

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Учреждение образования**  
**«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра лесоустройства

# **ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ И ЛЕСНЫЕ КАРТЫ**

**Лабораторный практикум**  
для студентов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство»,  
1-46 01 01 «Лесоинженерное дело»

Минск 2005

УДК 528.48

Рассмотрен и рекомендован к изданию редакционно-издательским советом университета.

Составитель: Нестеренок В. Ф.

Рецензенты:

профессор кафедры геодезии и картографии БГУ,  
канд. географич. наук Р. А. Жмойдяк;

доцент кафедры инженерной геодезии БНТУ,  
канд. техн. наук В. Г. Мархвида

В лабораторном практикуме даны методические указания по изучению тем учебного курса инженерной геодезии и выполнению расчетных и расчетно-графических заданий, охватывающих инженерное освоение топографических и лесных карт, элементы топографического черчения.

По тематическому плану изданий ведомственной литературы университета на 2005 год. Поз. \_\_.

ISBN 985-434-270-0

© Учреждение образования  
«Белорусский государственный  
технологический университет», 2005

© В. Ф. Нестеренок, 2005

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Учреждение образования**  
**«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра лесоустройства

# **ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ И ЛЕСНЫЕ КАРТЫ**

**Лабораторный практикум**  
для студентов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство»,  
1-46 01 01 «Лесоинженерное дело»

Минск 2005

## ВВЕДЕНИЕ

Топографические и лесные карты относятся к основным документам, отображающими в графической форме информацию о местоположении, границах, и специальных характеристиках объектов лесного хозяйства. Умение пользоваться картографическими материалами необходимо при разработке и осуществлении проектов лесопользования, лесовозобновления, лесоохранных мероприятий, охотничьего хозяйства, при изысканиях и строительстве лесовозных дорог, выборе мест строительства складов и цехов по переработке древесины и др.

Знание содержания топографических карт и умение решать по картам инженерные и лесохозяйственные задачи служит базой последующего успешного освоения студентами сущности географической информационной системы «Лесные ресурсы», содержание которой включает координатную и графическую основу карт в их традиционном исполнении. Соответственно этому в практикуме даны задачи по определению положения точек по топографической карте в зональной системе прямоугольных координат а также в географических координатах.

Задачи, помещенные в практикуме, следует решать после повторения лекционного материала по конспекту и учебнику [1], пособию [2] или другому учебнику.

Номер варианта заданий назначается преподавателем.

Усвоение учебного материала проверяется преподавателем в устном и письменном виде. Содержание контроля приведено в разделе **Вопросы для самопроверки и контрольных работ.**

## **Техническое оснащение учебных работ и общие требования к оформлению выполненных заданий**

### **А. Техническое оснащение**

1. На аудиторные лабораторные по изучению карт занятия студентам выдаются геодезические приборы, среди них: линейки масштабные с поперечным масштабом ЛМП, транспортиры геодезические, учебные топографические карты, образцы условных знаков для карт и планов, исходные материалы для чертежных заданий.

2. Каждый студент должен иметь:

тетрадь школьную в клеточку 12 страниц;

бумагу чертежную - 2 листа, формата близкого к А4, устойчивую к туши (например из альбома для рисования);

лист бумаги-миллиметровки размером 40×60 см;

инженерный калькулятор;

линейку металлическую или проверенную пластмассовую на деревянной основе длиной 25 – 30 см, угольник с четко видимыми миллиметровыми делениями;

транспортир диаметром не менее 10 см;

циркуль-измеритель;

чертежные инструменты (рейсфедер или чертежное перо стальное №41 и ручку для пера, линейку с прямолинейным выступом, препятствующим стеканию туши с пера на бумагу, другие устройства для вычерчивания кривых тонких линий и малых окружностей диаметром около 1,5 мм);

карандаш простой или механический «0,5» со стержнем средней твердости 2М – 3М;

резинку карандашную;

лезвия для срезания с чертежа засохшей туши ошибочных знаков;

устройство для заточки карандаша.

тушь черную, синюю, коричневую – 1 флакон на учебную подгруппу или группу студентов;

### **Б. Оформление учебных заданий**

Большую часть расчетно-графических заданий студент представляет на проверку оформленными в тетради №1 из 12 листов. Расчетные задачи сопровождаются аккуратно начерченными карандашом под линейку схемами, поясняющими геометрическую сущность задачи или представляющими часть ее решения. Конкретно названные графические задания оформляются тушью обусловленного цвета на отдельных листах чертежной бумаги.

### **Задание 1 для самостоятельной работы -- проверка качества чертежно-измерительных инструментов.**

Каждое измерительное устройство допускается к практическому применению после проверки его качественных характеристик.

Работы по определению метрологических и геометрических параметров средств измерений называются поверками.

#### 1. Поверки линейки.

1.1. *Ребра линейки должны быть прямолинейны.* При данной поверке на листе бумаги остро заточенным карандашом вдоль ребра линейки прочерчивают прямую линию, затем линейку поворачивают на  $180^\circ$  и, совместив ее ребро с концами прочерченной линии, повторяют прочерчивание. Линейка пригодна к применению, если непараллельность линий не превышает 0,1 мм.

1.2. *Деления миллиметровой шкалы рабочей линейки не должны быть смещены от номинального положения более чем на 0,1 мм по всей ее длине.* Поверяемую линейку и точную (условно образцовую) линейку ЛМП кладут на горизонтальную поверхность и стыкуют их шкалы, максимально точно совмещают (на продолжение один другого) нулевой штрих поверяемой линейки с одним из штрихов образцовой линейки. Зрительно проверяют величину отклонений (несовмещения) штрихов по всей длине поверяемой шкалы. Линейка пригодна для измерений, если выполняется требование к точности ее шкалы.

Указание: отчет о выполнении задания 1 оформить в тетради №1 с поясняющими схемами и численными результатами поверок.

Примечание: Пластмассовые линейки как правило непригодны для геодезических измерений на планах: они деформированы, погрешности их миллиметровой шкалы достигают 0,5 – 1,0 мм на 20 см длины. Удовлетворительно сохраняется точность шкалы на линейках металлических и деревянных а также шкалы на пластмассовой полосе, наклеенной на деревянную основу линейки.

## Задание 2. МАСШТАБЫ ПЛАНОВ И КАРТ

**Задание 2.1.** Изучить и усвоить принципы проецирования земной поверхности на горизонтальную плоскость для изображения контуров на планах и картах. Усвоить понятия «план», «карта», различия между ними, масштабы планов и карт, численные значения масштабного ряда планов и карт, линейный и поперечный масштабы; понятие о предельной точности масштаба и о средней точности измерения расстояний по плану или карте. Научится пользоваться линейным и поперечным масштабами.

Для самопроверки следует использовать контрольные вопросы на с. 40 практикума.

Пояснения. На рис. 1а показана сущность отвесного проецирования, принятого в геодезии для составления планов местности. Теоретически точки и контуры местности проецируют на горизонтальную поверхность отвесными линиями в масштабе 1:1. На рис. 1б горизонтальная проекция того же участка изображена условно в масштабе 1:1. При составлении плана (рис. 1в) участок изображается в той же отвесной проекции, но уменьшенным в масштабе 1:М, где  $M = d:d_{\Pi}$  – отношение длины  $d$  горизонтальной проекции линии АВ на местности к ее изображению на плане  $d_{\Pi} = ab$ .

*На практике проекции точек и линий на горизонтальную плоскость получают расчетами; рассмотрим следующий пример.*

Если отрезок наклонной линии на местности (рис. 2а) выражается величиной  $D$ , то его горизонтальное проложение (проекция) будет равно величиной  $d$ , вычисляемой по формуле

$$d = D \cos \nu, \quad (1)$$

где  $\nu$  – угол наклона линии на местности относительно горизонтальной плоскости.

Указание 1: отрезки линий на местности принятого выражать в м, на карте или плане в см или мм.

Указание 2: при расчетах с помощью микрокалькуляторов не требуется округлять промежуточные числовые данные, но окончательный результат следует округлять соответственно точности

измеренных и искомым величин, например значения расстояний на местности округляют до 0,01 м, длины отрезков на плане – до 0,1 мм.

**Указание 3:** следите за соблюдением одинаковой размерности величин, учитываемых в расчетах при переходе от расстояний на местности к длинам линий на плане и наоборот.

## 2.2. Решить задачи.

**Задача 1.** Определить масштаб плана, если известны длина  $D$  и угол наклона  $\nu$  линии  $AB$  на местности (см. рис. 2а), а также длина  $d_{\text{п}} = ab$  изображения линии  $AB$  на плане (рис.2б). Необходимые данные приведены в табл. 1 по вариантам.

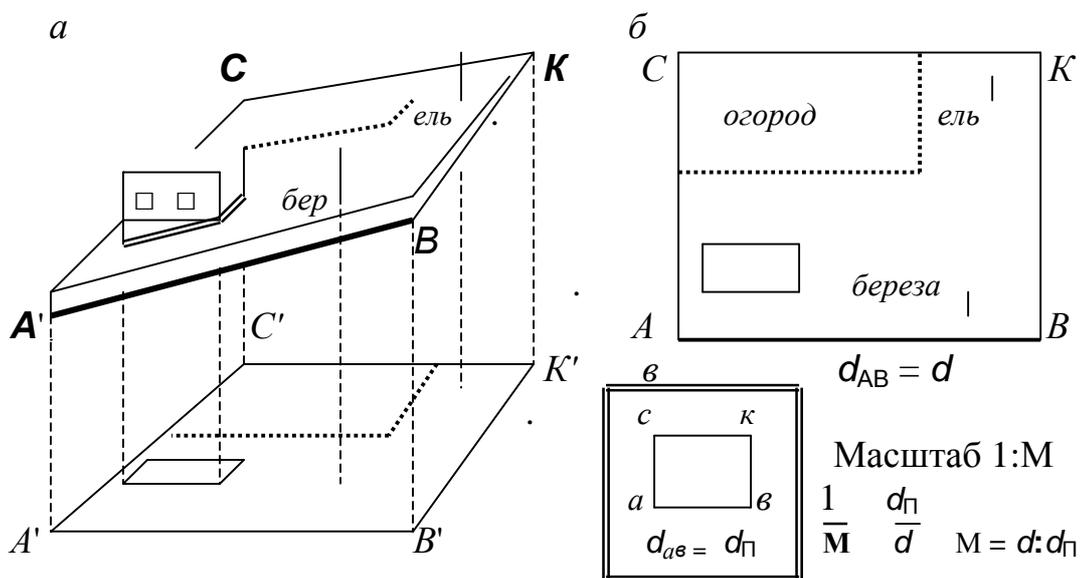


Рис. 1. Схема отвесного проецирования контуров и объектов на горизонтальную плоскость:

$a$  – отвесное проецирование;  $b$  – отвесная проекция;  $v$  – план в масштабе 1:М

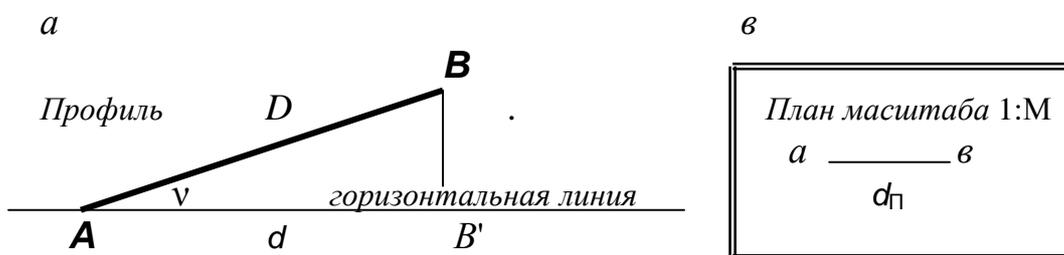


Рис. 2. Наклонная линия и ее горизонтальное проложение:

$a$  – наклонная линия  $AB$  и ее горизонтальное проложение  $AB' = d$  на местности;  $b$  – изображение отвесной проекции  $ab$  на плане масштаба  $1:M$

*Пояснения к решению.* Как видно на рис. 1б,  $v$  численный масштаб выражается формулой

$$1:M=1/(d:d_{\Pi}), \quad (2)$$

где, согласно рис. 2а, значение  $d$  вычисляется по формуле (1).

Пример. Даны  $D = 169,36$  м,  $v = 5^{\circ}20'$ ,  $d_{\Pi} = 8,65$  см. Находим:  $d = 169,36 \cdot \cos 5^{\circ}20' = 169,36 \cdot 0,99557 = 168,63$  м. После приведения  $d$  и  $d_{\Pi}$  к одной размерности (в метрах или сантиметрах) получаем  $M = 168,63:0,0865 = 1949,5$ ; после округления определяем  $1:M = 1:2000$ .

*Примечание:* неизбежные, не относящиеся к грубым, погрешности  $\Delta D \approx \pm (0,10 \div 0,15)$  м в измеренной на местности величины  $D$  и погрешности  $\Delta d_{\Pi} \approx \pm (0,1 \div 0,5)$  мм =  $\pm (0,01 \div 0,05)$  см в измеренном на плане отрезке  $d_{\Pi}$  служат причиной отклонения вычисленного значения знаменателя масштаба плана от его действительного значения. Такое отклонение не должно быть больше  $(10 \div 15)\%$ . В нашем примере отклонение составило незначительную величину  $(1949,5 - 2000):2000 \times 100 = - 2,5\%$  и результат определения масштаба признается удовлетворительным.

**Задача 2.** Вычислить длину наклонной линии  $AB$  на местности, если на плане масштаба  $1:M$  эта линия изображается отрезком  $d_{\Pi} = ab$  (см. рис. 2а, б). Варианты исходных данных приведены в табл. 2.

*Пояснение к решению.* Сначала вычисляем длину  $d$  – горизонтального проложения линии на местности (см. рис. 2а):

$$d = d_{\Pi} \cdot M. \quad (3)$$

Здесь  $d_{\Pi}$  следует выразить в метрах.

Затем основываясь на формуле (1), определяем

$$D = d/\cos v. \quad (4)$$

Пример. Даны:  $1:M = 1:10000$ ,  $d_{\Pi} = 5,28$  см,  $v = 4^{\circ}36'$ . Вычислить  $AB = D$ . Решение: 1) выражаем  $d_{\Pi}$  в м, здесь  $d_{\Pi} = 0,0528$  м; 2) вычисляем  $d = 0,0528 \times 10000 = 528$  м; 3) искомая длина линии  $AB$  равна  $D = 528:\cos 4^{\circ}36' = 528:0,99678 = 529,71$  м.

**Задача 3.** На местности длина горизонтального проложения линии равна  $d$  (табл. 3). Какова длина изображения этой линии на плане?

При решении руководствоваться содержанием задач 1 и 2. Численное решение округлить до 0,01 см.

**Задача 4.** Определить показатели графической точности планов и карт различных масштабов.

Решением задачи 4.1 усвоить понятия о предельной графической точности планов масштабов 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000 и карт масштабов 1:25000, 1:50000 и 1:100000.

Решением задачи 4.2 усвоить сущность инженерной оценки той точности, с которой можно определить по карте (плану) расстояния между изображенными на ней четкими предметами местности.

Таблица 1. Значения  $D$ ,  $\nu$ ,  $d_n$  к задаче 1

Номер варианта	$D$ , м	$N$	$S_n$ , см	Номер вариант а	$D$ , м	$N$	$S_n$ , см
1	380,61	3°15'	0,76	34	464,91	8°20'	9,20
2	295,50	3°20'	0,59	35	319,84	4°10'	6,38
3	741,96	4°10'	1,48	36	357,91	4°05'	7,14
4	425,10	2°30'	0,85	37	310,72	5°05'	6,19
5	481,38	4°20'	0,96	38	186,10	6°15'	9,20
6	592,40	5°10'	1,18	39	167,92	6°00'	5,35
7	986,59	3°15'	1,97	40	182,21	2°45'	9,10
8	503,44	3°30'	2,01	41	203,33	3°15'	10,15
9	513,09	2°45'	2,05	42	151,22	3°05'	15,10
10	602,14	4°50'	2,40	43	80,74	4°25'	8,05
11	639,26	4°14'	2,55	44	92,10	3°45'	9,19
12	677,57	5°40'	2,70	45	102,10	2°30'	10,20
13	373,49	4°10'	1,49	46	100,68	2°15'	10,06
14	446,09	4°20'	1,78	47	72,67	3°55'	7,25
15	531,20	8°46'	2,10	48	63,19	4°25'	6,39
16	218,17	2°15'	2,18	49	70,22	4°35'	7,00
17	249,58	3°55'	2,49	50	282,80	4°18'	5,64
18	558,90	3°15'	5,58	51	208,44	5°27'	4,15
19	321,39	5°20'	3,20	52	457,62	6°08'	9,10
20	471,92	5°10'	4,70	53	512,28	6°29'	10,18
21	406,54	5°36'	4,05	54	516,89	7°02'	10,26
22	359,97	5°12'	3,58	55	115,43	5°58'	11,48
23	393,28	6°10'	3,91	56	122,00	4°37'	12,16
24	203,40	5°25'	4,05	57	125,45	4°18'	1251
25	259,09	5°15'	5,16	58	132,12	4°50'	13,18
26	269,76	5°35'	5,29	59	146,87	4°05'	14,65
27	147,74	5°45'	29,40	60	547,37	5°20'	2,18
28	129,61	5°20'	25,81	61	318,92	5°25'	1,27
29	103,29	5°18'	20,57	62	241,46	6°18'	0,96

<b>30</b>	153,94	4°35'	30,69	<b>63</b>	96,73	7°30'	19,18
<b>31</b>	159,05	4°45'	31,70	<b>64</b>	51,47	5°18'	10,25
<b>32</b>	208,71	6°10'	4,15	<b>65</b>	154,01	6°25'	30,61
<b>33</b>	410,81	6°05'	8,17	<b>66</b>	169,36	5°20'	8,43

Таблица 2. Значения 1:М,  $d_n$  и  $\nu$  к задаче 2

Номер варианта	1:М	$S_n$ , см	$N$	Номер вариант а	1:М	$S_n$ , см	$N$
<b>1</b>	1:10000	9,89	8°20'	<b>34</b>	1:500	6,79	3°15'
<b>2</b>	1:5000	39,89	4°10'	<b>35</b>	1:500	6,99	3°20'
<b>3</b>	1:2000	14,96	4°05'	<b>36</b>	1:2000	17,95	4°10'
<b>4</b>	1:2000	19,92	5°05'	<b>37</b>	1:10000	36,96	2°30'
<b>5</b>	1:25000	19,88	6°15'	<b>38</b>	1:10000	37,89	4°20'
<b>6</b>	1:2000	29,81	6°30'	<b>39</b>	1:5000	7,77	5°10'
<b>7</b>	1:5000	13,87	7°45'	<b>40</b>	1:5000	7,99	3°15'
<b>8</b>	1:25000	31,95	3°15'	<b>41</b>	1:2000	20,46	3°30'
<b>9</b>	1:25000	35,95	3°05'	<b>42</b>	1:2000	20,85	6°45'
<b>10</b>	1:50000	19,94	4°25'	<b>43</b>	1:25000	17,14	4°50'
<b>11</b>	1:50000	21,95	3°45'	<b>44</b>	1:25000	17,55	4°15'
<b>12</b>	1:5000	23,89	5°30'	<b>45</b>	1:1000	4,48	5°12'
<b>13</b>	1:50000	25,85	6°10'	<b>46</b>	1:1000	4,59	4°10'
<b>14</b>	1:10000	13,96	3°55'	<b>47</b>	1:5000	9,38	4°18'
<b>15</b>	1:10000	14,96	4°25'	<b>48</b>	1:2000	23,72	8°46'
<b>16</b>	1:5000	31,89	4°35'	<b>49</b>	1:1000	48,61	7°15'
<b>17</b>	1:5000	33,90	4°18'	<b>50</b>	1:1000	4,99	3°55'
<b>18</b>	1:10000	17,92	5°27'	<b>51</b>	1:500	10,18	3°15'
<b>19</b>	1:10000	18,09	6°08'	<b>52</b>	1:500	10,35	5°20'
<b>20</b>	1:500	3,97	6°29'	<b>53</b>	1:100000	52,78	5°10'
<b>21</b>	1:500	41,68	7°02'	<b>54</b>	1:100000	5,37	5°40'
<b>22</b>	1:2000	10,94	5°58'	<b>55</b>	1:25000	21,88	6°06'
<b>23</b>	1:2000	11,46	4°37'	<b>56</b>	1:25000	22,27	6°10'
<b>24</b>	1:5000	4,79	4°18'	<b>57</b>	1:1000	5,67	5°25'
<b>25</b>	1:5000	4,98	4°45'	<b>58</b>	1:1000	5,78	5°15'
<b>26</b>	1:2000	12,97	4°05'	<b>59</b>	1:5000	11,74	5°35'
<b>27</b>	1:2000	13,44	5°20'	<b>60</b>	1:5000	11,94	5°45'
<b>28</b>	1:1000	27,87	5°20'	<b>61</b>	1:2000	3,04	5°20'
<b>29</b>	1:1000	28,82	6°18'	<b>62</b>	1:2000	30,87	5°18'
<b>30</b>	1:100000	29,74	7°80'	<b>63</b>	1:10000	62,80	4°35'
<b>31</b>	1:100000	30,87	5°18'	<b>64</b>	1:10000	6,38	4°45'
<b>32</b>	1:50000	6,36	6°25'	<b>65</b>	1:2000	3,23	6°10'
<b>33</b>	1:50000	6,57	5°20'	<b>66</b>	1:10000	6,56	6°05'



**Таблица 3. Значения  $d$  и 1:М к задаче 3**

Номер варианта	Расстояние $S$ , м	1:М	Номер варианта	Расстояние $S$ , м	1:М	Номер варианта	Расстояние $S$ , м	1:М
1	586,20	1:10000	23	340,65	1:2000	45	167,18	1:1000
2	349,32	1:5000	24	830,85	1:5000	46	204,16	1:1000
3	284,60	1:2000	25	649,40	1:5000	47	316,48	1:5000
4	143,57	1:2000	26	297,58	1:2000	48	224,96	1:2000
5	658,20	1:25000	27	360,24	1:2000	49	284,15	1:1000
6	169,24	1:2000	28	459,18	1:1000	50	167,85	1:1000
7	386,75	1:5000	29	167,80	1:1000	51	96,49	1:500
8	610,26	1:25000	30	1986,5	1:100000	52	104,86	1:500
9	947,49	1:25000	31	2410,6	1:100000	53	2086,9	1:100000
10	1124,10	1:50000	32	864,5	1:50000	54	1864,5	1:100000
11	1576,40	1:50000	33	986,8	1:50000	55	974,80	1:25000
12	129,16	1:5000	34	89,64	1:500	56	848,37	1:25000
13	86,19	1:500	35	104,76	1:500	57	197,16	1:1000
14	267,28	1:1000	36	386,21	1:2000	58	186,28	1:1000
15	312,39	1:1000	37	469,70	1:10000	59	367,12	1:5000
16	285,16	1:5000	38	560,86	1:10000	60	486,37	1:5000
17	417,80	1:5000	39	387,16	1:5000	61	178,16	1:2000
18	675,42	1:10000	40	465,48	1:5000	62	241,65	1:2000
19	481,29	1:10000	41	216,71	1:2000	63	486,69	1:10000
20	94,86	1:500	42	196,90	1:2000	64	567,24	1:10000
21	169,74	1:500	43	869,25	1:25000	65	218,43	1:2000
22	264,24	1:2000	44	986,49	1:25000	66	389,16	1:10000

**Задача 4.1.** Определить предельную графическую точность планов масштаба 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000 и карт масштабов 1:10 000; 1:25 000; 1:50 000 и 1:100 000. Ответы поместить в табличной форме по примеру таблицы 4.

Пояснения. Предельная графическая точность  $t_n$  топографического плана зависит от точности зрительного распознавания мелких деталей чертежа и от фактически достижимой точности графических построений на бумаге. Разрешающая способность глаза характеризуется в среднем угловой величиной  $\Delta\beta \approx 1'$ . Линейную величину  $t_n$  зрительного распознавания мелких деталей на топографическом чертеже относят к расстоянию наилучшего

зрения  $L \approx 30$  см и принимают равной  $t_{\text{п}} = 0,1 \text{ мм} = 0,01 \text{ см} = 0,0001 \text{ м}$  [здесь  $t_{\text{п}} \approx L \text{tg}(\Delta\beta)$ ].

**Отрезок на местности  $t$ , соответствующий отрезку на плане  $t_{\text{п}} = 0,1$  мм, представляет предельную графическую точность масштаба** и вычисляется по формуле  $t = t_{\text{п}}M$ . Величина  $t$  характеризует также наивысшую графическую точность, с которой контуры объекта местности можно нанести на план чертежными инструментами.

Пример. Для плана масштаба 1:500 предельная точность масштаба составляет  $t = 0,01 \cdot 500 = 5$  см на местности. В метрах на местности  $t = 0,0001 \cdot 500 = 0,05$  м.

Таблица 4. Предельная графическая точность планов и средние погрешности измерения расстояний по плану

Масштаб плана, карты	Предельная графическая точность масштаба плана, карты $t = 0,0001 \cdot M, \text{ м};$	Результат измерения по карте отрезка: $d_{\text{п}} = 10,63 + 0,1 \times N$ см; где $N$ - номер варианта (в см). На местности $d \pm \Delta d$ м
1:500 (в 1 см 5 м)	0,05 м	При $N = 67$ $d = 86,65 \pm 0,25$ м
1:1000 (в 1 см )		
1:2000 ( )		
1:5000 ( )		
1:10 000 ( )		
1:25 000 ( )		
1:50 000 ( )		
1:100 000 ( )		

**Задача 4.2.** Вычислить длину линии на местности в горизонтальном проложении и среднюю погрешность ее длины, если расстояние определено по плану (карте) масштаба 1:М и равно  $d_{\text{п}} = 10,63 + 0,1 \times N$  см; где  $N$  – номер варианта (здесь выражается в см), например при  $N = 67$  принимаем  $d_{\text{п}} = 10,63 + 6,7 = 17,33$  см.

Решение задачи представить в таблице, составленной по форме таблицы 4 практикума.

Пояснения. Средняя погрешность  $\Delta d$  расстояния на местности, измеренного по карте между изображенными на ней четкими предметами местности, зависит от неточностей нанесения на карту

соответствующих контуров. При этом изображения контуров случайно или односторонне смещены один относительно другого и относительно линий координатной сетки в пределах от 0 до 1 мм, а в среднем величина смещения  $\delta_{\text{п}} = 0,5$  мм. Такие графические отклонения контуров возникают на карте в процессе съемочных работ на местности, при нанесении на карту условных знаков и в результате деформаций бумажной основы. Средняя погрешность измерения расстояний по карте (плану) характеризуется значением

$$\Delta d = \delta_{\text{п}} \cdot M. \quad (5)$$

Поскольку расстояния на местности выражаются в м, формулу (5) применяют в виде  $\Delta d = 0,0005 \cdot M$ .

Для характеристики точности расстояния на местности, измеренного по плану, полученный результат записывают так

$$d \pm \Delta d = (d_{\text{п}} \pm \delta_{\text{п}})M = d_{\text{п}} \cdot M \pm \delta_{\text{п}} \cdot M. \quad (6)$$

Например на плане масштаба 1:500 (в 1 см 5 м) измерено горизонтальное расстояние  $d_{\text{п}} = 10,0$  см. Длина соответствующей линии на местности согласно формуле (6) записывается как  $d = 50,0$  м  $\pm 0,25$  м (см. также пример в табл.4).

**Задача 5.** На отдельном листе чертежной бумаги размером приблизительно 206×300 мм выполнить три части этой задачи: *а, б, в*. Графически оформить их по образцу на рис. 3.

Технические требования:

1) чертежи линейного и поперечного масштабов следует размечать с помощью остро отточенного карандаша твердости 2М и металлической масштабной линейки ЛМП-1 или проверенной линейки иного типа (см. задание 1). Пластмассовые линейки для измерений в геодезических целях можно применять только после их проверки на прямолинейность и точность шкалы миллиметровых делений;

2) в окончательном виде чертеж масштабов вычерчивается черной тушью;

3) при отсутствии чертежных инструментов, обеспечивающих высокое качество вычерчивания тушью, взамен рейсфедера используется чертежное стальное перо №41; чертежная линейка должна иметь на ребре выступ, препятствующий стеканию туши с пера на бумагу.

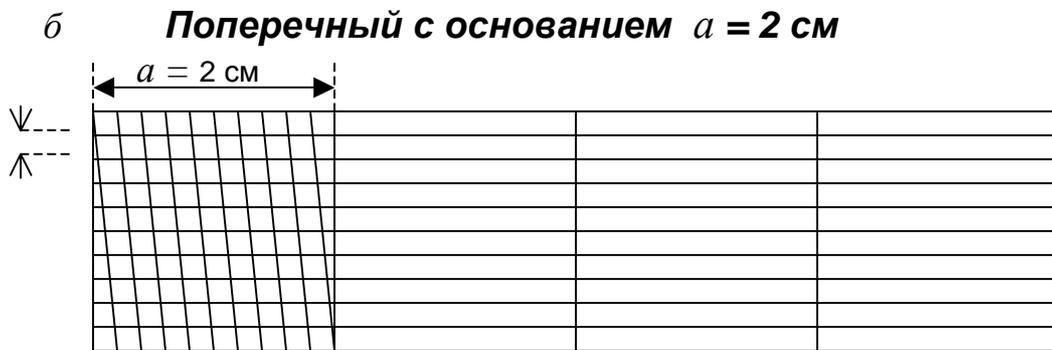
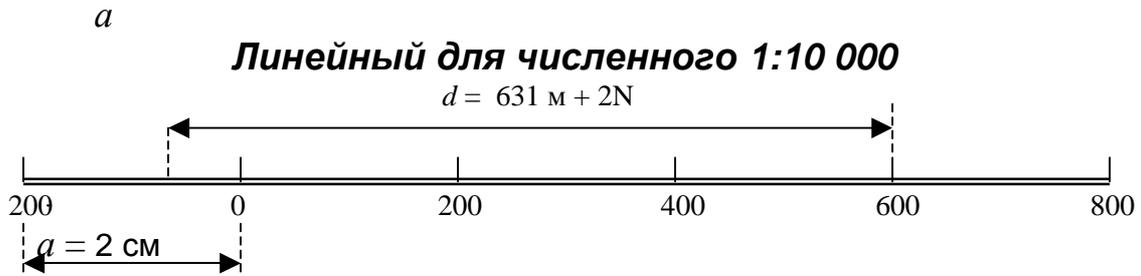
Рекомендуемая последовательность работ:

а) вычертить тушью чертеж линейного масштаба с основанием  $a=2$  см применительно к численному масштабу 1:10000; отметить на

нем отрезок  $d_n$ , соответствующий расстоянию на местности  $d = 631 \text{ м} + N$ , где  $N$  – число метров, разное номеру варианта, выданного студенту (например, при  $N = 37$  получаем  $d = 668 \text{ м}$ ). Это расстояние (см. образец на рис. 3а) складывается из отрезков  $3a + 3(0,1a) + 0,04a = 600 + 60 + 8 = 668 \text{ м}$ .

## МАСШТАБЫ

Вариант №



1:2000	40 м	0	40	80	120
1:5000	100	0	100	200	300
1:10 000	200	0	200	400	600
1:25 000	500	0	500	1000	1500

**в** Определение расстояний в масштабе плана

Масштаб плана	Расстояния на местности, м	Отрезки на плане, $d_n$
1:2000	$51,2+2N =$ $61,6+2N =$	$c$ _____ $b$ _____
1:5000	$142,6+2N =$ $188,7+2N =$	_____ _____
1:10 000	$381,3+2N =$ $250,6+2N =$	_____ _____

$$1:25\ 000 \quad 525,0+2N = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$660,3+2N = \underline{\hspace{2cm}}$$

Студент \_\_\_\_\_ гр. \_\_\_\_\_ курса \_\_\_\_\_ фак. \_\_\_\_\_

Рис. 3. Образец оформления задачи 5

б) вычертить тушью поперечный масштаб длиной 12 см по образцу рис. 3б, подписать последовательно значения делений при осно-

вании  $a = 2$  см для численных масштабов 1:2000, 1:5000, 1:10000 и 1:25000, как показано на образце рис. 3б;

в) пользуясь вычерченным поперечным масштабом и циркулем-измерителем, нанести на чертеж в табличку  $v$  отрезки  $d_n$ , соответствующие в масштабе 1:М расстояниям на местности  $d + 2N$ , где  $N$  – число метров, равное номеру варианта; значения  $d + 2N$  записываются в табличке  $v$  (см. рис. 3).

Например, линия длиной  $d + 2N = 61,0$  м изображается в масштабе 1:2000 отрезком  $d_n = cv$ , который измеряется на поперечном масштабе (см. рис. 3б) и наносится на чертеж в табличке (см. рис. 3в).

### Задание 3. УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ И ЛЕСНЫХ ПЛАНОВ И КАРТ

**3.1. Изучить назначение и применение условных знаков для топографических планов и карт, усвоить сущность их главных групп: контурных или масштабных, немасштабных и пояснительных.**

Рассмотреть оформление и содержание топографической карты на примере учебной карты **У-33-65-Б-а-1** (Ораны). Ознакомиться с выдержками из таблиц условных топографических знаков [3] (по учебникам [1], [2] и др., а также по рис.4 практикума).

Крупные объекты местности (лесные массивы, сельскохозяйственные площади, озера и др.) на плане и карте изображаются в уменьшенном и подобном очертании. Такие объекты вычерчивают контурными или масштабными условными топографическими знаками. Относительно небольшие по площади объекты, например колодцы, башенные сооружения, сельские здания и т.п., на плане крупного масштаба (1:500, 1:1000) изображаются контуром с достаточными для измерения на плане размерами (больше

1-2 мм), но для показа таких объектов на карте более мелкого масштаба (например 1:10000 и мельче) требуется учитывать предельную точность масштаба  $t_{\text{п}} - 0,1$  мм (см. решение задачи 4.1) и применять немасштабные условные топографические знаки, т.е. показывать предметы в преувеличенном изображении, пригодном для рассмотрения пользователем карты.

Пояснительные знаки – это цифровые, буквенные и словесные характеристики объектов, различные подписи, названия и указатели.

Например, надпись  $\frac{15}{0,3}$  означает, что на год составления или обновления карты лес березовый состоял в среднем из древостоев высотой 15 м, толщиной стволов около 0,30 м (на высоте 1,5 м), среднее расстояние между деревьями 5 м.

**3.2. Ознакомиться с примерами условных знаков для лесоустроительных планов (планшетов).** Примеры таких знаков приведены в учебнике [1] и на рис. 5 практикума.

**Задача 6. Вычертить условными топографическими знаками план участка местности в масштабе 1:5000.**

Указания:

1. С выданного преподавателем абриса (схематического чертежа) участка местности скопировать (на просвет) на лист чертежной бумаги формата, указанного в задаче 5, линии абриса и текстовые пояснения (пользоваться при этом остро отточенным мягким простым карандашом).

2. При вычерчивании топографического плана следует заменить схематические линии и пояснительные надписи условными топографическими знаками, примеры которых приведены в таблицах [3] и на рис. 4. Образцом для оформления деталей плана служит топографическая карта, например учебная карта масштаба 1:10 000 **У-33-65-Б-а-1** (Ораны).

Изображения объектов вычерчиваются тушью черного, зеленого и коричневого цвета тонким чертежным пером. Для нанесения условных знаков линейного вида необходимо пользоваться линейкой, для кольцевых знаков – циркулем-рейсфедером, для проведения горизонтали – рейсфедером-кривоножкой и лекальными линейками.

Кривые линии можно вычерчивать тушью чертежным пером №41 от руки. Пером двигают влево или вправо (но не на себя), при этом получают тонкие (около 0,2 мм) плавные линии постоянной толщины. При этом не следует пользоваться лекальными линейками.

Положение заполняющих значков условных знаков луга, сада, леса, саженного предварительно, размечается сеткой карандашных линий по размерам, указанным в [3].

Название объектов, их буквенные и цифровые характеристики, отметки точек подписываются параллельно верхней и нижней рамкам плана. Высоте букв и цифр – 2,5-3 мм.

Горизонталы проводятся тонкими (0,2 мм) сплошными линиями светло-коричневой тушью. В разрывах горизонталей подписываются той же тушью их отметки, а основание цифр обращается в сторону понижения рельефа. Бергштрихами длиной 0,8 мм указывают направление понижения поверхности, их наносят в минимальном количестве для уточнения форм рельефа.

На рис. 4. приведен фрагмент карты в черно-белом изображении в качестве примера для начертания условных знаков при выполнении задачи 6.

### ***План участка местности***





сплошные заросли  
кустарника

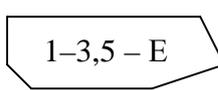
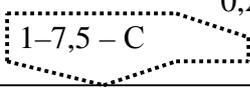
луг

болото  
проходимое

пашня,  
огород

Рис 5

**УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ**  
для лесоустроительного планшета

Объект	№ знака	Изображение на планшете
Квартальные просеки	37	 0,8
Просеки шириной до 20 м	40	 0,8 4 2 4
Таксационные визиры	42	 0,2
Границы лесничеств: линия черным цветом отмывка слабым зеленым	6	 0,4
Границы таксационных выделов, установленные инструментально, т.е. проложением буссольного хода	43	 0,2 1-3,5 - E
Границы таксационных выделов, установленные для нечетких контуров приближенно	44	 0,2 1-7,5 - C
Лесные дороги	51	 0,4

Показанные ниже условные знаки и надписи размещаются на планшете параллельно южной или северной стороне его рамки по предварительной разметке

<i>Пашни</i>	<i>Сенокосы</i>	<i>Гари</i>	<i>Вырубки</i>	<i>Болота</i>
				
123	125	132	134	135

Номер лесного квартала (числитель) и его площадь (знаменатель):

Учебная таксационная формула выдела (применяется только в учебном задании):  
**2 - 35 - C 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10**

В формуле: **номер выдела – площадь, га – порода насаждения**

**С** – сосна; **Е** – ель; **Д** - дуб; **Б** -- береза; **О** -- ольха; **В** – вырубка; **Г** -- гарь

Таксационная формула вырубки: **8 -- 17,4 – 05 – В**; ( в формуле: номер выдела – площадь, га – год вырубки – обозначение вырубки)

Рис.6. Условные знаки и пояснительные надписи

**Задача 7.** (Самостоятельная работа). В тетради №1 с помощью карандаша горизонталями с высотой сечения рельефа  $h_c = 1$  м изобразить основные формы рельефа: холм, замкнутую котловину, ложину, хребет, седловину, плоскую поверхность с некоторым углом наклона, подписать названия форм рельефа.

#### **Задание 4. НОМЕНКЛАТУРА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ**

Изучить систему обозначения (номенклатуру) топографических карт различных масштабов и решить задачу.

**Задача 8.** Для листа топографической карты с номенклатурным обозначением, указанным в табл. 5, определить: а) численный масштаб; б) широту северной, и южной рамок, долготу и западной, и восточной рамок; в) номенклатуру 4-х смежных листов карты этого же масштаба.

Указания.

1. Пункт а выполнить по материалам лекций или учебников [1], [2] и других.

2. При работе над пунктами б и в последовательно составлять схемы разграфки исходного листа карты масштаба 1:1000000 на карты более крупных масштабов (см. учебники1), [2]).

Пример. Лист карты обозначен N-37-4-Б-в-3. По фрагменту схемы разграфки листов международной карты масштаба 1:1000 000 (одна миллионная) на рис.7 находим, что данная карта располагается в пределах географических границ карты N-37 масштаба 1:1000000 (Москва): долгота ее западного меридиана равна  $\lambda_3=36^\circ$ , восточного меридиана  $\lambda_в=42^\circ$ ; широта ее южной параллели  $\varphi_Ю=52^\circ$ , северной  $\varphi_С=56^\circ$ .

Составляем схему листа (трапеции) N -37 (рис.8а) и подписываем найденные значения географических долготы и широты сторон ее рамки. Для разграфки листов карты масштаба 1:100 000 на

схеме листа N-37 через равные промежутки проводим 11 меридианных линий и 11 параллелей и получаем 144 трапеции, которые последовательно нумеруются, и этим определяется номенклатурное обозначение листов карты масштаба 1:100000 (например, N-37-4), их взаимное расположение, широта и долгота рамок.

Таблица 5

**Номенклатура карт для задачи 7**

Номер варианта	Номенклатура	Номер варианта	Номенклатура	Номер варианта	Номенклатура
1	K-32-1-A-a-1	23	M-36-6-A-г-2	45	N-33-25-B-B-4
2	N-40-1-A-a-1	24	M-39-24-B-a-1	46	K-32-17-B-б-3
3	N-38-2-B-б-2	25	N-35-144-A-б-3	47	J-37-19-B-B-1
4	O-40-13-B-a-1	26	K-36-123-B-г-2	48	N-39-16-A-B-2
5	N-33-144-A-б-3	27	M-37-86-B-г-2	49	J-38-18-B-б-3
6	M-38-5-B-б-4	28	P-38-34-A-б-1	50	O-45-17-A-2-4
7	O-36-140-B-a-1	29	O-36-3-A-б-4	51	M-38-97-A-б-2
8	J-37-135-A-a-4	30	O-37-20-B-B-1	52	M-36-35-B-B-3
9	K-38-113-B-a-3	31	N-33-11-A-б-2	53	K-34-20-A-a-4
10	O-34-100-A-б-1	32	J-88-15-B-B-1	54	O-43-27-B-B-1
11	N-40-1-B-B-2	33	N-34-98-A-б-2	55	M-35-91-A-б-2
12	M-34-2-A-б-3	34	N-37-83-B-B-2	56	K-33-15-B-a-1
13	M-33-3-B-B-1	35	J-33-14-A-б-3	57	K-32-13-A-б-4
14	N-36-36-A-г-1	36	N-40-3-B-a-4	58	N-37-7-B-б-1
15	O-35-98-B-B-2	37	N-35-5-A-б-1	59	N-34-11-A-б-2
16	M-34-21-A-б-4	38	O-36-6-B-B-2	60	J-38-23-B-B-4
17	K-38-99-B-B-1	39	P-36-1-A-a-4	61	O-39-32-A-г-1
18	K-40-1-A-2-4	40	L-37-48-B-A-2	62	P-40-41-B-B-2
19	M-34-2-B-б-3	41	J-35-21-A-б-3	63	N-36-14-A-г-3
20	J-35-5-Г-a-2	42	L-36-33-B-B-1	64	K-40-13-B-B-4
21	M-37-17-B-B-2	43	M-38-21-A-б-4	65	K-37-21-A-б-3
22	N-39-18-B-2-3	44	M-34-133-B-B-1	66	M-35-18-B-a-1

Составляем схему трапеции N-37-4 (рис. 8б), в географических границах которой располагается наша карта N-37-4-B-B-3. Подписываем широту  $\varphi_C$ ,  $\varphi_{Ю}$  и долготу  $\lambda_3$ ,  $\lambda_B$  ее рамок, пользуясь схемой на рис. 8а. Для разрабки листов карты масштаба 1:50000 схему N-37-4 разграфляем на 4 части, каждую из которых обозначаем

заглавными буквами А, Б, В, Г русского алфавита, и определяем на схеме положение листа N-37-4-Б топографической карты масштаба 1:50000, широту и долготу параллелей и меридианов, образующих рамку. Разграфкой листа Б на 4 части, находим такие же данные для листа карты масштаба 1:25000 N-37-4-Б-в. Аналогично определяем положение листа карты масштаба 1:10 000 с номенклатурным обозначением N-37-4-Б-в-3,

Рис. 4. Фрагмент схемы разграфки топографических карт масштаба 1:1000 000

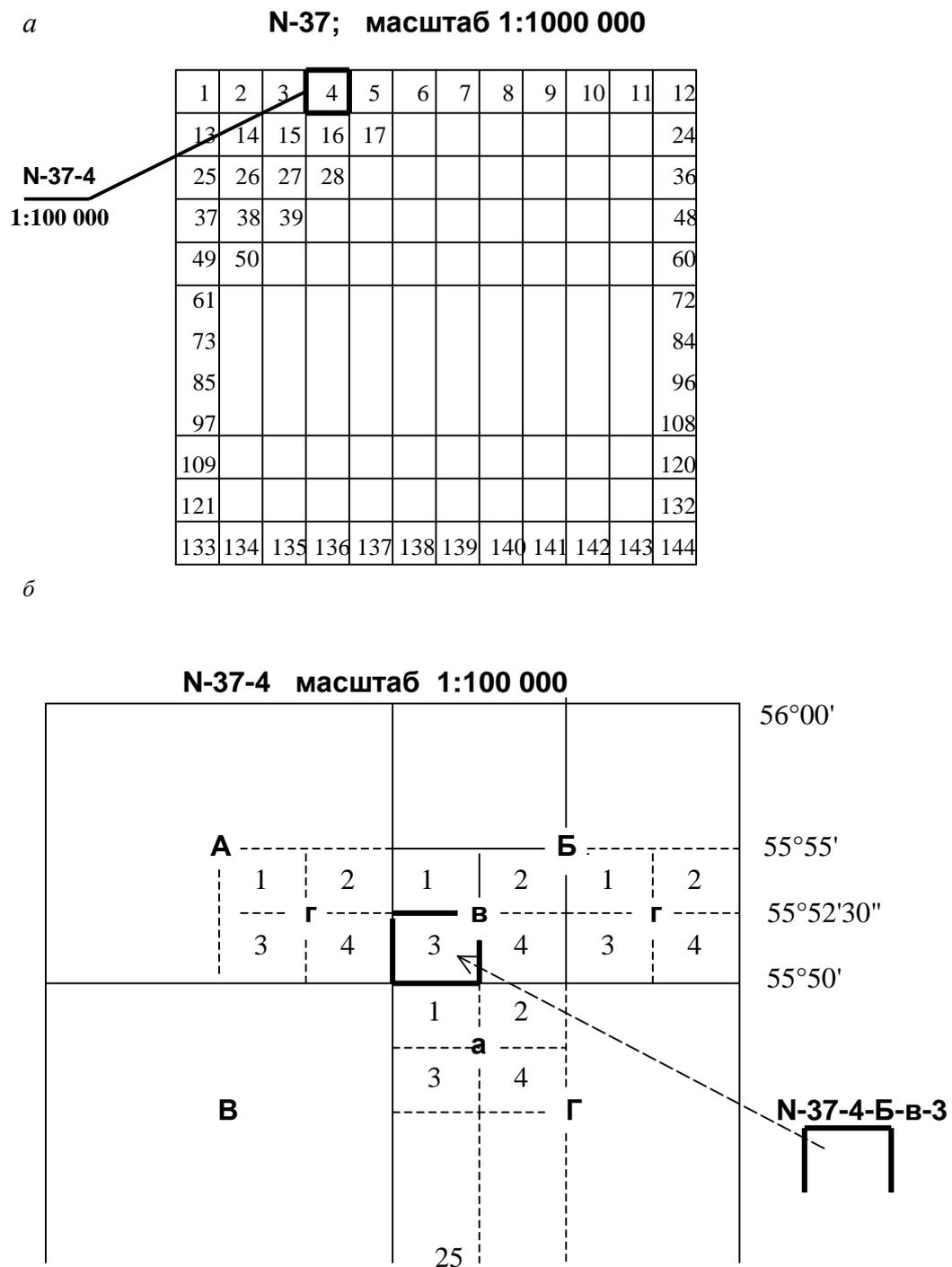


Рис. 8. Схемы разграфки топографических карт: *a* – масштаба 1:100 000;  
*б* – масштаба 1:50000, 1:25000 и 1:10000  
 а также географические координаты его рамок:  $\varphi_C = 55^\circ 52' 30''$ ;  
 $\varphi_{Ю} = 55^\circ 50'$ ;  $\lambda_3 = 37^\circ 45'$ ;  $\lambda_B = 37^\circ 48' 45''$ .

Пункт *в*) выполняется на основе схемы, составленной при ответах по пункту *б*) задания. В нашем примере номенклатура смежных листов карты масштаба 1:10000 определяется по рис. 8*б*. Для листа: к северу – N-37-4-Б-в-1, к западу – N-37-4-А-г-4, к югу – N-37-4-Г-а-1.

## Задание 5. ОРИЕНТИРОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ

### 5.1. Задания по усвоению исходных понятий

Твердо усвоить понятия о сетке географических координат, определения географических меридианов, магнитных меридианов, осевого меридиана 6-градусной координатной зоны, азимутов географического и магнитного, дирекционного угла. Знать сущность и знак склонения магнитной стрелки, сущность и знак сближения меридианов на сфероиде и на плоскости в 6-градусной координатной зоне. Усвоить определения и правила записи румбов с их наименованием.

Усвоить перевод магнитных азимутов в географические, географических азимутов в дирекционные углы и обратные зависимости (§1.5 [1] или § 32, 33 [2], с. 103). Усвоить на численных примерах переходы от азимутов к румбам и от румбов к азимутам.

Усвоить следующие дополнительные пояснения.

Географические меридианы не параллельны между собой и также не параллельны между собой их изображения на плоскости в 6-градусных координатных зонах. Меридианы на плоскости изображаются кривыми линиями (рис. 9*а*), но осевой меридиан каждой зоны изображается прямой и принимается за ось абсцисс. Параллельно оси абсцисс и оси ординат (изображение экватора) на плоскости строится прямоугольная координатная (на картах километровая) сетка.

В различных точках ориентируемой прямой 1-2 ее географический азимут получает значения  $A$  (в точке 1),  $A_K$  (в точке  $K$ ),  $A_0$  (в точке  $O$  пересечения с основным меридианом, причем здесь азимут  $A_0$  равен дирекционному углу  $\alpha$ ). В тех же точках угол сближения меридианов равен соответственно  $-\gamma$ ,  $-\gamma_K$  и  $\gamma_0 = 0$ . Дирекционный угол  $\alpha$ , в отличие от географического азимута прямой линии, постоянен для всех ее отрезков, и поэтому в системе прямоугольных координат упрощаются многие расчеты по ориентированию линий и вычислению координат точек.

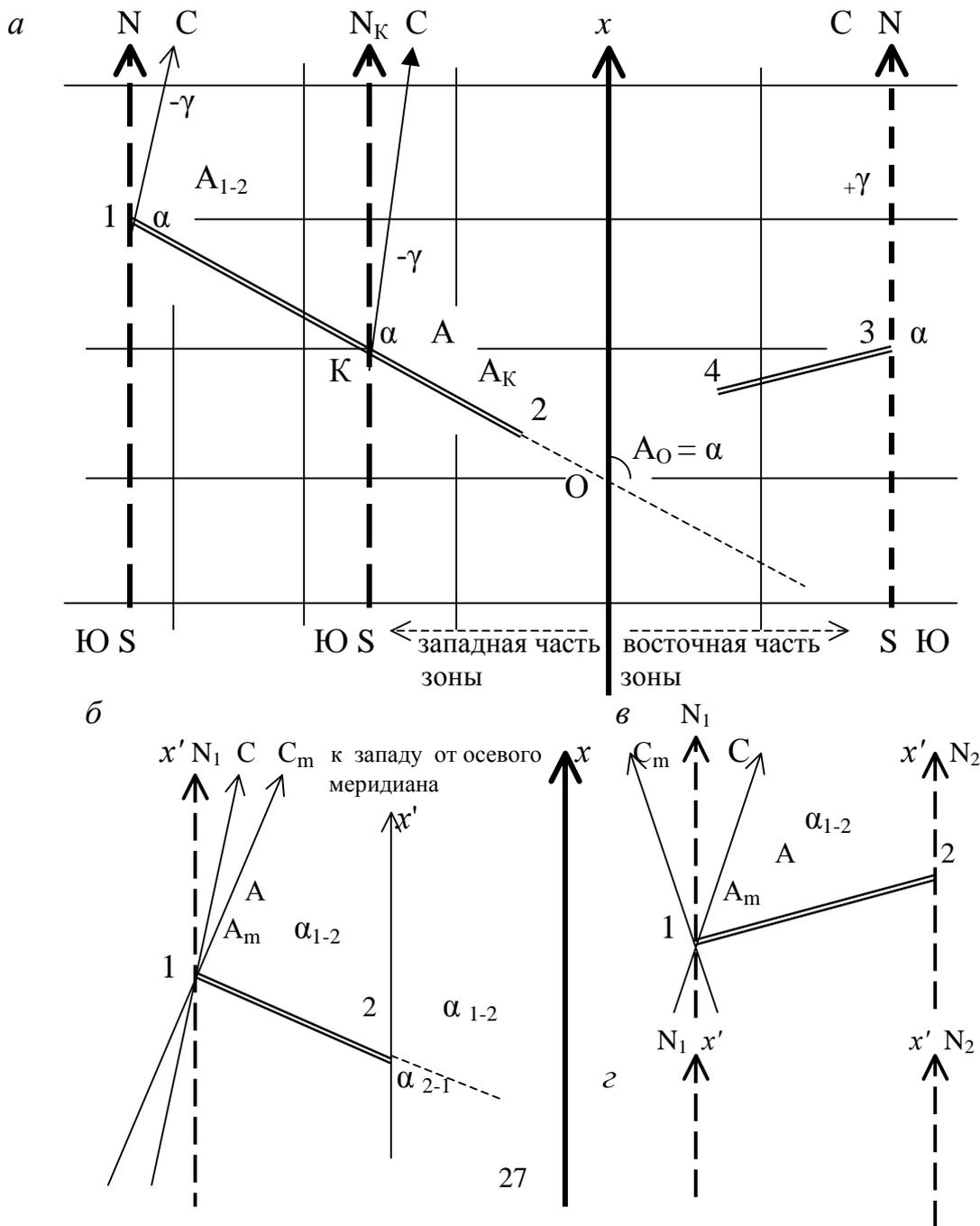




Рис.9. Географические меридианы, азимуты географические, дирекционные углы и румбы на плоскости в 6-градусной координатной зоне:  
*a* – азимуты и дирекционные углы в западной и восточной частях зоны; *б, в, г* -- примеры, поясняющих схем к решению задач на ориентирование

Согласно рис. *ба* азимут географический и дирекционный угол связаны формулой (с учетом знака угла сближения меридианов в западной и восточной частях 6-градусной зоны)

$$A = \alpha + \gamma. \quad (7)$$

Географический и магнитный азимуты различаются на угол склонения магнитной стрелки  $\delta$ :

$$A = A_m + \delta. \quad (8)$$

Угол  $\delta$  учитывается со знаком (+) при восточном склонении магнитной стрелки и (–) при западном.

Обратный географический азимут линии 1-2 определяется в точке 2 и поэтому отличается от прямого азимута  $A_{1-2}$  на  $180^\circ + \gamma$ , т.е.

$$A_{2-1} = A_{1-2} + 180^\circ + \gamma, \quad (A_{2-1} < 360^\circ). \quad (9)$$

Обратный дирекционный угол отличается от прямого ровно на  $180^\circ$ , т.е.

$$\alpha_{2-1} = \alpha_{1-2} \pm 180^\circ, \quad (\alpha_{2-1} < 360^\circ). \quad (10)$$

Для вычисления румбов (географических, дирекционных или магнитных) применяют формулы, приведенные в табл. 6.

Таблица 6. Зависимость между румбическими и азимутальными направлениями прямых линий

Азимут (дирекционный угол), <i>A</i>	Четверть	Вычисление румба, <i>r</i>	Пример записи румба	Вычисление азимута или дирекционного угла
0° - 90°	I (СВ)	$r = СВ: A$	СВ: 70° 30'	$A = r$
90° - 180°	II (ЮВ)	$r = ЮВ: (180^\circ - A)$	ЮВ: 73° 10'	$A = 180^\circ - r$
180° - 270°	III (ЮЗ)	$r = ЮЗ: (A - 180^\circ)$	ЮЗ: 45° 00'	$A = 180^\circ + r$
270° - 360°	IV (СЗ)	$r = СЗ: (360^\circ - A)$	СЗ: 35° 45'	$A = 360^\circ - r$

Вычисленный по географическому азимуту румб обозначается  $r_g$ , по магнитному –  $r_m$ , по дирекционному –  $r$ .

### 5.2. Задачи на ориентирование.

Указание. Решение каждой из задач 9-12 следует дополнять поясняющей схемой. На схеме сначала прочерчивают через точку 1 линию географического меридиана СЮ (см. рис.9б), затем с учетом знака угла  $\delta$  склонения магнитной стрелки прочерчивают линию магнитного меридиана  $C_mЮ_m$ . Линию  $N_1S_1$  (ось  $x'$ , параллельную осевому меридиану, который служит осью абсцисс), проводят с учетом знака угла  $\gamma$  сближения меридианов – данной точки СЮ и осевого  $N_1S_1$ . Для справок можно пользоваться схемами на рис. 6.

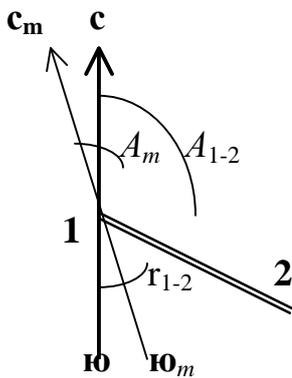


Рис. 10

**Задача 9.** Для прямой линии 1-2 известны магнитный азимут  $A_m$  и склонение  $\delta_1$  магнитной стрелки в точке 1 (см. табл. 7).

Вычислить географический азимут  $A_{1-2}$  и румб  $r_{1-2}$ . Дать поясняющую схему.

Пример. При  $A_m = 140^\circ 26,8'$ ,  $\delta_1 = -0^\circ 40,5'$  на поясняющей схеме рис. 10 через точку 1 проводим географический меридиан СЮ, и линию  $C_m$  магнитного меридиана с западным склонением магнитной стрелки  $-\delta_1$ .

Затем проводим линию **1-2** под углом  $A_m \approx \approx 140^\circ$  (приблизительно). Дуговыми линиями

показываем азимуты магнитный  $A_m$  и географический  $A$ . В соответствии со схемой и формулой (8) находим  $A_{1-2} = 140^\circ 26,8' - 0^\circ 40,5' = 139^\circ 46,3'$ . Здесь румб  $r_{1-2} = 180^\circ - 139^\circ 46,3' = ЮВ:40^\circ 13,7'$ .

**Задача 10.** Для линии 1-2 определены в точке 1 магнитный азимут  $A_{m(1-2)}$ , склонения магнитной стрелки  $\delta_1$ , сближение меридианов  $\gamma_1$  (см. табл. 7). Вычислить дирекционный угол  $\alpha_{1-2}$ , прямой  $r_{1-2}$  и обратный  $r_{2-1}$  дирекционные румбы. Составить поясняющий чертеж.

Пример. Даны:  $A_{m(1-2)} = 140^\circ 28,6'$ ;  $\delta_1 = +3^\circ 00,0'$ ;  $\gamma_1 = -1^\circ 50,2'$ . Вычислить  $\alpha_{1-2}$ ,  $r_{1-2}$  и  $r_{2-1}$ .

При составлении поясняющего чертежа сначала следует провести осевой меридиан зоны (см. рис. 9б), затем нанести точку 1, расположив ее западнее линии  $x$ , если дано отрицательное значение сближения меридианов ( $-\gamma$ ), или восточнее этой линии, если сближение положительно.

Провести линию  $C_mЮ_m$  магнитного меридиана, учитывая размер (на глаз) и знак угла  $\delta$ . Если угол положительный, то  $C_mЮ_m$  будет уклоняться от  $CЮ$  к востоку (см. рис. 9б), если отрицательный – к западу (рис. 6б).

Прямой отрезок 1-2 провести под углом  $A_m$  (на глаз) относительно линии  $C_mЮ_m$ . Показать дугами углы  $A_m, A$  и  $\alpha$  линии 1-2 и  $\alpha_{1-2}$ . Схема на рис. 9 поясняет соотношение между дирекционными углами  $\alpha_{1-2}, \alpha_{2-1}$  и соответствующими им румбами  $r_{1-2}$  и  $r_{2-1}$ .

Численное решение. Приравняв выражения (7) и (8), определяем, что прямой дирекционный угол  $\alpha_{1-2} = A_{m(1-2)} + \delta_1 - \gamma_1 = 140^\circ 28,6' + 3^\circ 00,0' - (-1^\circ 50,2') = 145^\circ 18,6'$ . Обратный дирекционный угол вычисляем по формуле (10):  $\alpha_{2-1} = 145^\circ 18,6' + 180^\circ = 325^\circ 18,6'$ ; прямой дирекционный румб (см. табл. 6)  $r_{1-2} = 180^\circ - \alpha_{1-2} = ЮВ:34^\circ 31,4'$ ; обратный дирекционный румб (северо-западный)  $r_{2-1} = СЗ:34^\circ 41,4'$ .

Проверка численного решения. Пользуясь составленной поясняющей схемой (см. также рис. 9б) находим, что искомым дирекционный угол  $\alpha_{1-2} = A_{m(1-2)} + |\delta| + |\gamma|$ . Подставив те же исходные данные, получаем прежний результат  $\alpha_{1-2} = 145^\circ 18,6'$ .

**Задача 11.** Для ломанной линии 1-2-3 в табл. 8 приведены ориентирующие углы  $A_{m(2-1)}, A_{2-3}$  и склонение  $\delta_2$  магнитной стрелки в точке 2.

Вычислить значение левого по ходу 1-2-3 угла  $\beta$  с вершиной в точке 2.

Решение. Проводим линию  $CЮ$  географического меридиана (см. рис. 7), отмечаем точку 2 и с учетом знака угла  $-\delta_2$  проводим линию магнитного меридиана  $C_mЮ_m$ . Наносим отрезки 2-1 и 2-3 по значениям их ориентирующих углов  $A_{m(2-1)}$  и  $A_{2-3}$ . По схеме видно, что искомым углом  $\beta = A_{2-3} - A_{2-1}$ , где  $A_{2-1} = A_{m(2-1)} + \delta_2$

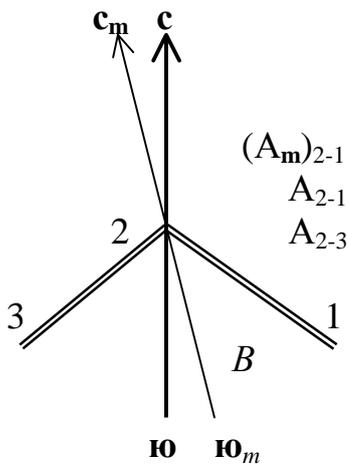


Рис. 11. Схема к решению задачи 10

**Задача 12.** Географические азимуты  $A_{2-1}$  и  $A_{2-3}$ , известные по задаче 10, перевести в румбы  $r_{2-1}$  и  $r_{2-3}$  сторон 2-1 и 2-3. Пользуясь румбами, найти левый по ходу углов  $\beta$ . Решение пояснить чертежом. Результаты решения задач 10 и 11 должны совпасть.

**Пример.** Даны:  $A_{2-1}=124^{\circ}35,6'$ ;  $A_{2-3}=245^{\circ}20,0'$ . Вычислить левый и правый по ходу 1-2-3 горизонтальные углы  $\beta$  и  $\omega$ .

**Решение.** Вычисляем  $r_{2-1} = 180 - A_{2-1} = \text{ЮВ}:55^{\circ}24,4'$ ;  $r_{2-3} = A_{2-3} - 180^{\circ} = \text{ЮЗ}:65^{\circ}20'$ . В соответствии со схемой румбических направлений (рис. 11) линий 2-1 и 2-3 находим  $\beta = r_{2-1} + r_{2-3} = 120^{\circ}44,4'$ . Правый по ходу 1-2-3 угол  $\omega = 360^{\circ} - \beta = 239^{\circ}15,6'$ .

**Таблица 7. Значения магнитного азимута  $A_m$ , склонения магнитной стрелки  $\delta$  и сближения меридианов  $\gamma$  к задачам 9 и 10**

Номер варианта	$A_{m(1-2)}$	$\delta_1$	$\gamma_1$	Номер варианта	$A_{m(1-2)}$	$\delta_1$	$\gamma_1$
1	48°15,2'	+4°16,5'	-0°19,4'	34	71°27,8'	-1°46,3'	+0°20,4'
2	67°48,4'	+3°11,6'	+1°17,2'	35	67°24,0'	+1°10,4'	-0°37,2'
3	117°57,5'	-2°16,7'	0°38,4'	36	68°41,5'	-2°38,5'	-1°16,2'
4	167°50,3'	-1°12,3'	0°40,5'	37	77°24,5'	-0°40,2'	-0°24,5'
5	180°03,5'	+2°13,4'	+1°10,1'	38	67°18,2'	+1°30,4'	+0°59,4'
6	169°05,2'	-0°49,0'	-1°20,4'	39	71°18,7'	-1°24,7'	+4°21,0'
7	121°15,6'	+2°16,7'	-1°34,9'	40	60°28,4'	+1°6,9'	-1°26,0'
8	150°43,8'	-1°27,8'	-0°14,2'	41	149°41,7'	-0°58,4'	+0°46,3'
9	159°16,7'	-2°13,0'	-1°44,8'	42	230°19,0'	-0°29,5'	+0°10,5'
10	249°13,4'	+2°27,1'	+1°16,8'	43	64°16,5'	-3°18,6'	1°06,2'
11	161°00,1'	-1°16,5'	-2°18,0'	44	74°27,4'	+4°36,2'	-1°20,6'
12	199°15,2'	+0°27,8'	+4°20,5'	45	60°48,8'	-0°48,5'	0°00,3'
13	140°28,3'	4°13,2'	+0°16,3'	46	61°00,6'	-1°16,9'	-2°20,4'
14	159°51,3'	-2°18,0'	+1°13,5'	47	67°18,4'	+2°16,1'	-1°18,4'
15	136°28,5'	-3°27,1'	+230,9'	48	139°24,1'	-2°14,2'	-0°16,1'
16	47°38,9'	+1°6,2'	-1°53,4'	49	167°28,2'	+0°43,7'	+0°46,7'
17	52°40,2'	-2°18,3'	+1°16,7'	50	134°39,3'	+3°21,4'	-2°16,8'
18	150°02,5'	+3°18,1'	-1°27,3'	51	297°28,0'	+1°14,8'	-2°26,1'
19	211°16,7'	-2°20,5'	+3°31,8'	52	200°30,1'	+2°16,9'	+1°27,2'
20	160°25,8'	+1°16,9'	-2°18,7'	53	211°37,6'	-0°27,0'	+1°38,9'
21	237°15,4'	-2°15,1'	-0°23,0'	54	259°16,5'	+0°49,6'	+0°58,1'

<b>22</b>	24726,8'	+1°13,5'	+0°48,4'	<b>55</b>	237°28,2'	-0°51,2'	-0°58,1'
<b>23</b>	151°16,9'	-0°49,2'	+2°13,8'	<b>56</b>	121°16,2'	-2°17,4'	-1°01,2'
<b>24</b>	290°17,0'	+1°39,2'	+4°15,2'	<b>57</b>	126°12,8'	+1°20,8'	-2°42,4'
<b>25</b>	200°00,0'	+1°15,2'	-0°49,8'	<b>58</b>	239°26,0'	-1°16,9'	+1°27,2'
<b>26</b>	230°48,8'	-0°48,5'	+0°00,3'	<b>59</b>	247°28,4'	+1°15,8'	-1°15,2'
<b>27</b>	200°08,9'	-1°16,7'	+1°26,5'	<b>60</b>	167°24,5'	-1°16,2'	-1°17,4'
<b>28</b>	161°38,6'	+2°21,2'	-2°19,9'	<b>61</b>	330°00,4'	+0°00,4'	-1°27,0'
<b>29</b>	132°16,9'	-1°17,8'	+1°26,8'	<b>62</b>	237°00,6'	+1°27,2'	-1°34,5'
<b>30</b>	323°27,1'	+1°20,6'	-0°47,9'	<b>63</b>	249°00,9'	+2°47,3'	+1°40,4'
<b>31</b>	180°00,0'	-0°40,5'	-0°40,5'	<b>64</b>	70°15,2'	-1°30,4'	+2°16,2'
<b>32</b>	258°16,7'	+2°41,6'	-1°00,2'	<b>65</b>	67°28,8'	+1°26,0'	+0°16,4'
<b>33</b>	143°19,5'	+3°21,5'	-2°41,0'	<b>66</b>	229°16,9'	-1°10,2'	+3°31,5'

Таблица 8. Исходные данные к задаче 11

Номер варианта	$A_{m(2-1)}$	$\delta_{2-3}$	$\gamma_2$	Номер варианта	$A_{m(2-1)}$	$\delta_{2-3}$	$\gamma_2$
<b>1</b>	48°15'	126°17'	-3°16'	<b>34</b>	71°28'	167°24'	+7°16'
<b>2</b>	124°44'	236°16'	+4°20'	<b>35</b>	67°24'	155°41'	+6°20'
<b>3</b>	117°57'	203°30'	-4°06'	<b>36</b>	68°41'	139°36'	+6°03'
<b>4</b>	167°50'	238°44'	-4°12'	<b>37</b>	77°24'	164°38'	-3°33'
<b>5</b>	150°03'	253°34'	3°4'	<b>38</b>	67°18'	154°10'	-4°43'
<b>6</b>	169°05'	251°43'	-5°20'	<b>39</b>	71°19'	161°37'	-4°19'
<b>7</b>	121°15'	253°16'	+8°18'	<b>40</b>	60°28'	155°26'	+5°47'
<b>8</b>	150°43'	236°53'	+7°16'	<b>41</b>	149°41'	240°40'	+4°28'
<b>9</b>	159°17'	247°51'	+6°27'	<b>42</b>	230°19'	300°30'	-5°17'
<b>10</b>	200°13'	300°55'	+3°33'	<b>43</b>	64°16'	125°36'	+3°46'
<b>11</b>	161°00'	229°15'	+5°18'	<b>44</b>	74°27'	155°51'	+6°29'
<b>12</b>	99°15'	218°44'	+4°37'	<b>45</b>	60°49'	164°27'	-4°27'
<b>13</b>	140°28'	253°33'	+4°12'	<b>46</b>	61°00'	138°50'	-4°44'
<b>14</b>	159°51'	261°41'	+4°50'	<b>47</b>	67°18'	124°37'	+3°30'
<b>15</b>	136°28'	222°27'	+317'	<b>48</b>	139°24'	237°55'	+4°59'
<b>16</b>	147°38'	253°13'	-5°08'	<b>49</b>	167°28'	248°44'	+3°50'
<b>17</b>	152°40'	234°17'	-5°08'	<b>50</b>	134°39'	250°50'	-3°36'
<b>18</b>	150°02'	218°57'	-8°19'	<b>51</b>	127°28'	247°34'	-5°30'
<b>19</b>	71°16'	153°44'	-4°29'	<b>52</b>	100°31'	200°41'	+4°21'
<b>20</b>	160°25'	247°26'	+8°13'	<b>53</b>	111°38'	222°38'	+2°38'
<b>21</b>	137°15'	250°00'	+5°33'	<b>54</b>	59°16'	136°47'	+5°06'

22	47°27'	155°26'	+4°41'	55	137°13'	229°41'	+6°26'
23	51°16'	157°42'	+3°50'	56	121°21'	231°40'	+5°20'
24	80°31'	153°27'	+4°13'	57	126°12'	220°20'	-8°17'
25	100°00'	233°43'	+4°17'	58	139°26'	248°46'	-7°37'
26	130°09'	216°53'	-5°19'	59	147°48'	209°51'	-3°21'
27	61°38'	170°30'	-6°20'	60	67°24'	154°47'	-5°36'
28	161°36'	229°46'	-6°27'	61	30°00'	130°00'	-5°30'
29	152°17'	162°17'	+3°15'	62	137°00'	229°49'	+6°02'
30	123°27'	204°16'	+5°40'	63	149°59'	251°13'	+3°18'
31	60°00'	129°30'	-3°30'	64	70°15'	161°41'	+5°21'
32	158°17'	237°17'	-5°27'	65	129°16'	243°34'	-5°29'
33	143°26'	243°47'	+4°51'	66	37°18'	147°48'	-5°26'

## **Задание 6. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ПЛАНАМ И КРУПНОМАСШТАБНЫМ КАРТАМ**

### **6.1. Задания на усвоение исходных определений и понятий.**

Повторить сведения об ориентирующих углах, о масштабах планов и карт, об определении по карте широты, долготы и прямоугольных координат точек. Изучить сущность изображения на карте рельефа местности с помощью горизонталей. Усвоить понятия «угол наклона», «уклон» отрезка прямой линии на земной поверхности, «высоты сечения рельефа», «заложение». Изучить примеры задач, решаемых по топографической карте с горизонталями. Усвоить сущность изображения меридианов и параллелей на плоскости в проекции Гаусса-Крюгера для координатных 6-градусных зон и использования меридианов и параллелей для назначения рамок топографических карт в единой системе географических координат.

Дополнительные пояснения к показу на топографической карте географических координат и прямоугольных зональных координат в проекции гаусса-Крюгера приведены на рис.12. Лист 1 некоторой карты относится к западной части зоны, а лист 2 – к восточной. Линии координатной (километровой) сетки проходят под углом –  $\gamma$  или +  $\gamma$  к рамкам карты. Это показано на рис. 9а, б.

### **6.2. Задачи на топографической карте**

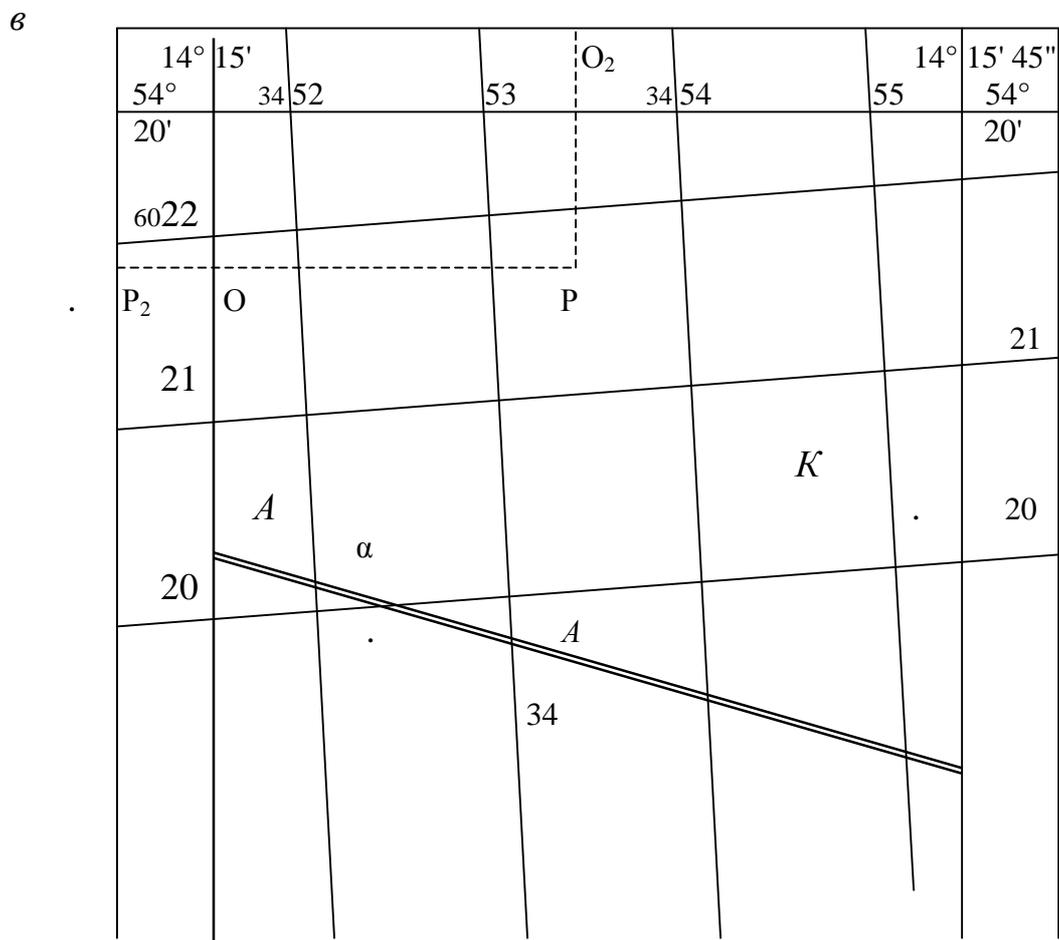
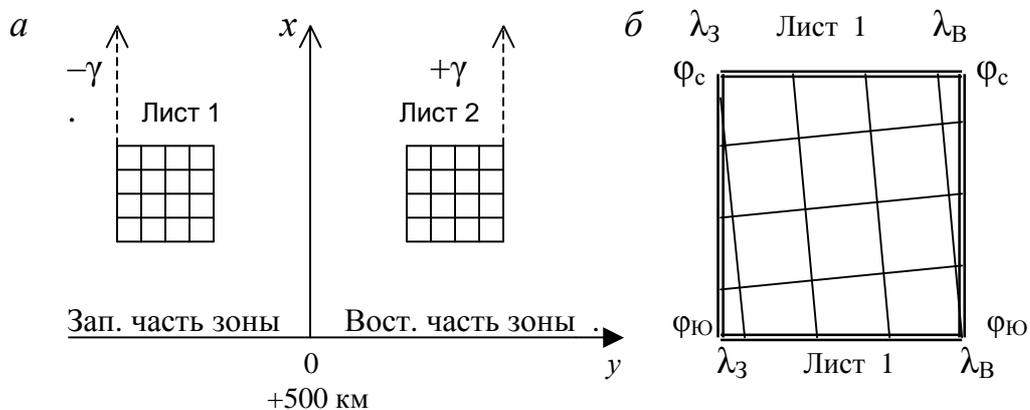
**Задача 13.** По топографической карте измерить при помощи транспортира ТГ следующие ориентирующие углы шоссейной дороги, считая прямым ее направление к востоку: а) географический азимут;

б) дирекционный угол. Вычислить угол сближения меридианов. Оценить точность измерения углов транспортиром на карте.

**Пример.** По карте (см. рис.12в) измерены транспортиром ориентирующие углы шоссейной дороги: географический азимут  $A = 97,7^\circ$ , дирекционный угол  $\alpha = 100,5^\circ$ . Сближение меридианов в этом случае составит  $\gamma' = A - \alpha = -2,8^\circ = -2^\circ 48'$ .

Для оценки точности измерения углов  $A$  и  $\alpha$ , сравниваем вычисленную величину  $\gamma'$  с ее действительным значением  $\gamma = -2^\circ 36'$ , указанным на карте (рис. 12г). Разность  $\gamma' - \gamma = -12' = 0,2^\circ$  соответствует точности измерения углов транспортиром, равной 0,1 - 0,3°.

**Задача 14.** Определить масштаб топографической карты а) по координатной километровой сетке; б) по протяженности дуги меридиана в 1'.



6019					
54°				A'	
17'30"				54°	
14° 15'	34 52	53	34 54	14° 15' 45"	

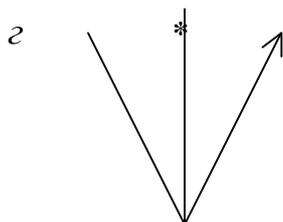


Рис. 12. Рамка и координатная сетка карты:  $a$  – координатная зона;  $b$  – географическая рамка и координатная километровая сетка карты западной части зоны;  $v$  – схемы измерений по карте географических и прямоугольных координат, азимута географического  $A$  и дирекционного угла  $\alpha$ ;  $z$  – углы склонения  $\delta$  и сближения  $\gamma$

**Решение.** По карте измеряются  $d_k$  – длина стороны квадрата километровой сетки и  $l_k$  – длина на карте изображения дуги меридиана протяженностью  $1'$  (см. рис. 12в). На местности им соответствуют отрезки  $d = 1$  км и  $d_l = 1,85 \div 1,87$  км (длина морской мили в средних широтах). По этим данным вычисляется численный масштаб  $1:M$ .

**Задача 15.** Определить условные и действительные зональные координаты точки  $K$ , отмеченной на карте преподавателем. Указать положение точки  $K$  относительно осевого меридиана зоны.

**Пояснения.** В примере рис. 12в точка расположена в квадрате километровой сетки с абсциссой южной стороны  $x = 6020$  км и ординатой западной стороны  $y = 3454$  км. Здесь первая цифра 3 – это номер зоны. Прямоугольными зональными координатами точки  $K$  будут величины

$$x_K = 6020 + \Delta x, \quad y_K = 3454 + \Delta y,$$

для которых  $\Delta x = a_n M$ ,  $\Delta y = b_n M$ , где  $a_n$  и  $b_n$  – отрезки, измеряемые на карте масштаба  $1:M$  (см. рис. 12в).

Пусть  $a_n = 56,3$  мм =  $0,0563$  м,  $b_n = 48,2$  мм =  $0,0482$  м. Масштаб карты равен  $1:10000$ . Тогда  $\Delta x = 0,0563 \cdot 10000 = 563$  м,  $\Delta y = 0,0482 \cdot 10000 = 482$  м. Поэтому  $x_K = 6020$  км +  $563$  м =  $6020,563$  км,  $y_K = 454,482$  км (зона 3).

Если из  $y_K$  вычесть  $500$  км, то получим действительную ординату точки  $K$ . В нашем примере  $(y_K)_{\text{действ.}} = 454,482 - 500 = -45,518$  км. Следовательно точка  $K$  расположена к западу от осевого меридиана зоны №3 на расстоянии  $45,518$  км  $\pm 5$  м (см. задачу 4.2).

**Задача 16.** Определить географические координаты точки  $K$ , отмеченной для предыдущей задачи.

Пояснения. Один из приемов решения (см. [1], с. 31) связан с нанесением на карту вспомогательных линий, но на карте чертить не рекомендуется, чаще не допускается. Поэтому следует использовать иной способ, показанный на рис. 12в.

Точка  $P$  проецируется без прочерчивания линии проекции на шкалы географических координат рамки карты. Например, расстояние  $PP_1$  переносится параллельно северной (широтной) стороне рамки циркулем или линейкой в положение  $P'_2P'_1$ , точка  $P_2$  представляет собой проекцию точки  $P$  на шкалу минут изображения меридиана. Широта точки  $P_2$  равна  $\varphi = 54^\circ 19' + \Delta\varphi$ , где  $\Delta\varphi$  – часть минутной дуги  $l_{\text{п}}$ .

Если  $\Delta\varphi$  оценивается *приблизженно* (на глаз), то в нашем примере  $\Delta\varphi \approx 0,2'$ , тогда  $\varphi \approx 54^\circ 19,2' \approx 54^\circ 19' 12''$ .

Для получения более точного результата измеряются линейкой отрезок  $c = RP'_2$ , (мм) и длина изображения минутной дуги  $l_{\text{п}} = RP'_1$  (мм). Поскольку справедливо равенство отношений  $\Delta\varphi''/60'' = c / l_{\text{п}}$ , то  $\Delta\varphi'' = 60'' \cdot c / l_{\text{п}}$ .

Например измерены линейкой  $c = 52,3$  мм,  $l_{\text{п}} = 187,9$  мм, тогда  $\Delta\varphi'' = 60'' \cdot 52,3 : 187,9 = 16,7''$  и более точно  $\varphi = 54^\circ 19' 16,7''$ .

Для определения долготы точка  $P$  проецируется на шкалу минут параллели (северной или южной рамок) в положение  $O_2$  (отрезок  $PO$  равен отрезку  $O_2O_1$ ), затем измеряются отрезки  $n$  и  $d$  (мм) и определяется долгота проекции  $O_2$ :  $\lambda = 14^\circ 16' + \Delta\lambda''$ , где  $\Delta\lambda = 60'' \cdot n/d$ .

**Задача 17.** Определить по карте отметку точки  $K$ , назначенной в задаче 14.

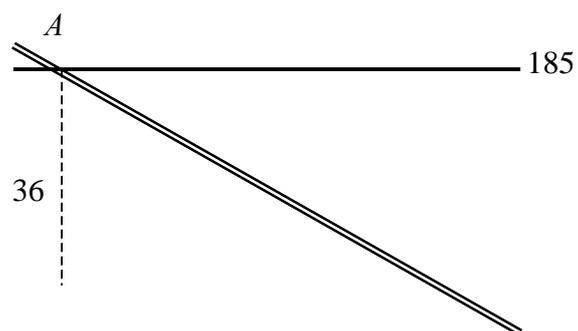
Пояснение. Высотная координата  $H$  точки на земной поверхности определяется по карте относительно горизонталей. Поэтому значения отметок  $H$  точек  $G$ ,  $B$  и  $A$  (см. рис. 13а), расположенных на горизонталях, равны отметкам этих горизонталей, т.е.  $H_G = 180$  м,  $H_B = 182,5$  м,  $H_A = 185$  м. Отметка точки  $K$ , расположенной между горизонталями, согласно рис. 13б равна  $H_K = H_B + \Delta h$ , где  $\Delta h$  – превышение точки  $K$  над точкой  $B$ :

$$\Delta h = h_c \cdot (v_{\text{п}} / a_{\text{п}}). \quad (11)$$

а



б



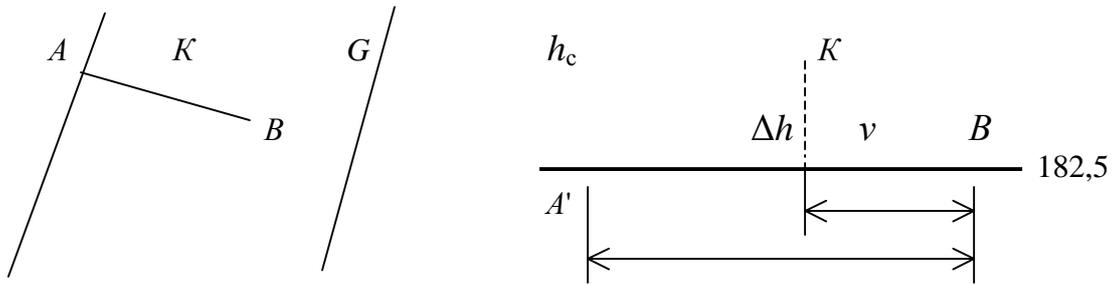


Рис.13. Схемы определения отметки точки по топографической карте:  
*a* – на плане относительно горизонтали с высотой сечения рельефа  $h_c = 2,5$  м;  
*б* – на профиле по линии *AB*

Отрезки  $b_{\text{п}}$  и  $a_{\text{п}}$  измеряется по карте с точностью до 0,1 мм. Если, например,  $b_{\text{п}} = 5,3$  мм,  $a_{\text{п}} = 12,6$  мм, высота сечения рельефа  $h_c = 2,5$  м,  $H_B = 182,5$  м, то вычисляем  $\Delta h = 2,5(5,3:12,6) = 1,05$  м и находим  $H_K = H_B + \Delta h = 182,5 + 1,05 = 183,55$  м.

**Задача 18.** Определить по карте уклон  $i$  и угол наклона  $\nu$  прямого отрезка *AB* земной поверхности.

Пояснения. Угол наклона и уклон прямой линии определяются относительно горизонтальной плоскости. Угол наклона  $\nu$  линии *BA* показан на рис.13б. Уклоном  $i$  называется характеристика на местности наклона прямого отрезка, которая вычисляется как отношение превышения  $h$  между двумя точками к горизонтальному расстоянию  $d$  между ними, т.е. уклон есть тангенс угла наклона

$$i = h/d = \text{tg } \nu. \quad (12)$$

Применительно к нашей задаче, решаемой по карте, замечаем, что  $h = h_c$ ;  $d = a = a_{\text{п}}M$  (длина заложения  $a_{\text{п}}$  определяется по плану масштаба 1:M).

Если  $a_{\text{п}} = 12,6$  мм,  $1:M = 1:10000$ , то  $d = a = 0,0126 \times 10000 = 126$  м, тогда при  $h_c = 2,5$  м находим уклон в натуральном выражении  $i = 2,5:126 = 0,0198$ . Уклон выраженный в процентах,  $i = 1,98\%$ ; в промилле (в «тысячных»)  $i = 19,8\text{‰}$ .

Уклон наклона  $\nu$  можно найти двумя способами:

а) по формуле

$$\nu = \text{arctg } i. \quad (13)$$

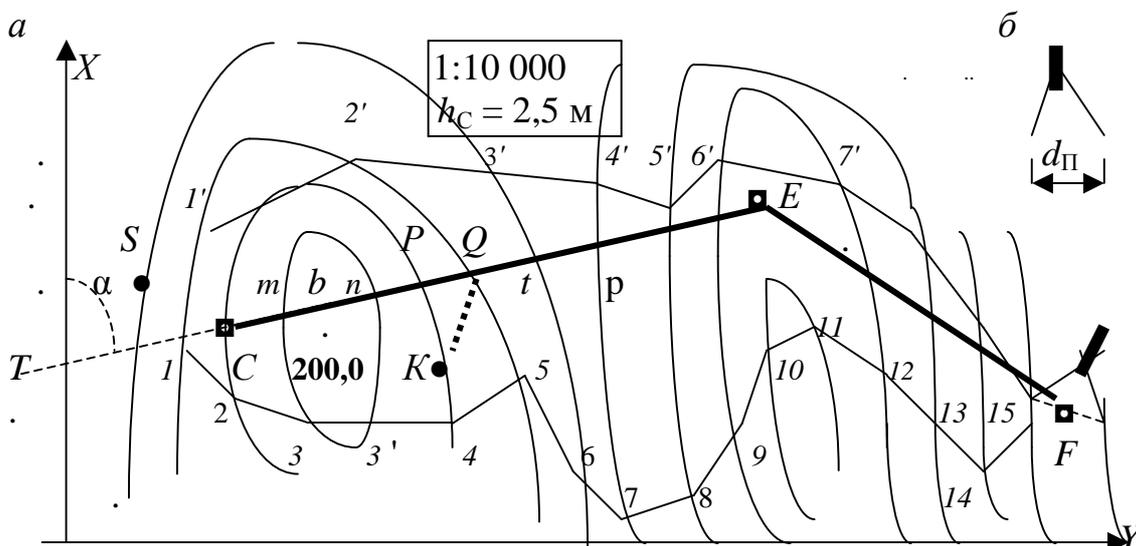
(в нашем примере  $\nu = \text{arctg}(0,0198) = 1,137^\circ = 1^\circ 08'$ );

б) по графику заложений, имеющемуся по южной рамке карты. Пользование графиком заложений описано в учебниках [1] и [2].

**Задача 19.** Построить профиль (вертикальный разрез земной поверхности по линии  $CEF$ , отмеченной на карте (копии карты) преподавателем отдельно для каждого студента. Масштабы профиля: 1:10000 для горизонтальных расстояний и 1:1000 для вертикальных.

Пояснения. Профиль строится на листе миллиметровой бумаге формата, близкого к 150×200 мм. Сначала в нижней части листа вычерчивается сетка профиля по образцу рис.14в.

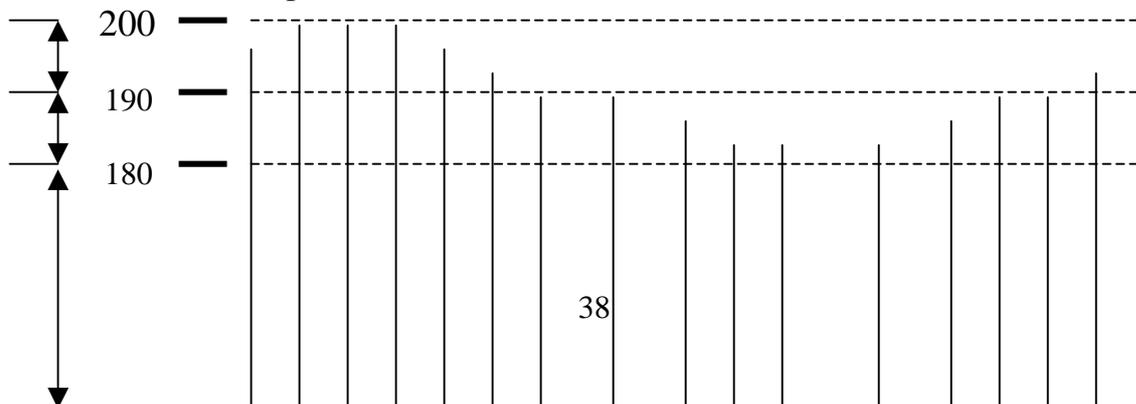
Учитывая, что горизонтальный масштаб профиля равен масштабу карты, в строку «расстояния» переносят с карты (см. рис.14а) точки  $C, m, P, n \dots$  пересечения линии  $CE$  с горизонталями и точку  $b$ , лежащую вблизи вершины холма. В строке «расстояния, м» указывают

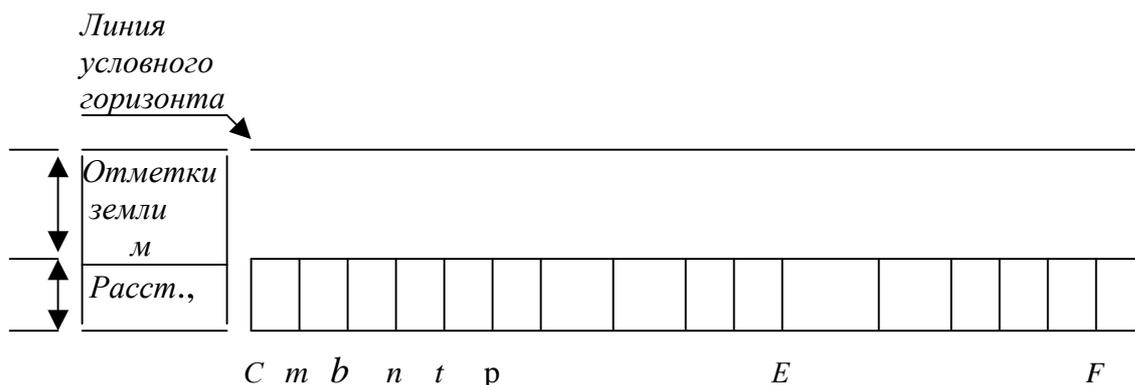


в

### **Продольный профиль по линии CEF**

Масштабы: горизонтальный 1:10 000 (в 1 см. 100 м)  
вертикальный 1:1000 (в 1 см. 10 м)





**Студент** \_\_\_ гр, \_\_\_ курса \_\_\_ фак. \_\_\_\_\_

Рис.14. К решению задач 19 и 20:

*a* – копия плана масштаба 1:10 000; *б* – циркуль-измеритель;  
*в* -- пример оформления продольного профиля

расстояния между соседними точками для местности, измеренные на карте с точностью 0,1-- 0,2 мм (расстояния *C-b*, *m-b*, *b- n*, *n-P*, ...).

В строке «отметки земли, м» записывают высоты точек *C*, *m*, *P*, *n* ..., лежащих на пересечении линии *CEF* с горизонталями, а также точек *b*, *E*, *F*, расположенных между горизонталями (см. задачу 17).

Для построения вертикальных отрезков профиля следует подписать сантиметровые горизонтальные линии миллиметровой бумаги такими значениями отметок (кратными 10 м), при которых линия земли расположится выше линии условного горизонта на 50-70 м

На вертикальные линии миллиметровой сетки в масштабе 1:1000 с точностью до долей миллиметра наносят метки, соответствующие высотам точек, записанным в строке «отметки земли». Нанесенные точки соединяют между собой прямыми отрезками и получают «линию земли», т.е. профиль земной поверхности. Те же точки соединяют вертикальными прямыми с линией условного горизонта. Профиль вычерчивают тушью по образцу рис.14*в* с указанием номера задачи и клеивают в тетрадь №1.

**Задача 20.** (Решить самостоятельно). На копию карты (см. пример рис.14*а*) нанести точки *P*, *Q*, *K*, расположенные на соседних горизонталях.

Ответить: какая из прямых линий  $PQ$ ,  $QK$  или  $KP$  характеризуется наибольшим и наименьшим уклоном (углом наклона), указать величину и знак углов наклона на местности для сторон треугольной фигуры  $P-Q-K-P$ . Решение оформить в табличке.

Решение задачи 20

Линия	длина м	уклон $i$	угол наклона $v$	уклон	
				наибольший	наименьший
$PQ$ , $QK$ $KP$					

**Задача 21.** Между точками  $C$  и  $E$ , назначенными в задаче 19, запроектировать два варианта «трассы» условной автомобильной дороги так, чтобы уклон участков трассы не превышал предельного значения  $i_{\text{пред.}}=0,025$ .

Пояснения. В примере рис. 14,а проектная линия наносится между точками  $S$  и  $F$ ). Подобная задача решается, например, при определении на карте предварительного положения трассы проектируемой лесовозной автомобильной дороги на неровной местности, с необходимостью учитывать нормативный допустимый уклон  $i_{\text{пред.}}$

1. Расчет задания. Исходя из формулы (12) вычисляют заложение  $d_{\text{п}}$ , т.е. на карте масштаба 1:М расстояние между соседними горизонталями с разностью высот  $h_{\text{с}}$ , соответствующее предельному уклону  $i_{\text{пред}}$

$$d_{\text{п}} = (h_{\text{с}} / i_{\text{пред}}) : \text{М}. \quad (14)$$

Например, если задан предельный уклон  $i_{\text{пред}} = 0,018$ , то для карты масштаба 1:10000 с высотой сечения рельефа  $h_{\text{с}} = 2,5$  м вычисляем  $d_{\text{п}} = 0,0139 \text{ м} = 13,9 \text{ мм}$ .

2. Графическое нанесение «трассы».

В примере на рис 14б проектная «трасса» наносится как ломаная линия между точками  $S$ ,  $E$  и  $F$ . Отрезок  $d_{\text{п}}$  берется в раствор циркуля-измерителя (см. рис. 14б). Одна его игла становится на начальную точку  $S$  копии карты, второй иглой засекается ближайшая горизонталь в точках 1 и 1'. Продолжая «вариант»  $S-1 \dots$ , засекаем от точки 1 следующую горизонталь в точке 2 и продолжаем нанесение участков «трассы» дальше, избегая крутых ее поворотов. На участках 4–5 и 6–7 уклон местности незначителен, т.к. на отрезке 4–5 длина  $d_{\text{п}}$  меньше расстояния между горизонталями; а на отрезке 6–7 «трасса»

пересекает одну и ту же горизонталь. От точки  $F$  «трассу» следует прокладывать навстречу ее части, проложенной от точки  $S$ , а сопряжение встречных участков выполнить в зоне малых уклонов.

Если точки  $S$ ,  $E$  или  $F$  расположены между горизонталями (например точка  $F$  на рис.14а), то для отыскания направления отрезка  $d_{\Pi}$  циркуль-измеритель устанавливают так, чтобы его иглы опирались на соседние горизонтали и находились на прямой  $d_{\Pi}$ , проходящей через точку  $F$ .

Второй возможный вариант трассы показан на той же схеме штриховой линией.

Копию карты с надписью «Проект трассы» вклеивают в тетрадь №1, в которую записываются так же условие этой задачи, значения исходных величин  $i_{\text{пред.}}$ , формулы и результат вычисления  $d_{\Pi}$ .

### Вопросы для самопроверки и контрольных работ

1. Почему в геодезии для картографирования земной поверхности и других геодезических работ взамен реальной твердой поверхности Земли используются правильные геометрические модели ее поверхности? Кратко описать понятие геоида, общего земного эллипсоида, земного шара.

2. Какой величины участки поверхности земного шара в геодезических задачах можно принимать плоскими: а) при измерении расстояний, б) при измерении высоты точек?

3. Определить понятие горизонтальной плоскости. В чем сущность отвесного проецирования точек и ситуации земной поверхности на горизонтальную плоскость? Пояснить ответ схемой проецирования.

4. По каким исходным данным вычисляется горизонтальное проложение наклонной линии? Дать схему и формулу.

5. Что называется масштабом плана? Дать определения и пояснения масштабам численному, линейному и поперечному. Показать примеры их использования.

6. Чем различаются план и карта участков земной поверхности? Перечислить масштабы топографических планов и карт.

7. Дать определение предельной точности масштаба плана (карты), привести примеры зависимости этой точности от масштаба топографического чертежа.

8. Объяснить, почему расстояние между четкими объектами, показанными на карте (плане), определяется с погрешностью. Каково ее теоретически максимальное и среднее значение? Как записать результат измерения по карте масштаба 1:М расстояния  $d$  с указанием средней вероятной его погрешности? Привести примеры.

9. На какие группы можно разделить условные знаки топографических планов и карт? Каковы особенности условных знаков масштабных и внемасштабных?. Привести примеры перехода масштабного условного знака во внемасштабный при перенесении изображения предмета с крупномасштабного на мелкомасштабный топографическом чертеж.

10. Каковы особенности условных знаков для лесоустроительных планшетов? (границ лесонасаждений, квартальных просек, контуров внутриквартальных выделов древесных пород, лесных дорог и др.)

11. Принять к сведению, что координатные линии на земной поверхности являются воображаемыми, но на практике часто воспринимаются как реально существующие, особенно если они нанесены на планы, карты и иные чертежи.

12. Изобразить схематически систему координатных линий для глобальных географических координат и дать определение понятий: а) плоскость экватора, экватор, географическая параллель, географическая широта точки, параллели; б) плоскость меридиана, меридиан, Гринвичский меридиан, географическая долгота, долгота меридиана.

13. Показать принцип построения многолистной карты масштаба «одна миллионная» и систему обозначения ее отдельных листов в северном полушарии. Как определяются географические широта и долгота сторон рамки листов такой карты?

14. На примере шифра **М-34-132-В-в-1** показать последовательную схему разграфки и построения номенклатурных обозначений многолистных топографических карт масштабов 1:100 000; 1:50 000; 1:25 000 и 1:10 000 с определением географических широты и долготы сторон рамки соответствующих карт. Относительно карты **М-34-132-В-в-1** написать номенклатурные шифры соседних листов карты этого же масштаба к западу, к югу, к востоку и к северу.

15. В чем особенности принятой в геодезии плоской прямоугольной системы координат по выбору направления осей абсцисс и ординат, направления счета и обозначения четвертей? Сущность зональной прямоугольной системы координат в проекции Гаусса-Крюгера для северного полушария.

16. В чем сущность и назначение местной системы прямоугольных координат? Как выбирают направления оси абсцисс? Дать схему и определение плоской полярной системе координат.

17. Какие меридианы называют географическим, осевым, магнитным? Какое направление меридиана, проходящего через данную точку, называют северным? Что называется склонением магнитной стрелки?

18. Что значит задание «ориентировать прямую линию»? Сформулировать понятие азимута, определить различие между азимутом географическим и магнитным, между азимутом географическим и дирекционным углом в б-

градусной координатной зоне. Как определяется дирекционный угол в местной системе прямоугольных координат?

19. Сформулировать определение румба, дать пример записи румба с указанием его четверти, принятым в геодезии. Вычислить дирекционные румбы линий, для которых известны значения дирекционных углов  $\alpha_{1-2} = 65^\circ 35,7'$ ;  $\alpha_{1-3} = 165^\circ 35,7'$ ;  $\alpha_{1-4} = 225^\circ 35,7'$ ;  $\alpha_{1-5} = 271^\circ 00,7'$ .

20. Вычислить горизонтальные углы между линиями 1-2, 1-3, 1-4, 1-5 с общей вершиной в точке 1, дирекционные углы линий даны в вопросе 18. Ответы пояснить схемой.

21. Румбы линий 1-2, 1-3, 1-4, 1-5 с общей вершиной в точке 1 известны из решения вопроса 18, вычислить горизонтальные углы  $\beta_1 = 2-1-3$ ;  $\beta_2 = 3-2-4$ ;  $\beta_3 = 2-2-5$ . Ответы пояснить схемой.

22. Определить термин «склонение магнитной стрелки». Даны: азимут магнитный линии 1-2  $A_{1-2}^m = 268^\circ 30'$ ; склонение магнитной стрелки в точке 1 равно  $\delta_1 = +5^\circ 15'$ . Вычислить азимут и румб географические линии 1-2. Решение пояснить схемой.

23. Как соотносятся между собой прямой и обратный географические азимуты прямой линии 1-2? ; прямой и обратные дирекционные углы линии 1-2? ; прямой и обратный дирекционные румбы линии 1-2? Ответы пояснить схемами.

24. Что называется уровенной поверхностью?; основной уровенной поверхностью? Какова система высотных координат в Беларуси?.

Дать определение терминам: «высота точки», «отметка абсолютная»; «отметка условная»; «превышение».

25. Пояснить схемой сущность отвесной проекции при определении горизонтального проложения наклонного прямого отрезка линии. Как определяется угол наклона линии? Что называется уклоном линии? Какой формулой связаны угол наклона и уклон? Почему уклон получил широкое применение во многих технических задачах?

26. Изложить сущность метода горизонталей для изображения рельефа земной поверхности на топографических планах и картах. Дать с поясняющей схемой определения терминам: «горизонталь», «высота сечения рельефа», «заложение». Назвать высоты сечения рельефа на картах различных масштабов, основные свойства горизонталей. Указать назначение бергштрихов.

27. Изобразить горизонталями основные формы рельефа. Указать правила надписи высоты горизонтали и нанесения бергштрихов.

28. Для отрезка линии на карте масштаба 1:М между двумя соседними горизонталями определить его длину  $d$  на местности в горизонтальном проложении, длину  $D$  на наклонной поверхности угол наклона  $v$  и уклон  $i$ .

29. Определить отметку точки, расположенной на карте между двумя соседними горизонталями: а) на глаз, б) более точными измерениями.

30. Как измерить транспортиром на карте географический азимут и дирекционный угол прямой линии?

31. Как определить по топографической карте географические координаты точки: а) на глаз, б) более точными измерениями?

32. Как по топографической карте определить прямоугольные зональные координаты точки и от условной ее ординаты перейти к действительной величине ординаты?

33. По каким данным топографической карты составляется продольный профиль земной поверхности по заданной линии?

34. Как на топографической карте решается задача по отысканию положения «трассы» под условием, что участки «трассы» между соседними горизонталями, различающимися по высоте на  $h_c$  (высоту сечения рельефа), не должны получить уклон, больший предельно допустимого? Дать расчет соответствующего отрезка  $d_{II}$  между указанными горизонталями. Показать технику решения задачи.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Инженерная геодезия. Падручнік. В. Ф. Несцяролак, М. С. Несцяролак. – Мн.: БДТУ, 1998.

2. Инженерная геодезия. Учебное пособие. /Под ред. Л.С. Хренова/. – Мн.: Вышэйшая школа. 1976.

3. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М.: Недра, 1973.

## Содержание

	с
Введение .....	4
Техническое оснащение учебных работ и общие требования к оформлению выполненных заданий .....	5
Задание 1 .....	6
Задание 2, Масштабы планов и карт .....	7
Задание 3. Условные знаки топографических и лесных планов и карт .....	16
Задание 4. Номенклатура топографических карт .....	21
Задание 5. Ориентирование направлений .....	25
Задание 6. Решение задач по топографическим планам и картам .....	32
Вопросы для самопроверки и контрольных работ .....	40

Рекомендуемая литература ..... 42