

УДК 528.235 (597)

DOI: 10.33764/2411-1759-2019-24-1-59-71

АЛГОРИТМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КООРДИНАТ ИЗ ГЕОЦЕНТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ТОПОЦЕНТРИЧЕСКУЮ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВО ВЬЕТНАМЕ

Чан Тхань Шон

Санкт-Петербургский горный университет, 199106, Россия, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, 2, аспирант, кафедра инженерной геодезии, тел. (931)204-16-85, e-mail: sonphuong85@mail.ru

Кузин Антон Александрович

Санкт-Петербургский горный университет, 199106, Россия, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, 2, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии, тел. (911)958-62-83, e-mail: kuzin_aa@pers.spmi.ru

Геодезические и картографические работы во Вьетнаме выполняют в государственной референцной системе координат VN-2000. Применение же спутниковых методов подразумевает координатные определения в пространственной прямоугольной геоцентрической системе координат. Следствием этого является сложный многоэтапный процесс преобразования координат из одной системы в другую, который сопровождается снижением точности результатов спутниковых наблюдений на различных территориях Вьетнама. В данной статье предлагается выполнять преобразование из геоцентрической в локальную топоцентрическую прямоугольную горизонтальную систему координат. Ее преимуществом является более простой алгоритм, позволяющий определять положение точек на земной поверхности спутниковым методом без снижения точности. Алгоритм преобразования апробирован при создании опорной сети для строительства в округе Кишон провинции Хоа Бинь, Вьетнам. Также рассмотрены вопросы выбора проекции для объекта строительства и выполнен сравнительный анализ результатов спутниковых наблюдений с наземными, выполненными с применением тахеометров.

Ключевые слова: проекция, геоцентрическая система координат, топоцентрическая система координат, система координат VN-2000, спутниковые определения, параметры преобразования, тахеометр, поправки.

Введение

Как известно, при решении различных задач геодезии, таких как создание опорных геодезических сетей, топографическая съемка, выносы проекта в натуру и т. п., чаще всего используют плоские прямоугольные координаты X , Y , определенные в местной или государственной системе координат, а также нормальную высоту H . Для определения высот выполняют геометрическое и тригонометрическое нивелирование, плановые же координаты можно определить различными методами: традиционными геодезическими (триангуляция, трилатерация, полигонометрия, геодезические засечки), картометрическими, фотограмметрическими и спутниковыми методами. Последние в настоящее время приобретают все большую популярность во Вьетнаме. Использование глобаль-

ных навигационных спутниковых систем подразумевает определение положения точек на поверхности Земли в пространственной прямоугольной геоцентрической системе координат X, Y, Z . Однако геодезические и картографические работы во Вьетнаме принято выполнять в государственной референционной системе координат VN-2000, основанной на поперечно-цилиндрической проекции Меркатора UTM на эллипсоиде WGS-84 с началом в пункте N00 на территории Института кадастра в Ханое. Следствием этого является сложный многоэтапный процесс преобразования координат из одной системы в другую, который сопровождается снижением точности результатов спутниковых наблюдений на различных территориях Вьетнама. Использование же преобразования геоцентрической системы координат в локальную топоцентрическую прямоугольную горизонтальную систему координат при применении ГНСС-технологий имеет гораздо более простые алгоритмы, позволяющие точно определять положения точки на земной поверхности без снижения точности.

Методы и материалы

Используемый в настоящее время на территории Вьетнама порядок преобразования из системы координат WGS-84 в местную систему координат схематически показан на рис. 1.

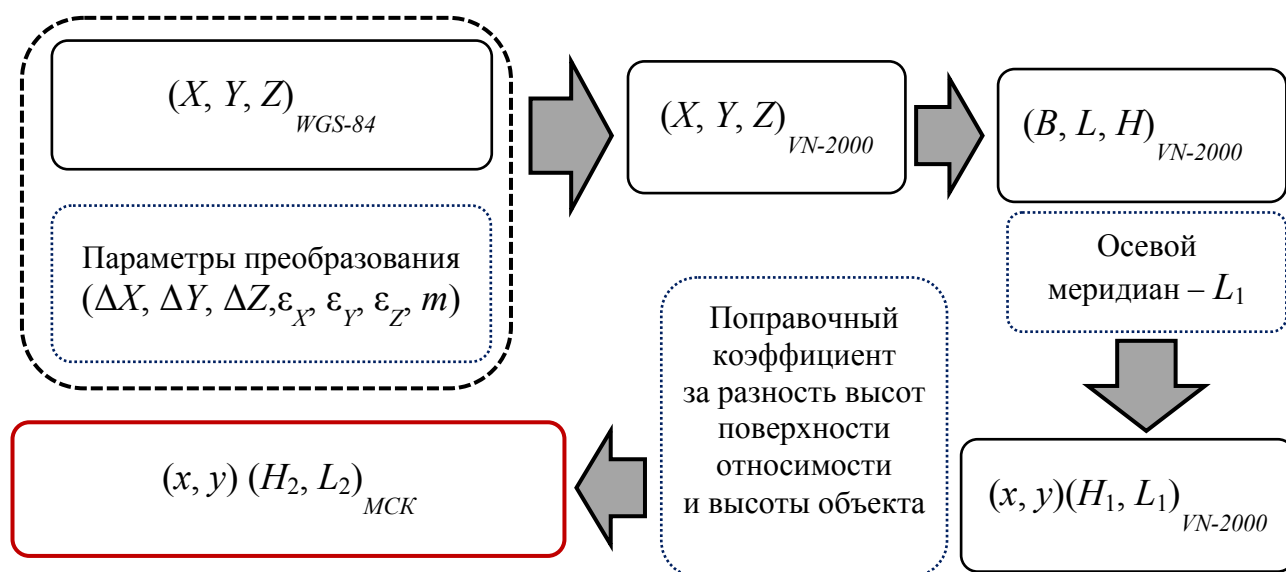


Рис. 1. Традиционное преобразование координат из геоцентрической системы в местную систему координат в проекции UTM (или Гаусса – Крюгера)

На рис. 1:

– $(X, Y, Z)_{WGS-84}$ – пространственные прямоугольные координаты пунктов в геоцентрической системе координат WGS-84, полученные по данным спутниковых измерений;

– $(X, Y, Z)_{VN-2000}$ – пространственные прямоугольные координаты пунктов в геоцентрической системе координат VN-2000, полученные по данным спутниковых измерений с использованием семи параметров преобразования;

– $(B, L, H)_{VN-2000}$ – геодезические координаты пунктов в системе координат VN-2000;

– $(x, y) (H_1, L_1)_{VN-2000}$ – плоские прямоугольные координаты пунктов в государственной системе координат VN-2000 (проекция UTM), L_1 – осевой меридиан, H_1 – высота поверхности относимости (обычно $H_1 = 0$);

– $(x, y) (H_2, L_2)_{\text{МСК}}$ – преобразованные плоские прямоугольные координаты в местной системе координат (локальная плоская система координат строительной площадки); L_2 – осевой меридиан, проходящий через объект строительства; H_2 – высота референцной поверхности (объекта строительства) (обычно H_2 – средняя высота строительной площадки).

Алгоритмы преобразования пространственных координат пункта в плоские прямоугольные, а затем в местную систему показаны в работах [1–4]. Особое внимание при этом уделяется подбору поправочного коэффициента за разность высот поверхности относимости и высоты объекта [5, 6]. Принцип преобразования схематически представлен на рис. 2.

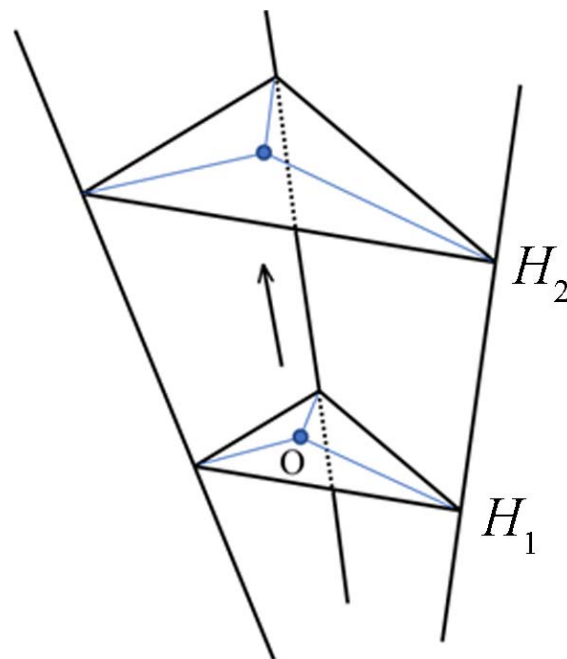


Рис. 2. Преобразование координат с учетом разности высот референцных поверхностей

Предположим, что (x_1, y_1) – множество плоских координат, определенных на референцной поверхности с высотой H_1 . Нужно вычислить координаты на референцной поверхности с высотой H_2 .

Порядок преобразования следующий:

– вычисление координат центральной точки x_0, y_0 на поверхности H_1

$$x_0 = \frac{1}{n} \sum_1^n x_i ; y_0 = \frac{1}{n} \sum_1^n y_i ; \quad (1)$$

– вычисление расстояния и азимута от центральной точки до всех точек сети, обозначаемых S_{i0} и α_{i0}

$$S_{i0} = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} ; \quad \alpha_{i0} = \arctg \frac{y_i - y_0}{x_i - x_0} \quad (2)$$

– вычисление коэффициента искажения длины линий за разность высот поверхностей по формуле

$$k = \frac{R + H_2}{R + H_1}, \quad (3)$$

где R – средний радиус Земли ($R = 6\,370$ км).

– вычисление координат на поверхности H_2 по формуле

$$\left. \begin{aligned} x_{i2} &= x_0 + kS_{i0} \cos \alpha_{i0} \\ y_{i2} &= y_0 + kS_{i0} \sin \alpha_{i0} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Как видно, процесс преобразования в плоскую систему координат всегда включает в себя значение геодезической высоты H . Коэффициент k сложно подбирается, поскольку в строительстве принято использовать нормальные высоты, а в формулах используются геодезические высоты, что в дополнительной мере снижает точность и без того многоступенчатого преобразования. Исходя из этого, необходимо разработать способ преобразования, в котором не участвовали бы геодезические высоты. Тогда точность преобразования координат соответствовала бы требованиям создания опорной инженерно-геодезической сети для строительства с использованием спутниковых технологий позиционирования. Решено такой алгоритм создать на основе перехода к топоцентрической системе координат.

В локальной топоцентрической горизонтальной системе координат направление оси Z является нормалью к поверхности эллипсоида. Подбор параметров преобразования можно осуществить, совместив нормаль с отвесной линией. Кроме того, высоту исходного пункта P_0 в топоцентрической системе можно выбрать любую. Если отметка пункта P_0 является средней высотой объекта строительства, то плоскость системы координат xP_0y – локальная топоцентрическая система координат в точке P_0 . Координаты x, y

в этой системе координат находятся в плоскости координат строительства. В этом случае порядок преобразования определяется по схеме, представленной на рис. 3.

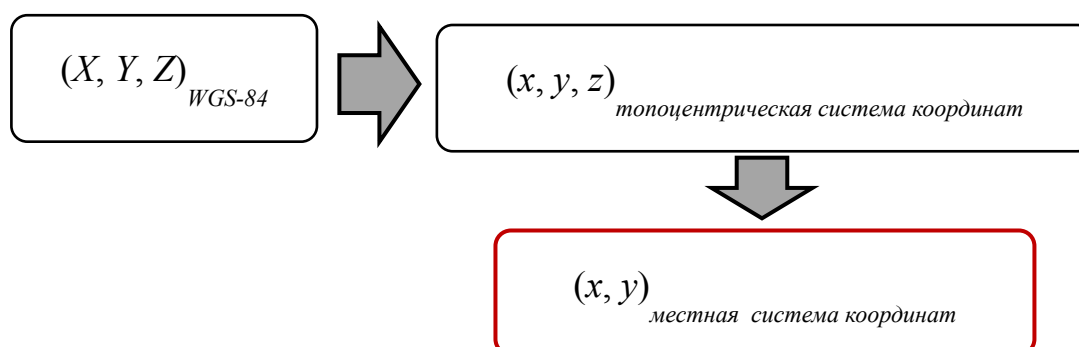


Рис. 3. Схема преобразования координат WGS-84 в местную через топоцентрическую систему координат

Преобразование выполняется в несколько этапов.

Этап 1. Для пунктов опорной инженерно-геодезической сети для строительства определяют пространственные прямоугольные координаты (X, Y, Z) с использованием ГНСС-технологий, которые преобразуют в геодезические координаты (B, L, H) . Алгоритмы представлены в работах [1, 2, 4].

Этап 2. Выполняется преобразование координат пунктов ГНСС-измерений из геоцентрической системы координат в локальную топоцентрическую систему координат по формуле [7, 8]

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin B_0 \cos L_0 & -\sin B_0 \sin L_0 & \cos B_0 \\ -\sin L_0 & \cos L_0 & 0 \\ \cos B_0 \cos L_0 & \cos B_0 \sin L_0 & \sin B_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X - (N_0 + H_0) \cos B_0 \cos L_0 \\ Y - (N_0 + H_0) \cos B_0 \sin L_0 \\ Z - [N_0(1 - e^2) + H_0] \sin B_0 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где (x, y, z) – координаты точки преобразования в топоцентрической системе координат;

(X, Y, Z) – пространственные прямоугольные координаты пунктов в геоцентрической системе координат точки преобразования;

(B_0, L_0, H_0) – геодезические координаты центральной точки сетки (или начало топоцентрической системы координат);

N_0 – радиус кривизны первого вертикала, проходящего через начало топоцентрической системы координат;

a, b – большая полуось и малая полуось эллипсоида WGS-84.

Этап 3. По координатам исходных пунктов сети, для которых известны координаты в местной системе координат (x', y') , вычисляют параметры преоб-

разования в топоцентрическую систему с использованием формул Гельмерта. Координаты пунктов сети, на которых были выполнены ГНСС-измерения, и преобразованные в топоцентрическую систему координат, совмещаются с локальной системой координат, используемой для проектирования и выполнения геодезических работ при строительстве [5, 9, 10].

Далее, используя вычисленные параметры преобразования, производится пересчет координат остальных пунктов в местную систему координат строительства.

Экспериментальное вычисление

Данный алгоритм был реализован в виде опорной сети из девяти пунктов IV класса для строительства в округе Кишон провинции Хоа Бинь (Вьетнам). Размер площадки для строительства $\sim 2 \times 4$ км (рис. 4). Пункты 117401, 117486, 117497 – исходные, III класса точности.

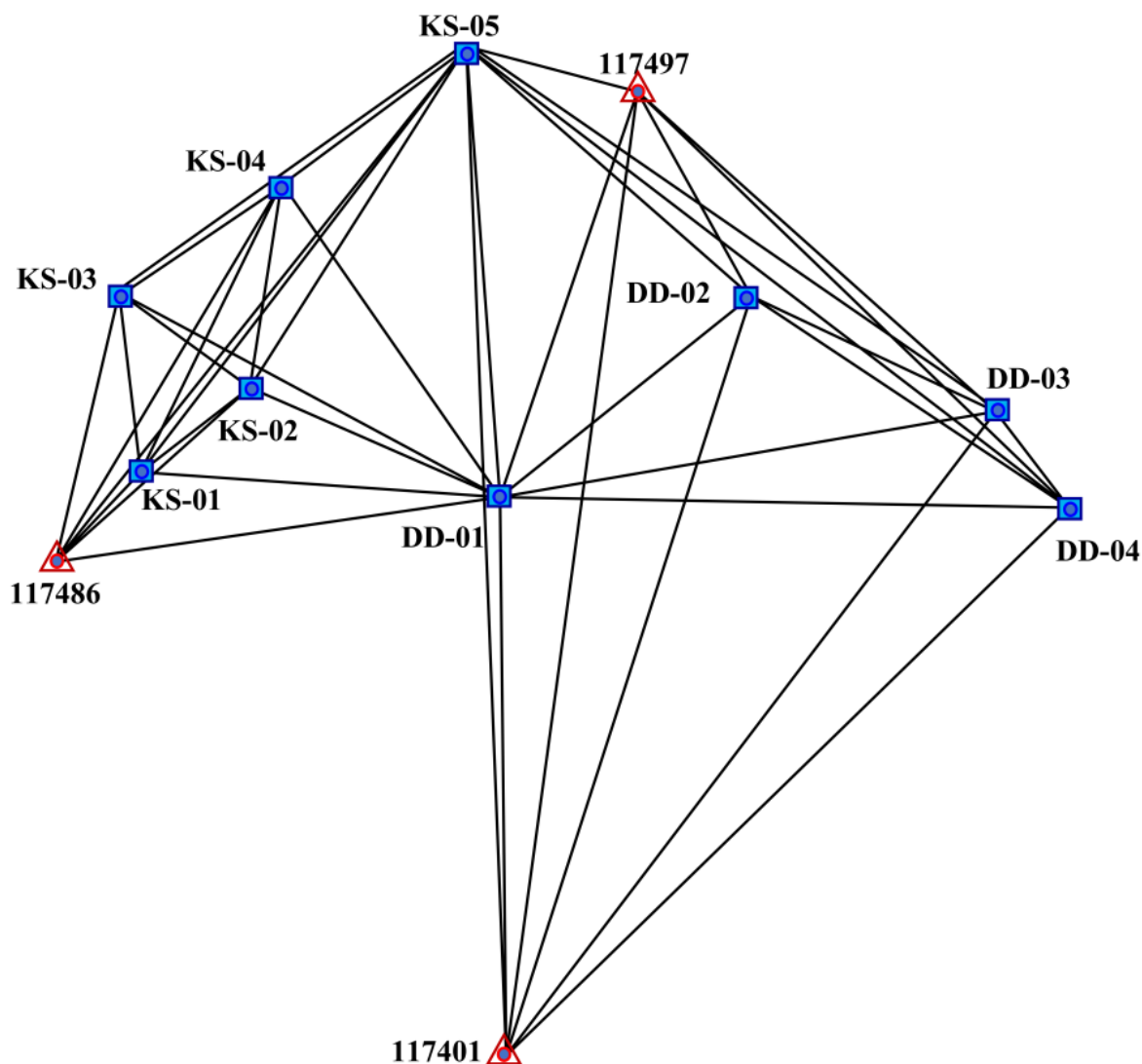


Рис. 4. Схема геодезической сети

Координаты пунктов были получены в проекции Гаусса – Крюгера в 18-й зоне с осевым меридианом 105° , затем преобразованы в систему координат VN-2000 с центральным меридианом $105^\circ 45'$. Объект строительства имеет долготу $106^\circ 22' 03''$. При удалении более 60 км от осевого меридиана плоские прямоугольные координаты будут иметь значительные искажения, не приемлемые в геодезических сетях для строительства. Для проверки искажения длин линий с помощью тахеометра Leica TC-1700 (точность измерения углов $m_\beta = 2''$, точности измерения линии $m_S = 3 + 1 \text{ ppm}$) выполнено измерение отдельных линий в сети (см. рис. 4). Результаты сопоставления результатов измерений длин линий тахеометром Leica TC-1700 с длинами, вычисленными из спутниковых наблюдений, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение длин линий в спутниковой сети IV класса с измерениями тахеометром

| Линия | | Длины в СК VN-2000, $L_0 = 105^\circ 45'$ (спутниковые наблюдения) (м) | Длины, измеренные тахеометром (м) | Разности (мм) |
|-------|-------|--|--------------------------------------|------------------|
| DD-01 | DD-02 | 1 240,343 | 1 240,281 | -62 |
| DD-01 | KS-02 | 1 036,028 | 1 035,978 | -50 |
| DD-02 | DD-03 | 1 025,747 | 1 025,701 | -46 |
| DD-03 | DD-04 | 474,875 | 474,853 | -22 |
| DD-05 | KS-04 | 882,286 | 882,243 | -43 |
| KS-01 | KS-03 | 729,272 | 729,242 | -30 |
| KS-02 | KS-03 | 620,909 | 620,880 | -29 |
| KS-02 | KS-04 | 835,105 | 835,066 | -39 |
| KS-03 | KS-04 | 751,104 | 751,073 | -31 |

Из таблицы видно, что расхождения в результатах измерений тахеометром и вычисленных из спутниковых наблюдений длин велико (от 22 до 62 мм). Относительная ошибка колеблется от $1/30\ 000$ до $1/20\ 000$, что не удовлетворяет требованиям при строительстве ($1/200\ 000$). Поэтому преобразование координат выполнялось в проекции Гаусса – Крюгера с осевым меридианом $106^\circ 20'$, $H_0 = 0$ м.

Результаты преобразования следующие (табл. 2).

Результаты преобразования
к центральному меридиану $L = 106^{\circ}20'$

| № | Имя | Геодезические координаты (B, L) (° ' ") | Высота (м) | Плоские прямоугольные координаты (VN-2000, $L_0 = 105^{\circ}45'$) | Плоские прямоугольные координаты (проекция Гаусса $L_0 = 106^{\circ}20'$) |
|----|--------|---|------------|---|--|
| 1 | 117401 | 20 51 13.302 | 1.439 | 2307043.331 | 2306920.100 |
| | | 106 226.091 | | 564355.459 | 503645.191 |
| 2 | 117486 | 20 52 18.472 | 1.401 | 2309041.354 | 2308924.116 |
| | | 106 218.107 | | 562671.627 | 501968.698 |
| 3 | 117497 | 20 53 19.865 | 7.840 | 2310937.876 | 2310812.639 |
| | | 106 22 23.590 | | 564846.300 | 504150.130 |
| 4 | DD-01 | 20 52 26.667 | 3.096 | 2309299.708 | 2309176.431 |
| | | 106 225.595 | | 564332.457 | 503630.372 |
| 5 | DD-02 | 20 52 52.936 | 4.753 | 2310111.293 | 2309984.566 |
| | | 106 22 38.152 | | 565270.422 | 504571.227 |
| 6 | DD-03 | 20 52 37.682 | 4.702 | 2309645.706 | 2309515.690 |
| | | 106 239.708 | | 566184.417 | 505483.478 |
| 7 | DD-04 | 20 52 25.056 | 4.909 | 2309258.470 | 2309127.480 |
| | | 106 23 19.164 | | 566459.290 | 505756.929 |
| 8 | DD-05 | 20 53 25.883 | 4.827 | 2311120.518 | 2310997.592 |
| | | 106 221.492 | | 564206.871 | 503511.401 |
| 9 | KS-01 | 20 52 30.232 | 1.776 | 2309404.234 | 2309285.827 |
| | | 106 21 19.113 | | 562988.414 | 502286.784 |
| 10 | KS-02 | 20 52 41.271 | 1.557 | 2309745.294 | 2309625.385 |
| | | 106 21 33.297 | | 563397.146 | 502696.730 |
| 11 | KS-03 | 20 52 53.812 | 2.060 | 2310129.183 | 2310011.023 |
| | | 106 21 16.465 | | 562909.133 | 502210.138 |
| 12 | KS-04 | 20 538.132 | 2.875 | 2310571.915 | 2310451.529 |
| | | 106 21 37.514 | | 563515.884 | 502818.462 |

После этого выполнен переход в топоцентрическую систему. За начало топоцентрической системы координат принята центральная точка сети на рис. 4. Ее координаты: $B = 20^{\circ}52'39,44287''$; $L = 106^{\circ}22'3,19113''$; $H = 35,1068$ м.

Результаты представлены в табл. 3, 4.

Таблица 3

Координаты точек
в геоцентрической и геодезической системах координат

| Имя | Геоцентрическая система координат | | | Геодезическая система координат | | |
|--------|-----------------------------------|------------|------------|---------------------------------|---------------|--------|
| | X | Y | Z | B | L | H |
| 117401 | -1680437.83 | 5721301.26 | 2256317.25 | 20 51 13.302 | 106 22 6.091 | 33.167 |
| 117486 | -1678628.45 | 5721088.40 | 2258190.11 | 20 52 18.472 | 106 21 8.107 | 33.051 |
| 117497 | -1680533.98 | 5719833.82 | 2259956.54 | 20 53 19.865 | 106 22 23.590 | 39.497 |
| DD-01 | -1680198.05 | 5720535.71 | 2258426.22 | 20 52 26.667 | 106 225.595 | 34.777 |
| DD-02 | -1681020.22 | 5719995.69 | 2259181.67 | 20 52 52.936 | 106 22 38.152 | 36.436 |
| DD-03 | -1681942.46 | 5719898.84 | 2258743.32 | 20 52 37.682 | 106 23 9.708 | 36.415 |
| DD-04 | -1682243.78 | 5719954.67 | 2258380.59 | 20 52 25.056 | 106 23 19.164 | 36.634 |
| DD-05 | -1679901.78 | 5719947.79 | 2260128.39 | 20 53 25.883 | 106 22 1.492 | 36.466 |
| KS-01 | -1678897.52 | 5720875.51 | 2258528.17 | 20 52 30.232 | 106 21 19.113 | 33.425 |
| KS-02 | -1679256.80 | 5720643.76 | 2258845.31 | 20 52 41.271 | 106 21 33.297 | 33.209 |
| KS-03 | -1678751.37 | 5720649.31 | 2259205.86 | 20 52 53.812 | 106 21 16.465 | 33.693 |
| KS-04 | -1679291.13 | 5720328.06 | 2259617.64 | 20 53 8.132 | 106 21 37.514 | 34.511 |

Таблица 4

Координаты, преобразованные в топоцентрическую систему

| № | Имя | Топоцентрическая система координат | | |
|----|--------|------------------------------------|----------|---------|
| | | x | y | z |
| 1 | 117401 | -2649.25 | 83.8336 | -2.4935 |
| 2 | 117486 | -644.87 | -1592.24 | -2.2873 |
| 3 | 117497 | 1243.2 | 589.6037 | 4.2411 |
| 4 | DD-01 | -392.908 | 69.4946 | -0.3419 |
| 5 | DD-02 | 415.0315 | 1010.527 | 1.236 |
| 6 | DD-03 | -54.0412 | 1922.683 | 1.0178 |
| 7 | DD-04 | -442.311 | 2196.053 | 1.1339 |
| 8 | DD-05 | 1428.289 | -49.0899 | 1.1985 |
| 9 | KS-01 | -283.225 | -1274.08 | -1.8153 |
| 10 | KS-02 | 56.2479 | -864.056 | -1.9569 |
| 11 | KS-03 | 441.9919 | -1350.57 | -1.5717 |
| 12 | KS-04 | 882.3699 | -742.149 | -0.7004 |

По координатам в топоцентрической системе были вычислены расстояния между точками сети после преобразования. Расстояние между двумя точками в топоцентрической системе определяется по формуле

$$S_{12} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}, \quad (6)$$

где (x_1, y_1, z_1) и (x_2, y_2, z_2) – координаты двух точек в топоцентрической системе.

Из координат точек после преобразования было выполнено сравнение между некоторыми длинами линий в топоцентрической системе и длинами линий в проекции Гаусса – Крюгера, а также расстояниями, измеренными тахеометром (табл. 5).

Таблица 5

Сравнение длин линий

| Линия | | Длина линии S в проекции Гаусса $L_0 = 106^\circ 20'$ | Длина линии S в топоцентрической системе координат | Длина линии S , измеренная тахеометром | Разности d (мм) | | Знаменатель относительной ошибки $T = \frac{S\sqrt{2}}{ d }$ | |
|-------|-------|---|--|--|--------------------|------------------------------|--|----------------------------|
| | | | | | Гаусса – тахеометр | Топоцентрическая – тахеометр | В проекции Гаусса $L_0 = 106^\circ 20'$ | В топоцентрической системе |
| DD-01 | DD-02 | 1240.278 | 1240.286 | 1240.281 | -3 | 5 | 584600 | 350800 |
| DD-01 | KS-02 | 1035.976 | 1035.983 | 1035.978 | -2 | 5 | 732500 | 293000 |
| DD-02 | DD-03 | 1025.693 | 1025.699 | 1025.701 | -8 | -2 | 181300 | 725200 |
| DD-03 | DD-04 | 474.850 | 474.852 | 474.853 | -3 | -1 | 223800 | 671500 |
| DD-05 | KS-04 | 882.241 | 882.248 | 882.243 | -2 | 5 | 623800 | 249500 |
| KS-01 | KS-03 | 729.235 | 729.239 | 729.242 | -7 | -3 | 147300 | 343700 |
| KS-02 | KS-03 | 620.877 | 620.882 | 620.880 | -3 | 2 | 292600 | 439000 |
| KS-02 | KS-04 | 835.064 | 835.069 | 835.066 | -2 | 3 | 590400 | 393600 |
| KS-03 | KS-04 | 751.068 | 751.072 | 751.073 | -5 | -1 | 212400 | 1062000 |

Заключение

Результаты, приведенные в таблице, показывают, что длины линий после преобразования в топоцентрическую систему, длины линий в проекции Гаусса – Крюгера и длины, измеренные тахеометром, примерно равны $(\frac{1}{200000})$.

При использовании локальной топоцентрической системы координат достигаются минимальные искажения длин линий в опорной инженерно-геодезической сети при производстве измерений спутниковыми методами.

Таким образом, при использовании преобразования координат из геоцентрической в топоцентрическую систему важны следующие требования.

1. Обеспечение точного преобразования ГНСС-измерений в местную систему для создания опорной геодезической сети при строительстве за счет точного определения параметров трансформации.

2. Введение поправок за приведение линии к уровню моря и к эллипсоиду уменьшает искажение измеренной длины на поверхности Земли после обработки данных, что соответствует требуемой точности при производстве инженерно-геодезических работ.

Схемы преобразований, представленные на рис. 1, 3, могут быть использованы для преобразования координат из геоцентрической системы координат в плоскую местную систему координат для строительства. Однако преобразование координат пунктов спутниковых наблюдений в топоцентрическую систему координат имеет простую процедуру пересчета за счет уменьшения количества промежуточных этапов, что приводит к повышению точности вычисления координат по сравнению с традиционным для Вьетнама переходом через систему координат VN-2000.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Спутниковые и традиционные геодезические измерения / В. Н. Баландин, М. Я. Брынь, В. Ф. Хабаров, А. В. Юськевич. – СПб. : ФГУП «Аэрогеодезия», 2003. – 112 с.
2. Баландин В. Н., Меньшиков И. В., Фирсов Ю. Г. Преобразование координат из одной системы в другую. – СПб. : Типография ООО «Сборка», 2016. – 90 с.
3. Практикум по прикладной геодезии. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации инженерных сооружений / Е. Б. Ключин, Д. Ш. Михелев, А. К. Зайцев, Д. П. Барков, М. Е. Пискунов, О. И. Горбенко, Р. Ф. Скокова. – М. : Недра, 1993.
4. Bowring B. R. Transformation from spatial to geographic coordinates. *Survey Review*, No XXIII. 181. – 1976. – P. 323–327.
5. Ngo Van Hoi. The Vietnam State System of Coordinate and attentions required to be paid when applying it to design and construction // *Journal of Construction Science and Technology*. – 2005. – Vol. 3. – P. 33– 36.
6. Nguyen Quang Phuc. Researching on using suitably the horizontal coordinate in engineering surveying // *Journal Geodesy and cartography*. – 2008. – Vol. 3. – P. 2– 6.
7. Мустафин М. Г., Чан Тхань Шон. Использование топоцентрической прямоугольной системы координат при решении инженерно-геодезических задач // *Вестник СГУГиТ*. – 2018. – Т. 23, № 3. – С. 61–73 .
8. Огородова Л. В. Высшая геодезия. Часть III. Теоретическая геодезия : учебник для вузов. – М. : Геодезкартиздат, 2006. – 384 с.
9. Преобразование геодезических координат к плоским прямоугольным для широкой координатной зоны проекции Гаусса / В. Н. Баландин, А. И. Ефанов, И. В. Меньшиков, Ю. Г. Фирсов // *Геодезия и картография*. – 2014. – № 8. – С. 21–23.
10. Лашков Н. П. Разностный метод определения параметров преобразования одной системы пространственных координат к другой // *Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. – 2002. – № 6. – С. 35–42.

Получено 09.01.2019

Чан Тхань Шон, А. А. Кузин, 2019

ALGORITHM OF TRANSFORMING COORDINATES FROM A GEOCENTRIC SYSTEM TO A TOPOCENTRIC SYSTEM AND ITS APPLICATION IN CONSTRUCTION IN VIETNAM

Thanh Son Tran

St. Petersburg Mining University, 2, 21 line, Vasilyevsky Island, St. Petersburg, 199106, Russia, Ph. D. Student, Department of Engineering Geodesy, phone: (931)204-16-85, e-mail: sonphuong85@mail.ru

Anton A. Kuzin

St. Petersburg Mining University, 2, 21 line, Vasilyevsky Island, St. Petersburg, 199106, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Engineering Geodesy, phone: (911)958-62-83, e-mail: kuzin_aa@pers.spmi.ru

Geodesic and cartographic works in Vietnam are performed in the state reference coordinate system VN-2000. The use of satellite methods implies coordinate determinations in a spatial geocentric coordinate system. This process is the consequence of complex multi-stage transformations between coordinates systems, which is followed by an accuracy decrease of the results of satellite observations in various territories of Vietnam. This article proposes to perform a transformation from a geocentric to a local topocentric rectangular horizontal coordinate system. Its advantage is an easier algorithm, which allows to determine the position of points on the earth's surface by satellite method without reducing accuracy. The transformation algorithm has been tested when creating geodetic control network in the process of construction in Ki Son area, HoaBinh Province, Vietnam. There are also two questions which were considered in this article: a projection for the object construction and a comparative analysis of the satellite observations results with those of ground observations, which were performed with the use of total stations.

Key words: projection, geocentric coordinate system, topocentric coordinate system, VN-2000 coordinate system, satellite definitions, transition parameters, total station, correction.

REFERENCES

1. Balandin, V. N., Bryn', M. Ya., Habarov, V. F., & Yus'kevich, A. V. (2003). *Sputnikovye i tradicionnyye geodezicheskie izmereniya [Satellite and traditional geodetic measurements]*. St. Petersburg: FGUP Aehrogeodeziya Publ., 112 p. [in Russian].
2. Balandin, V. N., Men'shikov, I. V., & Firsov, Yu. G. (2016). *Preobrazovanie koordinat iz odnoj sistemy v druguyu [Transformation of coordinates from one system to another]*. St. Petersburg: LLC "Sborka" Publ., 90 p. [in Russian].
3. Klyushin, E. B., Mihelev, D. Sh., Zajcev, A. K., Barkov, D. P., Piskunov, M. E., Gorbenko, O. I., & Skokova, R. F. (1993). *Praktikum po prikladnoj geodezii. Geodezicheskoe obespechenie stroitel'stva i ehkspluatacii inzhenernyh sooruzhenij [Workshop on applied geodesy. Geodetic support of the operation and maintenance of engineering structures]*. Moscow: Nedra Publ. [in Russian].
4. Bowring, B. R. (1976). Transformation from spatial to geographic coordinates. *Survey Review*, No. XXIII. 181 (pp. 323–327).
5. Ngo Van Hoi. (2005). The Vietnam State System of Coordinate and attentions required to be paid when applying it to design and construction. *Journal of Construction Science and Technology*, 3, 33–36 [in Viet Nam].
6. Nguyen Quang Phuc. (2008). Researching on using suitably the horizontal coordinate in engineering surveying). *Journal Geodesy and Cartography*, 3, 2– 6 [in Viet Nam].

7. Mustafin, M. G., & Tran Thanh Son. (2018). The use of a topocentric rectangular coordinate system for solving engineering and geodetic problems. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 23(3), 61–73 [in Russian].
8. Ogorodova, L. V. (2006). *Vysshaya geodeziya: Chast' III, Teoreticheskaya geodeziya [Higher Geodesy: Part III, Theoretical Geodesy]*. Moscow: Geodezkartizdat Publ., 384 p. [in Russian].
9. Balandin, V. N., Efanov, A. I., Menyshikov, I. V., & Firsov, Yu. G. (2014). Transformation of geodetic coordinates to flat rectangular ones for wide coordinate zone of Gauss projection. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 8, 21–23 [in Russian].
10. Lashkov, N. P. (2002). Difference method for determining the transformation parameters of one system of spatial coordinates to another]. *Izvestiya vuzov. Geodeziya I aehrofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodezy and Aerophotography]*, 6, 35–42 [in Russian].

Received 09.01.2019

© Thanh Son Tran, A. A. Kuzin, 2019