УДК 622.34 DOI: 10.21440/0536-1028-2018-3-107-111

СИСТЕМЫ КООРДИНАТ В ГЕОДЕЗИИ (к 90-летию со дня введения в СССР системы плоских прямоугольных координат Гаусса–Крюгера)

КЛЕПКО В. Л., КОНОВАЛОВ В. Е.

В основе развития всех направлений геодезии лежит создание систем координат и построение опорных геодезических сетей, являющихся их физической реализацией на поверхности Земли. Так как требования к точности определения координат пунктов постоянно растут, необходимо совершенствовать существующие системы координат. В статье обозначен процесс установления государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 ноября 2016 года № 1240). Статья приурочена к 90-летию со дня введения в СССР системы плоских прямоугольных координат Гаусса–Крюгера. В настоящее время эта система широко применяется при топографо-геодезическом обеспечении кадастровой деятельности для ведения Единого государственного реестра недвижимости, при выполнении землеустроительных и маркшейдерских работ на территории горнопромышленных комплексов, а также для решения самых разных инженерных задач.

Ключевые слова: ***геодезическая система координат 2011 года; общеземная геоцентрическая система координат; плоские прямоугольные координаты Гаусса–Крюгера.***

Одной из научно-практических задач геодезии является создание на территории страны сети геодезических пунктов в единой системе координат. Длительное время эта задача решалась с помощью системы геодезических координат, т. е. системы, в которой положение пунктов сети определяется их геодезической широтой B, долготой L и высотой H. Такими системами являлись единая государственная система геодезических координат 1942 года (СК-42), введенная постановлением Совета Министров СССР от 7 апреля 1946 года № 760 и единая система геодезических координат 1995 года (СК-95), установленная постановлением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2000 года № 568.

Эти системы координат применялись для определения размеров и фигуры Земли, общего картографирования земной поверхности, при решении геодезических задач, связанных с большими расстояниями и т. д. Именно в этой системе получены координаты пунктов астрономо-геодезической сети страны.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 ноября 2016 года № 1240 «Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы» с 1 января 2017 года установлены следующие государственные системы координат:

– геодезическая система координат 2011 года (ГСК-2011) для использования при осуществлении геодезических и картографических работ;

Клепко Владлен Лазаревич – доцент кафедры геодезии и кадастров. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Коновалов Владимир Ефимович – кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии и кадастров. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: vek-1951@mail.ru

– общеземная геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90.11) для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач.

Это Постановление обеспечивает широкое применение глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и решение практических задач геодезии, картографии, навигации.

ПЗ-90.11 и ГСК-2011 являются геоцентрическими экваториальными пространственными прямоугольными системами координат (рис. 1).

Положения отсчетных линий и плоскостей в ПЗ-90.11 и ГСК-2011 установлены на основе обработки реальных траекторных наблюдений согласно рекомендациям Международной службы вращения Земли и Международного бюро времени. Координаты пунктов в этих системах получили высокую сходимость с координатами пунктов в аналогичных международных системах координат WGS 84 и ITRS.

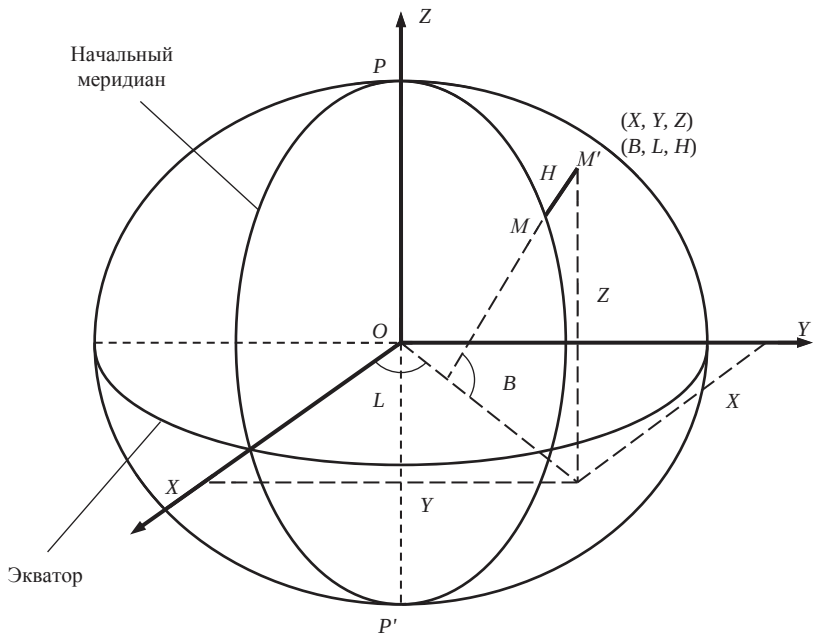

Рис. 1. Геоцентрические экваториальные пространственные прямоугольные координаты *XYZ*

Начало отсчета координат находится в центре масс Земли. Главная плоскость *OXY* совмещена с плоскостью экватора, а главная ось – ось *Z* – совмещена с осью вращения Земли и направлена к северному полюсу. Ось *X* лежит в плоскости экватора и направлена в точку пересечения этой плоскости с начальным меридианом. Ось *Y* также находится в плоскости экватора и дополняет систему *XYZ* до правой системы координат [1].

Параметры общего земного эллипсоида:

– в ГСК-2011 большая полуось a = 6 378 136,5 м, сжатие α = 1 : 298,2564151;

– ПЗ-90.11 большая полуось a = 6 378 136 м, сжатие α = 1 : 298,25784.

Особенности установления двух систем координат во многом связаны с их предназначением.

ГСК-2011 должна обслуживать сегмент потребителя ГЛОНАСС, обеспечивать единство представления пространственных данных в гражданском секторе экономики страны.

Основу ГСК-2011 составляет государственная геодезическая сеть (ГГС), которая состоит из пунктов:

– фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС) – 50 пунктов;

– высокоточной геодезической сети (ВГС) – 300 пунктов;

– спутниковой геодезической сети первого класса (СГС-1) – 4500 пунктов.

ПЗ-90.11 является рабочей системой координат ГЛОНАСС, служит для решения задач глобальной навигации, находится в ведении Министерства обороны РФ.

Единая государственная система при выполнении кадастровых работ используется, согласно [2], только для получения сведений о местоположении Государственной границы Российской Федерации.

В качестве государственной системы высот используется Балтийская система высот 1977 года, отсчет нормальных высот которой ведется от нуля Кронштадтского футштока, являющегося горизонтальной чертой на медной пластинке, укрепленной в устое моста через обводный канал в г. Кронштадте.

В качестве государственной гравиметрической системы используется система, определенная по результатам гравиметрических измерений на пунктах государственной гравиметрической сети, выполненных в гравиметрической системе 1971 года, исходными пунктами которой являются пункты, расположенные в городах Москва и Новосибирск.

Постановление ограничило период применения государственных систем координат СК-42 и СК-95 до 1 января 2021 года при выполнении геодезических и картографических работ в отношении материалов (документов), созданных с их использованием. Одна из причин такого ограничения заключается в том, что государственная геодезическая сеть, закрепляющая системы координат СК-42 и СК-95, создавалась методами триангуляции и полигонометрии. Полученные координаты геодезических пунктов, являясь исходными геодезическими данными, значительно уступали по точности более высокоточным спутниковым определениям. Существование этого противоречия потребовало пересмотра системы координатного обеспечения страны.

Значительные различия между СК-42, СК-95 и ГСК-2011 в параметрах применяемых эллипсоидов, а также их ориентировке, привели к тому, что координаты одних и тех же объектов будут отличаться на величину до 100 м и более. Такие погрешности существенно превышают графическую точность топографических карт масштабов 1 : 10 000–1 : 200 000.

При переиздании топографических карт масштабов 1 : 10 000–1 : 200 000 целесообразно сохранить проекцию Гаусса и систему плоских прямоугольных координат в 6-градусной зоне [3].

Система прямоугольных координат Гаусса–Крюгера введена в СССР в марте 1928 года Постановлением Третьего геодезического совещания и апробирована многолетней практикой производства топографо-геодезических и маркшейдерских работ на протяжении 90 лет.

Введение системы плоских прямоугольных координат Гаусса–Крюгера нашло отражение в острых дискуссиях в геодезической печати, в выступлениях известных профессоров В. И. Баумана, Н. Г. Келля, В. В. Каврайского, Н. Н. Матусевича и других инженеров-маркшейдеров и геодезистов. Этой теме посвящена статья Н. Г. Келля «Материал по введению общей системы координат Гаусса–Крюгера применительно к маркшейдерским планам» [4].

Далее приводится фрагмент постановления, подготовленного Геодезическим комитетом Госплана СССР.

Постановление Третьего геодезического совещания (март 1928 г.) «Раздел VI. О введении в СССР единообразной системы прямоугольных координат:

...14. Признать, что наиболее приемлемыми для немедленного применения в СССР являются прямоугольные координаты Гаусса–Крюгера.

15. Рекомендовать ширину координатных полос в 6° по долготе. При этом допускать применение и 3-градусных полос.

16. В изменение решения Второго геодезического совещания признать, что средние меридианы должны совпадать со средними меридианами листов международной карты в масштабе 1:1 000 000. Для 3-градусных полос допустить средние меридианы, совпадающие с крайними меридианами листов миллионной карты.

Примечание. Долгота среднего меридиана листов международной карты равна $6n + 3°$, где n – целое число.

. . . . . .

20. Принимая во внимание большое практическое значение введения системы плоских прямоугольных координат Гаусса–Крюгера, поручить Геодезическому комитету Госплана СССР озаботиться скорейшим опубликованием соответствующего практического руководства, составлением и изданием необходимых таблиц и вообще популяризацией идеи этих координат».

Для выполнения пункта 20 этого постановления Геодезический комитет Госплана поручил Н. Г. Келлю составить руководство. Оно было составлено в 1929 году и получило название *Координаты Гаусса–Крюгера и их применение*.

В настоящее время в системе плоских прямоугольных координат задаются координаты пунктов государственной геодезической сети (ГГС) наряду с пространственными прямоугольными координатами X, Y, Z и геодезическими (эллипсоидальными) координатами B, L, H.

В системе плоских прямоугольных координат выполняются все маркшейдерско-геодезические работы на горных предприятиях, составляются все топографические планы и карты.

Так, например, учитывая, что на краю 3-градусной зоны искажения значительно меньше, чем в 6-градусной зоне, в практике маркшейдерских работ при подземном способе разработки месторождений полезных ископаемых достаточно часто используются именно 3-градусные зоны в системе прямоугольных координат Гаусса–Крюгера.

При выполнении кадастровых работ использование 6- или 3-градусных зон зависит от площади и местоположения субъекта Российской Федерации относительно меридианов и определяется возможностью получить как можно меньшие искажения при применении местных систем координат в пределах территории субъекта Российской Федерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев В. К. Роль и место в исследованиях по геодезическому обеспечению системы ГЛОНАСС в рамках НИР «Развитие» государственных единых систем координат ГСК-2011 и ПЗ-90.11, высокоточного определения координат и гравитационного поля Земли // Общий замысел геодезических направлении исследований в рамках НИР «Развитие» от 28 мая 2013 года: докл. на заседании секции № 3 НТС ФГУП ЦНИИмаш. [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Об установлении случаев использования единой государственной системы координат для ведения единого государственного реестра недвижимости [Электронный ресурс]: приказ Минэкономразвития России от 14 марта 2016 № 142. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Фонарев В. М., Яблонский Л. И. О создании новой Единой системы государственных карт Российской Федерации // Геодезия и картография. 2015. № 7. С. 24–30.

4. Келль Н. Г. Избранные труды. М.: Недра, 1964. 311 с.

Поступила в редакцию 15 января 2018 года

COORDINATE SYSTEMS IN GEODESY (to the 90th anniversary of establishing of plane rectangular Gauss–Kruger coordinates system in the USSR)

Klepko V. L., Konovalov V. E. – The Ural State Mining University, Ekaterinburg, the Russian Federation. E-mail: vek-1951@mail.ru

At the heart of all geodesy disciplines there is a creation of the coordinate systems and the construction of geodetic networks being their physical realization on the Earth's surface. As the demands to the accuracy of the points coordinates determination constantly rise, it is required to develop the existing coordinate systems. The article indicates the process of establishing the state coordinate systems, state height system, and state gravimetric system (Russian Federation Government Decree of November 24, 2016 No. 1240). The article is devoted to the 90th anniversary of establishing of plane rectangular Gauss–Kruger coordinate system in the USSR. Currently, the system is widely used at topographic-geodetic support of cadastral activity to introduce Unified State Register of Immovable Property; it is also used when performing land use planning and surveying at the territory of mining complexes, and to solve various engineering problems.

Key words: geodetic coordinate system of 2011; global geocentric coordinate system; plane rectangular Gauss–Kruger coordinates system.

REFERENCES

1. Andreev V. K. [The role and place of high precision coordinate setting and the Earth's gravitational field in the researches on the geodetic supply of GLONASS system within the limits of Scientific Research Razvitie of state unified coordinate systems GSK-2011 and PZ-90.11]. *Obshchii zamysel geodezicheskikh napravlenii issledovanii v ramkakh NIR «Razvitie» ot 28 maia 2013 goda: dokl. na zasedanii sektsii № 3 NTS FGUP TsNIImash* [General concept of geodetic exploration trends within Scientific Research Razvitie of May 28, 2013: report at the meeting of the section no. 3 of Scientific and Engineering Board of Federal State Unitary Enterprise TSNIImash]. Access from the legal reference system ConsultantPlus.
2. On the determination of the events of the use of the unified state coordinate system for the maintenance of a Unified State Register of Immovable Property [electronic source]: the Ministry of Economic Development of the Russian Federation Decree of March 14, 2016 No. 142. Access from the legal reference system ConsultantPlus.
3. Fonarev V. M., Iablonskii L. I. [Regarding the creation of a new Unified system of state maps of the Russian Federation]. *Geodeziia i kartografiia – Geodesy and Cartography*, 2015, no. 7, pp. 24–30. (In Russ.)
4. Kell' N. G. *Izbrannye trudy* [Selected works]. Moscow, Nedra Publ., 1964. 311 p.