

## RGS – классический и современный подход к решению геодезических задач



### Введение

Все чаще заказчики требуют от геодезических предприятий выдавать материалы в виде электронных планов. Подстраиваясь под это требование и стараясь в наименьшей степени изменять технологию геодезических работ, исполнители придерживаются следующей схемы: полевые работы ведутся традиционно, топопланы создаются с помощью тахеографов, затем бумажный план посредством дигитайзера или сканера заносится в компьютер. Понятно, что такая технология позволяет наиболее быстро освоить выпуск электронных планов, но ручная отрисовка плана, сканирование и векторизация значительно уменьшают точность положения объектов. Графические программы (например, AutoCAD) позволяют создавать объекты в реальных координатах, полученных как результат геодезических вычислений, где содержатся только ошибки полевых измерений. Векторизация планов с бумажных носителей вполне оправдывает себя при обработке старых, уже существующих планов, а для создания планов по новой съемке целесообразнее и быстрее применять технологии, позволяющие создавать план на основе компьютерной обработки по комплексу геодезических вычислений и графических работ. При

корректировке планов удобна гибридная технология, когда бумажный план векторизуется или остается в виде растрового изображения и дополняется новыми объектами на основе вычисленных координат.

Как за рубежом, так и в нашей стране создано немало геодезических программ, но, несмотря на это, российские геодезисты очень неохотно используют программные средства для обработки измерений. Дело здесь не только в отсутствии средств на приобретение компьютеров и программ. Многие геодезисты предпочитают производить расчеты на стареньком калькуляторе, что кажется им более простым, быстрым и понятным. Геодезические программы в основном создаются на базе учебных или научно-исследовательских организаций и мало связаны с практикой, а значит, разработчики только переключают формулы из учебников, не заботясь об удобстве пользования.

Программы для обработки геодезических измерений неохотно используются по нескольким причинам.

- Геодезические измерения — это большое количество числовой информации. Программы требуют вводить ее в определенном порядке, то есть упорядочивать данные перед вводом (например, выписав их на схему).

- Программы далеко не всегда позволяют исправлять ранее введенные значения, и потому, обнаружив ошибку, пользователю приходится вводить заново либо все данные, либо большую их часть.

- В геодезии существует много различных задач, требующих комплексного решения. К примеру, для плановых сетей это теодолитный ход, полигонометрия, триангуляция, снесение координат, задача Ганзена, задача Патенота... Такие задачи необходимо сначала решить по отдельным алгоритмам, а затем объединить в общий расчет. Все известные нам программы заставляют пользователя определять вид задачи, решать их отдельно и затем импортировать данные для окончательного расчета.

Зарубежные программы не вполне пригодны для российских условий по причине несоответствия норм и технологий производства работ.

Для устранения всех перечисленных проблем мы предлагаем программный продукт RGS, предназначенный для решения различных геодезических задач. Программа создана на базе предприятия, непосредственно занимающегося практической геодезией, с привлечением научных работников.

RGS позволяет выполнять:

- расчет и уравнивание плановых сетей;
- поиск ошибок измерений и ошибок, допущенных при вводе данных;
- расчет и уравнивание высотных сетей;
- обработку данных планово-высотной тахеометрической съемки;
- задачи, связанные с выносом проекта в натуру;
- обработку данных по съемке и выносу в натуру методом перпендикуляров;
- вычисление площадей участков;
- ведение каталога опорных пунктов.

## Особенности программы

Отличительная особенность программы RGS в том, что она практически не ориентирована на традиционно принятые и нормативно рекомендуемые технологии создания геодезических построений. Соответствие техническим требованиям, на наш взгляд, является самостоятельным вопросом, который в практических приложениях инженерной геодезии должен решаться на инструментальном уровне. Такой подход дает исполнителям возможность использовать любые известные способы построения геодезических сетей в любом разумно обоснованном их сочетании.

Отметим также, что RGS позволяет создавать пообъектную базу данных как по результатам полевых измерений, так и по промежуточным и окончательным результатам расчета, а следовательно, использовать эти результаты при решении различных геодезических задач без повторного ввода в качестве исходной информации.

При разработке программы авторы использовали свой многолетний опыт автоматизации обработки геодезических измерений с применением программных средств, по возможности учитывая их специфику и возникновение дополнительных обратных связей. Использование компьютеров при таком подходе дает новые возможности расширения

технологии производства полевых измерений, дополняющие традиционные методы. Это выразилось в следующем:

Нет ограничений на порядок ввода исходных данных. Их можно теперь вводить непосредственно с полевых журналов, схем и других документов, а также с легкостью налаживать получение данных с электронных накопителей полевых приборов.

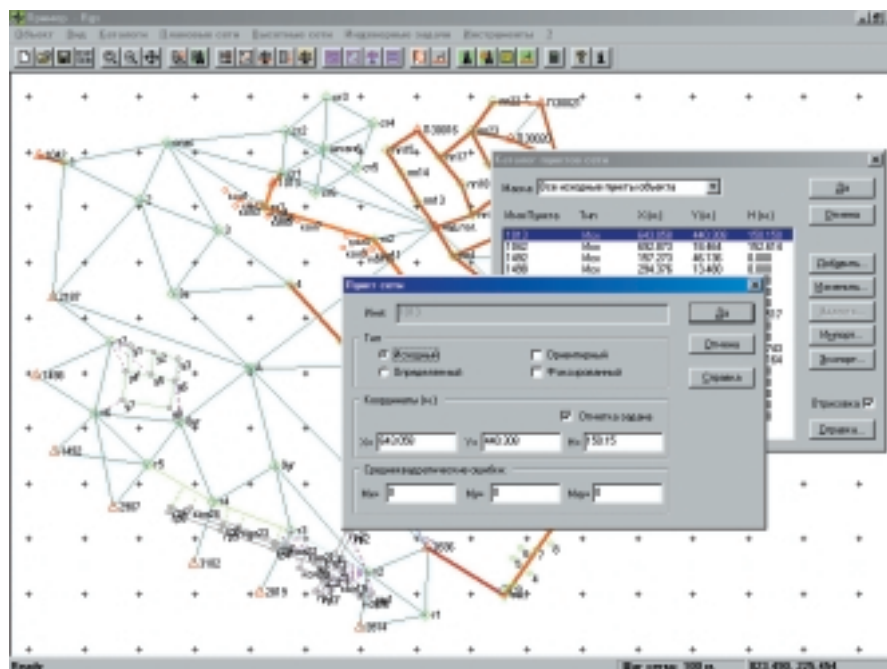
Осуществлен комплексный подход к решению различных геодезических задач. Работая над объектом, пользователь избавлен от необходимости импортировать и экспортировать данные из задачи в задачу. Все расчеты, производимые на одном объекте, могут храниться в одном файле.

Программа не требует дополнительной технологической информации, регламентирующей порядок выполнения расчета. Используемые алгоритмы по уравниванию геодезических сетей наряду с необходимой и достаточной строгостью полностью автоматизируют все этапы вычислений. Исключение составляют случаи, когда на алгоритмическом уровне невозможно однозначно отобразить топологию сети без задания специальной информации (например, трилатерация).

Поскольку программы не ориентированы на конкретные технологические методы построения геодезических сетей с учетом соотношения необходимых и избыточных измерений, у исполнителей всегда имеется возможность выполнить дополнительные измерения. Это значительно упрощает дальнейшее уравнивание сетей на компьютере, так как позволяет наиболее эффективно искать и отбраковывать ошибочные измерения при условии соблюдения достаточности соотношения необходимых и избыточных измерений. Для примера уместно рассмотреть проложение теодолитного хода или системы ходов, когда в качестве дополнительных измерений производится измерение направлений с точек хода на видимое с них высокое сооружение. Связанные с этим небольшие дополнительные трудозатраты вполне оправданы устранением риска повторных полевых измерений.

## Работа с программой

Программа имеет графический интерфейс, на котором изображаются все решаемые задачи. Для удобства пользователя предусмотрена возможность включения и отключения графического изображения отдельных задач.





## Новости

### SurvCADD

**SurvCADD** — продукт компании Carlson Software, представляющий собой приложение к AutoCAD для горнорудной промышленности: добывающих предприятий и проектных институтов.

SurvCADD построен по модульному принципу. Каждый из модулей поставляется отдельно, что позволяет оптимально и с наименьшими затратами обеспечить специалистов автоматизированными рабочими местами.

SurvCADD включает следующие модули:

#### COGO-Design

- ввод и обработка данных маркшейдерской или геодезической съемки;
- построение объектов по данным съемки;
- работа с точками проекта.

#### Contour-DTM

- построение модели рельефа;
- горизонтальная планировка участков;
- вычисление объемов земляных работ.

#### Section-Profile

- проектирование продольных профилей и сечений;
- проектирование шаблонов дорожной одежды.

#### Hydrology

- оценка гидрологической ситуации на участке;
- проектирование водосборных сооружений.

#### Mining & Advanced Mining

- обработка данных геологических изысканий с построением разрезов;
- оценка ресурсов всего месторождения и отдельных рудников;
- формирование графиков добычи для открытых карьеров и подземных рудников;
- проектирование подземных шахт;
- проектирование взрывных работ;
- проектирование открытых карьеров.

### DOZER 2000

**DOZER 2000** — совместный продукт компаний Carlson Software и LEICA.

DOZER 2000 — это основанная на технологии позиционирования GPS система контроля качества и управления дорожно-строительной техникой.

DOZER 2000 непрерывно выводит на дисплей координаты и высоту положения машины с точностью до сантиметра относительно ранее спроектированной модели рельефа.

Экран графического дисплея обновляется в реальном времени, давая оператору возможность работать быстрее и эффективнее независимо от предварительной разметки. Полная картина ситуации отображается на дисплее в кабине — выемка и насыпь, уклон, высота, расстояния, топография, ориентиры и т. д. Данные о выемке и положении выводятся в легко читаемом виде. Программа предупреждает оператора о нарушении проектных границ или выходе из зоны безопасности... Использование этой системы позволяет значительно повысить эффективность земляных работ.

Порядок работы с программой не регламентирован: пользователь сам определяет, что и в какой последовательности необходимо ввести, какая технология в каждом из случаев наиболее удобна.

Примерная последовательность работы с программой:

- создание файла объекта;
- ввод координат исходных пунктов в каталог пунктов сети;
- ввод данных, расчет и уравнивание плановых сетей;
- ввод данных, расчет и уравнивание высотных сетей;
- решение различных инженерных задач (полярная съемка, вынос в натуру и т. д.);
- вывод результатов расчета.

Пункты в программе делятся на исходные и определяемые. Уравненные координаты и/или отметки определяемых пунктов автоматически заносятся в каталог пунктов сети. В любой момент пользователь может переопределить статус пункта. При решении инженерных задач используется тот же каталог пунктов сети, при этом пункты могут быть занесены в каталог вручную или получены в результате расчетов.

Везде, где встречается понятие "название пункта", предусмотрен выбор этого названия из общего списка пунктов, что позволяет избежать ошибок при наборе.

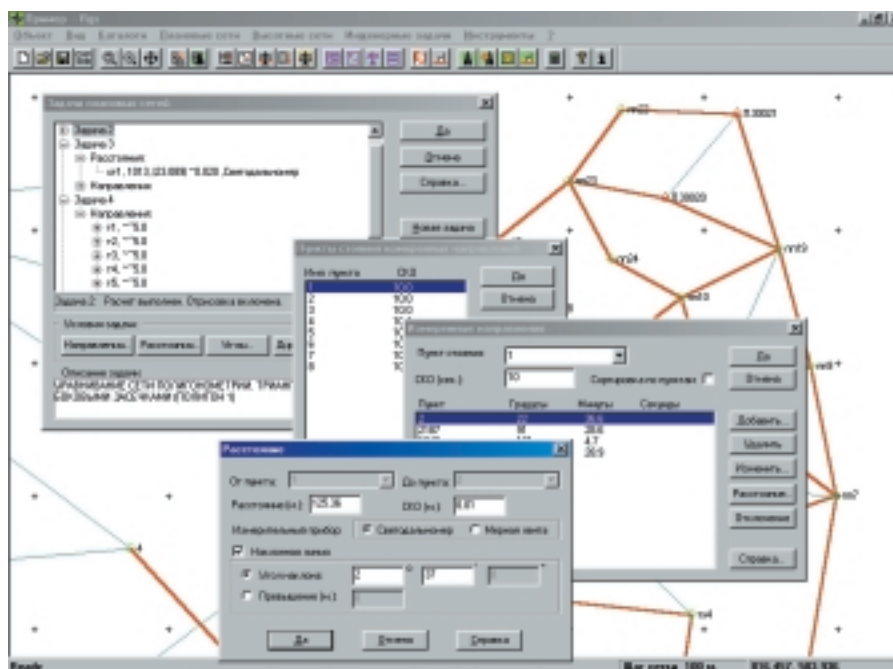
Все вводимые значения в любой момент можно изменить, удалить или дополнить новыми.

### Плановые сети

Измеренные значения, вводимые в программу для расчета и уравнивания плановых сетей, могут быть четырех видов:

- **Направления** — указываются пункт стояния, пункты наблюдения и значения направлений (отсчеты по горизонтальному кругу теодолита).
- **Горизонтальные углы** — указываются пункт стояния, пункт наблюдения назад, пункт наблюдения вперед и значение угла (правого или левого).
- **Расстояния** — указываются пункты, между которыми измерялось расстояние и его значение. Если расстояние измерялось как наклонное, то вводится угол наклона или превышение.
- **Дирекционные углы** — указываются пункты, между которыми измерялся дирекционный угол и его значение. Это предусмотрено только для ввода непосредственно измеренных дирекционных углов (например, гиротеодолитом).

Порядок ввода указанных выше данных не имеет значения, не зависит от типа построения пла-



новой сети, а также способа привязки к исходным пунктам.

Для всех измерений возможен ввод средней квадратической ошибки (СКО). СКО измерения определяется пользователем исходя из точности применяемого прибора, технологии и качества выполняемых работ. Все это делает RGS пригодной для обработки сетей, содержащих неравноточные измерения.

Все данные по сетям вводятся в отдельные задачи, разделение на которые чисто условное и определяется пользователем для удобства ввода и редактирования (например, разделение по бригадам или по времени работ). В дальнейшем эти задачи могут рассчитываться самостоятельно или объединяться для совместной обработки. Данные по задачам плановых сетей можно экспортировать и импортировать между различными файлами объектов.

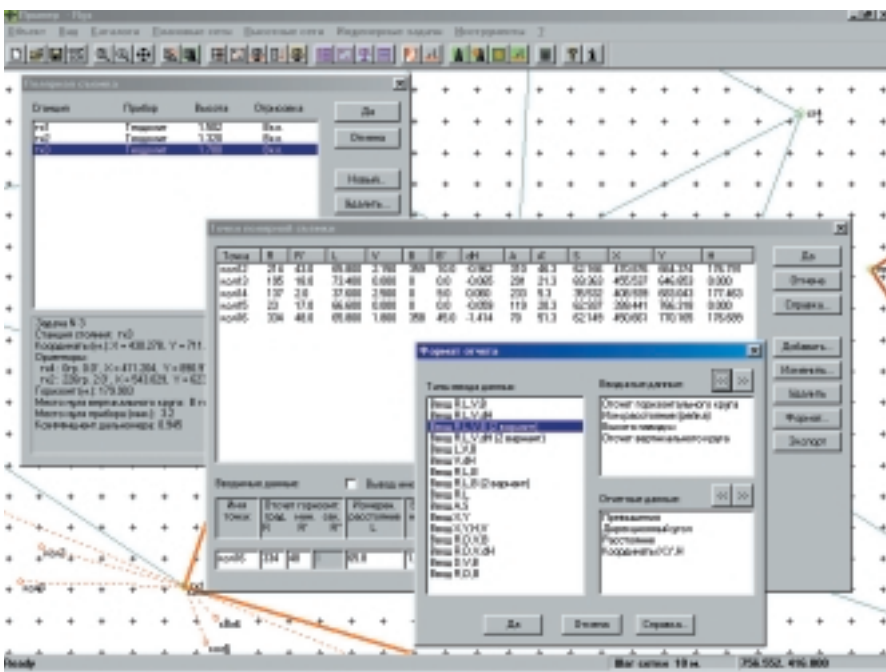
После ввода данных производится вычисление приближенных координат. Здесь программа отбрасывает все излишние измерения, а по необходимым вычисляет приближенные значения координат пунктов. При этом сама анализирует геометрию построения сети, определяет способы привязок к исходным пунктам и находит их решение. В программу

заложены все известные методы построения и способы привязок (теодолитные ходы, полигонометрия, триангуляция, прямая засечка, обратная засечка, задача Ганзена, привязки без примычных углов и т. д.). То есть, если сеть геометрически определяема, RGS без участия пользователя найдет способ ее решения.

На следующем этапе программа производит уравнивание параметрическим способом по методу наименьших квадратов с учетом всех заданных измерений и выводит результаты уравнивания в три следующие ведомости:

- *Ведомость уравненных координат* (содержит уравненные значения координат пунктов и значения дирекционных углов и расстояний по всем существующим связям для каждого пункта).
- *Ведомость оценки точности* (содержит среднеквадратические ошибки уравненных координат, среднеквадратические ошибки линейных и угловых значений по связям).
- *Ведомость уравненных измерений* (содержит измеренные значения, поправки к ним и уравненные значения).

Все геодезисты знают, как трудно и долго отыскивается ошибка, допущенная при измере-



## Tips and tricks

### AutoCAD Architectural Desktop R2 Настройка отображения окон и дверей в плане в соответствии с отечественными стандартами

Отрисовать любую стену в плане, выбрать ее и по правой клавише мышки выбрать пункт:

Entity Display -> Display Props -> System Default -> Edit Display Props -> Other.

Установить флажки в пунктах Display Endcaps, Cut Door Frames, Cut Window frames и убрать флажки из остальных пунктов.

Отрисовать любую стену в плане и вставить дверь, выбрать дверь и по правой клавише мышки выбрать пункт:

Entity Display -> Display Props -> System Default -> Edit Display Props -> отключить видимость компонента Swing.

Выбрать дверь и загрузить окно Properties раздел Open Percent, установить значение 25 (что соответствует 45 градусам).

### Autodesk расширил возможности Windows Explorer для чертежей AutoCAD

Бесплатная программа Autodesk Drawing Explorer, а точнее даже элемент управления ActiveX, расширяет возможности Windows Explorer. При выборе файла DWG или DWF в папке с включенным элементом управления Drawing Explorer возможен предварительный просмотр файла и доступна информация о нем. Если установлен Volo View Express, можно также панорамировать и зумировать изображение, включать и выключать слои, добавлять пометки.

Drawing Explorer работает с Microsoft Internet Explorer 4.01 и выше, разработан для Windows 98/2000. Скачать файл (172 КБайт) можно по адресу:

[http://pointa04.autodesk.com/portal/product/explorer/explorer\\_intro.asp](http://pointa04.autodesk.com/portal/product/explorer/explorer_intro.asp)

### Уроки ON-LINE для Architectural Desktop, AutoCAD:

<http://www.archidigm.com/>

### Коды программ AutoLISP, VisualLISP и Visual Basic на WEB

Интересный сайт для любителей программирования под AutoCAD:

<http://www2.stonemedia.com/franko>

### Сравнение чертежей в AutoCAD R14

Выделение различий между чертежами. Программа работает только под AutoCAD R14.

Вся информация по применению: <http://www.furix.com>.



нии или вводе данных. В RGS реализован алгоритм, позволяющий быстро и с большой долей вероятности найти ошибочные измерения.

В версии RGSPPro дополнительно к уравниванию плановых сетей классическим параметрическим способом реализовано уравнивание рекуррентным способом по алгоритму заслуженного деятеля науки, профессора, доктора технических наук Ю. И. Маркузе, принимавшего непосредственное участие в разработке. Новый метод позволяет уравнивать сети с учетом ошибок исходных пунктов. Для этого при задании координат исходных пунктов дополнительно задаются среднеквадратические ошибки положения и коэффициент корреляции. При уравнивании программа анализирует точность построения сети, и, если точность измерений выше заданной точности исходных пунктов, координаты этих пунктов уточняются. Такой метод целесообразен при уравнивании государственных геодезических сетей и сетей повышенной точности.

## Высотные сети

Высотные сети в программе RGS, так же, как и плановые, уравниваются параметрическим способом по методу наименьших квадратов. Ввод данных может производиться двумя способами:

- *Ввод геометрического нивелирования по ходам* — задаются парные цепочки пунктов, составляющие ходы и превышения между ними.
- *Ввод геометрического и тригонометрического нивелирования в произвольном порядке* — задаются отдельные пары пунктов и превышения или тригонометрические измерения между этими парами. Программа сама анализирует связи и автоматически формирует ходы.

Предусмотрена возможность уравнивания сетей, состоящих из ходов с различной точностью измерения превышений. Для полигонов определяются допустимые невязки в зависимости от класса точности.

Так же, как и в плановых сетях, допускается создание неограниченного числа отдельных задач, которые в дальнейшем могут быть объединены.

## Планово-высотная съемка

Для обработки данных планово-высотной съемки в программе предусмотрены все возможные варианты ввода, что позволяет использовать RGS для всего многообразия приборов и видов съемочных работ.

Пункты стояния и ориентирования определяются выбором из списка пунктов сети. Так же для пункта стояния определяется тип прибора, высота инструмента (или горизонт инструмента), место нуля прибора, коэффициент дальномера и положение нуля вертикального круга. Допускается задавать несколько ориентирных направлений, что позволяет осуществлять контроль ориентирования.

При вводе данных по топографической съемке точек предусмотрены все возможные комбинации входных и выходных значений, при этом порядок ввода информации определяет пользователь, то есть поля ввода данных можно установить в том же порядке, что и в полевом журнале.

В RGS имеется также инструмент для обработки плановой

съемки методом перпендикуляров. В программе задается базисная линия (два пункта плановой сети) и вводятся расстояния вдоль базисной линии и по перпендикуляру к ней.

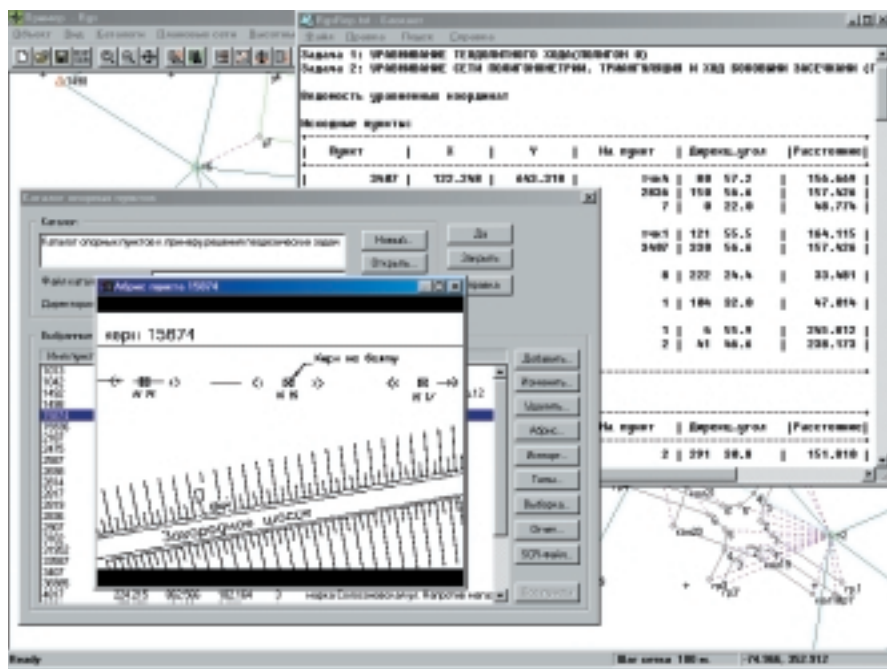
## Вынос в натуру

Задачи, связанные с выносом в натуру, решаются очень просто. В основном это связано с определением дирекционного угла и расстояния между точками (обратная геодезическая задача). Но при больших объемах работ преимущества автоматизации и систематизации процесса вычислений очевидны.

Для этого в программе RGS предусмотрен каталог точек проекта. Данные в каталог могут заноситься вручную, импортироваться из текстового файла или каталога пунктов сети и точек полярной съемки. Для пользователей AutoCAD имеется LISP-программа (поставляется вместе с RGS), позволяющая производить сколку координат точек с векторного или растрового плана и создавать необходимый для RGS текстовый файл.

Точки проекта можно использовать в следующих задачах:

- Составление трассы, в которой по цепочке будут подсчитаны дирекционные углы, расстоя-



ния. По нарастающей автоматически вычисляется пикетаж.

- Вычисление выносных элементов — дирекционного угла и расстояния с пункта плановой сети на точку проекта. В программе есть инструмент, позволяющий автоматически подбирать ближайшие к точкам проекта пункты плановой сети. При задании пункта ориентирования дополнительно будут вычисляться углы от направления на этот пункт.
- Вычисление элементов для выноса в натуру методом перпендикуляров. Двумя пунктами плановой сети определяется базисная линия и вычисляются расстояния до точки проекта вдоль базисной линии и по перпендикуляру к ней.
- Вычисление площади участка по координатам его вершин. Существует возможность вывода отчетных данных с указанием дирекционных углов сторон многоугольника или их румбов.

## Импорт и экспорт данных

Для импорта данных полевых измерений из текстовых файлов был разработан специальный формат, который легко читается и преобразуется из любого другого формата. Этот же формат используется при импорте данных с электронных накопителей геодезических приборов. Сначала программа конвертирует данные из файла прибора в файл специального формата, а затем импортирует этот файл для расчета. По такой методике легко настроить импорт данных с любых текстовых файлов, содержащих полевые измерения.

Результаты расчетов можно вывести:

- в текстовый файл — как ведомость, содержащую полный перечень вводимых и вычисленных значений;
- в текстовый файл, содержащий только названия пунктов (X, Y, H);
- в пакетный файл SCR для вывода графического изображения в AutoCAD;
- в файл DXF для вывода графического изображения в

AutoCAD или другую графическую программу;

- в программы Planicad или CadRelief (приложение к AutoCAD, разработчик Geo+Cad).

Инструмент для создания выходящих ведомостей имеется в каждой задаче.

Файл, содержащий названия X, Y, H, может использоваться многими приложениями.

Для экспорта графического изображения используются форматы SCR и DXF. Файлы SCR — это пакетные файлы AutoCAD; работать с ними удобно, поскольку они позволяют предварительно настроить среду AutoCAD. Файлы DXF читаются многими графическими приложениями, и скорость вывода у них выше, чем у SCR. При создании файла графического изображения программа экспортирует только те задачи, в которые включена отрисовка. Есть инструмент, позволяющий выбрать элементы графического изображения по типам и задачам. Графическое изображение в AutoCAD получается в реальных координатах, размер текста и условных знаков зависит от указанного в RGS масштаба, все элементы автоматически сортируются по различным слоям.

Программа может также вывести файл для экспорта координат точек и отметок в CadRelief.

## Каталог опорных пунктов

В комплекте поставки RGS дополнительно к основной программе предоставляется программа для создания и ведения каталога опорных пунктов. В каталог заносится название пункта, координаты X и Y, отметка, тип и текстовое описание пункта. К каждому пункту можно подключить файл графического изображения абриса в формате PCX. Типы пунктов определяет сам пользователь. Количество пунктов в каталоге не ограничено и зависит лишь от мощности компьютера.

Пункты из каталога можно выбирать по следующим параметрам: тип пункта; название пункта (или фрагмент названия); пункты, ближайшие к указанным координатам; пункты, находящиеся в указанной

области; текстовое описание пункта (или фрагмент описания). При одновременном указании нескольких параметров будут выбраны все удовлетворяющие этим параметрам пункты.

По выбранным пунктам можно составить отчетную ведомость или создать файл графического изображения (SCR) для AutoCAD. Предусмотрен инструмент для импорта данных в каталог из текстового файла.

Программа для работы с каталогом может запускаться из основной программы RGS, что позволяет импортировать данные для расчетов и избежать ошибок при ручном вводе.

## Заключение

RGS одинаково удобна как для решения маленьких, каждодневных задач так и для больших, сложных расчетов. Она является самостоятельной программой для расчетной части геодезических работ, однако для создания чертежей, схем и планов необходимы графические приложения. У нас сложилась определенная технологическая линия:

- RGS — расчетная часть геодезических задач.
- AutoCAD — базовая среда для обработки графической части.
- RasterDesk — растровый редактор, предназначенный для работы в среде AutoCAD. Необходим для обработки созданных на бумаге планов и карт.
- Topocad — библиотека условных знаков в среде AutoCAD.
- CadRelief — работа с 3D моделью местности в среде AutoCAD. Необходимо для отрисовки горизонталей, подсчета объемов земляных масс и т. д.

В зависимости от сферы применения пользователь сам выстраивает технологическую линию программных средств, при этом RGS можно с успехом применять в любой области, где встречаются геодезические расчеты.

*А. С. Сафонов,  
С. В. Пудов  
ПК "РУМБ", Москва  
Тел.: (095) 951-3586  
E-mail: rainman@ropnet.ru*