

УДК 528.4

DOI: 10.15827/2311-6749.16.4.10

**УРАВНИВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕОДОЛИТНЫХ ХОДОВ В CREDO_DAT,
ГИС «КАРТА 2011», «ТЕРРА.ГЕОДЕЗИЯ»**

*Л.А. Степанова, к.т.н., доцент, lusi_st@mail.ru; В.В. Венчакова, студентка,
nearthesun1996@mail.ru
(Тверской государственной технической университет, наб. Аф. Никитина, 22,
г. Тверь, 170100, Россия)*

В статье обсуждаются результаты уравнивания системы теодолитных ходов с одной узловой точкой в трех программных комплексах. Выбор комплексов обусловлен следующими соображениями: два из них включены в 2016 году в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных, а пакет CREDO_DAT заслуженно очень широко используется в геодезическом сообществе.

Ключевые слова: программный комплекс, геодезические измерения, Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных, профессиональная ГИС «Карта 2011», «Терра.Геодезия», CREDO_DAT, полигонометрия, система теодолитных ходов, уравнивание.

Для камеральной обработки инженерно-геодезических работ создано большое количество программных комплексов. Часть из них являются дополнительным модулем к «материнской» ГИС, остальные – геодезическими калькуляторами. Общие функции автоматизированной обработки результатов геодезических измерений:

- ручной ввод и редактирование данных тахеометрии, теодолитных и нивелирных ходов;
- импорт измерений из внешних файлов;
- уравнивание плановых и высотных сетей уравнивания методом последовательных приближений и классическим коррелятным способом по методу наименьших квадратов с оценкой точности;
- автоматическое формирование отчетных ведомостей;
- экспорт результатов обработки.

С 1 января 2016 года в России вступили в силу положения законодательства об использовании российского ПО и запрет на закупки иностранного ПО при наличии российских аналогов. С этого же времени организован Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных, куда включаются сведения обо всем ПО, официально признанном происходящим из Российской Федерации [1]. На данный момент в реестр включены два программных комплекса с модулями обработки геодезических измерений, а именно: профессиональная ГИС «Карта 2011» [2] и ГИС «Терра» [3].

Одним из самых популярных для автоматизации расчетной части инженерно-геодезических работ является геодезический пакет CREDO_DAT минской компании «Кредо-Диалог» [4], история которой началась в Минске в 1989 году. CREDO_DAT – составная часть комплекса CREDO, включающего свыше 30 программных продуктов в различных сферах инженерного проектирования.

Для тестирования этих комплексов выбрано геодезическое построение, которое состоит из системы трех теодолитных ходов с одной узловой точкой (рис. 1). Известны координаты в метрах исходных пунктов В, D, F, с которых имеется видимость на опорные пункты А, С, Е для передачи дирекционных углов линий АВ, CD, EF, и горизонтальные углы, заключенные между линиями теодолитных ходов.

Уравнивание в ГИС «Карта 2011». Геоинформационная система «Карта 2011» дополняется модулем «Комплекс геодезических расчетов», в составе которого задача **Полигонометрия** позволяет уравнивать систему теодолитных ходов. Ведомость ходов построена на обработке стандартных типов конфигурации ходов (рис. 2).

Как рекомендует справочная документация [5], тип теодолитных ходов (звеньев) в полигонометрии (системе ходов) принимается разомкнутым, узловыми точками могут быть пункты P2 и P3 (рис. 1), ведомость включает столько листов, сколько звеньев содержит уравниваемая система ходов. На рисунке 3 приведена ведомость исходных данных для звена 1 с результатами нестрогого (раздельного) уравнивания.

Уравнивание в CREDO_DAT. Пакет не содержит никаких ограничений на конфигурации ходов, но разделяет пункты ходов на исходные (опорные пункты с известными координатами), рабочие (пункты, координаты которых вычисляются и уравниваются) и узловые точки (пункты пересечения или соединения звеньев хода). Дирекционные углы и/или линии, принимаемые за «твердые», вводятся в ведомость как «Жесткие Связи».

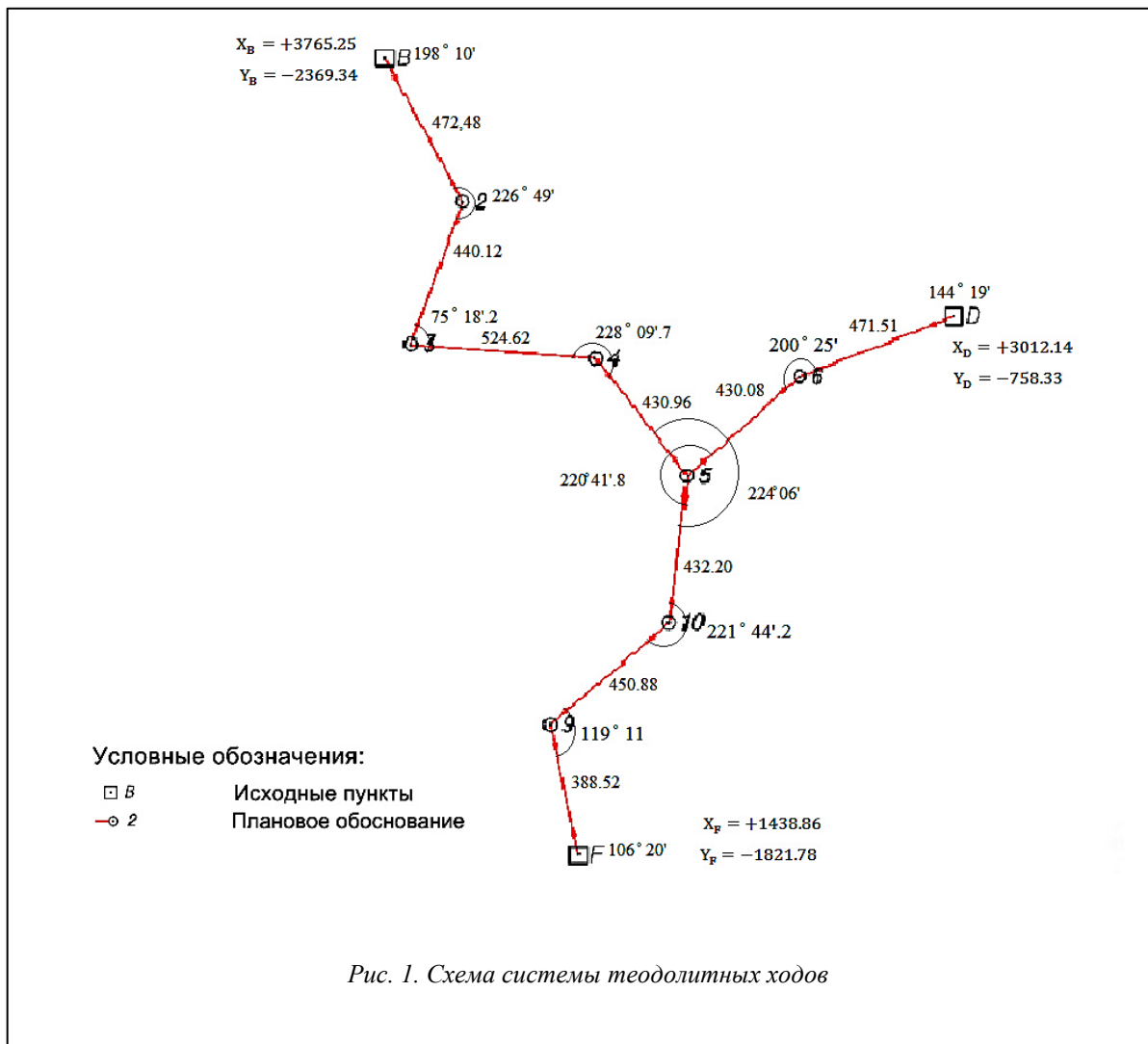


Рис. 1. Схема системы теодолитных ходов

Обработка измерений включает следующие функции:

- предварительная обработка измерений, сопровождаемая выводом предупреждающих сообщений красного цвета и формированием ведомости предобработки и ведомости линий и превышений для проверки и редактирования исходной информации;

- анализ сети для поиска и выделения грубых ошибок с выдачей протокола;

- уравнивание, производимое строго параметрическим способом; уравнения поправок включают условия сторон, направлений, «жестких» связей; полученная система уравнений решается методом наименьших квадратов с учетом разреженности матрицы условий.

Результаты уравнивания точек хода тестового примера приведены в таблице.

Уравнивание в Terra.Геодезия. Программный комплекс «Терра.Геодезия» был разработан в 2014 году для ГИС «Терра» калужским ПК «ГЕО», предназначен для строгого уравнивания теодолитных и нивелирных ходов, служащих в основном геодезическим обоснованием крупномасштабных топографических съемок, и ориентирован на классические геодезические построения. Процесс ввода данных предва-

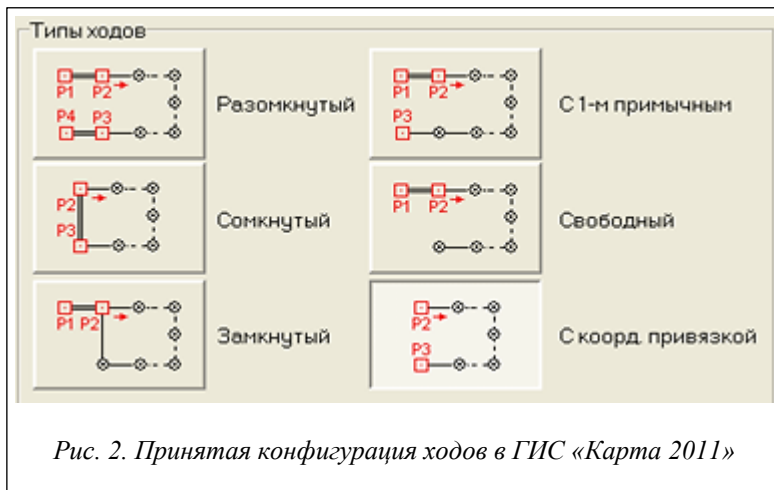


Рис. 2. Принятая конфигурация ходов в ГИС «Карта 2011»

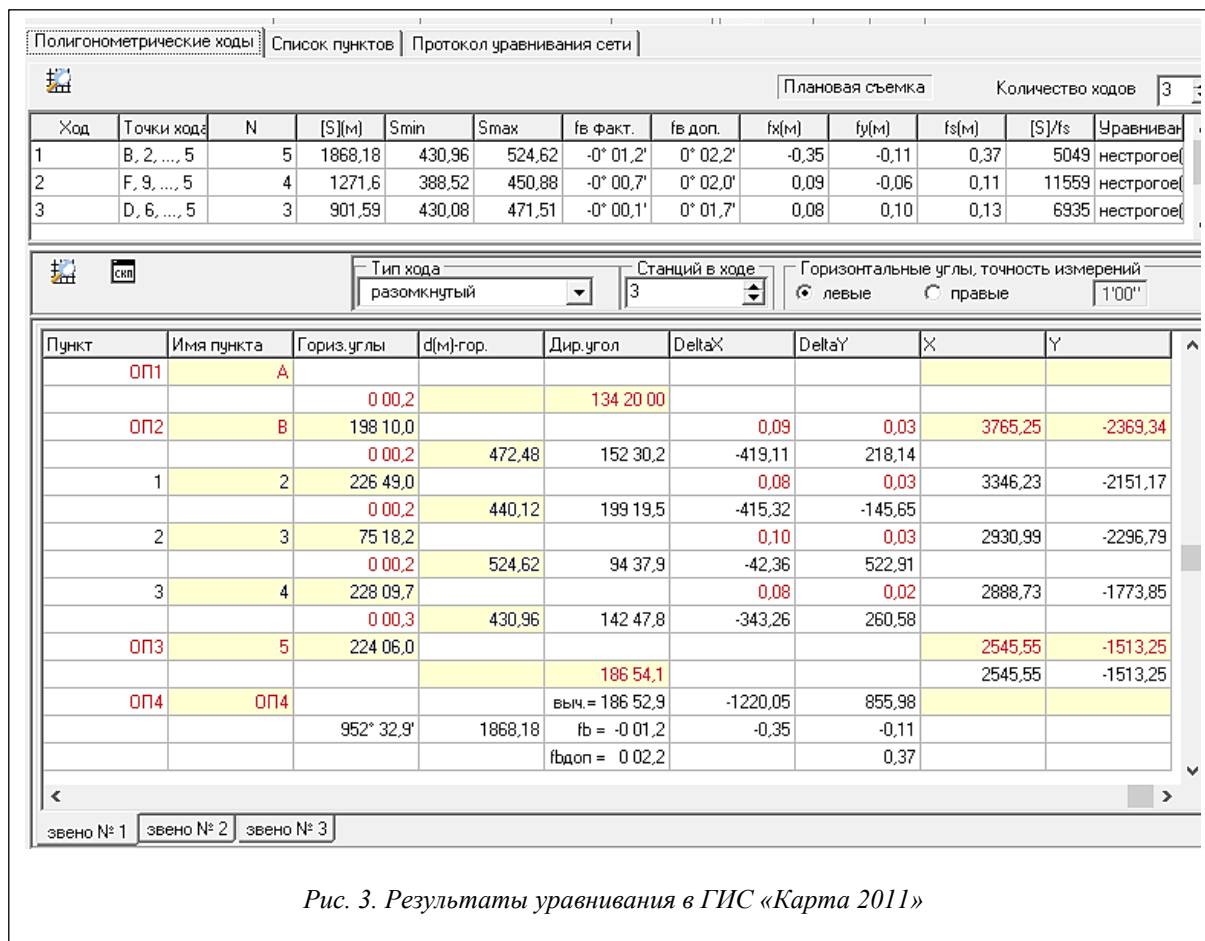


Рис. 3. Результаты уравнивания в ГИС «Карта 2011»

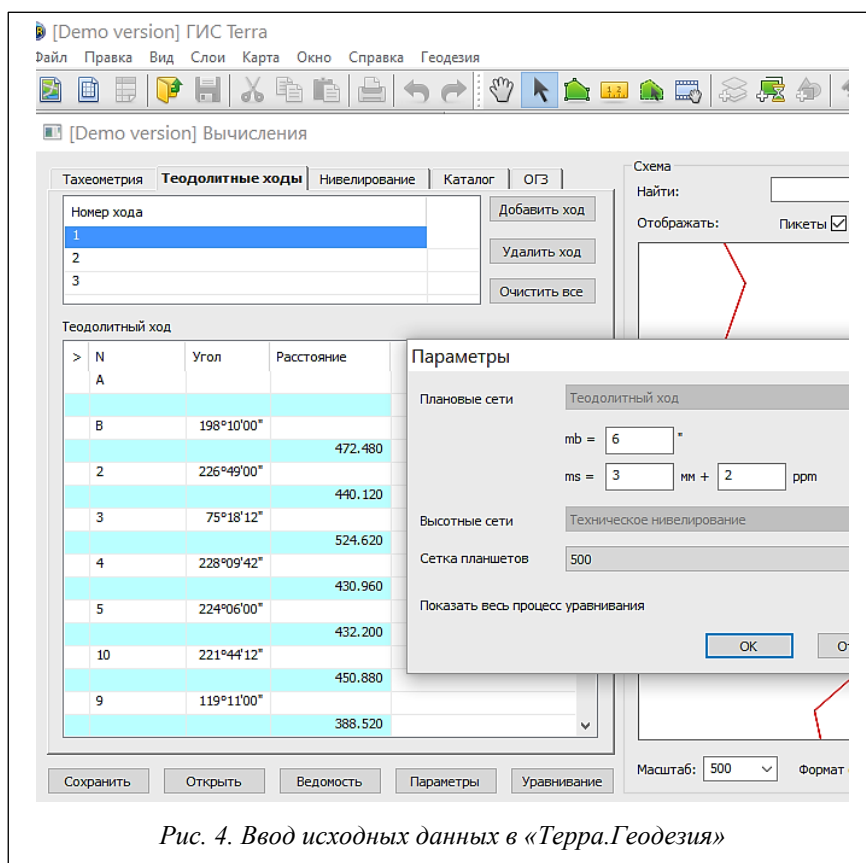


Рис. 4. Ввод исходных данных в «Терра.Геодезия»

руется вводом инструментальных погрешностей измерения углов в секундах mb и погрешности расстояний в миллиметрах ms , необходимых для вычисления весов при уравнивании (рис. 4). Перед проведением уравнивания автоматически происходит предварительная обработка данных с формированием предупреждающих сообщений о выявленных ошибках измерений, превышающих допустимые значения.

Строгое уравнивание плановых сетей производится классическим коррелятным способом по методу наименьших квадратов. Оценка точности результатов уравнивания плановых сетей выполняется по средним квадратическим погрешностям относительно исходных пунктов для каждой уравненной точки сети.

Оценка точности уравненных величин: $\mu = 19.9$ и $m_\mu = 10.0$. В отчетную ведомость не включена фактическая угловая невязка. Результаты уравнивания приведены в таблице.

Уравнивание способом среднего весового с использованием калькулятора выполнено с отдельным уравниванием углов и приращений координат [6] вручную. Уравнивание углов начинают с выбора узловой линии, в качестве которой может быть принята любая сторона хода, примыкающая к узловой точке (в нашем расчете линия 5–10). По известным формулам находят значения дирекционных углов этой линии по каждому ходу и угловые невязки по ходам. При допустимости полученных невязок вычисляют среднее весовое значение дирекционного угла узловой линии, вычисляют поправки в углы, уравненные углы и дирекционные углы всех сторон ходов. Порядок уравнивания приращений координат аналогичен уравниванию углов. Результаты вычислений координат пунктов, вычисленные в трех программных комплексах и вручную, приведены в таблице.

Вычисленные координаты пунктов хода

Пункт		Программный комплекс			Вручную
		Карта2011	Credo	Терра. Геодезия	
2	x	3346.23	3346,17	3346,12	3346,23
	y	-2151,17	-2151,17	-2151,13	-2151,17
3	x	2930,99	2930,83	2930,76	2931
	y	-2296,79	-2296,72	-2296,71	-2296,79
4	x	2888.72	2888,67	2888,51	2888,73
	y	-1773.85	-1773,81	-1773,73	-1773,85
5	x	2545.53	2545,54	2 545.29	2545,55
	y	-1513.25	-1513,08	-1513,01	-1513,25
6	x	2835.58	2835,59	2835,44	2835,59
	y	-1195.61	-1195,54	-1195,52	-1195,61
9	x	1818.62	1818,65	1818,23	1818,62
	y	-1903.67	-1903,64	-1903,19	-1903,49
10	x	2116.50	2116,49	2116,31	2116,51
	y	-1565.22	-1565,15	-1564,90	-1564,85

Результаты выполненных вычислений показывают, что три рассмотренных программных комплекса при уравнивании системы теодолитных ходов дают тождественные результаты. Разница в координатах узловой точки не превышает 24 сантиметров, угловые невязки не превышают $1' 23''$, линейные невязки не превышают $1/5000$. Трудоемкость ввода данных и вычислений в комплексах примерно одинакова. Выбор пользователем программного комплекса определяется экономическими соображениями. При обучении студентов ТвГТУ по направлению «Землеустройство и кадастры» используются все три протестированных комплекса.

Литература

1. Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. URL: <https://reestr.minsvyaz.ru/reestr/> (дата обращения: 22.11.2016).
2. Профессиональная ГИС «Панорама». URL: http://www.gisinfo.ru/products/map12_prof.htm (дата обращения: 22.11.2016).
3. Терра.Геодезия. URL: http://www.gisterra.ru/about_gis.php (дата обращения: 28.11.2016).
4. CREDO_DAT 4.1 PROFESSIONAL. URL: <http://credo-dialogue.ru/produkty/korobochnye-produkty/credo-dat-professional.html> (дата обращения: 25.11.2016).

5. Руководство геодезиста. URL: <http://www.gisinfo.ru/download/doc.htm> (дата обращения: 22.11.2016).
6. Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. М.: КолосС, 2007. С. 506–512.