п/п	Параметр	Значение	№ п/п	Параметр	Значение	№ п/п	Параметр	Значение
1	x237	1 124,30	1	x276	1 213,33	1	x237	1 124,30
2	x276	1 213,33	2	xВ	1 076,09	2	xВ	1 076,09
3	Δx	+89,03	3	Δx	-137,24	3	Δx	-48,21
9	$\cos r$	0,515091206	8	$\cos r$	0,974267814	8	$\cos r$	0,382653225
10	S1	172,84	9	S1	140,86	9	S1	125,98
7	$\operatorname{tg} r$	1,66404583		$\operatorname{tg} r$	0,231346546		$\operatorname{tg} r$	2,414436839
8	r	58,99644846°	7	r	13,02601808°	7	r	67,50187331°
11	$\sin r$	0,857135373	10	$\sin r$	0,225393494	10	$\sin r$	0,923892044
12	S2	172,84	11	S2	140,86	11	S2	125,98
4	y237	1 617,76	4	y276	1 765,91	4	y237	1 617,76
5	y276	1 765,91	5	yВ	1 734,16	5	yВ	1 734,16
6	Δy	+148,15	6	Δy	-31,75	6	Δy	+116,40
13	$\alpha_{237-276}$	58° 59' 47"	12	α_{276-B}	193° 01' 33"	12	α_{237-B}	112° 29' 53"

$$\beta_1 = \alpha_{237-A} - \alpha_{237-236} = 112^\circ 29' 53'' - 58^\circ 59' 47'' = 53^\circ 30' 06'' \quad (30)$$

$$\beta_2 = \alpha_{276-237} - \alpha_{A-276} = 238^\circ 59' 47'' - 193^\circ 01' 33'' = 45^\circ 58' 14'' \quad (31)$$

$$\alpha_{276-237} = \alpha_{237-276} + 180^\circ = 58^\circ 59' 47'' + 180^\circ = 238^\circ 59' 47'' \quad (32)$$

Итак, разбивочные углы равны: $\beta_1 = 53^\circ 30' 06''$ и $\beta_2 = 45^\circ 58' 14''$.

6. Полученные данные для выноса в натуру нанести на топографическую основу.

7. Выполнить оценку точности выноса в натуру всех точек.

Полярная засечка для выноса точки А

В качестве исходной используем формулу, характеризующую среднюю квадратическую ошибку самой засечки:

$$m_3 = \sqrt{m_S^2 + \left(\frac{m_\beta''}{\rho} S\right)^2}. \quad (33)$$

Предположим: $m_1 = m_S$ и $m_2 = \frac{m_\beta''}{\rho} S$. (34)

Используя принцип равного влияния, приравняем эти величины: $m = m_1 = m_2$.

Получаем: $m_3 = m\sqrt{2}$, откуда выражаем $m = \frac{m_3}{\sqrt{2}} = \frac{50}{\sqrt{2}} = 35,4$ мм (при условии, что окончательная ошибка в положении выносимой точки не превышает 5 см). Следовательно, имеем: $m_S = m_1 = 35,4$ мм, выражая m_β'' из формулы (34), получим:

$$m_\beta'' = \frac{m_2}{S} \rho'' = \frac{35,4 \cdot 206\,265}{58\,071 \cdot 1000} = 125,6''. \quad (35)$$

Вывод. Так как ошибка отложения расстояния не должна превышать $m_S = 35,4$ мм и ошибка отложения разбивочного угла не должна быть больше $m_\beta'' = 125,6''$, то для вынесения точки А на местность полярным способом нужен теодолит типа 4Т30 и компарированная рулетка с ошибкой отложения расстояния не грубее $m_S = 35,4$ мм, чтобы ошибка в положении точки на местности относительно проектного положения точки не превышала 5 см.

Линейная засечка для выноса точки В

Используем в качестве исходной формулу, характеризующую среднюю квадратическую ошибку самой засечки:

$$m_3 = \frac{1}{\sin \gamma} m_S \sqrt{2}. \quad (36)$$

Откуда:

$$m_S = \frac{m_3 \cdot \sin \gamma}{\sqrt{2}} = 27,1 \text{ мм}. \quad (37)$$

Вывод. Так как ошибка измерения расстояния не должна превышать $m_S = 2,71$ см, то для вынесения точки В на местность способом линейной засечки нужна компарированная рулетка с ошибкой отложения расстояния не более $m_S = 2,71$ см, чтобы ошибка в положении точки на местности относительно проектного положения точки не превышала 5 см.

Угловая засечка для выноса точки С

Используем в качестве исходной формулу, характеризующую среднюю квадратическую ошибку самой засечки:

$$m_3 = \frac{m_\beta''}{\rho''} b \sqrt{\frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^4 \gamma}}, \quad (38)$$

где $\beta_1 = 60^\circ 51' 03''$;

$\beta_2 = 39^\circ 54' 56''$;

$\gamma = 79^\circ 14' 01''$;

$b = 234,307$ м (где b – длина базиса);

$$m_\beta'' = \frac{m_3 \cdot \rho''}{b} \sqrt{\frac{\sin^4 \gamma}{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}} = 39,2''. \quad (39)$$

Вывод. Так как ошибка отложения разбивочного угла не должна быть больше $m_\beta'' = 39,2''$, то для вынесения точки С на местность способом прямой угловой засечки нужен теодолит 4Т30, чтобы ошибка в положении точки на местности относительно проектного положения точки не превышала 5 см.

При выполнении работы каждый студент должен самостоятельно подготовить данные для выноса осей сооружений и составить разбивочный чертёж. По окончании аудиторных и самостоятельных занятий преподавателем проверяются данные вычислений и разбивочный чертёж.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое «красная линия», «линия застройки»?
2. В чём суть аналитического, графического и графоаналитического методов подготовки данных для выноса точек в натуру?
3. Способы выноса точек в натуру.
4. Каким образом определяются данные для выноса точек в натуру?
5. Что есть «разбивочный чертёж»?
6. Какие поправки могут вводиться в углы и расстояния при выносе точек в натуру?
7. От чего зависит точность выноса точки в натуру (по каждому из способов)?
8. Какие геодезические приборы и приспособления применяются при разбивочных работах?
9. Как определить необходимую точность измерений?

МАТЕРИАЛЫ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СДАЧЕ

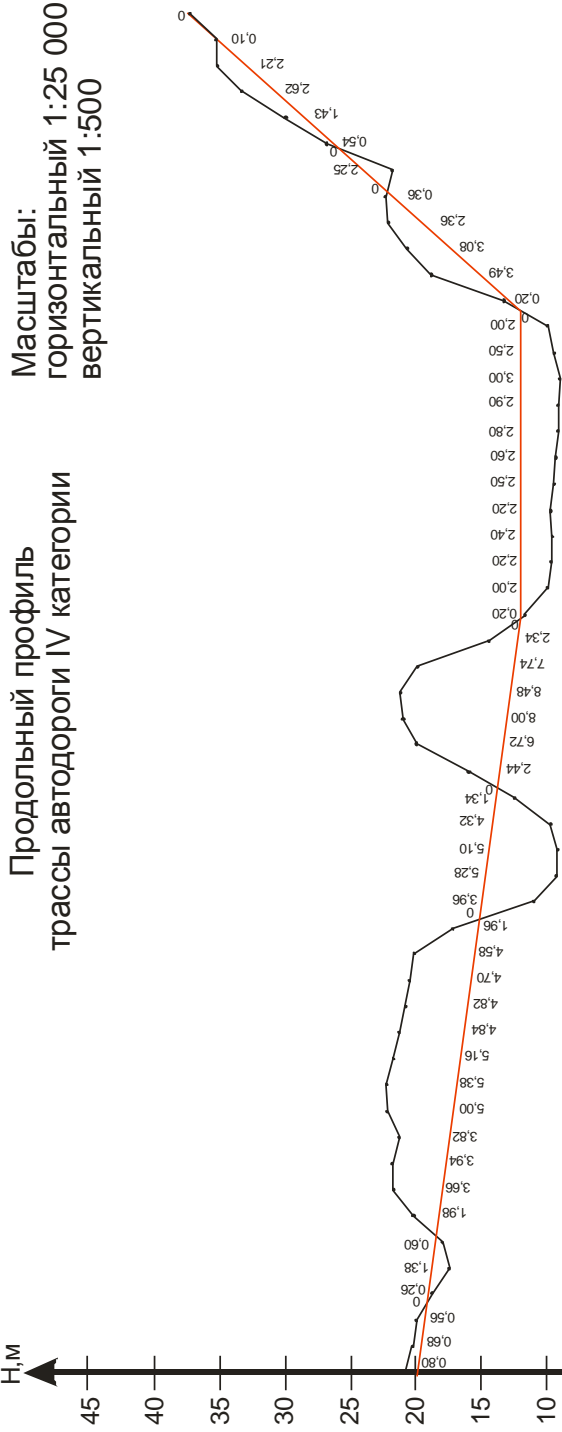
1. Каталог координат исходных пунктов полигонометрии и точек А, В, С.
2. Разбивочный чертёж с нанесёнными точками и данными (значения проектных углов и линий) для выноса их в натуру.
3. Ведомости вычислений.
4. Материалы оценки точности.
5. Пояснительная записка.

Все материалы подшиваются в папку, скоросшиватель.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левчук, Г.П. Прикладная геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ [Текст] / Г.П. Левчук, В.Е. Новак, В.Г. Конусов. – М.: Недра, 1981.
2. Левчук, Г.П. Прикладная геодезия. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений [Текст] / Г.П. Левчук, В.Е. Новак, Н.Н. Лебедев. – М.: Недра, 1983.
3. Практикум по курсу прикладной геодезии [Текст] : под ред. Н.Н. Лебедева. – М.: Недра, 1977.
4. Ключин, Е.Б. Прикладная геодезия [Текст] / Е.Б. Ключин, Д.Ш. Михелев. – М.: Высшая школа, 2000. – 464 с.
5. Бронштейн, Г.С. Разбивка строительной геодезической сетки [Текст] / Г.С. Бронштейн, В.У. Гречишкин. – М.: Изд-во геодезической литературы, 1960.
6. Видуев, Н.Г. Геодезические разбивочные работы [Текст] / Н.Г. Видуев, П.И. Баран и др. – М.: Недра, 1973.
7. Жуков, Б.Н. Учебная практика по инженерно-геодезическим работам [Текст] / Б.Н. Жуков. – Новосибирск: НИИГАиК, 1984.
8. Захаров, А.И. Геодезические приборы [Текст] : справочник / А.И. Захаров. – М.: Недра, 1989.
9. Лютц, А.Ф. Разбивка крупных сооружений [Текст] / А.Ф. Лютц. – М.: Недра, 1969.
10. Поликашечкин, А.И. Геодезическо-маркшейдерское обеспечение строительства подземных сооружений в городах [Текст] / А.И. Поликашечкин. – М.: Недра, 1990.
11. Постоянное планово-высотное съемочное обоснование [Текст] : практическое пособие; под ред. Л.С. Хренова. – М.: Недра, 1982.
12. Райфельд, В.Ф. Геодезические работы при строительстве и реконструкции железных дорог [Текст] / В.Ф. Райфельд. – М.: Недра, 1989.
13. Справочное пособие по прикладной геодезии [Текст] : под ред. В.Д. Большакова. – М.: Недра, 1987.
14. Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам [Текст] : под ред. В.Д. Большакова, Г.П. Левчука. – М.: Недра, 1980.
15. Справочник по геодезическим работам в строительном-монтажном производстве [Текст] : под ред. Ю.В. Полищука. – М.: Недра, 1990.
16. Стороженко, А.Ф. Инженерная геодезия [Текст] : учебник для вузов / А.Ф. Стороженко, О.К. Некрасов. – М.: Недра, 1993. – 256 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОБРАЗЕЦ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ



СИТУАЦИЯ		ОТМЕТКИ ЗЕМЛИ		ОТМЕТКИ		УКЛОН		РАССТОЯНИЕ		ПИКЕТАЖ		ПЛАН ПУТИ		КИЛОМЕТРАЖ																																																																							
	III	Q	III	III	Q	III	Q	III	Q	III	Q	III	Q	III	Q																																																																						
ПРОЕКТНЫЕ ДАННЫЕ	20.8	20.4	20.0	19.44	19.16	18.9	18.88	18.6	18.32	18.04	18.04	18.04	18.04	18.04	18.04																																																																						
РАССТОЯНИЕ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100																																																																						
ПИКЕТАЖ	ГК 10	ГК 20	ГК 30	ГК 40	ГК 50	ГК 50	ГК 50	ГК 50	ГК 50	ГК 50	ГК 50	ГК 50	ГК 50	ГК 50	ГК 50																																																																						
ПЛАН ПУТИ	СВ: 65° R = 600 м СВ: 83° 2695 Q = 19																																																																																				
КИЛОМЕТРАЖ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14																																																																						
УКЛОН	2900		2,8 ‰		1150		0 ‰		1150		22,1 ‰		1150		37,4																																																																						
ОТМЕТКИ	37,4	35,20	35,3	32,99	30,78	33,4	28,57	30,0	26,9	24,15	21,9	26,36	22,3	19,73	17,52	15,31	13,3	10,0	2,50	3,00	2,80	2,60	2,20	2,00	2,20	2,40	2,20	2,00	2,34	7,74	8,48	8,00	6,72	2,44	1,34	4,32	5,10	5,28	3,96	1,96	4,58	4,70	4,82	4,84	5,16	5,38	5,00	3,82	3,94	3,66	1,98	0,60	1,38	0,56	0,80	0,68	0,26	0	0,25	0	1,96	3,96	5,28	5,10	4,32	1,34	2,44	8,00	8,48	7,74	2,34	0,20	0,20	3,49	3,08	2,36	0,36	0	2,25	0,54	1,43	2,62	2,21	0,10	0

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ВЫЧИСЛЕНИЕ ОБЪЕМА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

№ п/п	Рабочая отметка	Площадь насыпи	Площадь выемки	Расстояние	Объем насыпи	Объем выемки
1	-0,80		-12,64			
				100		-1 175,32
2	-0,68		-10,87			
				100		-995,80
3	-0,56		-9,05			
				50		-226,24
4	0,00	0,00				
				50	200,07	
5	0,26	4,00				
				100	1 377,90	
6	1,38	23,56				
				100	827,42	
7	0,60	9,54				
				20	238,50	
8	0,00	0,00				
				80		-1 111,18
9	-1,98		-27,78			
				100		-3 495,30
10	-3,66		-42,13			
				100		-4 291,06
11	-3,94		-43,69			
				100		-4 337,30
12	-3,82		-43,05			
				100		-4 527,57
13	-5,00		-47,50			
				100		-4 777,17
14	-5,38		-48,04			
				100		-4 791,25
15	-5,16		-47,78			
				100		-4 746,16
16	-4,84		-47,14			
				100		-4 711,65
17	-4,82		-47,09			
				100		-4 692,82
18	-4,70		-46,77			
				100		-4658,02
19	-4,58		-46,40			
				100		-3 697,65
20	-1,96		-27,56			
				30		-413,36

Продолжение прил. 2

№ п/п	Рабочая отметка	Площадь насыпи	Площадь выемки	Расстояние	Объем насыпи	Объем выемки
21	0,00	0,00				
				70	4 146,12	
22	3,96	82,92				
23	5,28	121,02		100	10 197,00	
				100	3 547,99	
24	5,10	115,52				
				100	7 290,80	
25	4,32	92,79				
				100	5 779,35	
26	1,34	22,79				
				40	1 139,67	
27	0,00	0,00				
				60		-976,49
28	-2,44		-32,55			
				100		-3 952,60
29	-6,72		-46,50			
				100		-4 325,12
30	-8,00		-40,00			
				100		-3 814,72
31	-8,48		-36,29			
				100		-3 900,65
32	-7,74		-41,72			
				100		-3 664,26
33	-2,34		-31,57			
				80		-1 262,66
34	0,00	0,00				
				20	153,00	
35	0,20	3,06				
				100	1 953,00	
36	2,00	36,00				
				100	3 050,40	
37	2,20	40,26				
				100	849,00	
38	2,40	44,64				
				100	4 245,00	
39	2,20	40,26				
				100	4 356,75	
40	2,50	46,88				
				100	4 800,75	

Окончание прил. 2

№ п/п	Рабочая отметка	Площадь насыпи	Площадь выемки	Расстояние	Объем насыпи	Объем выемки
41	2,60	49,14				
				100	5 145,00	
42	2,80	53,76				
				100	5 493,75	
43	2,90	56,12				
				100	5 730,75	
44	3,00	58,50				
				100	5 268,75	
45	2,50	46,88				
				100	4 143,75	
46	2,00	36,00				
				50	1 800,00	
47	0,00	0,00				
				50		-83,50
48	-0,20		-3,34			
				100		-2 219,99
49	-3,49		-41,06			
				100		-3 959,51
50	-3,08		-38,13			
				100		-3 494,80
51	-2,36		-31,77			
				100		-1 884,56
52	-0,36		-5,93			
				20		-59,26
53	0,00	0,00				
				80	2 067,19	
54	2,25	41,34				
				90	2 067,19	
55	0,00	0,00				
				10		-43,71
56	-0,54		-8,74			
				100		-1 499,26
57	-1,43		-21,24			
				100		-2 774,30
58	-2,62		-34,24			
				100		-3 224,36
59	-2,21		-30,24			
				100		-1 596,44
60	-0,10		-1,69			
				100		-84,25
61	0,00	0,00				

85 869,09

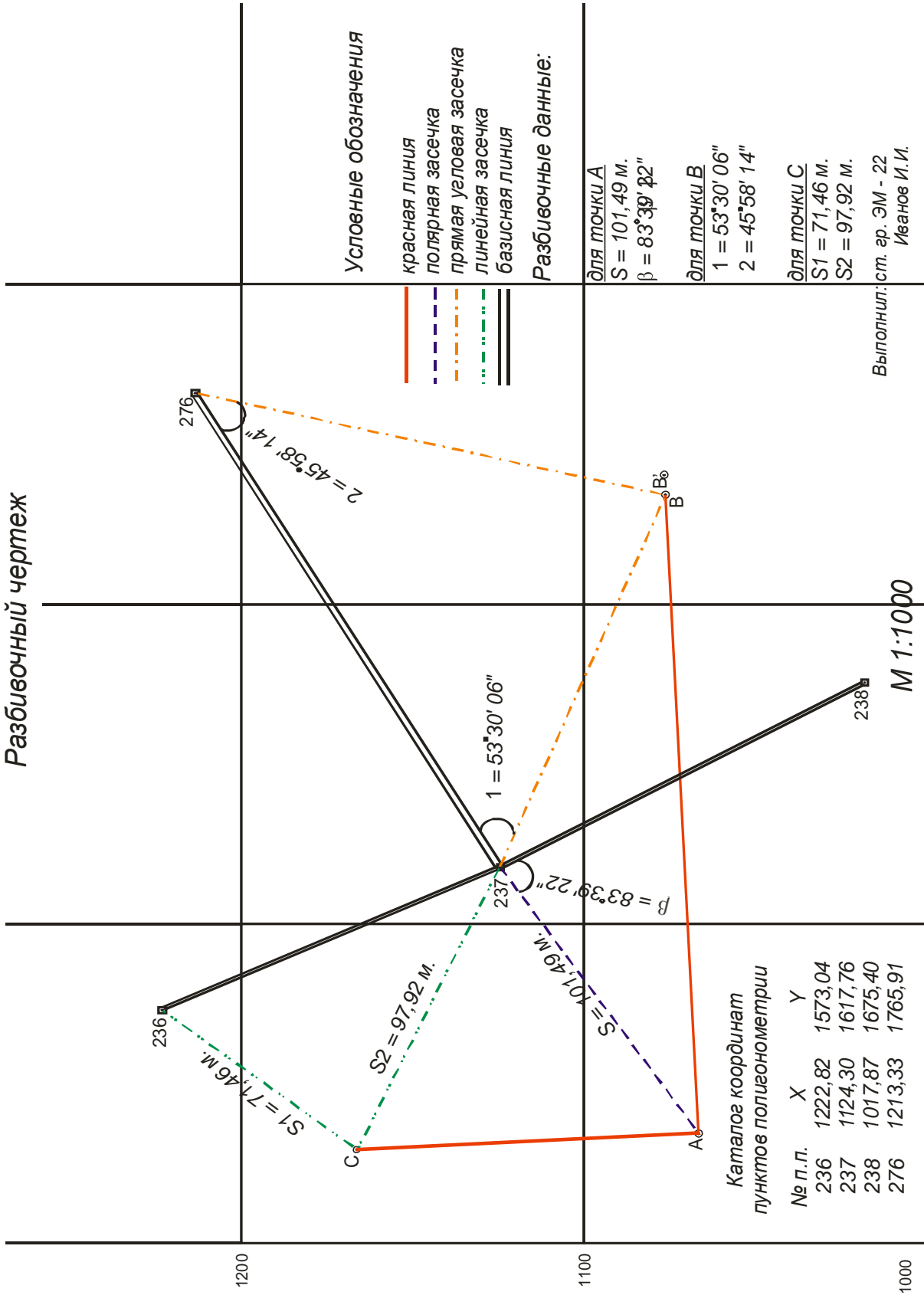
-95 468,31

Баланс земляных масс

-9 599,22

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ОБРАЗЕЦ РАЗБИВОЧНОГО ЧЕРТЕЖА

Разбивочный чертеж



1500 1600 1700 1800