

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВНЫХ КООРДИНАТ С ПОМОЩЬЮ ПОРТАТИВНОГО НАВИГАТОРА

Л.И. Власкин («Геострой»)

В 1973 г. окончил механико-математический факультет Томского государственного университета по специальности «астрономо-геодезия». Работал инженером Якутского АГП, преподавателем Томского топографического техникума, главным геодезистом треста Томскжилстрой, главным специалистом отдела изысканий института ТомскНИПИнефть, начальником отдела изысканий КогалымНИПИнефть. С 2000 г. по настоящее время — главный специалист по топографии ООО «Геострой».

В данной статье рассматривается возможность эффективного использования достаточно удобных и недорогих спутниковых навигационных приемников (портативных навигаторов) компании Garmin (США) — см. рисунок — совместно с топографическими картами, имеющими километровую сетку в СК-63 или другой условной системе координат (УСК).

Технология точного определения координат в СК-42 с помощью портативных навигаторов была рассмотрена в статье «Уточнение параметров перехода от WGS-84 к СК-42» (см. Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. — 2002. — 1(33)–2(34). — С. 65). Следует отметить, что предлагаемый

способ настройки интерфейса спутникового навигационного приемника применим для средних и высоких широт, а для местности, расположенной ближе к экватору, не обеспечивается пересчет разворота условной системы координат относительно направления осевого меридиана координатной зоны проекции Гаусса-Крюгера (поперечной проекции Меркатора с масштабом по осевому меридиану $M = 1$). Такое широтное ограничение связано с тем, что реализованный в спутниковом приемнике интерфейс выбора исходных геодезических данных (ИГД), формата координат и картографической проекции не позволяет назначить поворот осей координат на заданную величину, но допускает возможность произвольно установить долготу осевого меридиана. Изменение долготы осевого меридиана на ΔL за счет сближения меридианов приводит к повороту УСК на угол $\gamma = \Delta L \times \sin \varphi$, где φ — широта точки. Так, при $\varphi = \pm 19^\circ$ поворот γ составляет 1/3 изменения долготы осевого меридиана ΔL , а при $\varphi = 42^\circ$ — 2/3.

Для того, чтобы навигатор показывал координаты точки, имеющейся на карте, в УСК, необходимо сделать следующее:

1. Определить поворот УСК относительно осевого меридиана координатной зоны СК-42. Для работы с российскими топографическими картами в навигаторе следует установить размеры эллипсоида Красовского и его привязку в WGS-84, наиболее подходящую для заданного региона работ. Если игнорировать эти локальные изменения привязки, то возможны ошибки определения координат до 40 м.

2. Вычислить долготу меридиана, имеющего с осевым меридианом сближение, равное углу поворота УСК.

3. После замены в навигаторе долготы осевого меридиана на вычисленное значение необходимо также определить и установить смещение начала координат УСК по осям X и Y.

Рассмотрим подробнее последовательность работ по определению и установке настроек навигатора для работы в УСК.

В меню настроек навигатора Setup устанавливают СК-42. Для этого отыскивают страничку выбора ИГД (datum), выбирают эллипсоид User и редактируют значения dx , dy , dz , da , df , которые являются поправками в ИГД WGS-84 для получения ИГД системы координат пользователя (СК-42). Например, для ре-



Спутниковый приемник
Garmin

гиона Ханты-Мансийского автономного округа определено: $dx = +22$, $dy = -130$, $dz = -79$, $da = -108$, $df = 0,0048077$; для региона озера Байкал получено: $dx = +16,5$, $dy = -132,5$, $dz = -46,1$, $da = -108$, $df = 0,0048077$.

Кроме ИГД в меню Position frmt/User Grid устанавливают L_{42} — долготу осевого меридиана координатной зоны проекции Гаусса-Крюгера:

$$L_{42} = 6^\circ \times N - 3^\circ,$$

где N — номер координатной зоны.

Если значение километровой сетки топографической карты отсутствует, его назначают отрицательным для X и Y или восстанавливают по имеющимся на карте пунктам государственной геодезической сети (ГГС) и их координатам из каталога.

Затем выбирают 3–4 точки по разным краям интересующего участка карты и снимают с нее их условные координаты $X_1^y, Y_1^y; X_2^y, Y_2^y; \dots X_i^y, Y_i^y$. Выбранные точки должны хорошо опознаваться на местности и располагаться на открытых участках.

На выбранных по карте точках местности навигатором измеряют координаты $X_1^{42}, Y_1^{42}; X_2^{42}, Y_2^{42}; \dots X_i^{42}, Y_i^{42}$. Измеренные координаты обязательно фиксируют в памяти навигатора как путевые точки. Навигаторы имеют полезную функцию, позволяющую записывать и хранить без изменения точки в памяти навигатора только в координатах WGS-84, независимо от ошибок настроек перед измерениями. После корректировок настроек интерфейса координаты сохраненных точек можно прочитать в метрах, градусах, в СК-42 и СК-63.

Примечание. Если имеются каталоги координат ГГС в СК-42 и СК-63, то последние два действия значительно упрощаются

и сводятся к выписке соответствующих координат на пункты ГГС, расположенные в регионе работ, и вводе координат в навигатор вместо их полевых измерений.

Вычисляют γ — поворот УСК как разность дирекционных углов, вычисленных по координатам СК-42 (α_{42}) и условным координатам (α_y):

$$\gamma = \alpha_{42} - \alpha_y.$$

Обратную геодезическую задачу для вычисления α_{42} и α_y решают по разным парам точек для контроля ошибок и усреднения значения γ .

Определяют необходимое перемещение осевого меридиана $\Delta L = \gamma / \sin \phi$.

Вычисляют долготу осевого меридиана L_y , устанавливаемую в навигаторе для работы с условными координатами:

$$L_y = L_{42} + \Delta L.$$

Полученное значение L_y вводят в навигатор. В приемниках GPS12 долготу осевого меридиана устанавливается через Setup menu/Navigation/Position frmt → User Grid/Longitude origin.

В связи с внесенным изменением долготы осевого меридиана координатные оси получают значительное смещение по направлению запад-восток и разворот на угол γ , при этом они будут расположены параллельно осям УСК. Для вычисления смещения начала УСК необходимо выписать из навигатора координаты путевых точек $X_1^y, Y_1^y; X_2^y, Y_2^y; \dots X_i^y, Y_i^y$ и сравнить их с соответствующими условными координатами $X_1^y, Y_1^y; X_2^y, Y_2^y; \dots X_i^y, Y_i^y$. Координаты будут отличаться на ΔX^y и ΔY^y в пределах точности выполненных измерений.

$$\Delta X^y = (\sum_{i=1}^n (x_i^y - x^y)) / n$$

— величина, на которую следует изменить в навигаторе прежнее значение FALSE N (смеще-

ние к северу) на странице Setup menu/Navigation/Position frmt → User Grid.

$$\Delta Y^y = (\sum_{i=1}^n (y_i^y - y^y)) / n$$

— величина, на которую следует изменить в навигаторе прежнее значение FALSE E (смещение к востоку) на странице Setup menu/Navigation/Position frmt → User Grid.

Введенные в навигатор значения FALSE N и FALSE E необходимо уточнить с помощью последовательных приближений.

После ввода первых значений FALSE N и FALSE E повторяют предыдущее действие, т. е. выписывают из навигатора измененные представления координат путевых точек и вычисляют уточнение сдвига координат ΔX^y и ΔY^y . Обычно трех-четырёх приближений бывает достаточно для завершения итераций и уменьшения величин ΔX^y и ΔY^y до нуля.

Для оценки точности работы с условными координатами с помощью спутникового приемника GPS12CX было выполнено определение координат четких контуров 60 точек на участке коридора коммуникаций магистрального нефтепровода Куйбышев-Горький 2, для которого ранее была создана цифровая модель местности (ЦММ). Протяженность участка составляла 7 км. С учетом того, что работы выполнялись на открытой местности, а время усреднения координат в среднем было равно 2 мин, средняя квадратическая ошибка положения точек на ЦММ составила 2,6 м.

RESUME

An adjustment of the Garmin navigation receiver's interface for determining conventional coordinates is described. Calculations of the adjustments necessary are also given.