

ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ НА ТЕРРИТОРИИ г. АСТРАХАНИ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА МЕСТНУЮ СИСТЕМУ КООРДИНАТ МСК-30: ПОИСК ВОЗМОЖНЫХ РЕШЕНИЙ

С. В. Устюгов

*Астраханский инженерно-строительный институт,
г. Астрахань (Россия)*

В соответствии с п. 4 ст. 6 гл. 2 Федерального закона «О государственном кадастре недвижимости» для ведения государственного кадастра недвижимости используются установленные в отношении кадастровых округов местные системы координат с определенными для них параметрами перехода к единой государственной системе координат. Для Астраханской области это стала местная система координат МСК-30.

До середины 90-х гг. прошлого века в России для проведения геодезических и топографических работ применялась система прямоугольных координат СК-42. Начиная с 2000 г. официально принятой в стране стала система СК-95, появившаяся в результате уточнения параметров фигуры Земли и переуравнивания государственной геодезической сети. Обе системы являются референсными и в качестве отчетного используют эллипсоид Красовского.

В Астраханской области при проведении работ по определению границ землепользований, в основном использовалась система координат

СК-63 зоны «R2» и «R3». Это было обусловлено необходимостью ухода от засекречивания данных, полученных в результате проведения работ по землеустройству, так как исходные каталоги и полученные по результату работ координаты в системе СК-42 (СК-95) являются секретными. Исходя из этой системы координат (СК-63) была построена система МСК-30. Обе системы относятся к референцной системе координат 1942 г. с одинаковыми осевыми меридианами L_0 для каждой зоны соответственно и ординатами y_0 условных начал. Различие абсцисс условных начал составляет 4700000, а ординат 1000000, и направлены на уменьшение координат в МСК-30. Таким образом, связь между СК-63 и МСК-30 зон «R2», «R3» и «1», «2» соответственно осуществляется по формулам (1).

$$\begin{aligned} X_{\text{МСК-30}} &= x_{\text{СК-63}} - 1000000 + \Delta_x; \\ Y_{\text{МСК-30}} &= y_{\text{СК-63}} - 4700000 + \Delta_y; \end{aligned} \quad (1)$$

где $\Delta_x = 0$ $\Delta_y = 0$, пока не изменены каталоги координат исходных пунктов по результатам переуравнивания всей или части государственной геодезической сети.

В настоящее время практически все специалисты профессионально занимающиеся топографо-геодезическими работами используют современные средства спутникового позиционирования. Если говорить о координатах, полученных с применением таких приборов необходимо понимать, что речь идет о геодезических системах координат.

В соответствии с ГОСТ Р 51794-2008 [2] система геодезических координат это система параметров, два из которых (геодезическая широта B и геодезическая долгота L) характеризуют направление нормали к поверхности отчетного эллипсоида в данной точке пространства относительно плоскостей его экватора и начального меридиана, а третий (геодезическая высота H) представляет собой высоту точки над поверхностью отчетного эллипсоида. Отсюда:

- геодезическая широта B – это угол между нормалью к поверхности отчетного эллипсоида, проходящий через заданную точку и плоскостью его экватора;
- геодезическая долгота L – это двугранный угол между плоскостями геодезического меридиана данной точки и начального геодезического меридиана;
- геодезическая высота H – это высота точки над поверхностью отчетного эллипсоида.

Необходимо понимать, что B , L и H являются сфероидальными координатами.

В качестве отчетной поверхности в геодезических системах координат используются двухосные эллипсоиды вращения. В зависимости от того как зафиксированы эллипсоиды вращения в теле Земли, геодезические системы координат делятся на геоцентрические (общеземные) и референцные. В России чаще всего применяются две геоцентрические системы ко-

ординат. Это ПЗ-90 (Параметры Земли 1990 г.) и WGS-84 (World Geodetic System 1984 г.). В качестве основных референчных систем координат в нашей стране используются СК-42 и СК-95, где в качестве отчетного используется эллипсоид Красовского.

Положение точек в пространстве в геодезических системах координат определяется либо сфероидальными координатами (B – широта, L – долгота, H – высота), либо пространственными прямоугольными ($X Y Z$, где ось Z параллельна направлению на международное условное начало, плоскость XOZ параллельна плоскости начального астрономического меридиана, а ось Y дополняет систему до правой).

Для пересчета координат из одной геодезической системы в другую используются семь параметров преобразования:

- T_x, T_y, T_z – линейные параметры;
- $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – угловые параметры;
- m – масштабный коэффициент.

Переход от пространственных прямоугольных координат исходной геодезической системы (1) к определяемой (2) осуществляется следующим образом:

$$\begin{aligned} X_2 &= X_1 + T_x - \omega_y Z_1 + \omega_z Y_1 + m X_1; \\ Y_2 &= Y_1 + T_y + \omega_x Z_1 - \omega_z X_1 + m Y_1; \\ Z_2 &= Z_1 + T_z - \omega_x Y_1 + \omega_y X_1 + m Z_1 \end{aligned} \quad (2)$$

В таблице 1 приведены значения параметров преобразования геодезических систем координат, наиболее часто используемых в Российской Федерации.

Таблица 1

Параметры преобразования геодезических систем координат

Направление преобразования	Параметры преобразования						
	T_x	T_y	T_z	ω_x	ω_y	ω_z	m
от СК-42 к ПЗ-90	+25	-141	-80	0	-0,35	-0,66	1
от ПЗ-90 к СК-95	-25,90	+130,94	+81,76	0	0	0	1
от ПЗ-90 к WGS-84	-1,10	-0,30	-0,90	0	0	-0,20	$1-0,12 \cdot 10^{-6}$

Математически прямоугольные координаты связаны с геодезическими координатами следующими соотношениями (3):

$$\begin{aligned} X &= (N + H) \cdot \cos B \cdot \cos L \\ Y &= (N + H) \cdot \cos B \cdot \sin L \\ Z &= [N \cdot (1 - e^2) + H] \cdot \sin B, \end{aligned} \quad (3)$$

где $N = a \cdot (1 - e^2 \cdot \sin^2 B)^{-0,5}$ – радиус кривизны эллипсоида в первом вертикале, a – большая полуось эллипсоида, e – эксцентриситет эллипсоида.

Обратный переход осуществляется по формулам (4):

$$\begin{aligned}
H &= Z / \sin B - N \cdot (1 - e^2), \\
L &= \operatorname{arctg}(Y / X), \\
B^{(i)} &= \operatorname{arctg}[(Z + N^{(i-1)} \cdot e^2 \cdot \sin B^{(i-1)}) \cdot (X^2 + Y^2)^{-0.5}],
\end{aligned}
\tag{4}$$

где I – номер итерации, повторяющейся, пока $|B^{(i)} - B^{(i-1)}| > \varepsilon$ (ε – требуемая точность).

В нашей стране в качестве математической модели построения плоской поверхности отсчетного эллипсоида, то есть проекции, используется проекция Гаусса – Крюгера. Данная проекция является конформной, то есть при трансформировании в данной проекции неизменными остаются углы. При этом длины линий и площади изменяются. Исходными данными для проекции Гаусса – Крюгера являются:

- долгота осевого меридиана L_0 ;
- координаты условного начала X_0, Y_0 ;
- масштаб на осевом меридиане m .

Если исходные данные удовлетворяют условию:

$$\begin{aligned}
L_0 &= 3 + 6(n-1); \\
x_0 &= 0; \\
y_0 &= 500000; \\
m &= 1,
\end{aligned}$$

где n – номер зоны, то такая проекция называется 6-градусной.

Упомянутые выше системы координат СК-42 и СК-95, применяемые в геодезических и картографических работах, являются плоскими прямоугольными, не надо их путать с геодезическими системами. Прямоугольные координаты X, Y, Z , это координаты на плоскости, на которой отображена по определенному математическому закону поверхность отсчетного эллипсоида. Расположение осей было приведено выше.

На территории Астраханской области применялись 8-я и 9-я зоны плоской прямоугольной СК-42 с осевыми меридианами 45° и 51° соответственно. Существуют так же 3-х градусные СК-42, у которых L_0 кратно 3.

Исторически сложилось так, что на территории г. Астрахань для целей ведения градостроительной документации и на первоначальных этапах создания государственного земельного кадастра использовалась местная система координат СК-Астрахань. СК-Астрахань разработана на основе 3-градусной проекционной СК-42, таким образом, чтобы координаты центра креста на кремлевской колокольне соответствовали нулевым значениям на дату создания данной системы. Принятые исходные данные СК-Астрахань позволили минимизировать искажения за переход на плоскость. Данная система координат до сих пор используется на территории г. Астрахань для ведения информационной системы обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД) [4], а также для ведения всей картографической информации Администрации г. Астрахань.

Так как для целей ведения государственного кадастра недвижимости, как указывалось выше, в обязательном порядке используется система коор-

динат МСК-30, а для целей ведения градостроительной и распорядительной документации Администрации города Астрахань используется система координат СК-Астрахань, возникает необходимость постоянного пересчета из одной системы в другую. Обозначим систему МСК-30 как систему 1, а СК-Астрахань как систему 2. Тогда общий алгоритм перехода от одной системы координат к другой будет выглядеть следующим образом:

- 1) от плоских прямоугольных координат системы 1 необходимо перейти к геодезическим координатам системы 1;
- 2) пересчитать референзные геодезические координаты системы 1 в геоцентрические (например, ПЗ-90);
- 3) от геоцентрической системы перейти к референцной геодезической системе 2;
- 4) от геодезической системы 2 перейти к прямоугольной системе 2.

Указанный алгоритм перехода является строгой математической связью координатных систем. Однако на практике большинство исполнителей работ использует переход от системы к системе методом аффинных преобразований способом совмещенных пунктов. В статье [4] на примерах расчета площадей и расстояний по координатам в системах 1 и 2 было доказано, что применять аффинные преобразования для взаимного перехода обсуждаемых координатных систем на территории г. Астрахань некорректно.

Благая цель перехода на единую для территории области систему координат МСК-30 для целей ведения всех государственных информационных ресурсов, использующих пространственные данные, породила на территории муниципального образования г. Астрахань проблемы, связанные с необходимостью постоянных пересчетов системы координат, которые, к сожалению, выполняются не всегда корректно.

Выходом из создавшейся ситуации может послужить переход на единую систему координат, которая будет использоваться во всех информационных ресурсах.

Такая система в настоящее время создается. В соответствии с постановлением Правительства РФ от 28.12.2012 г. № 1463 «О единых государственных системах координат» на всей территории Российской Федерации с 01.01.2017 г. для осуществления геодезических и картографических работ устанавливается единая геодезическая система координат 2011 г. (ГСК-2011). В развитие данной нормы пунктом 4 статьи 5 главы 2 ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» (в последней редакции) устанавливается требование применения единой системы координат, устанавливаемой правительством РФ. Таким образом, начиная с 01.01.2017 г. в государственном кадастре недвижимости будет применяться координатная система ГСК-2011. Остается сделать последний шаг – все имеющиеся данные всех информационных ресурсов, использующих пространственные данные пересчитать в новую систему координат ГСК-2011.

Список литературы

1. О государственном кадастре недвижимости [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 11.07.2007 г. № 221-ФЗ. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/document>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
2. ГОСТ Р 51794-2008. Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. – М. : Недра, 2008.
3. Об утверждении порядка формирования и ведения информационной базы обеспечения градостроительной деятельности Астраханской области [Электронный ресурс] : постановление Правительства Астраханской области от 18.04.2008 г. № 170-П. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/regbase/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
4. Гетманов, Р. В. Координатное обеспечение государственного кадастра недвижимости [Электронный ресурс] / Р. В. Гетманов. – Режим доступа: <http://www.caspygeodesy.ru>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
5. Закатов, П. С. Курс высшей геодезии / П. С. Закатов. – М. : Недра, 1976.
6. Куштин, И. Ф. Сфероидическая геодезия / И. Ф. Куштин. – Ростов : РИСИ, 1982.
7. Генике, А. А. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии / А. А. Генике, Г. Г. Побединский. – М. : Картгеоцентр – Геоиздат, 1999.
8. Герасимов, А. П. Местные системы координат / А. П. Герасимов, В. Г. Назаров. – М. : Сфера, 2011.