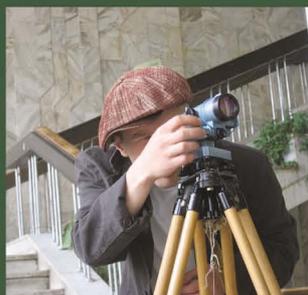


**Т.Г. Мальцева**

**СБОРНИК ЗАДАЧ  
ПО ИНЖЕНЕРНОЙ  
ГЕОДЕЗИИ**



Т.Г. Мальцева

# СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ  
по образованию в области строительства в качестве учебного  
пособия для студентов, обучающихся по направлению 653500  
«Строительство»*



Издательство Ассоциации строительных вузов  
Тольятти  
Москва  
2008

УДК 528  
ББК Н115

**Рецензенты:**

Кафедра «Городское строительство и хозяйство»  
Института повышения квалификации государственных служащих  
(зав. кафедрой, профессор, доктор технических наук *А.С. Павлов*)

Заслуженный строитель России, профессор, доктор технических наук  
*А.Н. Дмитриев*

Научный редактор: доктор технических наук, профессор *В.И. Феклин*

Утверждено научно-методическим советом университета.

**Т.Г. Мальцева**

Сборник задач по инженерной геодезии. Учебное пособие. –М: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 88 с.

**ISBN 978-5-93093-536-3**

В учебном пособии рассмотрены вопросы применения масштабов топографических карт в решении практических задач. В разделе «Вопросы ориентирования» предложены задачи по определению ориентирующих углов на местности и на картах (планах). Даны примеры решения задач при обработке результатов измерения на местности горизонтальных и вертикальных углов; примеры построения графиков заложений для определения крутизны скатов в градусной мере и в уклонах. Рассмотрены вопросы разбивочных работ, а также вопросы вертикальной планировки.

Предназначено для углубленного изучения курса инженерной геодезии студентами строительных специальностей, а также может быть использовано инженерно-техническими работниками при подготовке разбивочных чертежей

УДК 528  
ББК Н115

**ISBN 978-5-93093-536-3**

© Издательство АСВ, 2008  
© Мальцева Т.Г., 2008

# 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МАСШТАБА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ МАСШТАБА. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧИСЛЕННЫХ МАСШТАБОВ

**Численный масштаб** – это дробь, числитель которой равен единице, а знаменатель  $M$  – число, показывающее, во сколько раз уменьшены горизонтальные проложения линий местности при изображении их на плане (карте). Так, на планах (картах) масштаба 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000 горизонтальные проложения линий местности соответственно уменьшены в 500, 1000, 2000, 5000, 10000 раз.

Чем больше знаменатель  $M$  численного масштаба, тем масштаб мельче и наоборот, чем меньше знаменатель  $M$ , тем крупнее масштаб. Так, масштаб 1:500 вдвое крупнее масштаба 1:1000, а масштаб 1:10000 в пять раз мельче масштаба 1:2000.

Численный масштаб является элементом зарамочного оформления карты (плана).

Если масштаб плана 1:500, то это означает, что отрезок в 1 см на плане соответствует 500 см на местности, т.е. в 1 см плана 5 м местности. Практически, чтобы узнать число метров местности в 1 см плана, надо из знаменателя  $M$  численного масштаба исключить два последних нуля. Например, масштаб 1:5000. Знаменатель  $M = 5000$ . Исключая два последних нуля, получим, что 1 см плана соответствует 50 м местности.

Если обозначить длину отрезка линии на плане в см через  $d$ , то ему будет соответствовать горизонтальное проложение линии местности:  $D$ , см:

$$D = d \cdot M$$

## Примеры решения задач с использованием численных масштабов

*1. Отрезок линии длиной 6,2 см на плане соответствует 310 м горизонтального проложения на местности. Определить численный масштаб плана и точность масштаба.*

*Решение*

Согласно определению, масштаб вычисляется по формуле:

$$\frac{1}{M} = \frac{6,2 \text{ см}}{310 \text{ м}} = \frac{6,2 \text{ см}}{31000 \text{ см}} = \frac{6,2}{31000} = \frac{1}{5000}$$

Численный масштаб плана:  $\frac{1}{5000}$  или 1:5000.

Расшифровка масштаба: в 1 см – 50 м.

Точностью масштаба называется горизонтальное проложение местности, соответствующее 0,1 мм на карте (плане); обозначается  $t$ .

1 см – 50 м;

1 мм – 5 м;

0,1 мм – 0,5 м –  $t$ .

Ответ:  $\frac{1}{M} = \frac{1}{5000}$ ,  $t = 0,5$  м.

**2. Точность масштаба  $t = 50$  м. Определить численный масштаб.**

Решение

$$0,1 \text{ мм} - 50 \text{ м} \Rightarrow X = \frac{10 \text{ мм} \cdot 50 \text{ м}}{0,1 \text{ мм}} = 5000 \text{ м.}$$

1 см –  $X$  м

В 1 см плана – 5000 м на местности. Масштаб:  $\frac{1}{M} = \frac{1}{500000}$ .

Ответ:  $\frac{1}{M} = \frac{1}{500000}$ .

**3. 36 см<sup>2</sup> на плане соответствует 0,09 га на местности. Определить численный масштаб плана.**

Решение

1-й вариант:

$$1 \text{ га} = 10000 \text{ м}^2 = 10^4 \text{ м}^2. (1 \text{ га} = 100 \text{ м} \cdot 100 \text{ м})$$

$$1 \text{ м}^2 = 100 \text{ см} \cdot 100 \text{ см} = 10^4 \text{ см}^2$$

$$\frac{1}{M} = \sqrt{\frac{F_{\text{ПЛАНА}}}{F_{\text{МЕСТНОСТИ}}}} = \sqrt{\frac{36 \text{ см}^2}{0,09 \text{ га} \cdot 10^4 \cdot 10^4}} = \frac{6 \text{ см}}{30 \cdot 10^2 \text{ см}} = \frac{\frac{6}{6}}{\frac{30}{6} \cdot 10^2} = \frac{1}{500}.$$

Ответ:  $\frac{1}{M} = \frac{1}{500}$ .

2-й вариант:

$$\sqrt{36} = 6 \text{ см}$$

$$\sqrt{0,09 \text{ га}} = \sqrt{900 \text{ м}^2} = 30 \text{ м}$$

$$6 \text{ см} - 30 \text{ м}$$

$$1 \text{ см} - X$$

$$X = 5 \text{ м, в } 1 \text{ см} - 5 \text{ м.}$$

Численный масштаб:  $\frac{1}{M} = \frac{1}{500}$ .

Ответ:  $\frac{1}{M} = \frac{1}{500}$ .

**4. При каком численном масштабе дорога, шириной 12 м должна быть изображена на плане масштабным условным знаком – двумя штриховыми линиями шириной 12 мм?**

Решение

1-й вариант:

12 мм – 12 м  $\Rightarrow X = 10$  м    в 1 см – 10 м или в 1 см – 1000 см

10 мм – X м

$$\frac{1}{M} = \frac{1}{1000}$$

Ответ:  $\frac{1}{M} = \frac{1}{1000}$ .

2-й вариант:

в 12 мм – 12 м;

в 1 мм – 1 м;

в 10 мм – 10 м. в 1 см – 10 м или в 1 см – 1000 см

Ответ:  $\frac{1}{M} = \frac{1}{1000}$ .

**5. Принять необходимый масштаб плана, на котором два параллельно идущих водовода должны быть изображены штриховыми линиями на расстоянии  $d = 5$  мм. Расстояние на местности между водоводами  $D = 5$  м.**

Решение

Сравнивают расстояние между линиями водовода на плане и на местности: 5 мм – 5 м. Преобразуют обе части до стандартного выражения масштаба:

1 мм – 1 м или 1 см – 1000 см.

Ответ: Масштаб плана 1:1000.

**6. Площадь строительной площадки на плане масштаба 1:2000 составляет 30 см<sup>2</sup>. Определить в см<sup>2</sup> площадь той же площадки, изображенной на плане масштаба 1:1000.**

Решение

$F_2 = 120 \text{ см}^2$	$F_1 = 30 \text{ см}^2$
Масштаб 1:1000	Масштаб 1:2000
В 1 см – 10 м	В 1 см – 20 м
$F = 2a \cdot 2b = 4ab$	$F = a \cdot b$

В 2 раза увеличивается длина строительной площадки, в 2 раза увеличивается ширина строительной площадки.

Вывод: масштаб в 2 раза крупнее, площадь – в 4 раза больше (обратно пропорциональная зависимость).

Отсюда решение:

Т.е.  $\frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{M_1}{M_2}\right)^2$ ;  $F_2 = \left(\frac{M_1}{M_2}\right)^2 \cdot F_1 = 2^2 \cdot 30 = 120 \text{ см}^2$ ;

или  $\frac{M_1}{M_2} = \sqrt{\frac{F_2}{F_1}} = \frac{2000}{1000} = \sqrt{\frac{F_2}{30}}$   $2^2 = \frac{F_2}{30}$   $F_2 = 120 \text{ см}^2$ .

Эту же задачу можно решить и так:

1. Масштаб  $\frac{1}{2000}$ ;

в 1 см – 20 м;

в 1 см<sup>2</sup> – 400 м<sup>2</sup>;

в 30 см<sup>2</sup> – 12000 м<sup>2</sup>.

2. Масштаб  $\frac{1}{1000}$ ;

в 1 см – 10 м;

в 1 см<sup>2</sup> – 100 м<sup>2</sup>;

$$\frac{12000 \text{ м}^2}{100 \text{ м}^2} = 120 \text{ см}^2 \text{ на плане.}$$

Ответ: 120 см<sup>2</sup>.

**7. Площадь строительной площадки на плане в масштабе  $M$  1:500 ( $M_1$ ) равна  $F_1 = 600 \text{ см}^2$ . Вычислить площадь  $F_2$  той же площадки, изображенной на плане в масштабе 1:1000 ( $M_2$ ).**

*Решение*

Изменяется масштаб плана: уменьшается в два раза. Значит, уменьшаются в два раза линейные размеры строительной площадки, а площадь уменьшается в четыре раза.

Ответ:  $F_2 = 150 \text{ см}^2$ .

**8. Определить размеры здания прямоугольной формы, если на плане в масштабе 1:500 это здание будет изображено прямоугольником размерами: длина  $a = 80 \text{ мм}$ , ширина  $b = 30 \text{ мм}$ .**

*Решение*

В масштабе 1:500 одному сантиметру на плане соответствует 5 метров на местности. Длина здания  $a = 80 \text{ мм}$ , или 8 см, что соответствует:  $8 \text{ см} \cdot 5 = 40 \text{ м}$  местности. Ширина здания  $b = 30 \text{ мм}$ , или 3 см, что соответствует:  $3 \text{ см} \cdot 5 = 15 \text{ м}$  местности.

Ответ:  $a = 40 \text{ м}$ ,  $b = 15 \text{ м}$ .

**9. Площадь фигуры на карте  $f = 1 \text{ см}^2$ , что соответствует на местности  $F = 0,01 \text{ км}^2$ . Определить величину численного масштаба.**

*Решение*

Для получения величины численного масштаба переводят в сантиметры площади фигур на карте и на местности. 1 см<sup>2</sup> на карте соответствует 10000 м<sup>2</sup> на местности, извлекаем квадратный корень из двух частей, 1 см – 10000 см, т.е. масштаб карты 1:10000.

Ответ:  $M$  1:10000.

## 2. ВОПРОСЫ ОРИЕНТИРОВАНИЯ

### 2.1. ДИРЕКЦИОННЫЕ УГЛЫ, РУМБЫ НАПРАВЛЕНИЙ. ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ НИМИ. ИСТИННЫЕ АЗИМУТЫ, МАГНИТНЫЕ АЗИМУТЫ. ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ НИМИ

Ориентирование линии предполагает определение ее направления относительно меридианов, принятых за исходные. В качестве исходных направлений принимают осевой меридиан – для ориентирования на карте (плане) и истинный и магнитный меридианы – для ориентирования на местности.

**Дирекционным углом** называется горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана или линии, ему параллельной по ходу часовой стрелки до направления данной линии. Дирекционный угол изменяется от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

Дирекционные углы и истинные азимуты связаны между собой горизонтальным углом  $\gamma$  – сближение меридианов: это угол между северным направлением истинного и осевого меридианов. Угол  $\gamma$  имеет знак «+», если линии находится восточнее осевого меридиана и знак «-» – если западнее.

$$A = \alpha \pm \gamma,$$

где  $\gamma$  – может быть восточным, западным и может быть равен нулю (рис. 2.1).

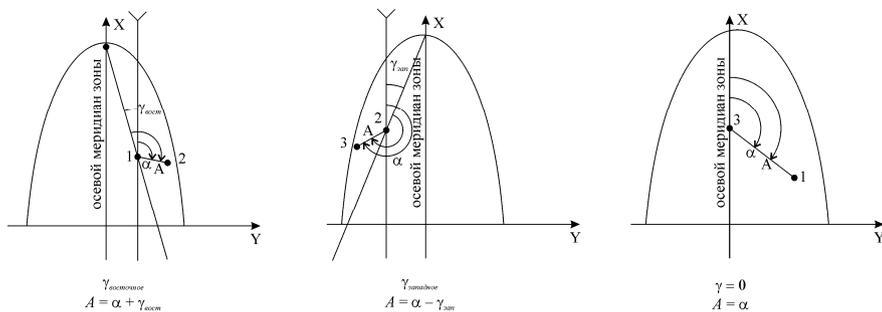


Рис. 2.1.

**Румбом** называется острый горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана до направления данной линии.

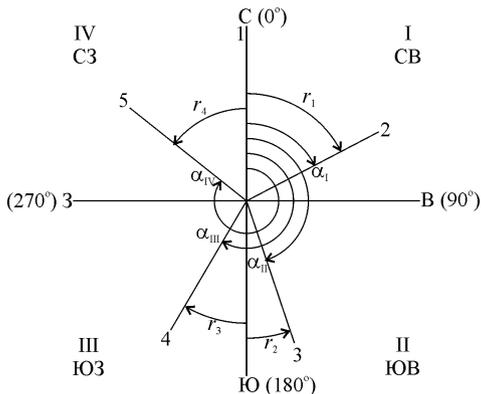
Таблица 2.1

Зависимость румбов и дирекционных углов

Дирекционные углы, $\alpha$	Румбы, $r$
$0^\circ - 90^\circ$	СВ: $r_1 = \alpha$
$90^\circ - 180^\circ$	ЮВ: $r_2 = 180^\circ - \alpha$
$180^\circ - 270^\circ$	ЮЗ: $r_3 = \alpha - 180^\circ$
$270^\circ - 360^\circ$	СЗ: $r_4 = 360^\circ - \alpha$

Ориентирование на местности выполняют относительно истинного (географического) и магнитного меридианов. Ориентирующими углами являются

соответственно истинный и магнитный азимуты. Направление истинного меридиана в данной точке определяется из астрономических наблюдений на небесные светила. Направление магнитного меридиана определяется при помощи магнитной стрелки. Под влиянием земного магнетизма магнитная стрелка устанавливается вдоль магнитного меридиана. Конечный к северному полюсу Земли, называют северным, а к югу – южным.



**Рис. 2.2. Схема зависимости между дирекционными углами и румбами**

Магнитный меридиан в данной точке земной поверхности, как правило, не совпадает с географическим (истинным): угол между ними называется **склонением магнитной стрелки**. Склонение называют восточным или западным в зависимости от того, отклоняется ли северный конец магнитной стрелки к востоку или к западу от истинного (географического) меридиана.

**Азимут** называется горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до направления данной линии. Азимуты изменяются от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

Азимут называется **истинным**, если он отсчитывается от истинного меридиана, и **магнитным**, если отсчитывается от магнитного меридиана (рис. 2.3).

Для перехода от магнитного азимута к истинному нужно знать величину и название склонения магнитной стрелки. Оно бывает восточным и западным. Восточное считают положительным (знак «+»), западное – отрицательным (знак «-»).

**1. Определить прямой и обратный румбы направления, если его дирекционный угол  $\alpha = 253^\circ 20'$ .**

*Решение (рис. 2.4)*

Румб прямого направления:

$$r_{\text{пр}} = \alpha - 180^\circ = 253^\circ 20' - 180^\circ 00' = 73^\circ 20' \text{ ЮЗ}$$

$$r_{\text{пр}} = \text{ЮЗ: } 73^\circ 20'$$

Румб обратного направления:

$$\text{СВ: } 73^\circ 20'$$

$$\text{Ответ: } r_{\text{пр}} = \text{ЮЗ: } 73^\circ 20'; \quad r_{\text{об}} = \text{СВ: } 73^\circ 20'.$$

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МАСШТАБА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ МАСШТАБА. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧИСЛЕННЫХ МАСШТАБОВ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. ВОПРОСЫ ОРИЕНТИРОВАНИЯ.....</b>	<b>8</b>
2.1. Дирекционные углы, румбы направлений. Зависимость между ними. Истинные азимуты, магнитные азимуты. Зависимость между ними .....	8
2.2. Прямая и обратная геодезические задачи .....	14
2.3. Определение номера зоны и положения точки относительно осевого меридиана в географической и прямоугольной системах координат.....	16
<b>3. УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ. ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ СПОСОБОМ ПРИЕМОМ. ИЗМЕРЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ УГЛОВ ТОЧНЫМ ТЕОДОЛИТОМ .....</b>	<b>19</b>
3.1. Устройство теодолита. Части, винты и их назначение .....	19
3.2. Измерение горизонтальных углов .....	24
3.3. Измерение углов способом приемов .....	24
3.4. Измерение вертикальных углов теодолитами Т15К, 2Т5К .....	25
<b>4. ЛИНЕЙНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ. ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОПРАВОК В ИЗМЕРЕННОЕ РАССТОЯНИЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ И АБСОЛЮТНОЙ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ РАССТОЯНИЙ. ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЙ МЕРНОЙ ЛЕНТОЙ .....</b>	<b>27</b>
<b>5. ВЫСОТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ. ВЫЧИСЛЕНИЕ ОТМЕТОК ТОЧЕК МЕТОДОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ; УКЛОНОВ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПРОЛОЖЕНИЙ ЛИНИЙ. РЕЛЬЕФ МЕСТНОСТИ; ИНТЕРПОЛИРОВАНИЕ ГОРИЗОНТАЛЕЙ. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ ЗАЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРУТИЗНЫ СКАТОВ МЕСТНОСТИ...30</b>	
5.1. Рельеф местности, интерполирование горизонталей.....	36
<b>6. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ ПЕРЕНОСЕНИЯ НА МЕСТНОСТЬ ПРОЕКТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....</b>	<b>44</b>
6.1. Вычисление проектных координат.....	45
6.2. Способ полярных координат.....	45
6.3. Способ прямоугольных координат (перпендикуляров).....	47
6.4. Вычисление разбивочных элементов для выноса на местность оси трубопровода .....	48
<b>7. НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ .....</b>	<b>54</b>
7.1. Составление топографического плана .....	54
7.2. Проектирование горизонтальной площадки .....	58
7.3. Проектирование наклонной площадки с соблюдением баланса земляных масс .....	62

Учебное пособие

Т.Г. Мальцева

# **БАЗИСНЫЙ КУРС НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ**

Компьютерная верстка: *В.В. Сергеев*

Дизайн обложки: *Н.С. Романова*

Редактор: *Г.М. Мубаракшина*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Сдано в набор 12.04.07

Подписано к печати 20.06.07. Формат 60x90/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. 5,5 п.л. Тираж 1000 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)  
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511  
тел., факс: (495)183-56-83,  
e-mail: [iasv@mgsu.ru](mailto:iasv@mgsu.ru), <http://www.iasv.ru/>