



## ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

**Тем, кто знаком с геодезическими работами, нет необходимости объяснять, насколько важна автоматизация процесса камеральной обработки геодезических измерений. Известно, что камеральная обработка занимает около 2/3 времени геодезических работ. При этом очень важны точность расчетов и качество выходных материалов — вычислительных ведомостей, планов, схем.**

**Б**ольшая часть организаций предпочитает сейчас работать с электронными материалами, тем более что современные геодезические приборы в ряде случаев позволяют избавиться от необходимости вести полевую документацию на бумажных носителях. Что касается ранее созданных графических материалов, то при наличии необходимой техники и программного обеспечения их перевод в электронный вид не составляет особого труда.

Как результат, ручная обработка геодезической информации сведена к минимуму — дело только за выбором оптимальных программных средств, которые позволят наилучшим образом автоматизировать процесс производства геодезических работ с учетом технического оснащения предприятия и при небольших затратах на дополнительное оборудование.

В качестве одного из таких средств может быть предложена программа RGS, предназначенная для решения геодезических задач. Получить общее представление о ее возможностях и особенностях можно, обратившись к следующим источникам: [http://cadmaster.ru/articles/03\\_rgs\\_classical\\_and\\_modern\\_geodesical\\_solutions.cfm](http://cadmaster.ru/articles/03_rgs_classical_and_modern_geodesical_solutions.cfm), [http://cadmaster.ru/articles/11\\_rgs.cfm](http://cadmaster.ru/articles/11_rgs.cfm), а потому мы не будем останавливаться на функциональных особенностях программы, тем более что она уже достаточно широко распространена. В то же время подробного разговора заслуживают вопросы ее практического применения: наряду с решением собственно геодезических задач, RGS поддерживает импорт данных с электронных приборов, обеспечивает обмен данными с графическими приложениями, предоставляет возможность ведения каталога исходных пунктов. По сути, пакет

RGS позволяет реализовать все звенья технологической цепочки производства геодезических работ: проект — полевые измерения — камеральная обработка — отчетные материалы.

Изначально программа RGS создавалась для внутреннего использования в геодезической фирме "Румб". Задачи, которые она призвана решать, сформулированы полевыми геодезистами — в соответствии с реальными условиями геодезических работ. Для реализации алгоритмов уравнивания и решения различных геодезических задач были привлечены научные сотрудники МИИГАиК.

Программа совершенствовалась по мере развития геодезического приборостроения, повсеместного внедрения вычислительных средств, расширения рынка программных продуктов. Продолжается этот процесс и теперь: добавления и изменения, вносимые в RGS, отвечают как пожеланиям пользователей, так и современным требованиям к качеству геодезических работ. Опыт применения программы дал все основания утверждать, что оперативность и качество выполняемых фирмой геодезических работ примерно на 50% обеспечиваются эффективной организацией производственного процесса, то есть использова-

Новое коммерческое название программы RGS — **GeoniCS Изыскания**. В статье для краткости программа приведена под прежним названием.

нием RGS практически на всех этапах — разумеется, вкупе с компьютерами и современными электронными приборами.

Вопросам применения программы RGS при производстве основных видов геодезических работ мы планируем посвятить цикл из нескольких статей.

## Построение геодезических сетей

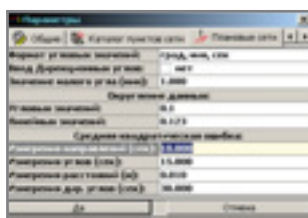
Геодезические сети различного назначения фактически представляют собой сеть пунктов с известными координатами, определенными с требуемой точностью. Как при полевых, так и при камеральных работах создание геодезических сетей сопряжено с определенными проблемами. В области полевых работ бывает затруднительно выбрать оптимальный метод построения сети, поскольку условия производства таких работ (например, плотная городская застройка) зачастую существенно ограничивают выбор. В камеральной обработке некоторые сложности вызывает необходимость строгого уравнивания результатов измерений в сетях: нестрогое (раздельное) уравнивание не позволяет получить однозначную оценку точности конечного положения пунктов сети. При производстве полевых работ желательно соблюдать условие равнозначности измерений и не допускать большого количества избыточных измерений — в дальнейшем это упростит процесс уравнивания.

Программа RGS полностью избавляет от этих сложностей: из всего многообразия методов создания сетей можно выбирать наиболее подходящий для конкретной задачи или применять любую комбинацию методов, не задумываясь о последующей обработке — она будет выполнена автоматически или при минимальном участии пользователя.

Полевые измерения, импортированные или введенные в программу, автоматически распределяются по станциям плановых и/или высотных сетей. Далее для выполнения расчета и уравнивания координат пунктов сети нужно только нажать соответствующие кнопки.

При реализации алгоритма уравнивания по методу наименьших квадратов в качестве обратного веса

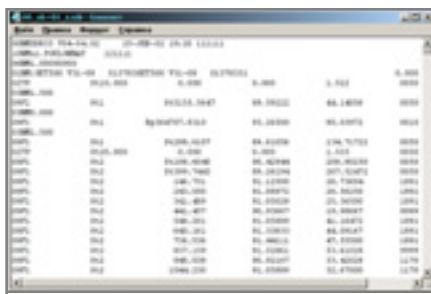
измерения принимается его средняя квадратическая ошибка (СКО), по-



этому допускается уравнивание и неравноточных измерений.

Программа позволяет выполнить пользовательские настройки основных параметров, участвующих в уравнивании сетей. Если настройка осуществляется в окне *Параметры*, указанные величины СКО будут по умолчанию использоваться для всех измерений.

Рассмотрим обработку геодезических измерений при построении плановой сети с использованием RGS. В качестве примера приводятся измерения, выполненные электронным тахеометром Sokkia SET500. Специальное программное обеспечение позволяет перенести данные с накопителя прибора и сформировать текстовый файл с результатами измерений (в нашем случае данные с прибора перекачи-



вались на компьютер посредством программы ProLink).

Импорт результатов измерений в программу осуществляется через меню *Файл: Импорт → Импорт данных*.

В окне *Импорт данных* указываются необходимые параметры:

- формат данных (зависит от типа прибора);
- тип данных ("сырые" измерения или готовые координаты);
- способ распределения.

В исходном файле могут временно содержаться данные для расчетов геодезических сетей и рас-



чета полярной съемки. Чтобы разделить их, следует выбрать один из способов:

- по станциям — пунктами сети считаются только те точки, которые в исходном файле участвуют как пункты стояния (станции). Остальные точки относятся к полярной съемке;
- по кодам — распределение происходит исходя из значений кодов точек (более подробно кодировка точек будет обсуждаться в следующих статьях).

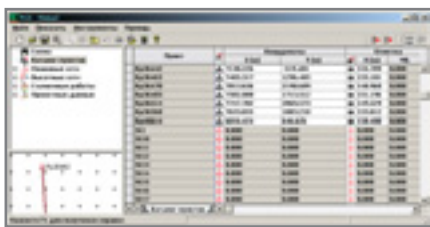
В том же окне, где определяется способ, требуется указать, какие группы измерений формируются в выходном файле (плановая сеть, высотная сеть, полярная съемка). Данные, автоматически преобразованные в формат RGD, появятся в текстовом окне и будут доступны для редактирования.



Таким образом создается файл RGD-формата, в котором по данным полевых измерений сформирована задача плановой сети и измерения распределены по станциям плановой сети.

Все данные, собранные в файле, можно редактировать, причем в любой момент и в любой последовательности — как до, так и после выполнения уравнивательных вычислений. Пользователю ничто не мешает изменять их, удалять, исключать из уравнивания, импортировать в другие задачи и файлы и т.д.

Измерения, выполненные обычным прибором (с записью в полевые журналы), можно ввести вручную.



Все пункты, задействованные в задачах, автоматически заносятся в таблицу *Каталог пунктов*. При этом тип пунктов по умолчанию назначается как "Определяемый", значения координат равны нулю. Перед началом обработки необходимо установить для соответствующих пунктов тип "Исходный" и ввести их координаты (ввод координат исходных пунктов возможен и перед вводом измерений). Пользователь может вводить координаты вручную, импортировать их из внешнего текстового файла или другого файла RGD, а также из Каталога опорных пунктов.

Каталог опорных пунктов представляет собой отдельную программу, входящую в комплект поставки RGS и предназначенную для создания и ведения банка данных опорных пунктов. Она позволяет вводить координаты (X, Y, H), тип и текстовое описание пункта, подключать графический файл абриса. Для удобства работы предусмотрена возможность выборки пунктов по различным параметрам (тип, название, описание, координаты) или их комбинации. По выборке можно создать отчетную ведомость в виде текстового файла или графическое изображение для AutoCAD.

После ввода всех исходных данных выполняется расчет приближенных координат определяемых пунктов, а затем уравнивание. Для пользователя реализация этих процедур заключается в последовательном нажатии кнопок *Расчет* и *Уравнивание*.

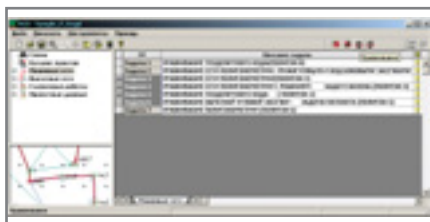
На этапе расчета программа автоматически определяет необходимые измерения и вычисляет по ним приближенные координаты. Более того, она самостоятельно, без участия пользователя находит решение всех известных методов построения геодезических сетей и привязок к исходным пунктам — в этом одна из отличительных особенностей RGS.

Сущность задачи уравнивания сводится к представлению всех измеренных величин в виде функций некоторых выбранных параметров. Уравненные значения измеренных величин вычисляются через параметрические уравнения связи. Это небольшое научное отступление приводится здесь для того, чтобы показать, какой объем работ выполняет программа...

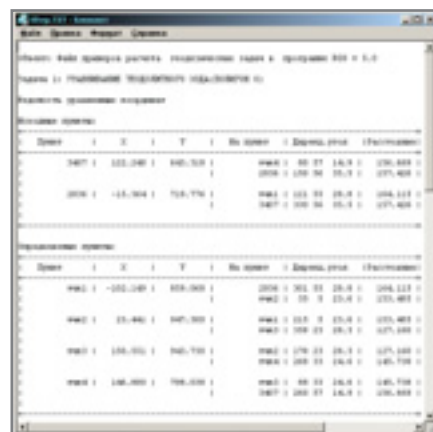
Если бы уравнивание выполнялось вручную, пользователю пришлось бы шаг за шагом выполнить следующую последовательность действий:

- определить систему измеренных величин и их весов;
- установить независимые параметры в количестве, соответствующем числу необходимых измерений;
- представить измеренные величины в виде функций выбранных параметров;
- вычислить приближенные значения параметров;
- составить уравнения поправок;
- составить нормальные уравнения для нахождения поправок к приближенным значениям координат;
- вычислить поправки к измеренным величинам и их уравненные значения;
- вычислить уравненные значения параметров и выполнить оценку точности результатов измерений и их функций.

Учитывая, что в качестве параметров при уравнивании плановых сетей принимаются координаты определяемых пунктов, объем уравнительных вычислений для сети даже с двумя определяемыми пунктами будет весьма значительным. Очевидно, что и без того увлекательный процесс ручных уравнительных вычислений приобретает характер стихийного бедствия, если на каком-то из этапов уравнивания или в самих измерениях допущены ошибки...



Программа RGS полностью автоматизирует уравнивание сети любой сложности и конфигурации. Его можно выполнять для плановой сети в целом или для отдельных задач и станций в любом сочетании. По результатам уравнивания авто-



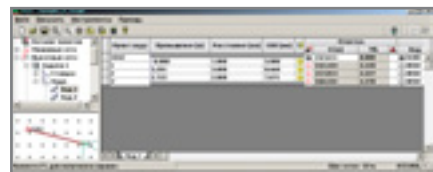
матически формируются отчетные ведомости, которые будут выведены в стандартном текстовом редакторе.

Ведомости координат пунктов и уравненных измерений позволяют оперативно оценить точность выполненных измерений и отследить грубые ошибки в измеренных величинах.

Для поиска ошибок, допущенных при измерении или при вводе данных, предусмотрен специальный инструмент.

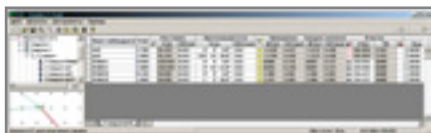
Когда ошибка при вводе исключена, а проведение повторных полевых измерений невозможно, пользователь может исключить данное измерение из уравнивания — оно отключается в таблице ввода данных.

Если полевые измерения производились электронным прибором и данные заносились в накопитель, весь процесс обработки (независимо от размеров сети и способов ее построения!) займет 5-10 минут. В десятки раз ускоряется процесс обработки и при ручном вводе данных — в этом случае основное время потребует непосредственно на ввод.



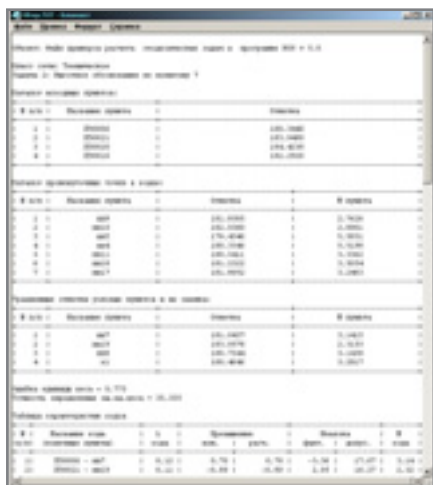


Аналогичным образом выполняется обработка результатов измерений в высотных сетях. Измеренные данные импортируются или вводятся вручную, осуществляется распределение данных по задачам высотных сетей, производится уравнивание. Возможны расчет и уравнивание сетей геометрического и тригонометрического нивелирования.



Для обработки геометрического нивелирования данные заносятся по ходам. Вводятся превышения между пунктами, расстояния (или число штативов) и значения СКО превышений.

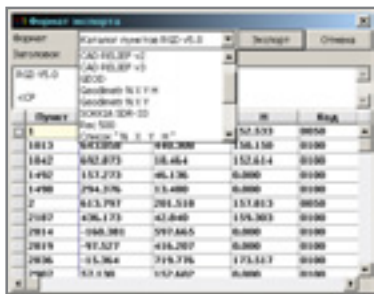
Для обработки тригонометрического нивелирования требуется ввести или импортировать следующие данные: высоту прибора, высоту наведения на точку наблюдения, расстояние до точки наблюдения, СКО измерения расстояния, вертикальный угол, СКО



измерения вертикального угла. По этим данным программа вычисляет превышения и СКО превышений. Расстояния между пунктами можно не вводить, воспользовавшись уравненными из задач плановых сетей. Если измерения между парой пунктов производились несколько раз (в прямом и обратном направлениях, на разные высоты наведения, при разных кругах),

программа автоматически находит эти измерения и выводит средние значения превышений и СКО. В дальнейшем эти значения участвуют в уравнивании.

Измеренные величины, так же как и приведенные в таблицах плановых сетей, можно в любом порядке и в любой момент удалять, изменять, исключать из задачи.



Точность измерений можно установить в окне *Параметры* или указать для отдельных измерений непосредственно в таблице ввода. Кроме того, в настройках параметров уравнивания высотных сетей предусмотрена возможность ввода поправок на кривизну земли и рефракцию атмосферы, что позволяет уравнивать высотные сети, создаваемые на значительных площадях и в высокогорных районах.

При уравнивании высотной сети автоматически распознаются хода, полигоны, узловые пункты и учитываются все геометрические условия данной сети. Значение уравненной отметки пункта автоматически заносится в каталог пунктов.

После выполнения команды *Уравнивание* автоматически генерируются и выводятся в текстовом редакторе отчетные ведомости, по которым оценивается качество измерений. Значения допустимых невязок полигонов определяются в зависимости от класса высотной сети и принятой размерности (длина/штативы).

Уравненные координаты можно экспортировать в текстовые файлы различных форматов и графические приложения — программа предлагает специальный инструмент, позволяющий настроить формат экспорта в зависимости от выбранного приложения. В текстовые файлы производится экспорт из каталога пунктов; при этом в файл могут записываться название пункта, его

порядковый номер, координаты, отметка, код. Когда выбран формат текстового файла, соответствующего вашему электронному прибору, автоматически создается файл данных, готовый для передачи на накопитель прибора.

Возможен экспорт графического изображения результатов расчета в AutoCAD, Geonics и ряд других программ. Для работы с графическими данными в среде AutoCAD предназначен модуль RGS\_PL, осуществляющий импорт графического изображения из файлов формата RGD. Модуль RGS\_PL включен в комплект поставки программы RGS. Использование этого инструмента позволяет получить изображение уравненной геодезической сети в условных знаках (при условии кодировки пунктов в RGS) и в требуемом масштабе.

Обобщая всё сказанное, рекомендуем следующий порядок обработки результатов измерений в геодезических сетях:

- Ввод данных геодезических измерений:
  - ← с накопителя прибора;
  - ← вручную;
  - ← → объединение данных по задачам.
- Ввод координат исходных пунктов:
  - ← импорт из каталога;
  - ← ввод вручную;
  - экспорт в каталог.
- Предварительный расчет.
- Уравнивание.
- Анализ ведомостей уравненных координат и оценки точности.
- Поиск ошибок (при необходимости).
- Редактирование введенных данных.
- Повторное уравнивание (при необходимости).
- Экспорт уравненных координат в различные приложения.

(Продолжение следует)

Любовь Дробышева,  
Сергей Пудов  
ПК "Румб"  
Тел.: (095) 912-0309  
E-mail: drobisheva@pisem.net  
pudov@rumbgeo.ru