

УДК 528.2/3

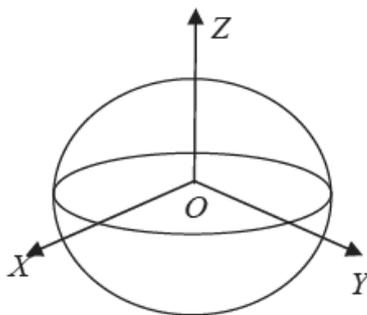
**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ.  
ИСТОРИЯ ЕЁ РАЗВИТИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ****Д.В. ШКУТ***(Представлено: А.С. Иваши́ва)*

*Системы координат имеют большое значение для специалистов в разных областях, очевидно, что для правильного планирования, управления и принятия решений необходимо предоставлять точную позиционную информацию об объектах. В статье описана история развития математической основы позиционирования РБ, рассмотрены системы отсчета, используемые для территории Республики Беларусь.*

Одна из задач высшей геодезии и смежных с ней наук состоит в создании на территории отдельного государства, континента и всей Земли в целом опорных геодезических сетей высокой точности. Существует большое количество различных систем координат. Координаты пунктов (объектов) нужны не только геодезистам, но и морякам, авиаторам, военным, участникам различных экспедиций и многим другим. Для определения положения объектов в пространстве необходимо иметь представление о математической основе позиционирования, а именно, о земных системах отсчета. Суть их в том, что они определяют систему координат, устанавливаемую на Земле при помощи дат.

Рассмотрим составные части систем отсчета. Составными частями систем отсчета являются: система координат, даты, отсчётная основа. Система координат как составная часть системы отсчета содержит набор математических правил, описывающих, как координаты должны быть соотнесены с точками пространства. Даты определяют связь системы координат с объектом таким образом, что абстрактное математическое понятие «система координат» может быть приложено к практической проблеме описания пространственного положения объекта на Земле с помощью координат. Различают два варианта применения данного термина – исходные даты и параметры Земли. Термин исходные даты имеет смысл, когда референц-эллипсоид ориентировали по одному исходному пункту. Под исходными датами понимают геодезические координаты исходного пункта астрономо-геодезической сети. В свою очередь, при установлении геоцентрических систем координат исходный пункт вовсе не нужен. В случае геоцентрических систем отсчета взамен термина «даты» применим термин «параметры Земли». Ещё одной составной частью систем отсчета является отсчетная основа, представляющая собой координаты пунктов геодезической сети [3; 4].

Различают геоцентрические и референсные системы отсчета. Они различаются своим нахождением в теле Земли. У геоцентрических систем отсчета начало отнесено к центру масс Земли, математической поверхностью относимости являются эллипсоиды вращения, глобально близкие к геоиду (рисунок 1). В общеземной системе координат определяют положение пунктов на всей поверхности Земли. Начальный пункт геоцентрической системы расположен в центре масс Земли с ориентацией общего земного эллипсоида вдоль главных осей Земли. Ось  $OZ$  направлена вдоль оси вращения Земли в сторону Северного полюса. Ось  $OX$  лежит на пересечении плоскостей экватора и Гринвичского меридиана. Ось  $OY$  расположена в плоскости экватора под углом  $90^\circ$  к востоку от оси  $OX$  [1; 2; 4; 5].

**Рисунок 1. – Геоцентрическая система координат [1]**

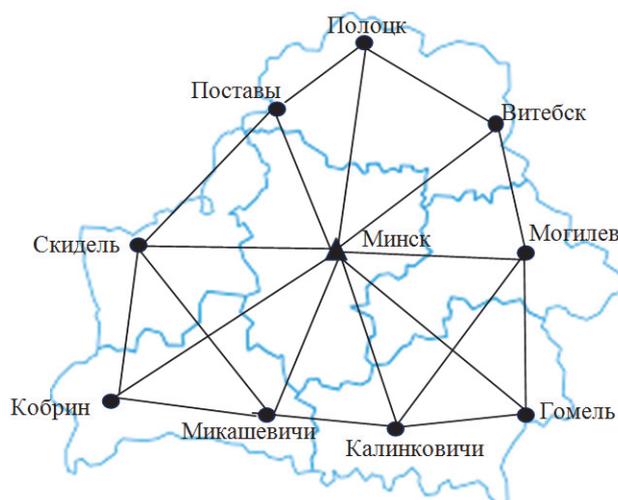
У референсных систем отсчета начало находится в центре некоторого эллипсоида, наилучшим образом подходящего к территории страны или материка. Референц-эллипсоид, в отличие от общеземного эллипсоида, подходит лишь для ограниченных областей Земли. Несовпадение центров локальных эллипсоидов с геоцентром может составлять несколько сотен метров [1; 2; 4; 5]

Согласно ГКНП 06-008-2011 на территории Республики Беларусь приняты СК-42, СК-63, СК-95. Рассмотрим какая система координат предшествовала системе координат 1942 на территории Республики Беларусь.

Первая государственная система координат появилась на территории СССР в 1932 г. (СК-32). Разработка программы по созданию первой государственной геодезической сети велись с 1907 по 1909 годы, еще в Российской Империи под руководством генерала Корпуса военных топографов (КВТ) И.И. Померанцевым. Реализация программы Померанцева была начата КВТ в 1908 г. но была прервана Первой мировой и Гражданской войнами. Далее работы по построению государственной геодезической сети велись по программе Ф.Н. Красовского 1928 г. [2]. Уже к 1932 г. была создана СК-32. По-другому её называют Пулковская система координат, потому что за исходный пункт принят центр круглого зала Пулковской астрономической обсерватории, геодезические координаты приняты равными астрономическим. За эллипсоид вращения приняли эллипсоид Бесселя. Было выполнено ориентирование эллипсоида относительно начала триангуляционных построений Пулково-Саблино [2]. К 1940 г. было построено 87 полигонов триангуляции 1 класса. В 1942–1945 гг. в Центральном научно-исследовательском институте геодезии, аэросъемки и картографии выполнено уравнивание 87 полигонов на эллипсоиде Красовского. Полученные в результате уравнивания координаты пунктов триангуляции образовали систему координат 1942 г. (СК-42), которая являлась основной системой отсчета координат, принятой на территории бывшего СССР. Была введена Постановлением Совета Министров СССР № 760 от 7 апреля 1946 г. В качестве математической поверхности относимости уже был принят эллипсоид Красовского. В качестве фундаментальной точки был принят также центр Круглого зала Пулковской обсерватории [1; 4]. Система координат 1963 г. (СК-63) можно отнести к производным системам координат. Основой системой отсчета, от которой произведена СК-63, является геодезическая система отсчета координат СК-42. СК-63 предназначалась для построения топографических карт для гражданских целей различной хозяйственной направленности.[4]

Наш мир постоянно развивается и потому дальнейшее использование СК-42 не могло обеспечить возрастающие требования к точности решения геодезических задач, необходима была новая геодезическая сеть с высокой и практически однородной точностью координат на всей территории страны. На территории Республики Беларусь с 1 января 2010 г. установлена к применению при выполнении геодезических и картографических работ государственная система геодезических координат 1995 г. (СК-95). Одним из принципов, положенных в основание системы СК-95, было минимальное изменение координат в этой системе по сравнению с системой 1942 г. Именно поэтому сохранен в качестве отсчетного эллипсоид Красовского. Система отсчета координат СК-95 Республики Беларусь реализована пунктами Государственной геодезической сети (ГГС), включающей пункты Фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС), Высокоточной геодезической сети (ВГС), Спутниковой геодезической сетью 1 класса (СГС-1) и Государственной сетью сгущения (ГСС). Пункты ФАГС, ВГС и СГС-1 распространяют на территории Республики Беларусь международную общеземную систему отсчета ITRS.

На территории Республики Беларусь 1 пункт ФАГС и 9 пунктов ВГС (рисунок 2) [1; 4].



▲ – пункт ФАГС; ● – пункт ВГС; — – базисная линия ФАГС и ВГС

Рисунок 2. – Государственная геодезическая сеть Республики Беларусь [1]

СК-95 связана с системой отсчёта ITRS. Эта связь обеспечена едиными параметрами связи, вычисленными по совмещенным пунктам СГС-1 и АГС с использованием глобальной модели геоида при условии сохранения единого координатного пространства с Российской Федерацией. Координаты пунктов ФАГС, ВГС и СГС-1 трансформированы из системы отсчёта ITRS в систему отсчёта СК-95. Совмещенные пункты СГС-1 и АГС послужили исходными для уравнивания государственной ГСС. Основное отличие системы отсчета СК-95 от СК-95 Российской Федерации – строгая связь с ITRS [4]. В Республике Беларусь согласно ГКНП используются геоцентрические системы отсчета, такие как ITRS, WGS-84.

Международная земная система отсчета (ITRS) является основной мировой системой, на которую ориентируются все остальные. Для ITRS приняты параметры Земли: набор фундаментальных геодезических постоянных (геоцентрическая гравитационная постоянная, угловая скорость вращения земли, нормальный потенциал силы тяжести на поверхности общеземного эллипсоида). За отсчётную поверхность принят общеземной эллипсоид GRS80. За начальный (нулевой) принят отсчётный меридиан IERS, который лежит на 5,31'' восточнее начального Гринвичского меридиана [4].

World Geodetic System 1984 (WGS-84) предназначена для обеспечения работы спутниковой системы США GPS, и в связи с этим получила мировое признание и распространение. За отсчётную поверхность принят свой общеземной эллипсоид WGS-84 со своими геометрическими параметрами. За начальный (нулевой) также принят отсчётный меридиан IERS. Система координат WGS-84 используется для обеспечения орбитальной группировки системы GPS [1; 4].

На ряду с общеземными и референсными системами координат используются местные системы координат (МСК). Система координат, устанавливаемая в отношении ограниченной территории, начало отсчета и ориентировка осей которой смещены по отношению к началу отсчета и ориентировке осей координат государственной геодезической сети. При установлении местных систем координат необходимо обеспечить возможность перехода от местной системы координат к государственной системе координат. Местные системы координат устанавливаются при создании на территориях населенных пунктов или промышленных объектов геодезических сетей сгущения или специальных геодезических сетей, которые являются геодезической основой для производства геодезических и картографических работ при инженерных изысканиях, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, осуществлении иных специальных работ [5].

В современных условиях возрастают требования к точности определения координат пунктов ГГС, являющихся физической реализацией систем координат. На территории Республики Беларусь используется большое количество систем координат, тем не менее с течением времени системы координат совершенствуются и будут появляться более новые.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко, О. В. Системы глобального позиционирования в лесном хозяйстве : курс лекций для студентов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство» / О. В. Кравченко. – Минск : БГТУ, 2018. – 60 с.
2. Огородова, Л.В. Высшая геодезия. Часть III. Теоретическая геодезия: Учебник для вузов. / Л.В. Огородова – Геодезкартиздат, 2006. – 384 с.
3. Серапинас, Б.Б. Земная система отсчёта и её составные части / Б.Б. Серапинас-Геопрофи. – 2009. – №1. – С. 49–53.
4. Руководство по преобразованию координат: ГКНП 06-008/2011: принят 16.02.2011: вступ. в силу 01.04.2011/ Государственным комитетом по имуществу Республики Беларусь. – Минск, 2011. – 36 с.
5. Клепко, В. Л. Системы координат в геодезии / В. Л. Клепко, А.В. Александров. – Екатеринбург: УГГУ, 2011. – 115 с.