



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
РОССИИ**

Геодезические и картографические инструкции, нормы и правила

**РУКОВОДСТВО
пользователя по выполнению работ
в системе координат 1995 года (СК-95)
ГКИНП (ГНТА)–06-278-04
(издание официальное)**

*Обязательно для исполнения всеми субъектами геодезической и
картографической деятельности.*

*Утверждено руководителем Федеральной службы геодезии
и картографии России от 1 марта 2004 г. № 29-пр.*

**Москва
ЦНИИГАиК
2004**

Приложение 5. Определение и использование параметров ортогонального преобразования координат

Возможности построения и использования ортогональных преобразований координат предусмотрены в большинстве прикладных программных пакетов обработки результатов геодезических спутниковых ГЛОНАСС/GPS определений. Соответствующие инструменты в разных программных пакетах естественно различаться по интерфейсу пользователя и порядку работы, но основаны на применении одинаковых принципов. Эти инструменты в первую очередь предназначены для преобразования результатов построения спутниковых геодезических сетей из системы координат WGS84 в систему координат пользователя. В частности, в СК-95 или СК-42. Однако, они применимы и для выполнения координатных преобразований между этими двумя системами. В настоящем приложении использование ортогонального параметрического преобразования показано на примере программного пакета PINNACLE фирмы Topcon.

Для работы с этим программным пакетом имеется достаточно подробное руководство. В данном приложении будут отражены только те моменты, которые имеют непосредственное и обязательное отношение к построению и использованию моделей ортогонального преобразования для связи между СК-42 и СК-95, основным этапам этого процесса, но без детального описания всех действий с интерфейсом программы. Описание деталей выполнения операций и дополнительных возможностей программы, в частности в отношении преобразования координат можно найти в руководстве по работе с программой.

Любые координатные преобразования, как и в программном пакете ГЕОМАСТЕР начинаются с задания основных свойств используемых систем координат. Однако, в отличие от пакета ГЕОМАСТЕР в программных пакетах обработки спутниковых наблюдений системы координат определяются заданием двух наборов свойств:

- *параметрами используемого референц-эллипсоида (для СК-42 и СК-95 это параметры эллипсоида Красовского) и*
- *параметрами ориентирования, определяющими положение необходимой системы координат в мировой геодезической системе координат WGS84.*

Таким образом, система координат WGS84 играет роль опорной системы при задании любых других систем координат. При переходах между какими-либо другими системами координат она служит промежуточной системой. Если необходимо, например, перевести координаты из системы «А» в систему «Б», то автоматически выполняется следующая цепочка преобразований:

«А» → WGS84 → «Б».

Естественно, что параметры ориентирования обеих систем в системе WGS84 должны быть заранее заданы или определены. В качестве параметров ориентирования используются значения коэффициентов 7-ми параметрического ортогонального координатного преобразования. Соответственно и преобразование между системами «А» и «Б» будет обладать теми же свойствами ортогональности и будет эквивалентно непосредственному преобразованию с коэффициентами, равными разности соответствующих параметров ориентирования каждой из этих систем в WGS84. В качестве параметров ориентирования используются 3 параметра линейного смещения ***DX, DY, DZ*** по каждой из осей X, Y и Z геоцентрической системы, три значения малых углов вращения ***RX, RY, RZ*** вокруг каждой из этих осей и общая поправка ***Scale*** к единичному масштабному множителю.

К параметрам ориентирования какой-либо системы в системе WGS84 применяется общий термин «Datum» системы. Выбранные параметры соответствуют следующей форме координатного преобразования:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{WGS-84} = \begin{bmatrix} DX \\ DY \\ DZ \end{bmatrix} + (1 + Scale \cdot 10^{-6}) \cdot \begin{bmatrix} 1 & RZ & -RY \\ -RZ & 1 & RX \\ RY & -RX & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{referenceDatum}$$

Для вновь вводимой системы параметры ориентирования могут быть заранее не специфицированы и определены в последующем.

На рис. П5.1 показан фрагмент главного окна программы Pinnacle с открытым окном редактора координатных систем. В окне редактора открыта закладка с уже заданными параметрами ориентирования системы СК-95 и указанием эллипсоида Красовского как референц-эллипсоида этой системы. Обычно параметры эллипсоида Красовского уже заданы в программных пакетах. Однако, при их отсутствии они могут быть введены как параметры нового эллипсоида в закладке Ellipsoid.

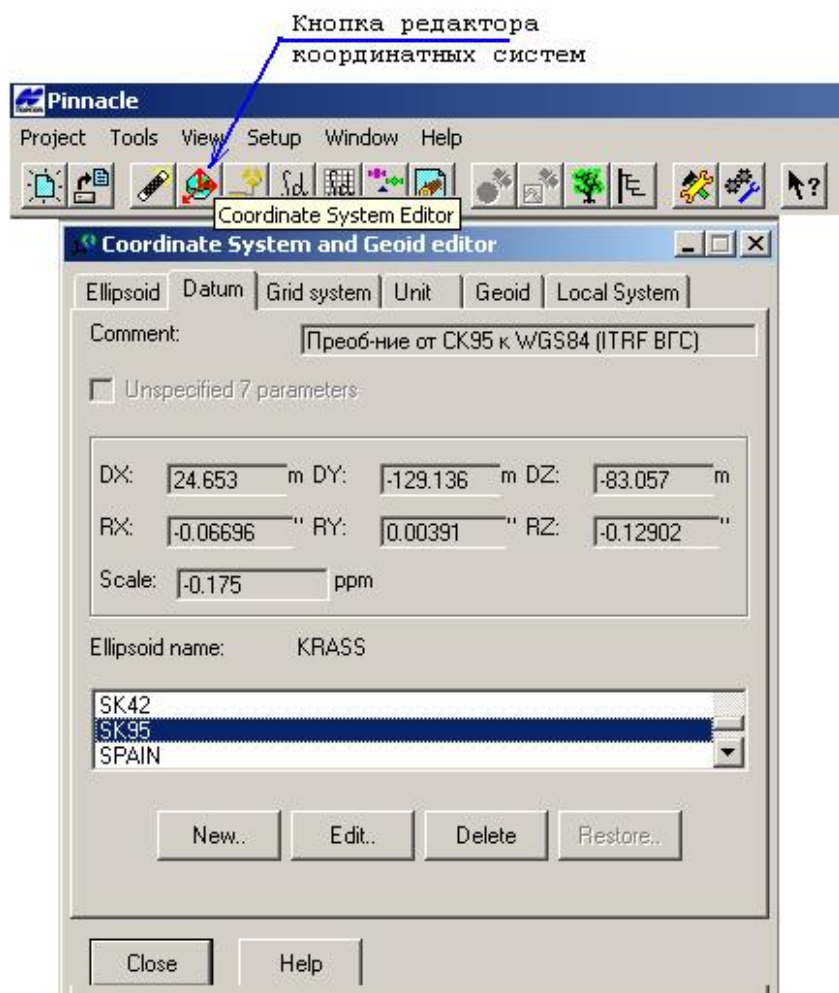


Рис. П5.1 Фрагмент главного окна программы Pinnacle с открытым окном редактора координатных систем

В формальном названии SK95, видимом в строке, выделенной синим цветом, использован латинский шрифт, чтобы избежать путаницы с кодировкой букв разного алфавита, имеющих одинаковое изображение.

На закладке показаны значения параметров системы СК-95. Ниже эти же значения повторены в текстовом формате:

$$\begin{aligned} DX &= +24.653 \text{ м}; DY = -129.136 \text{ м}; DZ = -83.057 \text{ м}; \\ RX &= -0.06696''; RY = +0.00391, RZ = -0.12902''; \\ Scale &= -0.175 \times 10^{-6}. \end{aligned}$$

Как вводятся параметры для нового Datum будет показано ниже.

Указанные выше значения параметров для СК-95 (SK95) получены как параметры связи между координатами пунктов ГГС в СК-95 и координатами этих же пунктов в системе

ITRF. В свою очередь практическая реализация ITRF получена при построении фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС) и высокоточной геодезической сети (ВГС) по наблюдениям спутников GPS в результате привязки к международной сети постоянно действующих пунктов спутниковых наблюдений. Координаты в системе ITRF вычислены по результатам предварительной обработки наблюдений ФАГС и ВГС 1999, 2001 и 2002 годов. Погрешности этих координат в целом по сети не превышают нескольких сантиметров, а сама сеть имеет протяженность от западных границ до Дальнего востока, но не покрывает северные территории Западной и Восточной Сибири, Чукотки. Фактические различия между WGS84 и ITRF находятся в пределах дециметра. Внутренние деформации СК-95 на всей протяженности ГГС составляют несколько дециметров. Поэтому для преобразования между СК-95 и WGS84 систему ITRF можно считать идентичной системе WGS84. Точность такого преобразования в целом по всей ГГС будет находиться в пределах нескольких дециметров и в основном определяться внутренними деформациями ГГС в СК-95.

На рис. П5.2 показаны вектора остаточных расхождений координат пунктов АГС в СК95 и координат этих же пунктов, полученных выше приведенным преобразованием из координат в системе ITRF, полученных при построении ВГС. Средние квадратические значения остаточных расхождений по координате x равны 27 см и по координате y – 20см. Показанные на схеме пункты АГС обычно расположены не дальше 10-15 км от пунктов ВГС (по два или одному пункту АГС возле каждого пункта ВГС). На этом же рисунке показано расположение пунктов Космической и Доплеровской геодезических сетей, использовавшихся при установлении СК-95.

Указанная точность будет обеспечиваться, если координаты в исходной системе, будь то СК-95 или WGS84 (ITRF), получены в результате привязки к физическим пунктам, носителям соответствующей системы. В большинстве обычных работ с использованием GPS, система координат, получаемая из непосредственной обработки спутниковых наблюдений и называемая WGS84, лишь по ориентировке и масштабу действительно достаточно точно соответствует этой системе. Положение же ее начала может быть произвольным в пределах нескольких метров. Это связано с тем, что при отсутствии реальных исходных пунктов с координатами в системе WGS84 абсолютное положение совокупности пунктов создаваемой сети определяются фактически по автономным спутниковым определениям, точность которых обычно не лучше нескольких метров. Фактически имеется лишь три способа получения более точных абсолютных положений пунктов в WGS84:

- использование наблюдений исходных пунктов, реальных носителей системы;
- использование глобальных систем дифференциальных кодовых спутниковых определений;
- использование исходных пунктов с координатами в СК-95 с последующим их преобразованием в WGS84 с использованием указанных выше значений параметров.

Это обстоятельство необходимо всегда иметь в виду при выполнении координатных преобразований в практических работах по спутниковым определениям.

В задачах преобразования между СК-95 и СК-42 сделанные выше замечания не имеют принципиального значения, поскольку в таких задачах речь фактически идет о различиях в этих системах или, в более конкретной форме о разностях параметров (Datum'ов) этих двух систем. Поэтому, для одной из этих систем, например, для СК-95, параметры могут быть назначены относительно произвольно, в частности, нулевыми.

Система СК-42 имеет значительные внутренние деформации, как в целом, так и на отдельных территориях. Для обеспечения достаточной точности преобразования координат между системами СК-95 и СК-42 размеров фрагмента сети, для которых преобразование выполняется по одному набору параметров, должны быть существенно ограничены.