

УДК 528.9:681.3.06

А.Н. Крючков, Л.Н. Соболев

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КООРДИНАТ ТОЧЕК РАМКИ НОМЕНКЛАТУРНОГО ЛИСТА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ

Предложен алгоритм определения геодезических координат углов и точек излома рамки номенклатурного листа топографической карты, осевого меридиана зоны Гаусса и знаменателя масштаба по заданному коду номенклатуры топографической карты.

Введение

Рассматриваемый в статье алгоритм определения геодезических координат углов и точек излома рамки номенклатурного листа топокарты, осевого меридиана зоны Гаусса и знаменателя масштаба по заданному коду номенклатуры топокарты является одним из базовых алгоритмов при использовании математической основы карт в картографических и геоинформационных системах, в основе которых лежат топографические карты масштабов 1:10 000 – 1:1 000 000 в отечественной разграфке. Для топографических карт этих масштабов принята единая равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса, вычисленная для шестиградусной зоны по параметрам эллипсоида Красовского [1]. Листы топографических карт имеют вид трапеций, стороны которых – линии меридианов и параллелей. В основе алгоритма лежит метод кодировки номенклатурных листов карт и планов, принятый в формате F20S, на базе которого был разработан белорусский стандарт на представление цифровых карт и планов [2].

1. Компоновка, разграфка и номенклатуры листов топокарт

Достоинствами системы разграфки и номенклатуры отечественных топографических карт являются ее стройность и простота. Она может быть использована для всей поверхности земного шара и исключает случаи повторения номенклатуры листов карт различных районов. Удобство рассмотренной номенклатуры, кроме того, состоит в том, что по ней легко определить широту и долготу каждого угла рамки любого листа карты, а также ее масштаб [3].

В соответствии с этим установлена и номенклатура листов, единая для топографических карт всех масштабов. В основу обозначения листов топографических карт любого масштаба положена номенклатура листов карты масштаба 1:1 000 000. Листы карт, заключенные между соседними параллелями, образуют пояса, а листы между смежными меридианами – колонны.

Так как меридианы к полюсам сближаются и, следовательно, линейные размеры северных и южных сторон рамок с увеличением широты уменьшаются, на районы севернее (южнее) параллели 60° топографические карты всех масштабов издаются сдвоенными по долготе листами, севернее параллели 76° карта масштаба 1:200 000 издается строенными листами, карты остальных масштабов – счетверенными листами.

Номенклатура листа карты масштаба 1:1 000 000 (одинарного, до параллели 60°) складывается из обозначений пояса (заглавными буквами латинского алфавита от А до U) и колонны (арабскими цифрами от 1 до 60 с запада на восток от меридиана 180°), в пересечении которых расположен лист, например М-35.

Для сдвоенных листов (от параллели 60° до параллели 76°) номенклатура складывается из обозначения ряда и двух колонн, например Р-35,36; для счетверенных листов – из обозначения ряда и четырех колонн, например Т-35,36,37,38.

Номера листов карт масштабов 1:100 000 – 1:500 000 складываются из номенклатуры соответствующего листа миллионной карты с добавлением к ней цифры (цифр) или буквы, указывающей расположение на ней данного листа. Счет листов всех масштабов ведется слева направо и сверху вниз.

Одинарный лист карты масштаба 1:1 000 000 (до параллели 60°) содержит четыре листа карты масштаба 1:500 000, которые обозначаются заглавными буквами А, Б, В, Г русского алфавита, например М-35-А.

Лист карты масштаба 1:1 000 000 содержит 36 листов карты масштаба 1:200 000, которые обозначаются римскими цифрами от I до XXXVI (например, для одинарного листа до параллели 60° – М-35-III), и 144 листа карты масштаба 1:100 000, которые нумеруются арабскими цифрами от 1 до 144 (например, для одинарного листа до параллели 60° – М-35-132).

Лист карты масштаба 1:100 000 содержит четыре листа карты масштаба 1:50 000, которые обозначаются русскими прописными буквами А, Б, В, Г (например, для одинарного листа до параллели 60° – М-35-133-А), а лист карты масштаба 1:50 000 – четыре листа карты масштаба 1:25 000, которые обозначаются строчными буквами а, б, в, г (например, для одинарного листа до параллели 60° – М-35-133-А-а).

Лист карты масштаба 1:25 000 содержит четыре листа карты масштаба 1:10 000, которые обозначаются арабскими цифрами 1, 2, 3, 4, (например, для одинарного листа до параллели 60° М-35-133-А-в-1).

Для сдвоенных, строенных и счетверенных листов карт масштабов 1:100 000 – 1:500 000 номенклатура складывается из обозначения номенклатуры карт масштаба 1:1 000 000 и цифрового или буквенного обозначения двух, трех или четырех смежных листов карт соответствующего масштаба, например сдвоенный лист карты масштаба 1:100 000 – Р-41-133,134 и счетверенный лист карты этого масштаба – Т-41-141,142,143,144.

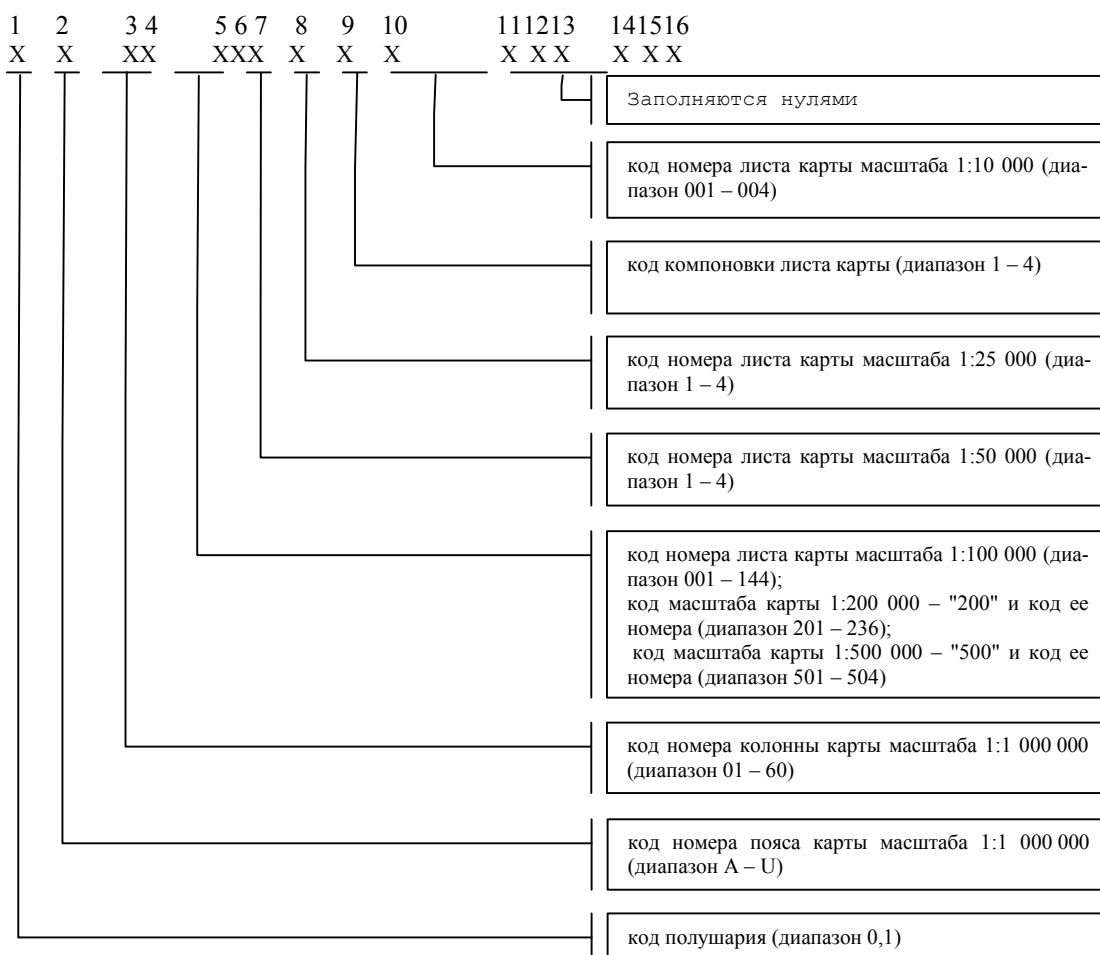


Рис. 1. Структура кода номенклатуры топографической карты

Для сдвоенных и счетверенных листов карт масштабов 1:10 000 – 1:50 000 номенклатура складывается из обозначения одной или двух номенклатур карт смежного более мелкого масштаба и двух или четырех букв русского алфавита (для карт масштабов 1:25 000, 1:50 000) и двух или

четырёх арабских цифр (для карт масштаба 1:10 000), например сдвоенный лист карты масштаба 1:10 000 – Р-35-133-А-в-1,2, счетверенный лист карты этого масштаба – Т-35-141-А-в-1,2, г-1,2.

В основу кодирования номенклатуры цифровых топографических карт в формате F20S положен принцип «выхода» на цифровую информацию по виду цифровой карты, ее масштабу или территориальной принадлежности.

При кодировании номенклатуры топокарты учитываются особенности ее компоновки и разграфки. Символы номенклатуры карты приводятся к виду, удобному для машинной обработки (кодировки). Цифровое обозначение номенклатуры заносится в поле «код номенклатуры» файла паспорта цифровой модели формата F20S (рис. 1).

Поле "код номенклатуры" состоит из шестнадцати символов. Пятый символ указывает на вид карты: топографическая карта, топографический план, план города, произвольный район и т. д.

2. Алгоритм определения геодезических координат точек рамки номенклатурного листа топокарты

П о с т а н о в к а з а д а ч и. По заданной номенклатуре листа топокарты nom определить количество ng и координаты точек углов и точек излома рамки (B_i, L_i) , $i = \overline{1, ng}$, долготу осевого меридиана L_0 зоны Гаусса, в которой расположен лист топокарты, в геодезической системе координат и знаменатель масштаба топокарты Mt .

Р е ш е н и е

Пусть P – код полушария (0 – северное, 1 – южное);

Np – код (номер) пояса листа топокарты масштаба 1:1 000 000 ($Np = \overline{1,21}$);

Nk – номер колонны листа топокарты масштаба 1:1 000 000 ($Nk = \overline{1,60}$);

N_{500} – номер листа топокарты масштаба 1:500 000 в пределах листа топокарты масштаба 1:1 000 000 ($N_{500} = \overline{1,4}$);

N_{200} – номер листа топокарты масштаба 1:200 000 в пределах листа топокарты масштаба 1:1 000 000 ($N_{200} = \overline{1,36}$);

N_{100} – номер листа топокарты масштаба 1:100 000 в пределах листа топокарты масштаба 1:1 000 000 ($N_{100} = \overline{1,144}$);

N_{50} – номер листа топокарты масштаба 1:50 000 в пределах листа топокарты масштаба 1:100 000 ($N_{50} = \overline{1,4}$);

N_{25} – номер листа топокарты масштаба 1:25 000 в пределах листа топокарты масштаба 1:50 000 ($N_{25} = \overline{1,4}$);

N_{10} – номер листа топокарты масштаба 1:10 000 в пределах листа топокарты масштаба 1:25 000 ($N_{10} = \overline{1,4}$);

K – признак компоновки листа топокарты ($K = \overline{1,4}$);

$F(a)$ – функция преобразования символьного значения числа a в цифровое;

$L(a)$ – функция, возвращающая порядковый номер буквы a в латинском алфавите;

$[x]$ – целая часть числа x .

Определяется значение N для вычисления N_{100} :

$$N = 100 \cdot F(nom[5]) + 10 \cdot F(nom[6]) + F(nom[7]).$$

Из соответствующих полей номенклатуры листа топокарты *nom* выбираются и перекодируются из символического вида в числовые значения и заносятся в P , Np , Nk , N_{500} , N_{200} , N_{100} , N_{50} , N_{25} , N_{10} , K :

$$\begin{aligned}
 P &= F(nom[1]); \\
 Np &= 10 \cdot F(nom[3]) + F(nom[4]); \\
 Nk &= L(nom[2]); \\
 N_{500} &= \begin{cases} F(nom[7]) \text{ при } nom[5] = '5'; \\ 0 \text{ иначе;} \end{cases} \\
 N_{200} &= \begin{cases} 10 \cdot F(nom[6]) + F(nom[7]) \text{ при } nom[5] = '2'; \\ 0 \text{ иначе;} \end{cases} \\
 N_{100} &= \begin{cases} N \text{ при } ((nom[5] = '0') \& ((nom[6] \neq '0') \parallel (nom[7] \neq '0'))) \parallel (nom[5] = '1'); \\ 0 \text{ иначе;} \end{cases} \\
 N_{50} &= F(nom[8]); \\
 N_{25} &= F(nom[9]); \\
 N_{10} &= F(nom[13]); \\
 K &= F(nom[10]).
 \end{aligned}$$

Определяется масштаб листа топокарты Mt :

$$Mt = \begin{cases} 1000000 \text{ при } nom[5] = 0 \& nom[6] = 0 \& nom[7] = 0; \\ 500000 \text{ при } N_{500} \neq 0; \\ 200000 \text{ при } N_{200} \neq 0; \\ 100000 \text{ при } N_{100} \neq 0 \& N_{50} = 0; \\ 50000 \text{ при } N_{50} \neq 0 \& N_{25} = 0; \\ 25000 \text{ при } N_{25} \neq 0 \& N_{10} = 0; \\ 10000 \text{ при } N_{10} \neq 0. \end{cases}$$

Определяется широта северной стороны рамки листа топокарты масштаба 1:1 000 000, в которую входит рамка анализируемой топокарты

$$A = \begin{cases} 4 \cdot Np \text{ при } P = 0; \\ -4 \cdot (Np - 1) \text{ при } P = 1. \end{cases}$$

Интервал изменения геодезической долготы устанавливается от 0^0 до 360^0 , начиная от гринвичского меридиана к востоку.

По отношению к гринвичскому меридиану начало колонны в градусах выражается формулой

$$C = (Nk - 31) \cdot 6^0,$$

которая дает отсчет от гринвичского меридиана в интервале от 0^0 до $+180^0$ и от 0^0 до -180^0 .

Для получения интервала изменения долгот от 0^0 до 360^0 в случае $C < 0$ необходимо выполнить

$$C = C + 360^0.$$

Определяется долгота осевого меридиана зоны Гаусса

$$L_0 = \begin{cases} C + 12 \text{ при } (Mt = 1000000) \& (K = 4); \\ C + 6 \text{ при } (Mt = 1000000) \& (K = 2) \parallel (Mt = 500000) \& (K = 4); \\ C + 3 \text{ иначе.} \end{cases}$$

Геодезическая широта (северной B_C и южной $B_{Ю}$) и долгота (западной L_3 и восточной L_B) сторон рамки листа топокарты вычисляются в зависимости от ее масштаба Mt .

Для листа топокарты масштаба 1:1 000 000 ($Mt = 1000000$)

$$B_C = A;$$

$$L_3 = C.$$

Для листа топокарты масштаба 1:500 000 ($Mt = 500000$)

$$B_C = A - \left[\frac{N_{500} - 0,5}{2} \right] \cdot 2;$$

$$L_3 = C + \begin{cases} 0 \text{ при } N_{500} \in (1;3); \\ 3 \text{ при } N_{500} \in (2;4). \end{cases}$$

Для листа топокарты масштаба 1:200 000 ($Mt = 200000$)

$$B_C = A - \left[\frac{N_{200} - 0,5}{6} \right] \cdot \frac{40}{60};$$

$$L_3 = C + (N_{200} - \left[\frac{N_{200} - 0,5}{6} \right] \cdot 6 - 1) \cdot 1.$$

Для листа топокарты масштаба 1:100 000 ($Mt = 100000$)

$$B_C = A - \left[\frac{N_{100} - 0,5}{12} \right] \cdot \frac{20}{60};$$

$$L_3 = C + (N_{100} - \left[\frac{N_{100} - 0,5}{12} \right] \cdot 12 - 1) \cdot \frac{30}{60}.$$

Для листа топокарты масштаба 1:50 000 ($Mt = 50000$)

$$B_C = A - \left[\frac{N_{100} - 0,5}{12} \right] \cdot \frac{20}{60} - \left[\frac{N_{50} - 0,5}{2} \right] \cdot \frac{10}{60};$$

$$L_3 = C + (N_{100} - \left[\frac{N_{100} - 0,5}{12} \right] \cdot 12 - 1) \cdot \frac{30}{60} + \begin{cases} 0 \text{ при } N_{50} \in \{1,3\}; \\ \frac{15}{60} \text{ при } N_{50} \in \{2,4\}. \end{cases}$$

Для листа топокарты масштаба 1:25 000 ($Mt = 25000$)

$$B_c = A - \left[\frac{N_{100} - 0,5}{12} \right] \cdot \frac{20}{60} - \left[\frac{N_{50} - 0,5}{2} \right] \cdot \frac{10}{60} - \left[\frac{N_{25} - 0,5}{2} \right] \cdot \frac{5}{60};$$

$$L_3 = C + (N_{100} - \left[\frac{N_{100} - 0,5}{12} \right] \cdot 12 - 1) \cdot \frac{30}{60} + \begin{cases} 0 & \text{при } N_{50} \in \{1, 3\} \\ \frac{15}{60} & \text{при } N_{50} \in \{2, 4\} \end{cases} + \begin{cases} 0 & \text{при } N_{25} \in \{1, 3\}; \\ \frac{7,5}{60} & \text{при } N_{25} \in \{2, 4\}. \end{cases}$$

Для листа топокарты масштаба 1:10 000 ($Mt = 10000$)

$$B_c = A - \left[\frac{N_{100} - 0,5}{12} \right] \cdot \frac{20}{60} - \left[\frac{N_{50} - 0,5}{2} \right] \cdot \frac{10}{60} - \left[\frac{N_{25} - 0,5}{2} \right] \cdot \frac{5}{60} - \left[\frac{N_{10} - 0,5}{2} \right] \cdot \frac{2,5}{60};$$

$$L_3 = C + (N_{100} - \left[\frac{N_{100} - 0,5}{12} \right] \cdot 12 - 1) \cdot \frac{30}{60} + \begin{cases} 0 & \text{при } N_{50} \in \{1, 3\} \\ \frac{15}{60} & \text{при } N_{50} \in \{2, 4\} \end{cases} + \begin{cases} 0 & \text{при } N_{25} \in \{1, 3\} \\ \frac{7,5}{60} & \text{при } N_{25} \in \{2, 4\} \end{cases} +$$

$$+ \begin{cases} 0 & \text{при } N_{10} \in \{1, 3\}; \\ \frac{3,75}{60} & \text{при } N_{10} \in \{2, 4\}. \end{cases}$$

Определяются размеры сторон рамки одинарного листа топокарты в геодезической системе координат в градусах ($\Delta B, \Delta L$). Рамка листа топокарты в геодезической системе координат представляет собой прямоугольник.

$$(\Delta B, \Delta L) = \begin{cases} (4,6) & \text{при } Mt = 1000000; \\ (2,3) & \text{при } Mt = 500000; \\ (\frac{40}{60}, 1) & \text{при } Mt = 200000; \\ (\frac{20}{60}, \frac{30}{60}) & \text{при } Mt = 100000; \\ (\frac{10}{60}, \frac{15}{60}) & \text{при } Mt = 50000; \\ (\frac{5}{60}, \frac{7,5}{60}) & \text{при } Mt = 25000; \\ (\frac{2,5}{60}, \frac{3,75}{60}) & \text{при } Mt = 10000. \end{cases}$$

Для всех масштабов листов топокарт

$$B_{ю} = B_c - \Delta B;$$

$$L_B = L_3 + \Delta L \cdot K.$$

Долготы точек излома L_k^{u3l} северных и южных сторон рамок листов топокарт вычисляются по формуле

$$L_i^{u3l} = L_3 + \Delta L^{u3l} \cdot i, \quad i = \overline{1, k}.$$

Значения разности долгот ΔL^{u3l} двух соседних точек излома либо точки излома и угла стороны рамки листа топокарты и количество точек излома k на северной (южной) стороне рамки листов топокарт различных масштабов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Масштаб карты	Компоновка листа		
	одинарный лист	сдвоенный лист	счетверенный (строенный) лист
1:10 000	k=0	k=0	k=0
1:25 000	k=0	k=0	$\Delta L^{u3l} = 15', k = 1$
1:50 000	k=0	$\Delta L^{u3l} = 15', k = 1$	$\Delta L^{u3l} = 15', k = 3$
1:100 000	$\Delta L^{u3l} = 15', k = 1$	$\Delta L^{u3l} = 15', k = 3$	$\Delta L^{u3l} = 15', k = 7$
1:200 000	$\Delta L^{u3l} = 15', k = 3$	$\Delta L^{u3l} = 15', k = 7$	$\Delta L^{u3l} = 30', k = 5$
1:500 000	$\Delta L^{u3l} = 30', k = 5$	$\Delta L^{u3l} = 30', k = 11$	$\Delta L^{u3l} = 1^0, k = 11$
1:1 000 000	$\Delta L^{u3l} = 1^0, k = 5$	$\Delta L^{u3l} = 1^0, k = 11$ при $Np = 16$; $\Delta L^{u3l} = 2^0, k = 5$ при $Np \in [17, 19]$.	$\Delta L^{u3l} = 2^0, k = 11$

Примечание. $Np = 16$ – номер пояса, соответствующего широте от параллели 60° до параллели 64° ; $Np \in [17, 19]$ – номера поясов, соответствующих широте от параллели 64° до параллели 76° .

Количество точек рамки листа топокарты

$$ng = 2 \cdot k + 4.$$

Массив координат рамки листа топокарты формируется начиная от юго-западного угла рамки, против часовой стрелки.

Координаты точек южной стороны рамки листа топокарты:

$$\begin{aligned} B_i &= B_{Ю}; \\ L_i &= L_3 + \Delta L^{u3l} \cdot (i - 1). \end{aligned} \quad i = \overline{1, k + 2}.$$

Координаты точек северной стороны рамки листа топокарты:

$$\begin{aligned} B_i &= B_с; \\ L_i &= L_B - \Delta L^{u3l} \cdot (i - k - 3). \end{aligned} \quad i = \overline{k + 3, 2 \cdot k + 4}.$$

Для перевода вычисленных геодезических координат (B_i, L_i) , $i = \overline{1, ng}$, точек углов и точек излома рамки листа топокарты и осевого меридиана зоны Гаусса L_0 из градусной меры в

радианную их необходимо разделить на величину $\rho = \frac{180}{\pi}$ – количество градусов в одном радиане.

Заключение

Предложенный алгоритм позволяет определять геодезические координаты углов и точек излома рамки номенклатурного листа топографической карты и осевого меридиана зоны Гаусса с точностью до 0,001". Реализованное программное обеспечение на основе рассматриваемого в статье алгоритма использовано при решении следующих задач:

- создания цифровых моделей топографических карт в операциях трансформирования исходного изображения в теоретические рамки номенклатурного листа топокарты;
- создания баз данных цифровой картографической информации для кодирования единиц хранения и организации доступа к ним по номенклатуре, масштабу или территориальной принадлежности;
- формирования геодезической и километровой сеток в картографических и геоинформационных системах;
- базовых картографических операций, таких как сшивка, сводка, разграфка, связанных с необходимостью получения информации о теоретической рамке номенклатурного листа топокарты;
- конвертации цифровых моделей топографических карт из формата F20S в различного вида картографические форматы (обменный формат MapInfo, обменный формат ArcView, SXF и др.).

Список литературы

1. Руководство по картографическим и картоиздательским работам. - М.: РИО ВТС, 1978.
2. Государственный стандарт Республики Беларусь. СТБ 1025-96. Цифровая картография. Цифровое представление топографических карт и планов. – Мн.: Белстандарт, 1996.
3. Военная топография / А.А. Псарев, А.Н. Коваленко, А.М. Куприн, Б.И. Пирнак. – М.: Воениздат, 1986.

Поступила 02.08.04

*Объединенный институт проблем
информатики НАН Беларуси,
Минск, Сурганова, 6
e-mail: lab210@newman.bas-net.by*

A.N. Kryuchkov, L.N. Sobol

THE ALGORITHM OF GEODESIC COORDINATES CALCULATION OF TOPOGRAPHIC MAP NOMENCLATURE SHEET FRAME POINTS

The algorithm of calculation of geodesic coordinates of corners and salient points of nomenclature sheet frame of the topographic map is proposed. The algorithm also allows the calculating the axial meridian of Gauss zone and map scale using the topographic map code.