

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра городского кадастра

А.Т.ЗЕМИРОВА

КАРТОГРАФИЯ

Методические указания по выполнению расчетно-графического задания
и лабораторных работ для студентов IV курса, обучающихся по специальности
«Городской кадастр» очной и заочной формы обучения

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2008

УДК 528.9(076.5)

ББК 26.17я73

З -51

Рецензент

доктор сельскохозяйственных наук, профессор А.Ж. Калиев.

Земирова А.Т.

**З-51 Картография [Текст]: методические указания по выполнению
расчетно-графического задания и лабораторных работ/ А.Т.
Земирова. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008 – 44 с.**

Методические указания составлены для выполнения расчетно-графического задания и лабораторных работ студентами очно-заочной формы обучения по программам высшего профессионального образования по направлению 120000 – Геодезия и землеустройство по дисциплине «Картография».

УДК 528.9(076.5)

ББК 26.17я73

© Земирова А.Т. 2008

© ИПК ГОУ ОГУ, 2008

Содержание

Введение.....	4
1 Расчетно-графическая работа «Составление тематических карт в определенных проекциях».....	
1.1 Задание	-
1.2 Виды работ, выполняемых при разработке задания	5
2 Определение номенклатуры	5
3 Расчет исходных данных для построения нормальной прямоугольной равнопромежуточной цилиндрической проекции	10
3.1 Расчет отрезков длин дуг меридианов	10
3.2 Расчет длины дуги параллели	14
3.3 Построение картографической сетки	15
3.4 Монтаж и составление карты	16
4 Расчет математической основы карты	17
4.1 Расчет прямоугольных координат вершин углов трапеции картографируемой территории	17
4.2 Определение прямоугольных координат для построения рамок трапеции N-40-110-A-a	19
4.3 Расчет размеров рамок трапеции M 1:25 000 N-40-110-A-a	19
4.4 Размещение трапеции на рамке прямоугольных координат	20
5 Лабораторная работа №1 – Определение искажений на карте	21
5.1 Рекомендации по выполнению лабораторной работы	21
5.2 Последовательность расчета	21
6 Лабораторная работа №2 по теме «Картографические проекции»	25
6.1 Общие понятия	25
6.2 Сущность построения касательного конуса	25
6.3 Построение конической проекции	26
7 Вопросы по защите РГЗ	29
7.1 Вопросы для самопроверки по расчетно-графической работе	29
7.2 Вопросы для самопроверки по лабораторным работам	30
Список использованных источников	31
Приложение А (обязательное) Исходная карта Шарлыкского района Оренбургской области масштаба 1:500 000	32
Приложение Б (обязательное) Схема расположения листов топографической карты масштаба 1:25 000 на территории Шарлыкского района Оренбургской области	33
Приложение В (обязательное) Административная карта Шарлыкского района Оренбургской области, построенная в нормальной прямоугольной цилиндрической проекции M 1:500 000	34
Приложение Г (обязательное) Размещение трапеции N-40-110-A-a на рамке прямоугольных координат M 1:100 000	35
Приложение Д Таблица для определения проекций	36
Приложение Е Таблица длин дуг параллелей и меридианов на эллипсоиде Красовского	41

Введение

Методические указания по дисциплине «Картография» составлены для студентов 4-го курса кафедры «Городской кадастр». Их содержание соответствует программе этой дисциплины с учетом требований образовательного стандарта.

Расчетно-графическое задание оформляется студентами в виде письменного отчета, в котором проводится необходимый поясняющий текст, расчеты, чертежи. Отчет должен содержать в полном объеме ответы на вопросы, поставленные в задании.

При использовании программного обеспечения необходимо сделать ссылку на эту программу. Расчетно-графическая работа выполняется как в часы аудиторных занятий, так и самостоятельно.

Лабораторные работы разработаны по основным темам дисциплины «Картография» и выполняются в часы аудиторных занятий.

1 Расчетно-графическая работа «Составление тематических карт в определенных проекциях»

1.1 Задание

Составить тематическую карту района (отделения района) Оренбургской области в нормальной прямоугольной равнопромежуточной цилиндрической проекции.

Исходные данные

1. Карта Оренбургской области М 1:500 000.
2. Район области по варианту.
3. Наименование тематической карты и ее масштаб по варианту.

1.2 Виды работ, выполняемых при разработке задания

При разработке задания выполнить следующие виды работ:

1. Вычислить номенклатуру листов карты района масштаба 1:25 000 с составлением схемы размещения листов топографической карты на территории заданного района.
2. Рассчитать исходные данные для построения нормальной прямоугольной цилиндрической проекции.
3. Произвести расчет математической основы карты.

2 Определение номенклатуры

Последовательность выполнения расчетно-графического задания рассмотрим на примере разработки административной карты Шарлыкского района Оренбургской области.

На карте М 1:500 000 нанести четко границы заданного района и ограничить их меридианами и параллелями по крайним точкам района, но с таким расчетом, чтобы геодезические координаты были кратны 5' или 10'.

По самым крайним точкам «север», «юг», «запад», «восток» данного района проводим меридианы и параллели, т.е. наносим картографическую сетку со значениями координат точек:

$$L_3=54^{\circ}15';$$

$$L_B=55^{\circ}25';$$

$$B_C=53^{\circ}20';$$

$$B_{Ю}=52^{\circ}20'.$$

Для точного нанесения границ картографируемой территории на рассчитываемую проекцию вычисляем координаты поворотных точек границы района и вносим их в таблицу 1.

Смотрите приложение А – Исходная карта Шарлыкского района Оренбургской области масштаба 1:500 000.

Таблица 1 – Геодезические координаты поворотных точек границы Шарлыкского района

Номер точки	L (широта)	B (долгота)
1	2	3
1	54°15'27"	52°59'11"
2	54°17'39"	53°00'32"
3	54°22'24"	53°00'00"
4	54°22'24"	53°05'04"
5	54°29'06"	53°05'36"
6	54°30'27"	53°06'40"
7	54°32'14"	53°07'50"
8	54°33'08"	53°11'21"
9	54°36'16"	53°11'21"
10	54°35'22"	53°15'24"
11	54°38'04"	53°12'42"
12	54°44'20"	53°13'47"
13	54°49'15"	53°17'00"
14	54°55'58"	53°06'13"
15	54°51'46"	53°05'08"
16	54°59'06"	53°01'54"
17	54°01'47"	53°00'00"
18	55°04'02"	52°54'51"
19	55°08'04"	52°54'36"
20	55°08'30"	52°50'45"
21	55°08'57"	52°50'00"
22	55°08'30"	52°48'39"
23	55°12'05"	52°50'16"
24	55°14'20"	52°49'11"
25	55°13'26"	52°51'21"
26	55°21'03"	52°50'49"
27	55°22'57"	52°49'44"
28	55°25'00"	52°48'06"
29	52°22'50"	52°47'02"
30	55°20'09"	52°45'57"
31	55°21'03"	52°45'18"
32	55°17'55"	52°43'31"
33	55°14'20"	52°44'36"
34	55°13'26"	52°42'58"
35	55°15'40"	52°42'10"
36	55°16'07"	52°40'00"

Продолжение таблицы - 1

1	2	3
37	55°10'18"	52°37'50"
38	55°09'51"	52°36'13"
39	55°08'30"	52°34'52"
40	55°03'08"	52°32'00"
41	55°00'00"	52°32'36"
42	54°50'09"	52°36'13"
43	54°46'34"	52°41'37"
44	54°42'32"	52°44'03"
45	54°39'24"	52°44'36"
46	54°38'57"	52°45'41"
47	54°30'54"	52°47'02"
48	54°27'48"	52°47'02"
49	52°28'14"	52°48'23"
50	54°30'53"	52°48'55"
51	54°25'08"	52°50'32"
52	54°22'04"	52°53'31"
53	54°22'30"	52°54'36"

Согласно исходных данных долгот и широт заданного района определяем номер колонны и букву пояса (ряда) по «Разграфке и номенклатуре листов карт масштаба 1:1 000 000». Данная территория занимает лист карты N-40 масштаба 1:1 000 000 (смотрите рисунок 1).

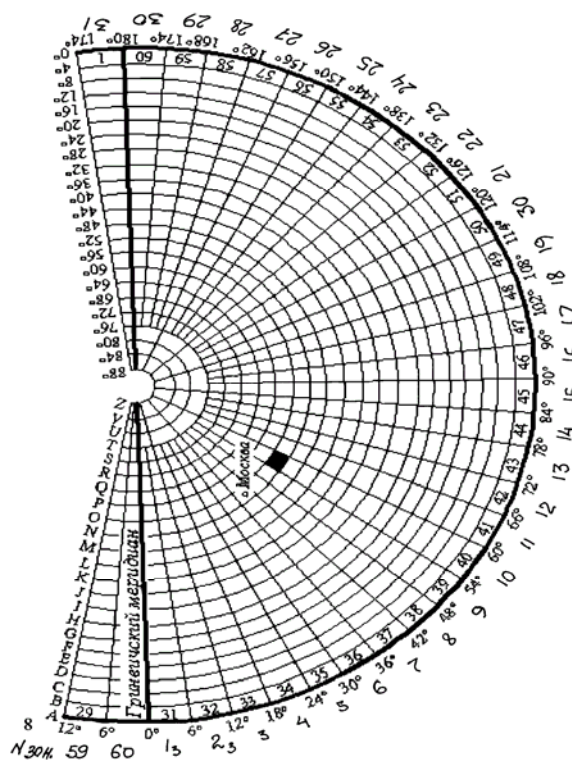


Рисунок 1 – Разграфка и номенклатура листов карт масштаба 1:1 000 000

N-40

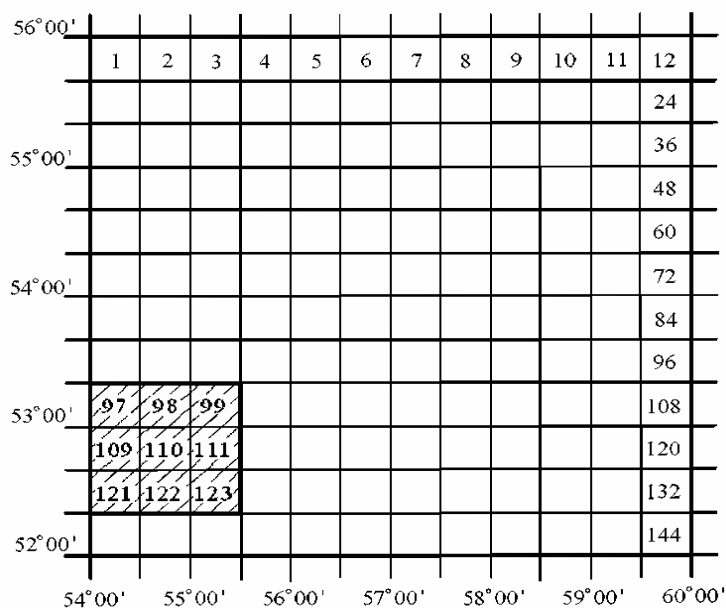


Рисунок 2 – Лист карты масштаба 1:1 000 000

В основу номенклатуры листов карт крупных масштабов положена номенклатура листов карты масштаба 1:100 000. Территория данного района занимает листы карт масштаба 1:100 000 с номенклатурой N-40-97, N-40-98, N-40-99, N-40-109, N-40-110, N-40-111, N-40-121, N-40-122, N-40-123 (см. рисунок 2).

Лист карты масштаба 1:100 000 соответствует четырем листам карты масштаба 1:50 000, обозначаемым буквами А, Б, В, Г, каждый лист которых соответствует четырем листам карты масштаба 1:25 000, обозначаемым а, б, в, г.

Так как необходимо рассчитать на заданную территорию число листов карт М 1:25 000, то на примере листа карты масштаба 1:100 000 N-40 – 110, рассмотрим дальнейший расчет номенклатуры листа карты масштаба 1:25 000.

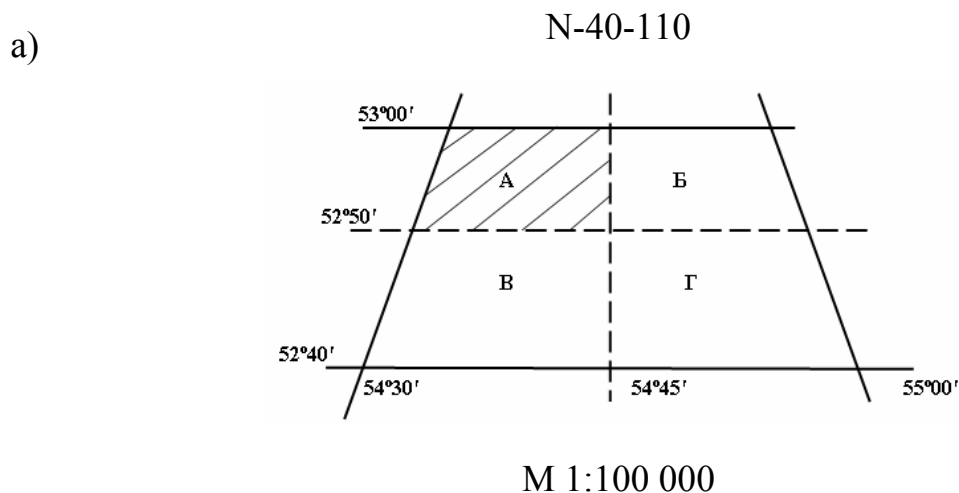
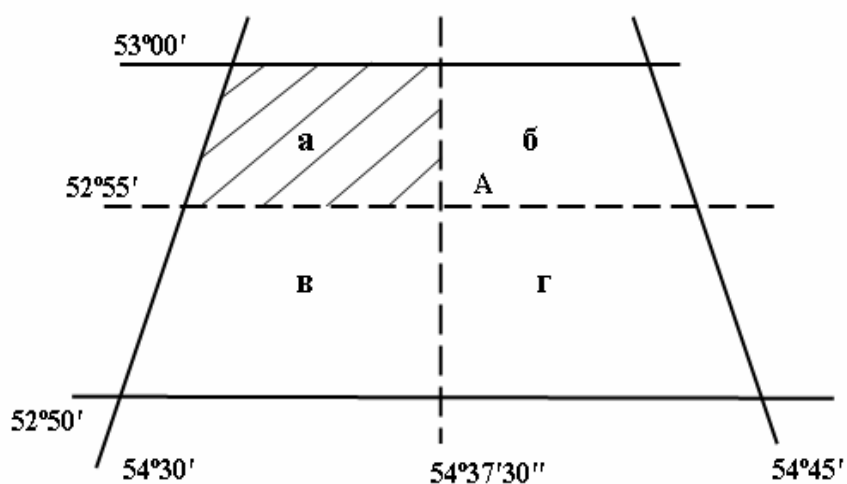


Рисунок 3 - Расчет номенклатуры листа карты М 1:25 000

б)

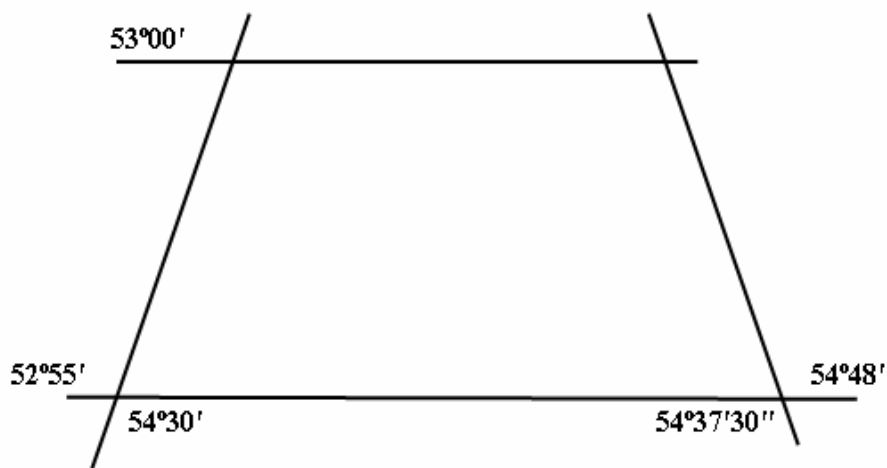
N-40-110-A



М 1:50 000

в)

N-40-110-A-a



М 1:25 000

Рисунок 3, лист 2

Полностью количество листов карты М 1:25 000 смотри приложение Б – Схема расположения листов топографической карты масштаба 1:25 000 на территорию Шарлыкского района Оренбургской области.

3 Расчет исходных данных для построения нормальной прямоугольной равнопромежуточной цилиндрической проекции

Для построения картографической проекции необходимо выполнить следующие виды работ:

- вычислить отрезки длин дуг меридианов и параллелей по формулам;
- составить сводную таблицу для построения заданной проекции;
- вычертить картографическую сетку и нанести тематическую карту заданного района.

3.1 Расчет отрезков длин дуг меридианов

В связи с тем, что в данной расчетно-графической работе длины дуг меридианов и параллелей небольшие, то дугу меридиана можно рассматривать как дугу окружности с центральным углом $(B_2 - B_1)''$, равным разности широт конечных точек и радиусом M меридианного сечения, определяемого по средней широте $B_{cp.} = \frac{B_1 + B_2}{2}$. Длину дуги меридиана небольшой длины можно рассчитать по формуле 1:

$$S_{мер.} = \frac{M \cdot (B_2 - B_1)''}{\rho''}, \quad (1)$$

где M – главный радиус кривизны меридианного сечения рассчитываемый по формуле 2:

$$M = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 B)^{3/2}}; \quad (2)$$

следовательно, можно записать

$$S_{мер.} = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 B)^{3/2}} \cdot \frac{(B_2 - B_1)''}{\rho''}, \quad (3)$$

где a – большая полуось, равная 6378245 м;

e – первый эксцентриситет меридианного эллипса, вычисляемый по формуле

$$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} \quad (4)$$

b – малая полуось эллипсоида вращения, равная 6356863, 019 м;

e^2 – квадрат эксцентриситета эллипсоида вращения, равный 0,0066.

Расчет длины дуги меридиана производится последовательно по формуле (3) и все расчеты записываются в таблицу №2 – «Сводная таблица расчетных данных для построения картографической сетки».

1 Расчет $\sin^2 B$ ведем по значениям широт параллелей, проведенных через 10' на определяемую территорию:

Таблица 2 – Расчет значения квадратов синусов

B	$\sin^2 B$
52°20'	0,626598
52°30'	0,629410
52°40'	0,632217
52°50'	0,635020
53°00'	0,637819
53°10'	0,640613
53°20'	0,643402

2 Рассчитываем значение числителя в формуле 2:

$$a(1-e^2)=6378245 \cdot (1-0,0066)=6336148,58;$$

3 Рассчитываем значение $e^2 \sin^2 B$ в знаменателе:

$$\begin{aligned} e^2 \sin^2 B &= 0,0066 \cdot 0,626598 = 0,004136 \\ &0,0066 \cdot 0,629410 = 0,004154; \\ &0,0066 \cdot 0,632217 = 0,004173; \\ &0,0066 \cdot 0,635020 = 0,004191; \\ &0,0066 \cdot 0,637819 = 0,004210; \\ &0,0066 \cdot 0,640613 = 0,004228; \\ &0,0066 \cdot 0,643402 = 0,004246; \end{aligned}$$

4 $1-e^2 \sin^2 B$

$$\begin{aligned} 1-0,004136 &= 0,995864; \\ 1-0,004154 &= 0,995846; \\ 1-0,004173 &= 0,995827; \\ 1-0,004191 &= 0,995809 \text{ и т.д.} \end{aligned}$$

5 Выражение знаменателя, вычисляемое по формуле $(1-e^2 \sin^2 B)^{3/2}$ в зависимости от широты B будет соответственно равно:

$$\begin{aligned} 52^\circ 20' &\text{ — } 0,993803; \\ 52^\circ 30' &\text{ — } 0,993775; \\ 52^\circ 40' &\text{ — } 0,993748; \\ 52^\circ 50' &\text{ — } 0,993720; \\ 53^\circ 00' &\text{ — } 0,993692; \end{aligned}$$

$$53^{\circ}10' — 0,993665;$$

$$53^{\circ}20' — 0,993637;$$

6 Вычисляем значение М для заданных широт по формуле

$$M = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin^2 B)^{3/2}}:$$

для В=52°20' значение М равно 6375657,91 м;

$$52^{\circ}30' — 6375836,11;$$

$$52^{\circ}40' — 6376014,07;$$

$$52^{\circ}50' — 6376191,75;$$

$$53^{\circ}00' — 6376369,15;$$

$$53^{\circ}10' — 6376546,27;$$

$$53^{\circ}20' — 6376723,10.$$

Значение М записываем в сводную таблицу 3 в графу 5.

7 Вычисляем значение длины дуг меридиана по формуле

$$S_M = \frac{M \cdot (B_2 - B_1)''}{\rho''}.$$

Так как разность широт ΔВ равно 10', то, в зависимости от значения М, на вычисляемой широте определяем S_М:

$$S_M = \frac{6375657,91 \cdot 600''}{206265''} = 18546,02 \text{ м}.$$

Поэтому в сводную таблицу в графу 6 записываем значения длин дуг меридианов для заданных широт.

$$18546,02 \text{ м},$$

$$18546,54 \text{ м},$$

$$18547,05 \text{ м},$$

$$18547,57 \text{ м},$$

$$18548,09 \text{ м},$$

$$18548,60 \text{ м},$$

$$18549,12 \text{ м}.$$

Таблица 3 – Сводная таблица расчетных данных для построения картографической сетки

Значение a , м	Значение e^2	Широта B	Значение $\sin^2 B$	Значение M , м	Длина дуги меридиана, S , м	Длина дуги меридиана в масштабе построения карты, см	Широта B средней параллели	Значение $\cos B$	Значение N по средней параллели, м	Длина дуги средней параллели, S , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6378245	0,0066	52°20'	0,626598	6375657,91	18546,02	3,71				
6378245	0,0066	52°30'	0,629410	6375836,11	18546,54	3,71				
6378245	0,0066	52°40'	0,632217	6376014,07	18547,05	3,71				
6378245	0,0066	52°50'	0,635020	6376191,75	18547,57	3,71	52°50'	0,604136	6391653,21	11232,42
6378245	0,0066	53°00'	0,637819	6376369,15	18548,09	3,71				
6378245	0,0066	53°10'	0,640613	6376546,27	18548,60	3,71				
6378245	0,0066	53°20'	0,64340	6376723,10	18549,12	3,71				

Поэтому в сводную таблицу в графу 6 записываем значения длин дуг для заданных широт.

18546,54 м
 18547,05 м
 18547,57 м
 18548,09 м
 18548,60 м
 18549,12 м

3.2 Расчет длины дуги параллели

Для построения заданной проекции необходимо знать длины отрезков дуг по средней параллели картографируемой территории. Для данного района это параллель с широтой 52°50'.

Длина дуги параллели рассчитывается по формуле

$$S_n = N \cdot \cos B \frac{(L_2 - L_1)''}{\rho''}, \quad (5)$$

где N – наибольший радиус кривизны первого вертикала в данной точке, рассчитываемый по формуле

$$N = \frac{a}{(1 - e^2 \cdot \sin^2 B)^{1/2}}, \quad (6)$$

S_n – длина дуги параллели,

L_1, L_2 – долготы.

Поэтапный расчет длины дуги параллели приводится ниже:

1 Для каждого значения выбранной широты рассчитываем значение $(1 - e^2 \cdot \sin^2 B)$:

52°20' — 0.995864
 52°30' — 0.995846
 52°40' — 0.995827
 52°50' — 0.995809
 53°00' — 0.995790
 53°10' — 0.995772
 53°20' — 0.995754

2 Производим расчет значения знаменателя по формуле $(1 - e^2 \cdot \sin^2 B)^{1/2}$ для каждой выбранной широты:

52°20'	— 0,997930
52°30'	— 0,997921
52°40'	— 0,997912
52°50'	— 0,997902
53°00'	— 0,997884
53°10'	— 0,997875

3 Определяем наибольший радиус кривизны первого вертикала по формуле $N = \frac{a}{(1 - e^2 \cdot \sin^2 B)^{1/2}}$

52°20'	— 6391474,82
52°30'	— 6391534,70
52°40'	— 6391593,83
52°50'	— 6391653,21
53°00'	— 6391712,48
53°10'	— 6391771,66
53°20'	— 6391831,74

4 Производим расчет отрезка дуги по средней параллели по формуле $S = \frac{N \cdot \cos B (L_2 - L_1)''}{\rho''}$

$$S = \frac{6391653,21 \cdot \cos 52^\circ 50' \cdot 600''}{206265''} = 11232,42 \text{ м}$$

Значение дуги параллели в масштабе карты -2,2 см.

3.3 Построение картографической сетки

Картографическая сетка строится на листе ватмана в следующей последовательности:

- выбираем масштаб построения сетки и карты. Наносим в карандаше две взаимно перпендикулярные прямые, из которых горизонтальная линия обозначает среднюю параллель картографируемой территории, а вертикальная линия — средний меридиан этой территории;
- от точки пересечения двух прямых по горизонтальной прямой отложим несколько раз длину дуги параллели в масштабе построения сетки.

Через эти точки проводим меридианы с долготами, кратными $\Delta l=10'$ (или $\Delta l=15'$) так, чтобы картографическая сетка располагалась между исходными меридианами, ограничивающими заданную территорию;

- проводим параллели через промежутки, вычисленные в таблице №1 «Сводная таблица расчетных данных для построения картографической сетки»;

- вычерчиваем сетку голубым или зеленым цветом;

- вычерчиваем внешнюю и внутреннюю рамки карты.

Подписываем широты и долготы параллелей и меридианов.

3.4 Монтаж и составление карты

1. Переносим местонахождение границы поворотных точек границ территории с помощью вычисленных геодезических координат точек в разделе «Номенклатура карт».

2. Переносим географические объекты с карты источника на составляемую карту. Для этого необходимо картографические сетки обеих карт разбить на более мелкие клетки тонкими вспомогательными линиями (параллелями и меридианами) и по полученным клеткам перенести всю необходимую ситуацию с карты источника. Мелкие изгибы рисуют «на глаз» или применяют при составлении карт компьютерные технологии.

3. Легенду карты располагают в пределах внутренней рамки. Там же располагают и название карты.

4. Внизу листа за внешней рамкой подписать слева, какая карта взята за основу. В центре - масштаб проектируемой карты. Справа – кто выполнил работу и кто принял.

5. Карту вычертить в тех цветах, которые приняты по условным обозначениям карт.

6. Подписать широту и долготу параллелей и меридианов.

При составлении и вычерчивании использовать компьютерные технологии.

4 Расчет математической основы карты

4.1 Расчет координат вершин углов трапеции картографируемой территории

Исходя из значения долгот меридианов, ограничивающих картографируемую территорию, а также широт параллелей, ограничивающих с севера и с юга заданную территорию, определяем зону, в которой лежит картографируемая территория - это зона 10.

Тогда осевой меридиан зоны имеет долготу:

$$L_0 = 6^\circ \cdot N - 3^\circ = 6 \cdot 10 - 3^\circ = 57^\circ 00'$$

Долготы крайних меридианов : $L_3=54^\circ 15'$,
 $L_B=55^\circ 25'$.

Угловые промежутки между параллелями и меридианами принимаем равными $10'$.

Широты крайних параллелей: $B_{Ю}=52^\circ 20'$,
 $B_C=53^\circ 20'$.

Широта средней параллели – $B_0=52^\circ 50'$.

Рассчитываем разности долготы крайних точек трапеции относительно осевого меридиана зоны L_0 :

$$l_{\text{зап.}} = L_3 - L_0 = 54^\circ 15' - 57^\circ = -2^\circ 45'$$

$$l_{\text{вост.}} = L_B - L_0 = 55^\circ 25' - 57^\circ = -1^\circ 35'$$

Для того, чтобы построить километровую сетку, выбираем из таблицы «Координат Гаусса-Крюгера», координаты точек по значениям широт B , разности долгот l и буквенному обозначению пояса. Значения вводим в таблицу 3 - Расчет прямоугольных координат вершин углов трапеции картографируемой территории.

Координаты по Y имеют отрицательное значение, следовательно, их нужно преобразовать, т.е. прибавить к значениям ординат 500 км.

Сближение меридианов для этих точек определяем так же по значениям B и l в таблице «Гауссово сближение меридианов».

Таблица 4 – Расчет прямоугольных координат вершин углов трапеции картографируемой территории

Широта В	$L\ 54^{\circ}15'$ $L_0\ 57^{\circ}00'$ $L_g\ -2^{\circ}45'$	$L\ 54^{\circ}25'$ $L_0\ 57^{\circ}00'$ $L_g\ -2^{\circ}35'$	$L\ 54^{\circ}35'$ $L_0\ 57^{\circ}00'$ $L_g\ -2^{\circ}25'$	$L\ 54^{\circ}45'$ $L_0\ 57^{\circ}00'$ $L_g\ -2^{\circ}15'$	$L\ 54^{\circ}55'$ $L_0\ 57^{\circ}00'$ $L_g\ -2^{\circ}05'$	$L\ 55^{\circ}05'$ $L_0\ 57^{\circ}00'$ $L_g\ -1^{\circ}55'$	$L\ 55^{\circ}15'$ $L_0\ 57^{\circ}00'$ $L_g\ -1^{\circ}45'$	$L\ 55^{\circ}55'$ $L_0\ 57^{\circ}00'$ $L_g\ -1^{\circ}35'$
Абсцисса (X)								
52°20'	5804097,5	5803680,4	5803287,9	5802919,8	58002581,3	5802343,3	5801977,8	5801717,8
52°30'	5822638,3	5822221,8	5821829,8	5821462,4	5821124,4	5820886,8	5820521,8	5820262,2
52°40'	5841179,4	5840763,6	5840372,2	5810005,4	5839667,9	5839430,6	5839066,3	5838807,1
52°50'	5859720,9	5859305,8	5858915,0	5858548,8	5858211,8	5857975,0	5857611,2	5857352,4
53°00'	5878262,9	5847848,4	5877458,4	5877092,7	5876756,3	5876519,8	5876156,6	5875898,3
53°10'	5896805,2	5896391,4	5896002,0	5895637,0	5895301,1	5895065,1	5894702,5	5894444,6
53°20'	5915348,0	5914934,9	5914546,2	5914181,7	5913846,4	5913610,8	5913248,8	5912991,4
Ордината (Y)								
52°20'	312556,5	323914,7	335273,3	346632,2	357991,5	369351,1	380710,9	392071,0
52°30'	313262,3	324577,7	335893,4	347209,6	358526,1	369842,9	381159,9	392477,3
52°40'	313969,6	325242,1	336515,0	347788,2	359061,8	370335,7	381609,9	392884,4
52°50'	314678,5	325908,0	337137,9	348368,2	359598,8	370829,7	382060,9	393292,4
53°00'	315389,1	326575,5	337765,3	348949,4	360136,9	371324,8	382512,9	393701,3
53°10'	316101,1	327244,4	338388,0	349531,9	360676,3	371821,0	382966,0	394111,2
53°20'	316814,8	327914,7	339015,1	350115,8	361216,8	372318,3	383420,0	394522,0
Сближение меридианов (γ)								
52°20'	-2°10'39"	-2°02'43"	-1°54'48"	-1°46'53"	-1°38'58"	-1°31'03"	-1°23'08"	-1°15'12"
52°30'	-2°10'56"	-2°03'00"	-1°55'04"	-1°47'07"	-1°39'11"	-1°31'15"	-1°23'19"	-1°15'23"
52°40'	-2°11'14"	-2°03'17"	-1°55'19"	-1°47'22"	-1°39'25"	-1°31'27"	-1°23'30"	-1°15'33"
52°50'	-2°11'31"	-2°03'33"	-1°55'35"	-1°47'36"	-1°39'37"	-1°31'39"	-1°23'41"	-1°15'43"
53°00'	-2°11'49"	-2°03'04"	-1°55'50"	-1°47'50"	-1°39'51"	-1°31'51"	-1°23'52"	-1°15'52"
53°10'	-2°12'06"	-2°04'06"	-1°56'05"	-1°48'04"	-1°40'04"	-1°32'03"	-1°24'03"	-1°16'03"
53°20'	-2°12'23"	-2°04'21"	-1°56'20"	-1°48'18"	-1°40'17"	-1°32'15"	-1°24'14"	-1°16'13"

4.2 Определение координат для построения рамок трапеции N-40-110-A-a

Для расчета координат трапеции масштаба 1:25 000, выбираем лист с номенклатурой N-40-110-A-a.

Все расчеты ведутся в той же последовательности, как было показано выше, и все данные записываются в таблицу 5 – Определение координат рамок трапеции N-40-110-A-a масштаба 1:25 000.

Лист карты масштаба 1:25 000 с номенклатурой N-40-110-A-a имеет следующие исходные данные:

- долготы крайних меридианов $L_3=54^{\circ}30'$, $L_6=54^{\circ}37'30''$;
- широты крайних параллелей $B_{ю}=52^{\circ}55'$, $B_с=53^{\circ}00'$;
- осевой меридиан зоны также остается равным $L_0=57^{\circ}00'$.

Тогда разности долгот крайних точек трапеции относительно осевого меридиана будут равны:

$$l_{\text{зап.}} = L_3 - L_0 = 54^{\circ}30' - 57^{\circ}00' = -2^{\circ}30';$$

$$l_{\text{вост.}} = L_6 - L_0 = 54^{\circ}37'30'' - 57^{\circ}00' = -2^{\circ}22'30''.$$

По значениям L , l и B выбираем координаты и Гауссово сближение меридианов.

Таблица 5 – Определение координат рамок трапеции N-40-110-A-a

L	$54^{\circ}30'$	$54^{\circ}37'30''$
L_0	$57^{\circ}00'$	$57^{\circ}00'$
L_6	$-2^{\circ}30'$	$2^{\circ}22'30''$
Абсциссы (X)		
$52^{\circ}55'$	5868377,0	5868091,5
$53^{\circ}00'$	5877648,5	5877363,3
Ординаты (Y)		
$52^{\circ}55'$	331845,7	340252,0
$53^{\circ}00'$	332168,8	340559,0
Сближение меридианов (γ)		
$52^{\circ}55'$	$1^{\circ}59'42''$	$1^{\circ}53'42''$
$53^{\circ}00'$	$1^{\circ}59'49''$	$1^{\circ}59'50''$

4.3 Расчет размеров рамок трапеции N -40-110-A-a М 1:25 000

Для построения трапеции М 1:25 000 необходимо знать размеры южного ($a_{ю}$) и северного ($a_с$) основания, боковую сторону трапеции (c), диагональ (d) и площадь P в км^2 . Значения a , c , d выражены в сантиметрах. Все эти элементы выбираются из таблиц «Размеры рамок и площадей трапеций топографических съемок М 1:25 000». Значения размеров рамок трапеции используют для контроля правильности размеров трапеции листов карты,

построенной по координатам Гаусса-Крюгера, поэтому должно учитываться линейное искажение проекции. Значения a , c , d , выбранные из таблиц, должны быть исправлены поправками Δa , Δc , Δd . Эти поправки всегда прибавляются к величинам a , c , d . Из вышеназванных таблиц по значениям $B_{ю}$ и $B_{с}$ выбираем значения размеров рамки трапеции N-40-110-A-a, которые равны:

$$\begin{aligned}a_{ю} &= 33,63 \text{ см;} \\ a_{с} &= 33,57 \text{ см;} \\ c &= 37,10 \text{ см;} \\ d &= 50,05 \text{ см.}\end{aligned}$$

Поправки размеров рамок за искажение в проекции Гаусса-Крюгера равны:

$$\begin{aligned}\Delta a &= 0,01 \text{ см;} \\ \Delta c &= 0,01 \text{ см;} \\ \Delta d &= 0,01 \text{ см.}\end{aligned}$$

Размеры рамок с учетом поправок:

- южное основание ($a_{ю}$) = 33,64 см;
- северное основание ($a_{с}$) = 33,58 см;
- боковая сторона (c) = 37,11 см;
- диагональ (d) = 50,06 см.

4.4 Размещение трапеции на рамке прямоугольных координат

1. Строим километровую сетку на листе ватмана в масштабе 1:100 000, т.е. 1 см соответствует 1 км. Сетку вычерчиваем зеленым цветом и подписываем координаты по X и Y.

2. Наносим по координатам углы рамки трапеции N-40-110-A-a и вычерчиваем ее черным цветом.

3. Подписываем название чертежа, имя составителя и принимающего чертеж.

Смотрите приложение Г – Размещение трапеции N-40-110-A-a на рамке прямоугольных координат.

5 Лабораторная работа № 1 – Определение искажений на карте

Задание: На карте, выданной преподавателем, нанесена точка. Определить искажения в данной точке и построить эллипс искажений по вычисленным значениям a , b , m , n , θ . Определить проекцию, в которой создана карта.

В ходе работы определить следующие величины:

- частные масштабы m по меридиану и n по параллели, выраженные в долях к главному масштабу заданной карты;
- определить величину угла θ и его отклонение от 90° , т.е. $\varepsilon = \theta - 90^\circ$;
- определить частный масштаб площади P ;
- определить наибольшее « a » и наименьшее « b » искажения по главным направлениям;
- определить искажения углов ω ;
- определить искажения форм K .

5.1 Рекомендации по выполнению лабораторной работы

В картографических проекциях могут присутствовать следующие виды искажений:

- искажения длин – вследствие этого масштаб карты непостоянен в разных точках и по разным направлениям, а длины линий и расстояния искажены;
- искажения площадей – масштаб площадей в разных точках карты различен, что является прямым следствием непостоянства масштаба в разных точках;
- искажения углов вызывает искажение форм и деформирование фигур на карте.

5.2 Последовательность расчета

1 Для определения частных масштабов m и n необходимо измерить на выданной преподавателем карте длины дуг меридиана и параллели, проходящих через данную точку M (см. рисунок 4), где l_1 – длина дуги, измеренная по меридиану через заданную точку M , мм; l_2 – длина дуги параллели, измеренная в мм.

Например: $l_1=70$ мм; $l_2=64$ мм.

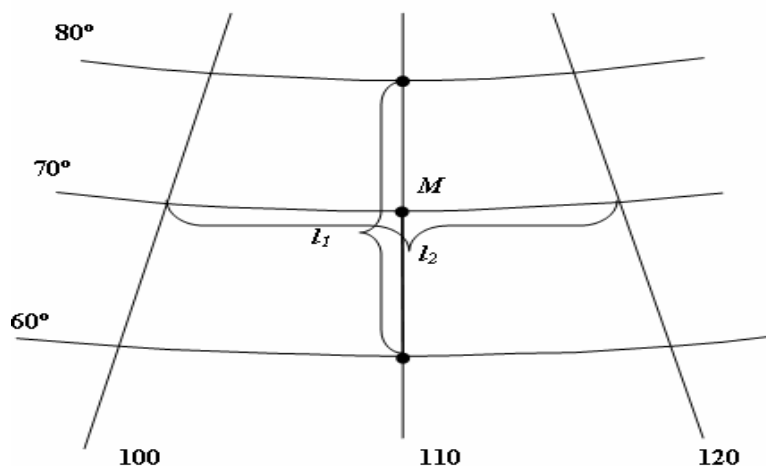


Рисунок 4 – Положение данной точки на карте М 1:30 000 000

2 Необходимо рассчитать, чему равна эта дуга на эллипсоиде по таблицам «Длин дуг параллелей и меридианов на эллипсоиде Красовского». Для этого по широте $B=70^\circ$ выбираем из таблицы длину дуги параллели в 1° , равную 38177 м, и рассчитываем длину дуги в 20° ($80^\circ-60^\circ$).

$$38177 \cdot 20^\circ = 763540 \text{ м.}$$

Аналогично расчет ведем по меридиану:

длина дуги по меридиану в 1° будет равна 111558 м, соответственно длина дуги в 20° будет равна $111558 \cdot 20 = 2231160$ м.

3 Определить масштабы m и n в долях главного масштаба по формулам:

$$m = \frac{l_1}{L} \cdot M; \quad n = \frac{l_2}{L_2} \cdot M,$$

где M – знаменатель численного масштаба заданной карты.

$$m = \frac{70_{\text{мм}}}{2234160000} \cdot 30000000 = 0,94$$

$$n = \frac{64}{763540000} \cdot 30000000 = 2,51$$

4 Для нахождения угла θ необходимо провести касательные к меридиану и параллели в точке M и измерить угол θ .

Рассчитать отклонение угла θ от 90° по формуле $\varepsilon = \theta - 90^\circ$.

По определенным данным рассчитать искажение площади $P = m \cdot n \cdot \sin \theta$;
 $P = m \cdot n \cdot \cos \varepsilon$.

5 Вычислить искажения по главным направлениям по следующим формулам:

$$a + b = \sqrt{m^2 + n^2 + 2P};$$

$$a - b = \sqrt{m^2 - 2p + n^2}$$

$$\text{или } a + b = \sqrt{m^2 + n^2 + 2m \cdot n \cdot \cos \varepsilon};$$

$$a - b = \sqrt{m^2 + n^2 - 2m \cdot n \cdot \cos \varepsilon};$$

$$a = \frac{(a+b) + (a-b)}{2}; \quad b = \frac{(a+b) - (a-b)}{2}.$$

6 Определить максимальное искажение углов

$$\sin \frac{\omega}{2} = \frac{a-b}{a+b}.$$

7 Определить искажение форм:

$$\kappa = \frac{a}{b}$$

Если меридианы и параллели на карте совпадают с главными направлениями эллипса, т.е. $\Theta = 90^\circ$, $\varepsilon = 0^\circ$, $a = m$, $b = n$, то основные формулы примут вид

$$P = m \cdot n; \quad \sin \frac{\omega}{2} = \frac{m-n}{m+n}; \quad P = a \cdot b.$$

8 По вычисленным m , n , a , b , Θ построить эллипс искажений в заданной точке в выбранном масштабе.

Любая бесконечно малая окружность на шаре (эллипсоиде) предстает на карте бесконечно малым эллипсом – его называют эллипсом искажений. Для наглядности вместо бесконечно малого эллипса обычно рассматривают эллипс конечных размеров. Его размеры и форма отражают искажения длин, площадей и углов, а ориентировка большой оси относительно меридиана и параллели покажет направление наибольшего растяжения в данной точке. Малая ось характеризует наибольшее сжатие в данной точке. Отрезки вдоль меридиана и параллели соответственно характеризуют частные масштабы m по меридиану и частный масштаб n по параллели.

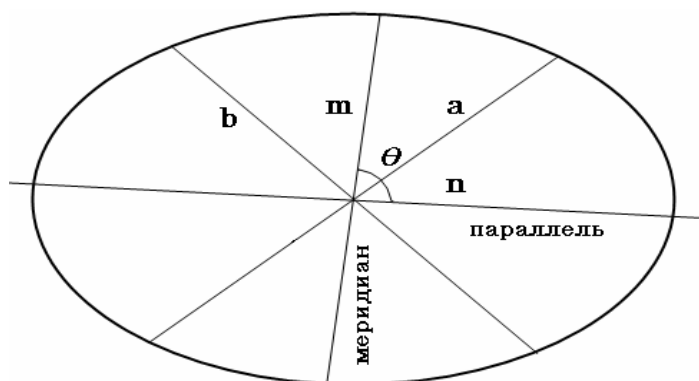


Рисунок 5 – Эллипс искажений, характеризующий искажения масштабов в данной точке

Наиболее удобным и быстрым способом, позволяющим делать расчеты для любой точки карты является определение величин показателей искажений по макетам карт с изоколами.

Изоколами называют изолинии искажений в проекции. Изоколы соединяют на карте точки с одинаковыми числовыми значениями линейных, угловых искажений и искажений площадей, которые имеют различные формы: прямых линий, дуг, кругов, овалов и других линий различной кривизны. Макеты карт с изоколами показателей искажений даются, как правило, отдельно для каждого показателя.

9 Определить проекцию заданной карты по «Таблицам для определения проекций», указав при этом, по каким признакам был определен тип проекции.

10 Составить отчет по выполнению лабораторной работы, титульный лист оформить согласно требованиям СТП. К отчету приложить исходную карту.

6 Лабораторная работа №2 по теме «Картографические проекции»

Задание. Построить картографическую сетку в нормальной равнопромежуточной по меридиану конической проекции для одной из областей Российской Федерации, указанной по вариантам, с густотой сетки в один-два градуса, приняв в качестве средней параллели среднюю параллель картографируемой территории.

6.1 Общие понятия

В конической проекции меридианы нормальной сетки изображаются прямыми линиями, пересекающимися в одной точке O и располагающимися под углами δ , пропорциональными разностям долгот, а параллели изображаются дугами концентрических окружностей с центром в точке пересечения меридианов. Коническая равнопромежуточная проекция основана на конусе секущим эллипсоид. Конус сопрягается с земным эллипсоидом в двух местах, формируя две стандартные параллели. Линии сопряжения касательной или секущей поверхности с поверхностью эллипсоида называется стандартными параллелями. Максимальные искажения в конических проекциях будут в области вершины конуса, поэтому вершину конуса усекают, а полярные области не проецируют в конических проекциях. Форма фигур сохраняется вдоль стандартных параллелей. Область наименьших искажений – средние широты, для которых и применяется коническая проекция.

Заданная проекция строится с помощью конуса, касательного к земному эллипсоиду по средней параллели изображаемой территории. Для построения картографической сетки с густотой в 1° или 2° необходимо рассчитать плоский угол δ между соседними меридианами и радиусы ρ для построения параллелей.

6.2 Сущность построения касательного конуса

1. Чтобы построить заданную проекцию, используют «вспомогательную окружность», представляющую на чертеже шар, равновеликий с поверхностью Земного эллипсоида. Эта «вспомогательная окружность» предназначена для предварительных расчетов и построений. Радиус шара, равновеликого с Земным эллипсоидом, рассчитывают по формуле (1):

$$R = a \cdot \left(1 - \frac{e^2}{b} \right), \quad (1)$$

где a и b соответственно большая экваториальная и малая полярная полуоси Земного эллипсоида,

$$a = 6378245,0 \text{ м}, \quad b = 6356863,0 \text{ м};$$

e – первый эксцентриситет меридианного эллипса, вычисляемый по формуле (2):

$$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}. \quad (2)$$

Для референц-эллипсоида Красовского $e^2 = 0,0066$.

2. Рассчитывают радиус (ρ_0) параллели касания, за которую принимают среднюю параллель заданной территории по формуле (3):

$$\rho_0 = R \cdot \operatorname{ctg} \varphi_0 \frac{1}{M}, \quad (3)$$

Радиус ρ_0 выражают в масштабе построения конической проекции. Длина ρ_0 выражается отрезком касательной от вершины конуса до точки касания.

3. Радиус ρ параллелей, ограничивающих заданную территорию, рассчитывают по формуле (4):

$$\rho = 2R \cdot \sin \frac{90 - \varphi}{2} \quad (4)$$

Рассчитав радиус шара равновеликого с Земным эллипсоидом, строят вспомогательную окружность так, чтобы диаметр окружности в масштабе построения конической проекции составил 12-15 см.

6.3 Построение конической проекции

1. Через центр вспомогательной окружности провести средний меридиан картографируемой территории. На меридиане намечают вершину конуса O и строят параллель касания радиусом ρ_0 .

2. Для построения параллелей картографируемой территории к северу и к югу от параллели касания на среднем меридиане откладывают отрезки S_1 , равные выпрямленным дугам меридиана между соседними параллелями в заданное число градусов $\Delta\varphi$.

Отрезки S_1 вычисляют по формуле (5):

$$S_1 = \frac{2\pi \cdot R \cdot \Delta\varphi}{360^\circ} \cdot \frac{1}{M}, \quad (5)$$

где $\Delta\varphi$ – густота сетки параллелей,
 M – знаменатель масштаба построений.

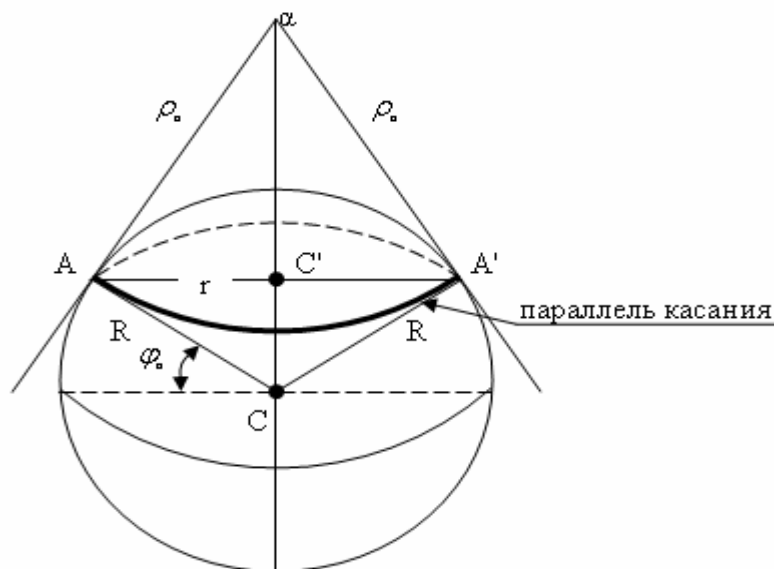


Рисунок 6 – Построение касательного конуса

3. Чтобы провести меридианы, необходимо на параллели касания от точки пересечения среднего меридиана и параллели касания отложить отрезки, равные выпрямленным дугам параллелей между соседними меридианами в заданное число градусов по $\Delta\lambda$. Отрезки S_2 вычисляют по формуле (6):

$$S_2 = \frac{2\pi R \cdot \Delta\lambda \cdot \cos \varphi}{360^\circ \cdot M}. \quad (6)$$

4. Рассчитываем углы δ между меридианами при полюсе O по формуле (7):

$$\delta = \Delta\lambda \cdot \sin \varphi_0. \quad (7)$$

В вершине полюса O от среднего меридиана необходимо отложить при помощи транспортира углы δ и полученные направления меридианов провести через точки, отмеченные на параллели касания.

5. На построенную сетку нанести границы картографируемой территории с исходной карты по географическим координатам.

Построение провести на листе ватмана. Параллели и меридианы вычертить голубым или зеленым цветом. Границы территории показать черным цветом.

Провести рамку карты, подписав на параллелях и меридианах географические координаты.

7 Вопросы для самопроверки

7.1 Вопросы для самопроверки по расчетно-графической работе

1. Что называется проекцией?
2. Понятие об элементах карты.
3. Есть ли отличие в легенде для топографических карт и в легендах тематических и специальных картах?
4. Что является математической основой карт?
5. Основные свойства карты.
6. По каким признакам классифицируются карты?
7. Понятие о номенклатуре карт.
8. Чем определяется геодезическая основа карт?
9. Какими элементами характеризуется форма общего Земного эллипсоида?
10. Какую зависимость устанавливает проекция, как выражается эта зависимость?
11. Понятие о координатной сетке и картографической сетке.
12. Что называется легендой карты?
13. Понятие о картографическом изображении.
14. Что такое «компоновка карты»?
15. Что является элементами математической основы карт?
16. По каким признакам определяются картографические проекции?
17. Как классифицируются картографические проекции?
18. Понятия о нормальных сечениях, понятия о главных нормальных сечениях.
19. Что такое первый вертикал?
20. По какой формуле рассчитывается радиус кривизны (N) первого вертикала?
21. По какой формуле рассчитывается радиус кривизны меридианного сечения (M)?
22. По какой формуле рассчитываются длины дуг меридианов и параллелей?
23. Какие данные необходимо рассчитать, чтобы построить картографическую сетку в нормальной равноугольной цилиндрической проекции?
24. Как определить количество листов карт М 1:25 000 на определяемую территорию?

7.2 Вопросы для самопроверки по лабораторным работам

1. Какие искажения могут присутствовать на карте, и какое влияние они оказывают при измерениях по карте?
2. По каким формулам определяются частные масштабы по меридианам и параллелям?
3. Для каких целей определяют величину угла θ ?
4. Понятие об эллипсе искажений.
5. Какими элементами характеризуется эллипс искажений?
6. По какой формуле определяются искажения углов, искажения по главным направлениям?
7. По какой формуле определяются искажения площади по карте?
8. Что такое «изоколы», чем они характеризуются?
9. По каким данным определяют тип проекции?
10. Когда применяются конические проекции?
11. Понятие о стандартных параллелях.
12. Где происходит минимальное искажение в конических проекциях?
13. Зачем вводят понятие «вспомогательной окружности» при построении конических проекций?
14. По какой формуле рассчитывается радиус шара равновеликого с Земным эллипсоидом?
15. По какой формуле рассчитывается радиус ρ_0 параллели касания?

Список использованных источников

1. Краак, М.Я. Картография [Текст]: визуализация геопространственных данных: пер. с англ. / М.Я. Краак, Ф. Ормелинг. – М.: Научный мир, 2005. – 325 с.
2. Берлянт, А.М. Картография: учебник для вузов [Текст] / А.М. Берлянт. – М.: Аспект Пресс, 2001. – 336 с.
3. Берлянт, А.М. Картография, геоинформатика и аэрокосмическое зондирование / А.М. Берлянт, Ю.Ф. Книжникова. – М.: Издательство МГУ, 1995. – 624 с.
4. Лабораторный практикум по картографии с основами топографии [Текст]: учебное пособие для вузов / С.И. Кудрин. – Минск: Экоперспектива, 2003. – 206 с.
5. Таблицы координат Гаусса-Крюгера. – М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1963. – 605 с;
6. Таблицы размеров рамок и площадей трапеций топографических съемок. Эллипсоид Красовского. – М.: Государственное Научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1963. – 605 с.

Приложение А (обязательное)

Исходная карта Шарлыкского района Оренбургской области М 1:50 0000

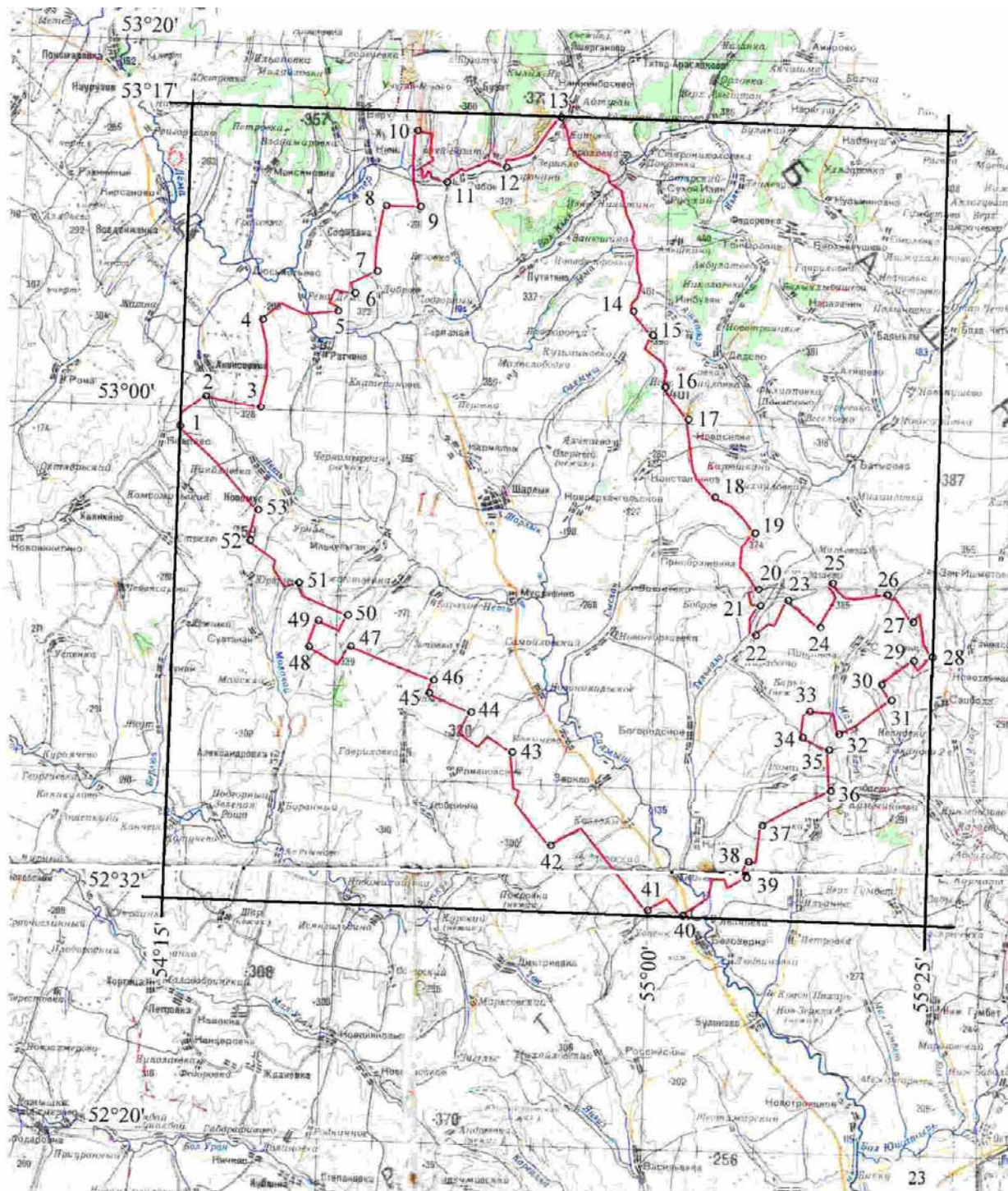
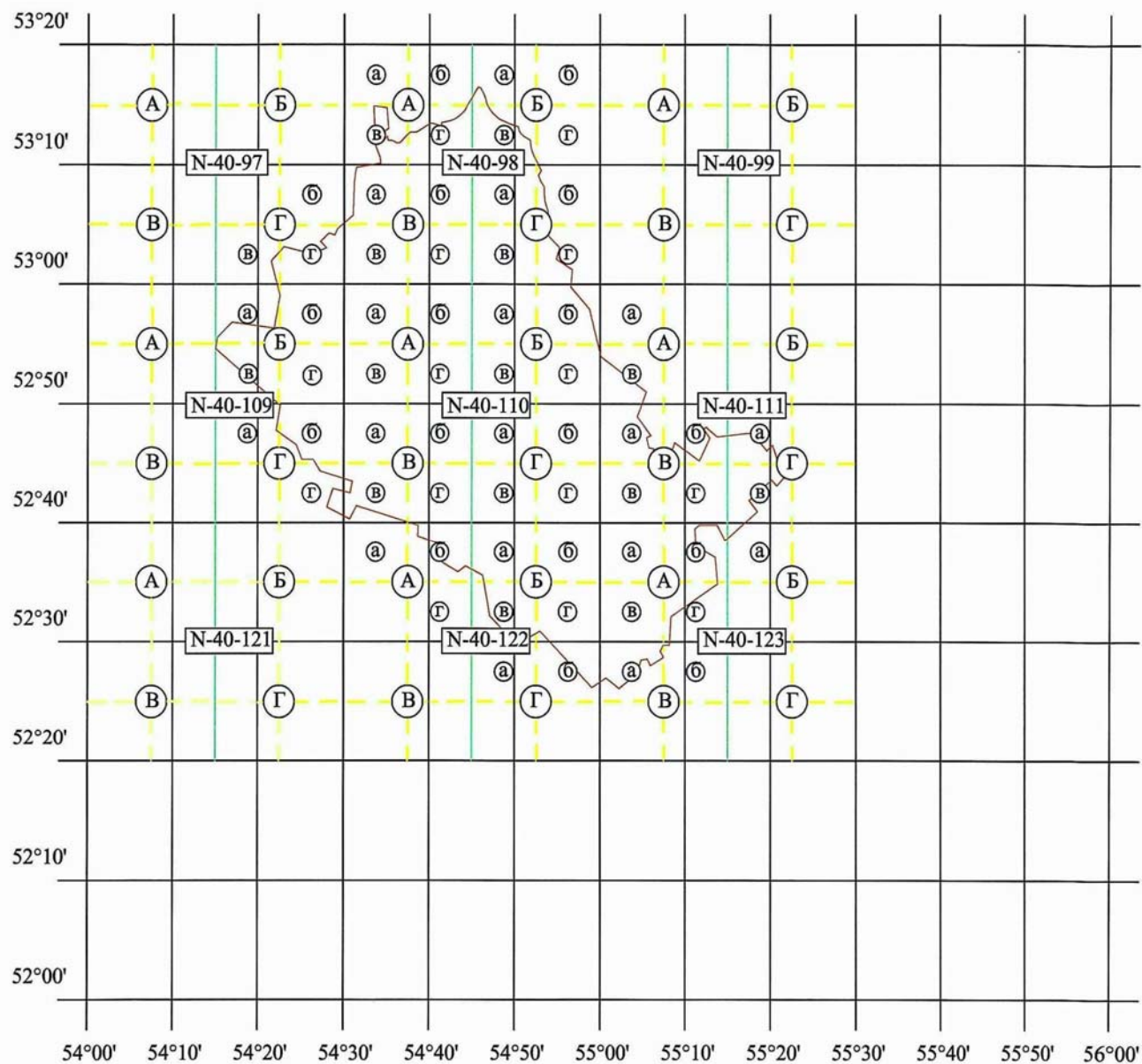


Рисунок А.1

Приложение Б (обязательное)

Схема расположения листов топографической карты М 1:25 000 на территории Шарлыкского района Оренбургской области



Составил студент: 04ГК Осина Н. Б.
Принял преподаватель: Земирова А. Т.

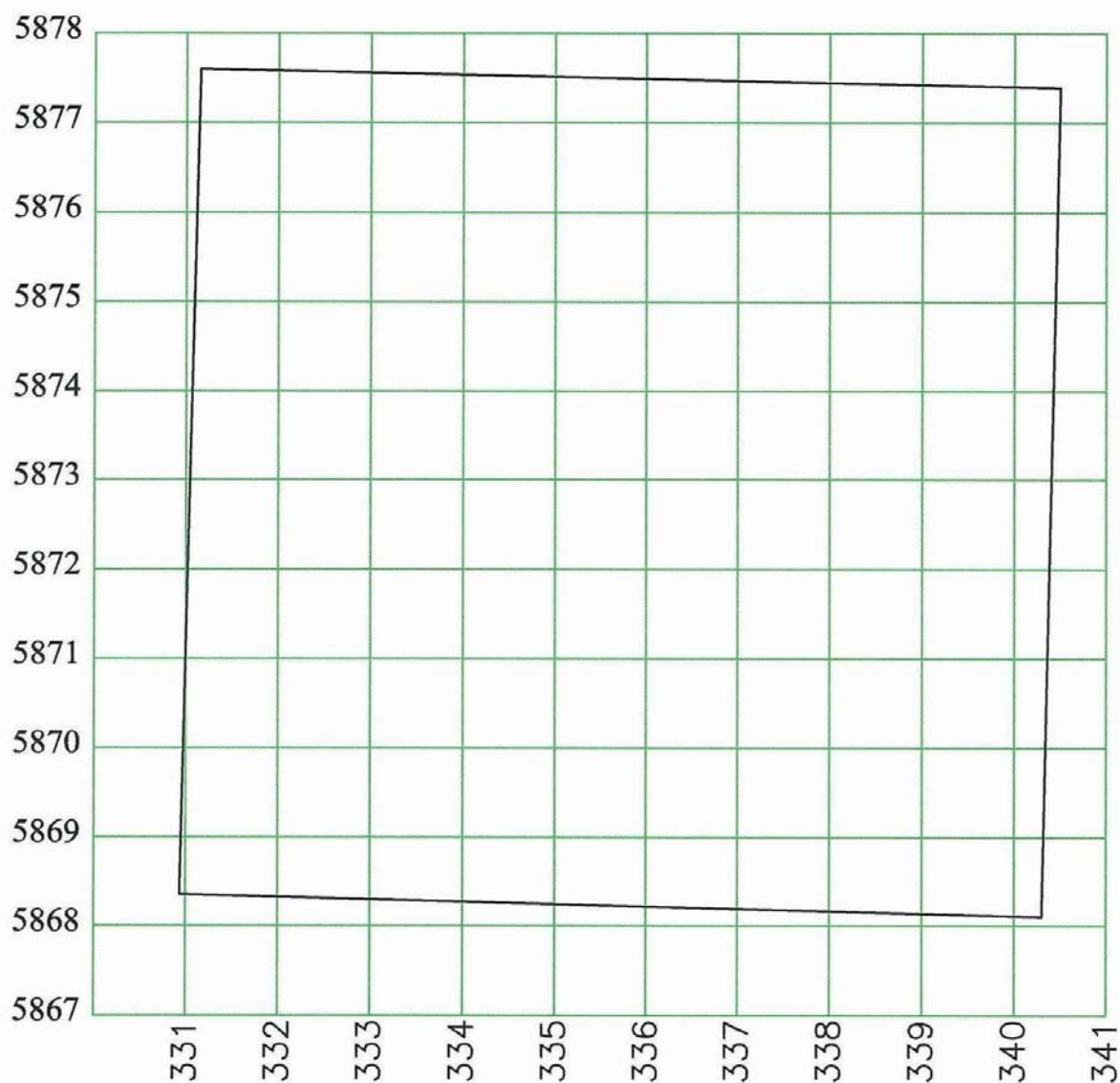
Рисунок Б.1

**Административная карта Шарлыкского района Оренбургской области,
построенная в нормальной равноугольной цилиндрической проекции
М 1:500 000**



Приложение Г (обязательное)

Размещение трапеции N-40-110-A-a на рамке прямоугольных координат
М 1:100 000



Составил студент: 04ГК Осина Н. Б.
Принял преподаватель: Земирова А.Т.

Рисунок Г.1

Приложение Д (справочное)

Таблицы для определения проекций

Таблица Д.1 – Определение проекций мировых карт

Какими линиями изображаются		Как изменяется длина дуги среднего меридианы между соседними параллелями при удалении от экватора	Во сколько раз длина дуги среднего меридиана между экватором и параллелью 20° меньше длины такой же длины дуги меридиана с долготой 180°	Сколько градусов дуги 80-й параллели захватывает 60- градусная дуга экватора (от среднего меридиана)	Название проекции
Меридианы	Параллели				
1	2	3	4	5	6
Прямыми	Прямыми	Между параллелями 60 и 80° в 3 раза больше, чем между экватором и параллелью	Эти дуги равны	60° (эти дуги равны)	Нормальная равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора
Прямыми	Прямыми	Между параллелями 60 и 80° в 1,8 раза больше, чем между экватором и параллелью	То же	То же	Нормальная произвольная цилиндрическая проекция Урмаева
Кривыми	Прямыми	Между параллелями 60 и 80° в 1,3 раза больше, чем между экватором и параллелью	Эти дуги почти равны	Примерно 88°	Произвольная псевдоцилиндрическая проекция ЦНИИГАиК

Продолжение таблицы Д.1

1	2	3	4	5	6
Кривыми	Дугами эксцентрических окружностей	Сохраняются равными	Примерно в 1,5 раза	Примерно 117°	Произвольная поликоническая проекция ЦНИИГАиК. Вариант 1950
Кривыми	Дугами эксцентрических окружностей	Между параллелями 60 и 80° в 1, 2 раза больше, чем между экватором и параллелью 20°	Почти в 1,4 раза	Примерно 121°	Произвольная поликоническая проекция ЦНИИГАиК. Вариант БСЭ

Таблица Д.2 – Определение проекция материков Евразии, северной Америки, Южной Америки, Африки и Австралии

Какими линиями изображаются параллели	Как изменяется длина дуги среднего меридиана между соседними параллелями от центра материка к северу и к югу	Как изменяется длина дуги средней параллели между соседними меридианами при удалении от среднего меридиана	Как изменяется расстояние между соседними параллелями при удалении от среднего меридиана	Какой линией изображается экватор	Название проекции
1	2	3	4	5	6
Кривыми, увеличивающими кривизну при удалении от среднего меридиана	Уменьшается	Уменьшается	Увеличивается	Кривой	Косая равновеликая азимутальная проекция Ламберта
				Прямой	Поперечная равновеликая азимутальная проекция Ламберта

Продолжение таблицы Д.2

1	2	3	4	5	6
Кривыми, близкими к дугам окружностей	То же	К западу увеличивается, к востоку изменяется мало. Картографическая сетка несимметрична относительно среднего меридиана	Изменяется мало и по-разному в разных точках карты	Кривой	Условная произвольная проекция ЦНИИГиК (для Евразии)
Дугами окружностей	Не изменяется	Не изменяется	Не изменяется	Дугой окружности	Равновеликая псевдоконическая проекция Бонна
Прямыми	То же	То же	То же	Прямой	Равновеликая псевдоцилиндрическая проекция Сансона

Таблица Д.3 – Определение проекций карт полушарий

Какими линиями изображаются параллели	Как изменяются длины дуг среднего меридиана между соседними параллелями и экватора между соседними меридианами при удалении от центра полушария к его краям	Название проекции
Восточное и западное полушария		
Кривыми, с нарастающей выпуклостью от экватора	Уменьшаются до 1,4 раза	Поперечная равновеликая азимутальная проекция Ламберта
	Не изменяются	Поперечная равнопромежуточная азимутальная проекция Постеля
Дугами окружностей	-	Условная произвольная шаровая (глобулярная) проекция
	Увеличиваются до двух раз	Поперечная равноугольная стереографическая азимутальная проекция
Прямыми	Уменьшаются до 6...12 раз	Поперечная равнопромежуточная ортографическая азимутальная проекция
Северное и южное полушарие		
Полными концентрическими окружностями	Равны	Нормальная равнопромежуточная азимутальная проекция Постеля

Таблица Д.4 – Определение проекций карт СНГ

Какими линиями изображаются		Как изменяется длина дуги среднего меридиана между соседними параллелями при удалении от центра к северу и югу	Как изменяется длина дуги средней параллели между соседними меридианами при удалении от среднего меридиана к востоку и западу	Особые признаки	Название проекции
Меридианы	Параллели	Не изменяется	Не изменяется	Угол между меридианами, имеющими разность долгот 90° , составляет около 73°	Нормальная равнопромежуточная коническая проекция Каврайского
				Угол между меридианами, имеющими разность долгот 90° , составляет около $76,5^\circ$	Нормальная произвольная коническая проекция Красовского
Кривыми	Кривыми	К северу увеличивается, к югу уменьшается немного; при этом между параллелью 80° и полюсом в 1,3 раза больше, чем между параллелями 50 и 60°	Постепенно увеличивается к востоку и западу одинаково	-	Косая произвольная цилиндрическая проекция Соловьева для начальной школы
То же	То же	Немного увеличивается: между параллелью 80° и полюсом, а также между параллелями 40 и 50° в 1,1 раза больше, чем между параллелями 60 и 70°	Сначала увеличивается, потом немного уменьшается	Средний меридиан 100°	

Приложение Е

(справочное)

Таблица Е.1 -Длины дуг и меридианов на эллипсоиде Красовского

Широта, градус	Расстояние от экватора, м	Длины дуги параллели в 1°, м	Широта	Длина дуги меридиана в 1°, м
0	-	111321	0°	-
1	110576	111305	0-1	110576
2	221153	111254	1-2	110577
3	331732	111170	2-3	110579
4	442312	111052	3-4	110580
5	552895	110901	4-5	110583
6	663482	110716	5-6	110587
7	774072	110497	6-7	110590
8	884668	110245	7-8	110596
9	995268	109960	8-9	110600
10	1 105875	109641	9-10	110607
11	1 216488	109289	10-11	110613
12	1 327108	108904	11-12	110620
13	1 437737	108487	12-13	110629
14	1 548373	108036	13-14	110636
15	1 659019	107552	14-15	110646
16	1 769675	107036	15-16	110656
17	1 880341	106488	16-17	110666
18	1 881017	105907	17-18	110676
19	2 101706	105294	18-19	110689
20	2 212406	104649	19-20	110700

Продолжение таблицы Е.1

Широта, градус	Расстояние от экватора, м	Длины дуги параллели в 1°, м	Широта	Длина дуги меридиана в 1°, м
21	2 323118	103972	20-21	110712
22	2 433844	103264	21-22	110726
23	2 544583	102524	22-23	110739
24	2 655336	101753	23-24	110753
25	2 766103	100952	24-25	110767
26	2 876886	110119	25-26	110783
27	2 987683	99257	26-27	110797
28	3 098497	98364	27-28	110814
29	3 209326	97441	28-29	110829
30	3 320172	96488	20-30	110846
31	3 431035	95506	30-31	110863
32	3 541915	94495	31-32	110880
33	3 652813	93455	32-33	110898
34	3 763728	92386	33-34	110915
35	3 874662	91290	34-35	110934
36	3 985613	90615	35-36	110951
37	4 096584	89013	36-37	110971
38	4 207573	87834	37-38	110989
39	4 318580	86628	38-39	111007
40	4 429607	85395	39-40	111027
41	4 540654	84137	40-41	111047
42	4 651719	82852	41-42	111065
43	4 762804	81542	42-43	111085
44	4 873908	80208	43-44	111104
45	4 985032	78848	44-45	111124

Продолжение таблицы Е.1

Широта, градус	Расстояние от экватора, м	Длины дуги параллели в 1°, м	Широта	Длина дуги меридиана в 1°, м
46	5 096176	77465	45-46	111144
47	5 207339	76057	46-47	111163
48	5 318521	74627	47-48	111182
49	5 429723	73173	48-49	111202
50	5 540944	71697	49-50	111221
51	5 652185	70199	50-51	111241
52	5 763445	68679	51-52	111260
53	5 874723	67138	52-53	111278
54	5 986021	65577	53-54	111298
55	6 097337	63995	54-55	111316
56	5 208672	62394	55-56	111335
57	6 320025	60773	56-57	111353
58	6 431395	59134	57-58	111370
59	6 542783	57476	58-59	111388
60	6 654189	55801	59-60	111406
61	6 765612	54108	60-61	111423
62	6 877051	52399	61-62	111439
63	6 988506	50674	62-63	111455
64	7 099978	48933	63-64	111472
65	7 211465	47176	64-65	111487
66	7322967	45405	65-66	111502
67	7 434483	43621	66-67	111516
68	7 546014	41822	67-68	111531
69	7 657558	40011	68-69	111544
70	7 769116	38177	69-70	111558

Продолжение таблицы Е.1

Широта, градус	Расстояние от экватора, м	Длины дуги параллели в 1°, м	Широта	Длина дуги меридиана в 1°, м
71	7 760686	36352	70-71	111570
72	7 992268	34505	71-72	111582
73	8 103862	32674	72-73	111594
74	8 215467	30780	73-74	111605
75	8 327082	28902	74-75	111615
76	8 438707	27016	75-76	111625
77	6 550341	25122	76-77	111634
78	8 661984	23219	77-78	111643
79	8 773635	21310	78-79	111651
80	8 885293	19394	79-80	111658
81	8 996958	17472	80-81	111665
82	9 108629	15544	81-82	111671
83	9 220306	13612	82-83	111677
84	9 331987	11675	83-84	111681
85	9 443673	9735	84-85	111686
86	9 555362	7791	85-86	111689
87	9 667053	5846	86-87	111691
88	9 778747	3898	87-88	111694
89	9 890442	1949	88-89	111695
90	10 002137	0000	89-90	111695