

Для цитирования: Мамедбеков С.Н., Омаров А.О., Раджабов Р.Г. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕВОДА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КООРДИНАТ ТОЧЕК С ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЛИпсоИДА НА ПЛОСКОСТЬ В КОНФОРМНОЙ ПРОЕКЦИИ ГАУССА-КРЮГЕРА. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016;42 (3):110 -118. DOI:10.21822/2073-6185-2016-42-3-110-118

For citation: Mamedbekov S.N., Omarov A.O., Radjabov R.G. GEODETIC POINTS COORDINATES TRANSITION SIMULATION FROM THE ELLIPSOID SURFACE INTO THE SPACE CONFORMAL GAUSS-KRUGER PROJECTION. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2016;42 (3):110-118. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2016-42-3-110-118

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК: 528.2/3

DOI: 10.21822/2073-6185-2016-42-3-110-118

Мамедбеков С.Н.¹, Омаров А.О.², Раджабов Р.Г.³

¹⁻³Дагестанский государственный технический университет,
367015 г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70,

¹e-mail:mamedbekov-salman@mail.ru ²e-mail:o.arif@mail.ru

³e-mail:radzhabov@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕВОДА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КООРДИНАТ ТОЧЕК С ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЛИпсоИДА НА ПЛОСКОСТЬ В КОНФОРМНОЙ ПРОЕКЦИИ ГАУССА-КРЮГЕРА

Аннотация. Цель. Произвести расчет динамики изменения разностей абсцисс и ординат по широте и анализ результатов перевода геодезических координат точек в плоские координаты в конформной проекции Гаусса-Крюгера. Рассмотрены классические формулы конформной проекции. Методы. С применением систем спутникового позиционирования, измеряемые величины (псевдодальности) переводятся в координаты точек позиционирования в пространственную прямоугольную геоцентрическую систему координат X, Y, Z . Далее координаты точек из этой системы переводятся в геодезическую систему координат на определенной модели эллипсоида B, L, H , затем их переводят в плоские прямоугольные системы координат x, y . В статье приведены классические формулы и методика перевода из геодезической системы координат в плоскую прямоугольную зональную систему в конформной проекции Гаусса-Крюгера. Результат. С целью визуализации, результаты вычислений перевода координат приведены графически с дискретностью по широте в один градус. Из приведенного расчета следует, что разности абсцисс точек имеют линейную положительную динамику на средних широтах и нелинейную положительную и отрицательную динамику от экватора к полюсу соответственно. Определена линейность отрицательной динамики разностей ординат от экватора до средних широт, а на северных широтах эти разности имеют нелинейный отрицательный характер. Вывод. Доказано, что только прямоугольные координаты на плоскости, будучи также изометрическими, создают сеть из равных квадратов.

Ключевые слова: проекции Гаусса-Крюгера, конформные проекции, изометрические координаты, степенные ряды

Salman N.Mamedbekov¹, Arif O.Omarov², Rustam G.Radjabov³

Daghestan State Technical University,

70 I. Shamil Ave, Makhachkala, 367015,

¹e-mail:mamedbekov-salman@mail.ru,

²e-mail:o.arif@mail.ru,

³e-mail:radzhabov@mail.ru

GEODETIC POINTS COORDINATES TRANSITION SIMULATION FROM THE ELLIPSOID SURFACE INTO THE SPACE CONFORMAL GAUSS-KRUGER PROJECTION

Abstract. Aim. In this paper we calculated the abscissa dynamics and ordinate of differences in latitude and analysis geodetic points coordinates in the ellipsoid coordinates into the conformal Gauss-Kruger projection. It is described the classical formula of conformal projection. **Methods.** Coordinate transition from one system to another in geodesy is the most urgent task that we faces to every day. Currently, especially the use of satellite positioning systems, the measured values (pseudo) are converted into coordinates of positioning points of rectangular geocentric coordinate system X, Y, Z . Next, the points coordinates from this system are converted to geodetic coordinate system to a particular model of the ellipsoid B, L and H , then they are transferred to a flat, rectangular coordinate system x, y . Below are the classic formula and transition method from geodetic coordinate system to a space rectangular zonal system in conformal Gauss-Kruger projection are given. **Results.** In order visualization of the translation coordinate computation results are given graphically according to latitude one degree. From given calculation that the difference between the x -points have a linear positive trend on the mid-latitudes and the positive and negative non-linear dynamics of the equator to the pole, respectively. The linearity of the negative dynamics of the ordinate differences from the equator to middle latitudes and on the northern latitudes, these differences have a nonlinear negative. **Conclusion.** It is found that only a rectangular coordinate on the plane, being well isometric create a network of equal squares.

Key words: Gauss-Kruger projection, conformal projection, isometric coordinates power series

Введение. Наиболее актуальной задачей геодезии является преобразование координат точек из одной системы в другую с известной точностью.

Результаты спутниковых измерений обрабатываются при помощи специальных компьютерных программ, которые рассчитывают перевод пространственных координат X, Y, Z точек полученных при обработке результатов первичных измерений в геодезические B, L, H , на определенной математической модели эллипсоида со своими характеристиками, с последующим переводом на плоские системы координат связанные с этой моделью. Модель эллипсоида выбирают в соответствии с поставленными задачами.

Постановка задачи. В данной работе поставлена задача моделирования графической визуализации, оценки динамики изменения абсцисс и ординат с интервалом в один градус широты в конформной проекции Гаусса-Крюгера на крайнем меридиане шестиградусной зоны.

Выбор геодезических проекций связан с определением величин искажений и простоты их учета [1]. Основным требованием при выборе геодезической проекции является легкость и удобство учета искажений. Однако этим требованием еще не определяется характер и вид проекции. Более значимым условием конформных проекций является сохранение подобия в бесконечно малых частях [1-4].

Проекция Гаусса - Крюгера определяется следующими условиями:

1. Проекция Гаусса - Крюгера конформна, т. е. масштаб изображения постоянен в данной точке и, следовательно, зависит только от координат пункта.
2. Осевой меридиан каждой зоны изображается на плоскости прямой линией, принимаемой за ось абсцисс.
3. Начало координат в каждой зоне выбирается в точке пересечения изображения осевого меридиана с изображением экватора. Ось ординат совпадает с изображением экватора.
4. Масштаб изображения осевого меридиана равен 1, т. е. осевой меридиан изображается на плоскости без искажения.
5. Для точек осевого меридиана абсциссы равны дугам меридиана, отсчитанным от экватора.

Методы исследования. Ниже описаны формулы и методика перевода геодезических координат точек с поверхности выбранной математической модели Земли на плоскость шестиградусной зоны в проекции Гаусса-Крюгера. В качестве математической модели Земли во всем мире принят эллипсоид вращения. Подобных математических моделей эллипсоидов в мире используются большое количество, в частности, в системах спутникового позиционирования применяют модели WGS 84(GPS) и модель ПЗ 90 (ГЛОНАСС). Координаты пунктов опорных геодезических сетей I-кл переносят с эллипсоида на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера в следующем порядке [1-3]:

- от геодезических координат начального пункта сети переходят к прямоугольным координатам Гаусса - Крюгера, одновременно вычисляют Гауссово сближение меридианов γ ;
- от длины геодезической линии и ее азимута в начальном пункте переходят к длине и дирекционному углу хорды;
- от углов между геодезическими линиями переходят к углам между хордами их изображений на плоскости.

Выполняя эти действия, получают геодезическую сеть прямолинейных треугольников на плоскости, а затем ее уравнивают по способу наименьших квадратов и вычисляют прямоугольные координаты всех вершин [4].

Отображение поверхности земного сфероида в конформной проекции на плоскости - значит установить закономерное соответствие между точками поверхности и плоскости так, чтобы соответствующие углы малых геометрических фигур сфероида и плоскости были равны, а стороны пропорциональны. В теории геодезических проекций главное заключается в установлении указанного точечного соответствия, т. е. в определении координат на плоскости по заданным геодезическим и, наоборот. Общие уравнения соответствия между геодезическими и плоскими координатами могут быть выражены следующими общими математическими зависимостями:

$$\begin{aligned}x &= f_1(B, L) \\ y &= f_2(B, L)\end{aligned}\quad (1)$$

где, В и L геодезические координаты точки.

В проекции Гаусса - Крюгера, поверхность эллипсоида разбивается на зоны. Математические выкладки упрощаются, если заменить в выражении (1) долготы данного и осевого меридиана через их разности $l=L- L_0$, и геодезическую широту В - через изометрическую широту, обозначив ее q . Допустим, что указанные преобразования уже выполнены, тогда уравнения (1) примут вид:

$$\begin{aligned}x &= x(q, l) \\ y &= y(q, l)\end{aligned}\quad (2)$$

Новообразовавшаяся система координат (q, l) на эллипсоиде обладает тем свойством, что при $d_q = d_l$ поверхность разбивается на сеть бесконечно малых квадратов, площади, которых между собой не равны, так как они зависят от местоположения квадратов на поверхности, кривизна которой меняется от точки к точке.

Такая координатная сеть называется изометрической, а система (q, l) - изометрической системой координат на сфероиде. Только прямоугольные координаты на плоскости, будучи также изометрическими, создают сеть из равных квадратов.

Изометрические координаты обладают симметричностью[2], т. е. при перестановке координат изометрическая сеть не меняется. Путем обращения уравнений (2) в отношении q и l можно записать:

$$\begin{aligned}q &= q(x, y) \\ l &= l(x, y)\end{aligned}\quad (3)$$

Уравнения (2) и (3) выражают в общем виде точечное соответствие между поверхностью сфероида и плоскостью и, определяют прямоугольные координаты (x,y) по заданным (q,l). Вид функций (2) и (3) определяется заданными условиями, которым должно удовлетворять изображение сфероида на плоскости.

Из уравнений (2) и (3) путем дифференцирования получаем

$$dx = \frac{\partial x}{\partial q} dq + \frac{\partial x}{\partial l} dl \quad (4)$$

$$dy = \frac{\partial y}{\partial q} dq + \frac{\partial y}{\partial l} dl$$

$$dq = \frac{\partial q}{\partial x} dx + \frac{\partial q}{\partial y} dy \quad (5)$$

$$dl = \frac{\partial l}{\partial x} dx + \frac{\partial l}{\partial y} dy$$

Основные уравнения конформного преобразования изометрических координат имеют вид [2].

$$\frac{\partial x}{\partial q} = \frac{\partial y}{\partial l}$$
$$\frac{\partial x}{\partial l} = -\frac{\partial y}{\partial q} \quad (6)$$

Пусть теперь системы координат (x,y) и (q,l) соответственно совпадают с (u,v) и (u', v'), тогда из (6) получим совершенно симметричные с (6) уравнения вида:

$$\frac{\partial q}{\partial x} = \frac{\partial l}{\partial y}$$
$$\frac{\partial q}{\partial y} = -\frac{\partial l}{\partial x} \quad (7)$$

Интегрирование их выполняется при начальных условиях, которые задаются при изображении модели эллипсоида на плоскости или наоборот. Эти уравнения в теории аналитических функций называются условиями Коши - Римана, являются фундаментальными соотношениями, как в теории аналитических функций, так и в конформном отображении поверхностей [2,9].

В проекции Гаусса - Крюгера осевой меридиан изображается прямой линией в натуральную величину, т. е. для точек осевого меридиана абсциссы равны дугам меридиана, а ординаты - нулю. Если обозначим дуги меридиана через X, то для точек осевого меридиана при $l=0$ получим

$$x = X$$
$$y = 0 \quad (8)$$

Кроме этого, положительным l должны соответствовать положительные y и отрицательным l - отрицательные y , положительным и отрицательным l соответствуют только положительные x . Эти условия вполне определяют проекцию Гаусса - Крюгера.

Нижеприведенные степенные ряды удовлетворяют поставленным условиям для проекции Гаусса - Крюгера

$$\begin{aligned} x &= X + a_2 l^2 + a_4 l^4 + a_6 l^6 + \dots \\ y &= b_1 l + b_3 l^3 + b_5 l^5 + b_7 l^7 + \dots \end{aligned} \quad (9)$$

где, $a_2, a_4, a_6, \dots, b_1, b_3, b_5, b_7, \dots$ суть функции геодезической широты данной точки. Из (9) при $l = 0$ имеем $y=0$ и $x=X$; при отрицательной величине l ордината y - отрицательная, а абсцисса x - положительная.

Эти условия вполне достаточны для интегрирования уравнений (9) с помощью рядов (9). После некоторых преобразований получим:

$$\begin{aligned} x &= X + \frac{l^{n^2}}{2\rho^{n^2}} N \cos B \sin B + N \frac{l^{n^4}}{24\rho^{n^4}} \sin B \cos^3 B (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) + \\ &+ \frac{l^{n^6}}{720\rho^{n^6}} N \sin B \cos^5 B (61 - 58t^2 + t^4 + 270\eta^2 - 330\eta^2 t^2) \\ y &= \frac{l^n}{\rho^n} N \cos B + N \frac{l^{n^3}}{6\rho^{n^3}} \cos^3 B (1 - t^2 + \eta^2) + \frac{l^{n^5}}{120\rho^{n^5}} N \cos^5 B (5 - 18t^2 + \\ &+ t^4 + 14\eta^2 - 58\eta^2 t^2 + 13\eta^4 - 64\eta^4 t^2) + \frac{l^{n^7}}{5040\rho^{n^7}} N \cos^7 B (61 - 479t^2 + 179t^4 - t^6) \end{aligned} \quad (10)$$

Формулы (10) являются классическими и обладают высокой точностью и могут быть применены для разности долгот $l \approx 3-4^\circ$, т. е. для системы шестиградусных зон. Естественно, что для трехградусных зон эти формулы могут быть упрощены, а именно в формуле для x могут быть отброшены члены $14\eta^4$ и 16 , а для y — члены с $15\eta^2$ и 17 , тогда для этого случая будем иметь:

$$\begin{aligned} x &= X + \frac{l^{n^2}}{2\rho^{n^2}} N \cos B \sin B + N \frac{l^{n^4}}{24\rho^{n^4}} \sin B \cos^3 B (5 - t^2 + 9\eta^2) \\ y &= \frac{l^n}{\rho^n} N \cos B + N \frac{l^{n^3}}{6\rho^{n^3}} \cos^3 B (1 - t^2 + \eta^2) + \frac{l^{n^5}}{120\rho^{n^5}} N \cos^5 B (5 - 18t^2 + t^4) \end{aligned} \quad (11)$$

Материалы геодезических измерений, за исключением триангуляции 1 класса, обрабатываются в проекции Гаусса-Крюгера с вычислением прямоугольных координат пунктов опорных геодезических сетей. В некоторых случаях уравнивание триангуляции 1 класса также выполняется на плоскости [3,9,10].

Обсуждение результатов. Основное достоинство проекции Гаусса - Крюгера для построения системы плоских прямоугольных координат на больших территориях - деление поверхности математической модели эллипсоида на зоны, простирающиеся полосами от северного полюса до южного, отвечает требованиям перехода с эллипсоида на плоскость и осуществляется с точностью, удовлетворяющей самым строгим практическим требованиям[5].

Зональные плоские прямоугольные координаты Гаусса-Крюгера характеризуются следующими важными свойствами для больших территорий [6]:

1. Масштаб изображения и сближение меридианов возрастают к востоку и западу от осевого меридиана сравнительно медленно и является функциями ординаты точки при заданной широте. Системы координат во всех зонах подобны. При этом число координатных зон для больших территорий и даже для всей поверхности Земли сравнительно невелико.

2. Формулы для решения прямой и обратной задач проекции - простые степенные ряды однообразного вида - являются функциями двух аргументов. С математической точки зрения преимущества координат Гаусса-Крюгера легко обнаруживаются, сравнением основных харак-

теристических функций геодезических проекций. Из геодезических проекций только проекция Гаусса-Крюгера может применяться для всей поверхности земного шара [11,12,13].

3. На краю шестиградусной зоны при $y_T = 250$ км, $x_2 - x_1 = 1$ км значение редукции будет меньше 1, т. е. пренебрегаемо мало по сравнению с ошибками измерения углов.

4. При проложении теодолитных ходов между пунктами триангуляции, координаты которых даны в системе Гаусса - Крюгера, в измеренные длины сторон ходов необходимо вводить поправки за переход на плоскость [7]. На краю шестиградусной зоны при $y = 250$ км эти поправки достигают величины порядка 1:1200 поэтому не могут считаться пренебрегаемыми, поэтому для проектирования различных инженерных сооружений такое масштабное искажение на плане или в геодезических данных не может считаться допустимым.

5. В трехградусных зонах, где $l = 1^\circ 30'$, относительные линейные искажения приблизительно равны 1:5000. Для решения множества топографических задач данной величиной можно пренебрегать. Поэтому в районах крупномасштабных съемок, результаты которых будут использоваться для проектирования и инженерных расчетов, координаты пунктов следует вычислять в трехградусной зоне [8].

На рис. 1 и 2 приведены динамика изменения разностей абсцисс $\Delta x_i = x_i - x_{i-1}$ и ординат $\Delta y_i = y_i - y_{i-1}$ на крайнем меридиане шести-градусной зоны №7 и их разности

$\Delta \Delta x_i = \Delta x_i - \Delta x_{i-1}$ и $\Delta \Delta y_i = \Delta y_i - \Delta y_{i-1}$ от геодезической широты в диапазоне от экватора до полюса.

Ниже изображены на рисунках результаты вычислений произведенных по формулам (11) с дискретностью по широте в один градус.

Из рис. 1а следует, что разности абсцисс имеет линейную положительную динамику на средних широтах и нелинейную положительную и отрицательную динамику от экватора и к полюсу соответственно. Из рис. 1б видна линейность отрицательной динамики разностей ординат от экватора до средних широт, а на северных широтах эти разности имеют нелинейный отрицательный характер [14,15,16].

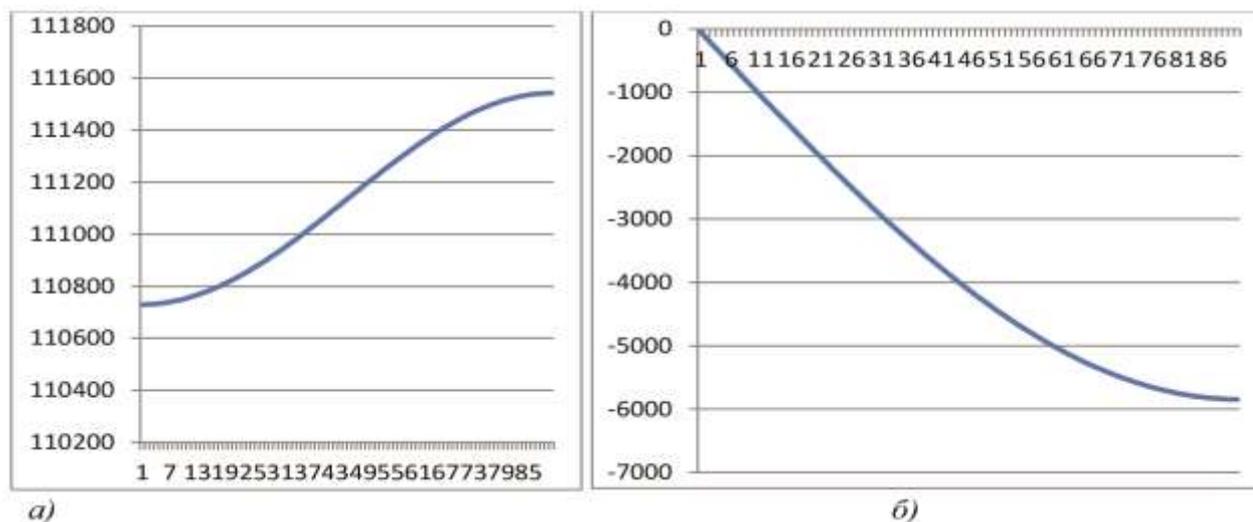


Рисунок 1- Зависимость значений разностей абсцисс (а) и ординат (б) от широты ($B = 0^\circ - 90^\circ$)

На рисунке 2 изображены графики изменения разностей самих разностей абсцисс (рис. 2.а), что визуально позволяет оценить данную динамику, и изменения разностей ординат (рис. 2.б) в зависимости от широты пункта.

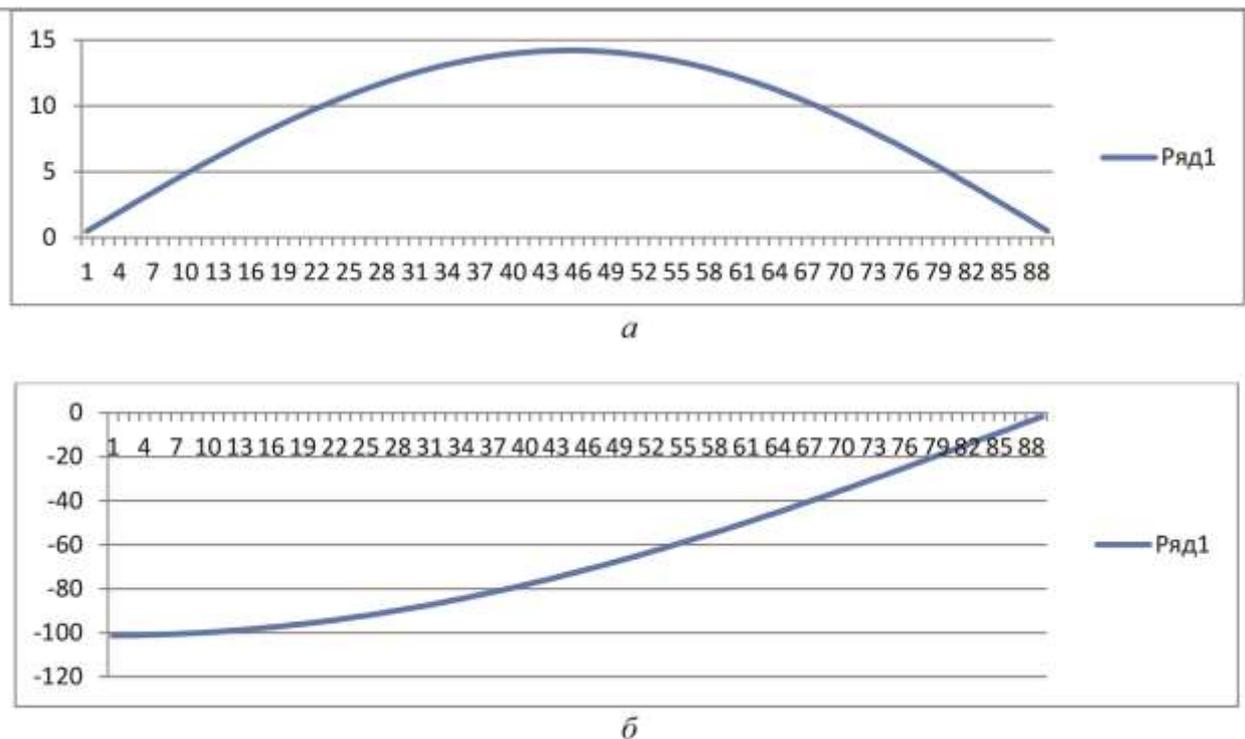


Рисунок 2 - Зависимость значений разностей $\Delta\Delta x_i(a)$ и $\Delta\Delta y_i(b)$ от широты ($B = 0^\circ - 90^\circ$)

$$\Delta\Delta x_i = \Delta x_i - \Delta x_{i-1} \quad \Delta\Delta y_i = \Delta y_i - \Delta y_{i-1}$$

Вывод:

1. Абсциссы точек на плоскости шестиградусной зоны при переводе с поверхности модели эллипсоида медленно меняются в приэкваториальной и приполярной зонах в отличие от средней полосы.
2. В средней полосе широты разности абсцисс имеют линейную положительную динамику.
3. Разности ординат от экватора модели до средних широт имеют линейную отрицательную динамику, что замедляет темп изменения с возрастанием широты к полюсу.
4. Наибольшие значения динамики разностей ординат $\Delta y_i - \Delta y_{i-1}$ имеют на экваторе, а минимум на полюсе.
5. Динамика разностей $\Delta\Delta x_i = \Delta x_i - \Delta x_{i-1}$ имеет положительное значение от экватора до средней широты 45° и отрицательное от средней широты до полюса. Она имеет наивысшее значение около 14м на средней широте и минимальные значения на экваторе и полюсе близкой к нулю.
6. Динамика разностей ординат $\Delta\Delta y_i = \Delta y_i - \Delta y_{i-1}$ носит более умеренный и положительный характер, с минимальными значениями в приэкваториальной зоне (-110м) и максимальными значениями у полюса равным нулю.

Библиографический список:

1. Gauss K.F. Selected geodetic works. Т. II, Higher Geodesy. Edited and with an introduction by G. V. Bagratuni. Moscow. Geodezizdat, 1958, pp. 149-154.
2. Закатов П.С. Курс высшей геодезии. М.: Недра, 1976, - с. 173 – 177.
3. Багратуни Г.В. Курс сфероидической геодезии. М.: Геодиздат, 1962, - с. 173- 180.
4. Багратуни Г.В. Новый метод вывода формул для преобразования геодезических координат в прямоугольные и обратно. М.: Геодиздат, 1953, с. 3 - 9. (Труды МИИ-ГАиК, вып. 15).

5. Ворошилов А.П. Спутниковые системы и электронные тахеометры в обеспечении строительных работ. Челябинск, Аксвелл, 2007, - с. 188 – 202.
6. Морозов В.П. Курс сфероидической геодезии. М.: Недра, 1979, - р. 144 - 147.
7. Яковлев Н.В. Высшая геодезия. М.: Недра, 1989, - р. 254 - 258.
8. Телеганов Н.А., Тетерин Г.Н. Метод и системы координат в геодезии. «Геодезия», 2008. – 109с.
9. Heiskanen W.A., Moritz H., Physical geodesy, Freeman W.H. and Co., San Francisco, London, 1966, p. 224.
10. Smithsonian Standard Earth III, ed. by Gaposkin E.M., SAO, Cambridge, 1973, pp. 88 – 91.
11. Мамедбеков С.Н. Априорная оценка точности определения геодезических неизвестных доплеровскими методами. Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка М.: 1981.- №3 – с. 18-22.
12. Мамедбеков С.Н. Использование радиальных скоростей ИСЗ для реализации орбитального метода космической геодезии. Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. М.: 1982. №4 - с. 12 – 16.
13. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальные спутниковые системы определены местоположения и их применение в геодезии. М.: Картгеоцентр, 2004.–355 с.
14. Генике А.А. Критерии оценки точности при спутниковых координатных определениях. Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка» 2009.- №6 –с. 6 – 11.
15. Куприянов А.О. Локальные преобразования систем координат, реализованные в программных пакетах по обработке спутниковых измерений. Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка» 2012.- №3 – с. 3 – 8.
16. Единая государственная система геодезических координат. 1995 года (СК-95). Справочный документ.— М.: ЦНИИГАиК, 2000.

References:

1. Gauss K.F. Selected geodetic works. T. II, Higher Geodesy. Edited and with an introduction by G. V. Bagratuni. Moscow: Geodezizdat, 1958, pp.149-154.
2. Sunsets PS higher geodesy course. Moscow: Nedra, 1976, pp.173 - 177. (In Russian)
3. Bagratuni G.V. Course spheroidal geodesy. Moscow: Geodezizdat, 1962 - p. 173 - 180. (In Russian)
4. Bagratuni G.V. New formulas output method to transform geodetic in rectangular coordinates and vice versa. Moscow: Geodezizdat, 1953, Proceedings MIIGAiK, vol.15, pp. 3-9. (In Russian)
5. Voroshilov A.P. Satellite systems and total stations to ensure construction work. Chelyabinsk, Aksvell. 2007, pp.188 - 202. (In Russian)
6. Morozov V.P. Course spheroidal geodesy. Moscow: Nedra, 1979, pp.144 - 147. (In Russian)
7. Yakovlev N.V. Higher Geodesy. Moscow: Nedra, 1989, pp. 254 - 258. (In Russian)
8. Teleganov N.A., Teterin G.N. The method and system of coordinates in geodesy. Moscow: Geodezizdat. 2008, p.109. (In Russian)
9. Heiskanen W.A., Moritz H., Physical geodesy, Freeman W.H. and Co., San Francisco, London, 1966, p. 224.
10. Smithsonian Standard Earth III, ed. by Gaposkin E.M., SAO, Cambridge, 1973, pp. 88 – 91.
11. Mamedbekov S.N. Priori estimate of the accuracy of determining geodetic unknown Doppler methods. Izvestija vuzov. Geodesy and aerial. 1981, no.3, pp.18-22. (In Russian)
12. Mamedbekov S.N. Using the radial velocity for the implementation of the HIS orbital method of space geodesy. Izvestija vuzov. Geodesy and aerial photography. Moscow.1982, no.4, pp.12 - 16. (In Russian)
13. Genik A.A., G.G. Pobedinsky Global satellite system definition location and their use in geodesy. Moscow: Kartgeocentr, 2004, 355 p.
14. Genik A.A. Criteria for evaluation of accuracy when satellite coordinate definitions. Izvestija vuzov. Geodesy and aerial photography. Moscow. 2009, no.6, pp. 6 - 11.

15. Kupriyanov S.A. Local transformation of coordinate systems implemented in software packages for the processing of satellite measurements. *Izvestija vuzov. Geodesy and aerial photography. Moscow.* 2012, no.3, pp. 3 - 8. (In Russian)
16. Uniform state system of geodetic coordinates 1995. Directory. *Moscow: CNIIGAiK, 2000.* (In Russian)

Сведения об авторах.

Мамедбеков Салман Наврузович – старший преподаватель, кафедры начертательной геометрии, компьютерной графики и геодезии.

Омаров Ариф Омарович – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой строительных материалов и инженерных сетей.

Раджабов Рустам Габирович – ассистент кафедры начертательной геометрии, компьютерной графики и геодезии.

Authors information.

Salman N. Mamedbekov – senior lecturer, Department of descriptive geometry, computer graphics and geodesy.

Arif O. Omarov – PhD in economic Sciences, Associate Professor, Department of construction materials and engineering networks.

Rustam G. Radzhabov – Assistant Professor of Department of descriptive geometry, computer graphics and geodesy.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию 16.06.2016.

Received 16.06.2016.

Принята в печать 29.07.2016.

Accepted for publication 29.07.2016.