

# Трехмерная геоподоснова –

## что же это значит?

или

## Очень серьезный разговор о трехмерной поверхности

### А где нам взять такую съемку?..

Крупные организации, имеющие в своем составе изыскательские подразделения, на этот вопрос уже ответили: они используют сквозные технологические линии на основе комплексных систем проектирования (такие системы созданы для наиболее популярных в нашей стране графических сред: AutoCAD, ArchiCAD, MicroStation и т.д.). Кроме того, существует ряд программ, автоматизирующих отдельные этапы проектно-изыскательских работ. Поскольку эти программы стыкуются друг с другом, технологические линии можно собирать и из них. Несколько сложнее дело обстоит при необходимости использовать цифровую модель, созданную сторонней организацией в другой графической среде: из-за различных ограничений экспорта/импорта далеко не всегда удастся должным образом конвертировать пространственную информацию.

Присылают, например, в Москву топосъемку из Санкт-Петербурга, а она не открывается, хотя исполнители клянутся, что все сделано в AutoCAD. Начинаем разбираться (фирма "АвтоГраф" является системным центром и нам проще, чем заказчику, понять, что здесь к чему). В итоге выясняется, что съемка выполнена в Credo, отредактирована в AutoCAD, а после еще и дополнена в программе Softdesk...

Сегодня 80% проектировщиков работают в AutoCAD и прикладных программах к этому графическому редактору, а съемку субподрядные

О семинарах, организуемых фирмой "АвтоГраф", я рассказывала на страницах журнала уже не раз. На каждой такой встрече пользователи представляют свои проекты, рассказывают о работе — и ищут пути решения самых непростых проблем.

Не стал исключением и семинар, состоявшийся совсем недавно: шел очень серьезный разговор о трехмерной поверхности. Поскольку проектными организациями сейчас широко внедряется САПР (в части изысканий, генплана и проектирования дорог) естественно возникает проблема создания и внедрения цифровой модели местности (ЦММ)...

организации представляют кто в чем только может.

Как работать?!

Проектировщики и планировщики готовы выпускать чертежи в электронном виде, а стыковки со съемкой порой нет...

Что делать?

Мой сегодняшний собеседник — кандидат технических наук, сотрудник ГУП "Мосгоргеотрест" **Дмитрий Евгеньевич Осипов**. Напомню, что почти все проектные институты Москвы получают съемку именно из этой организации.

Мы постарались изложить свое видение проблемы — отправную точку дискуссии, результатом которой хотелось бы видеть решение, приемлемое как для изыскателей, так и для проектировщиков.

### Хоть горшком назови...

*Дмитрий, мы кратко обрисовали проблему. Понятно, что решать ее*

*можно по-разному — но с чего бы начали вы?*

Прежде всего нужно определиться с терминологией. Наиболее часто употребляемый в техническом сленге термин "геоподоснова" не является стандартизованным, поэтому понимать под ним можно что угодно. Особенно если добавить слово "трехмерная".

На представление о геоподоснове серьезно повлияли великолепные презентации программ, где демонстрируются фотореалистичные изображения проектируемых объектов на фоне столь же реалистичных изображений объектов местности. Естественно, у проектировщика возникает желание получить в таком же виде и свой проект — тем более если он слышит о современных методах геодезических съемок (цифровая фотограмметрия, лазерное сканирование), предоставляющих такие возможности. И если на построенном в PLATEIA профи-

ле дороги не окажется деревьев, столбов, домов с окошками и других существующих на местности предметов — вполне реальны претензии как геодезисту, так и поставщику или разработчику программы.

Отсутствие нормативных требований к цифровым моделям, а также различные представления об их содержании, подробности и точности серьезно осложняют отношения между изготовителями и потребителями этой продукции — отсюда и взаимное непонимание.

*Но существуют же нормативные документы...*

Действующие СНиП<sup>1</sup> в качестве результата инженерно-геодезических работ предусматривают выпуск "инженерно-топографических и кадастровых планов, а также планов сетей подземных сооружений и профилей" (для проектируемых трасс). В них приводятся рекомендуемые определения терминов "план инженерно-топографический" и "план подземных (или) надземных инженерных коммуникаций". Более подробно требования к этим документам изложены в СП<sup>2</sup>, где используются термины и определения ГОСТ 21268-76 и ГОСТ 21667-76<sup>3</sup>. Под термином "план (топографический)" эти ГОСТы понимают "картографическое изображение на плоскости (курсив в цитатах здесь и далее мой. — В. Ч.) в ортогональной проекции в крупном масштабе ограниченного участка местности, в пределах которого кривизна уровенной поверхности не учитывается", а под термином "профиль (местности)" — "проекцию следа сечения местности вертикальной плоскостью, проходящую через две точки на эту плоскость". Трехмерные модели в этих документах не упоминаются, а под цифровыми планами можно понимать как векторное, так и растровое представле-

ние. В принятом много позже межгосударственном стандарте<sup>4</sup> устанавливается термин "трехмерная электронная модель местности", который определяется как "наглядная и измеримая модель местности, построенная на экране средствами отображения информации в трехмерной системе координат в соответствии с заданными условиями наблюдения". Фактически речь здесь идет об электронном варианте макета местности.

Более актуальные и конкретные сведения можно почерпнуть в изданном ГИС-ассоциацией толковом словаре<sup>5</sup>. Термин "цифровая модель рельефа" словарь трактует как "средство цифрового представления трехмерных пространственных объектов

Мы постарались изложить свое видение проблемы — отправную точку дискуссии, результатом которой хотелось бы видеть решение, приемлемое как для изыскателей, так и для проектировщиков.

в виде трехмерных данных как совокупности высот или отметок глубин и иных значений аппликат в узлах регулярной сети с образованием матрицы высот, нерегулярной треугольной сети (TIN) или как совокупность записей горизонталей или иных изолиний". Под "пространственным объектом" предложено понимать "цифровое представление объекта реальности". При этом *поверхности* и *тела* отнесены к трехмерным или объемным объектам. Соответственно "поверхность" — это "трехмерный объект, определяемый не только плановыми координатами, но и аппликацией Z, то есть тройкой,

триплетом координат; оболочка тела", а "тело" — "объемный пространственный объект", причем "растровые трехмерные представления тел основаны на конструкциях, известных под наименованием вокселей, а векторные — на трехмерных расширениях модели TIN". При описании термина "трехмерная графика" отмечается, что в ней "используются специальные модели для описания графических объектов, которые принято подразделять на описание объекта поверхностями (surface), сплошными телами (solid) и типа проволоочной сетки: каркасное изображение (wireframe image), состоящее только из черно-белых элементов отрезков прямых линий, выводимых без использования тонирования и эффектов размытия".

Самая полная и подробная информация о картографической продукции должна содержаться в нормативно-технических и методических актах предприятий, выпускающих эту продукцию. Например, ГУП "Мосгоргеотрест" выпускает "Электронный топографический план масштаба 1:500 с подземными коммуникациями и красными линиями", требования к которому прописаны в стандарте предприятия СТП 1.31-99. Согласно этому документу электронные планы формируются в виде *двумерной векторной модели* в среде MicroStation с возможностью экспорта в форматы DWG или DXF. При этом они соответствуют нормам, зафиксированным в "Условных знаках для топографических планов масштаба 1:500"<sup>6</sup>.

Основываясь на терминах, установленных СНиП 11-02-96 и ГОСТ 28441-99, можно предложить следующее толкование трехмерной геоподосновы: "комбинация инженерно-топографического плана (ИТП) с трехмерной цифровой моделью местности (ЦММ)". Вместе с тем понятие ЦММ представляется целе-

<sup>1</sup> СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства.

<sup>2</sup> СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства (Госстрой России). — М., 1997.

<sup>3</sup> ГОСТ 21268-76 Геодезия. Термины и определения (Государственный комитет СССР по стандартам). — М., 1980.

ГОСТ 21667-76 Картография. Термины и определения (Государственный комитет СССР по стандартам). — М., 1988.

<sup>4</sup> ГОСТ 28441-99 Картография цифровая. Термины и определения (Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации). — Минск, 2000.

<sup>5</sup> Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов. — М.: ГИС-ассоциация, 1999.

<sup>6</sup> Условные знаки для топографических планов масштаба 1:500 (правила начертания) (ГУГК при СМ СССР). — М., 1978.

сообразным разделить на две составляющие — трехмерную цифровую модель рельефа (ЦМР) и трехмерную цифровую модель объектов местности (ЦМОМ), поскольку далеко не всегда ЦММ требуется в полном объеме. Далее при использовании аббревиатур ЦММ, ЦМР и ЦМОМ мы будем подразумевать трехмерное представление информации...

### Без бумажки мы букашки

Как уже сказано, действующие нормативные документы, касающиеся инженерно-геодезических изыс-

*Говорят, что электронная съемка намного дороже, чем съемка в бумажном виде...*

Для расчета стоимости инженерно-геодезических изысканий, выполняемых согласно СНиП 11-02-96 и СП 11-104-97, Госстроем утвержден сборник цен<sup>7</sup>, в котором расценки на создание трехмерных ЦММ, разумеется, отсутствуют. Предусмотрен лишь коэффициент 1,75 "к ценам на камеральные работы при составлении инженерно-топографических планов в цифровом виде для использования в автоматизирован-

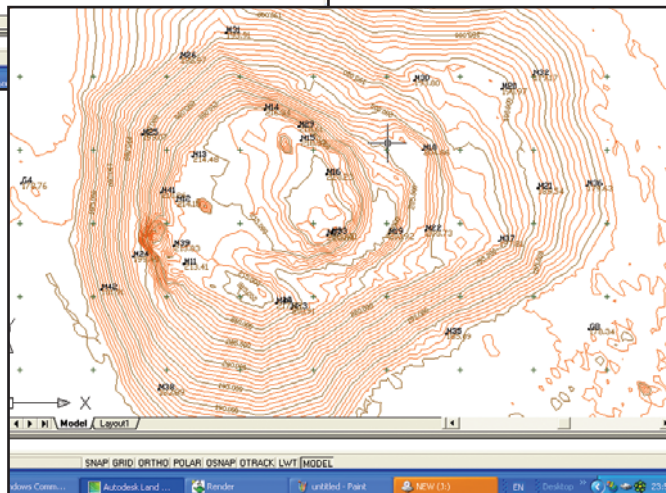
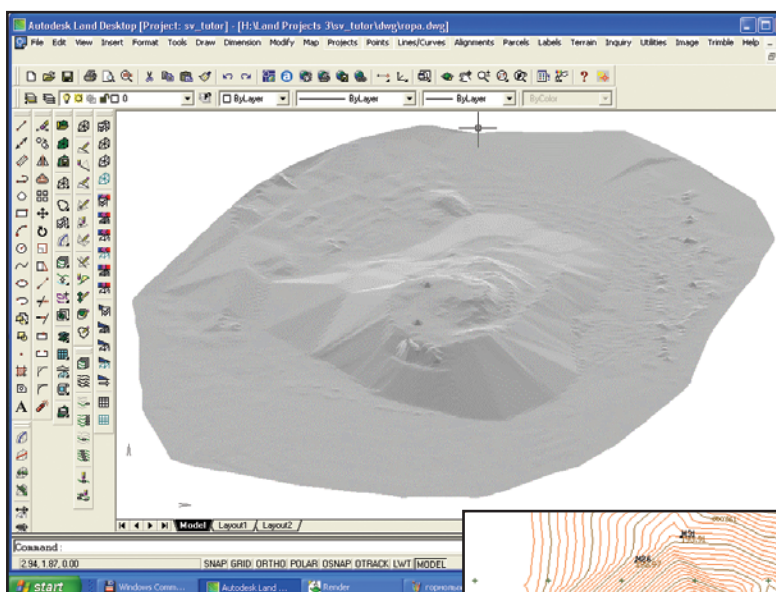
### Что нам стоит дом построить...

Трехмерная ЦММ, построенная по материалам изысканий, выполненных в соответствии с требованиями СНиП 11-02-96 и СП 11-104-97, может не устроить проектировщиков из-за недостаточной густоты высотных точек:

- рельеф местности на застроенных и спланированных территориях городов, промышленных и агропромышленных предприятий, железнодорожных станций характеризуется только высотами;
- на каждом квадратном дециметре плана должно быть не менее пяти высот характерных точек местности (то есть для масштаба 1:500 — примерно через 20 м);
- на улицах (проездах) поперечные профили должны измеряться через 40 м, а также в местах перегиба рельефа и по осям пересекающихся улиц (проездов). При этом должны быть определены высоты у фасадной линии, бордюра тротуара (бордюрного камня), оси улицы (проезда), бордюры и дно кюветов, а также других характерных точек рельефа. Расстояние между точками на профилях не должны превышать 20 м...

а за дополнительные точки исполнитель вправе потребовать дополнительную оплату.

Кроме того, для построения пространственных объектов (зданий, инженерных коммуникаций и т.д.) требуется знание аппликаты каждой точки (вершины) объекта, а это на-



каний, не устанавливают каких-либо требований к трехмерным ЦММ. Значит, эти требования должны формулироваться в техническом задании на выполнение инженерно-геодезических изысканий.

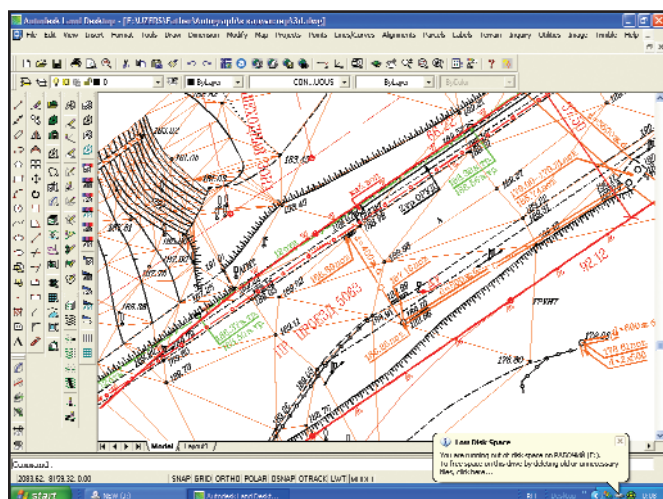
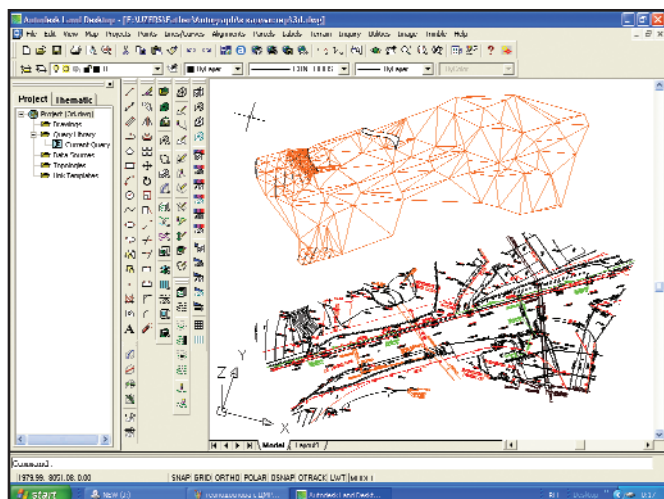
Инженерно-топографический план, выпускаемый изыскательской организацией, заверяется подписями исполнителей и печатью. Он является юридическим документом. А вот его электронная копия, которая собственно и используется для автоматизированного проектирования, силы документа не имеет. При согласовании проекта может потребоваться экспертиза подлинности ИТП, на котором выполнен проект. Недавно узаконенная электронная подпись широкого применения в этой области пока не нашла.

ных системах проектирования". Под "цифровым видом" можно понимать как растровое, так и векторное представление информации, как двумерное, так и трехмерное. Естественно, у заказчика и исполнителя взгляды на характер, а также результаты работ могут и не совпасть.

кладывает ограничения на технологию съемки (методы плановой съемки здесь неприменимы) и использование материалов инженерных изысканий прошлых лет. Да и создавать трехмерные объекты несколько сложнее, чем рисовать линии на плоскости.

<sup>7</sup> Справочник укрупненных базовых цен на инженерно-геодезические изыскания для строительства (Госстрой России). — М., 1997.





Если добавить к сказанному увеличение накладных расходов, вызванное необходимостью приобрести и освоить соответствующее компьютерное оборудование и программное обеспечение, то станет очевидным вывод: стоимость ЦММ в сравнении со стоимостью изготовления стандартного инженерно-топографического плана с неизбежностью оказывается намного выше. Как показывает практика, связанное с этим перераспределение средств между проектными и изыскательскими подразделениями не всегда проходит гладко даже в рамках одной организации. А уж передать часть "своих" проектных денег другой изыскательской организации (не имея, как правило, возможности точно рассчитать выгоду от использования ЦММ) по силам далеко не каждому руководителю-проектировщику. Отчасти именно этим объясняются жалобы на невозможность получения "трехмерной геоподосновы" и одновременно — нежелание платить.

Создание ЦММ, конечно, требует большего времени на выполнение изысканий, но ее использование призвано сократить время проектирования, а в итоге и общее время проектно-изыскательских работ.

При существующем командном подходе к рыночной экономике сроки инженерных изысканий и проектирования устанавливаются директивно — и зачастую не укладываются ни в какие технологические нормы. Легко понять реакцию проектировщиков, когда им предлагают эти самые сроки сократить еще

больше. У изыскателей в свою очередь сроки тоже напряженные, и перспектива выполнения дополнительных работ не вызывает энтузиазма. Часть таких работ нередко приходится передавать на субподряд, а это тоже требует дополнительного времени. В общем, ситуация та же, что и с деньгами. Плюс законное нежелание быть крайним.

*Так что же посоветовать пользователям?*

**Менять DGN на DWG!**

Когда цифровая картографическая продукция передается между организациями, использующими различные программные продукты, неизбежно возникает проблема согласования форматов представления данных и конвертирования из одного формата в другой. При этом нередко происходит дробление сложных типов линий на составляющие их элементы, поверхностей TIN — на треугольники. Плюс к тому — искажение надписей, появление "фантомов", потеря или искажение информации. В некоторых случаях необходима разработка специальных конвертеров (если они отсутствуют в стандартной поставке ПО). Все перечисленное особенно ощутимо при обмене информацией на "высоком" уровне, когда передается не только графика (графические примитивы), но и дополнительная информация, формируемая специальными приложениями, к которым относятся и программы для создания ЦМР. Такие программы, как правило, хранят информацию о поверхностях

в отдельных файлах, а для их визуализации или генерируют "временное" (исчезающее при перерисовке) изображение или формируют изображение из доступных графических примитивов. Соответственно при обмене можно конвертировать как файлы поверхностей, так и примитивы, формирующие поверхность в графическом файле, однако в последнем случае проектировщикам приходится вновь создавать файл поверхности по ее графическому представлению. В некоторых случаях оказывается выгоднее обмениваться информацией на "низком" уровне, то есть текстовыми файлами, содержащими триплеты координат точек, формирующих поверхность: практически любая программа для создания ЦМР "понимает" такие исходные данные. Но по одним и тем же точкам можно построить разные поверхности TIN, поскольку положение ребер треугольников не всегда определяется однозначно. В этом случае может помочь графическое отображение поверхности (в том числе и горизонталями), сформированное изыскателями и переданное вместе с текстовым файлом.

*Покупатель (заказчик) всегда прав. Заплатив деньги, он рассчитывает получить за них продукт, удовлетворяющий его требованиям. Вот только требования эти заказчик должен сформулировать заранее. Вы согласны?*

Конечно! Первое известное мне обращение в "Мосгоргеотрест" по поводу ЦММ пришлось на начало

1999 года: к нам обратился постоянный и очень крупный заказчик. Состоялось рабочее научно-техническое совещание с участием генерального дистрибьютора Bentley Systems в России, на котором обеим организациям были выданы временные лицензии на модули геодезии и проектирования инженерных сооружений: для изучения возможности организовать сквозной цикл (изыскания — проектирование). На тот момент никаких требований к ЦММ заказчик сформулировать не смог. В следующий раз он обратился к нам с той же проблемой в конце 2001-го, уже работая на программных продуктах Autodesk. Вновь было проведено совещание, на котором вместе с заказчиком были определены (а на другой день переданы ему) материалы, необходимые для построения ЦМР по одному из ранее выполненных заказов.

В крупной изыскательской организации работа строится по принципу конвейера: только так при сохранении государственных расценок можно обеспечить выполнение значительных объемов работ. Технологическая цепочка жестко регламентирована внешними и внутренними нормативными актами. Шаг в сторону, введение нового звена вызывают сбой в работе. "Нестандартные" заказы есть смысл выполнять только при достаточно больших объемах и соответствующих сроках, которые позволяют внедрить необходимую технологию.

Так, еще в 1998 году были созданы трехмерная ЦМР масштаба 1:2000, охватывающая всю Москву, и ряд других цифровых картографических материалов.

Другим стимулом к выпуску новой продукции может быть достаточно массовый спрос на нее, чего в отношении цифровых моделей местности пока не наблюдается. Более половины объема работ по ИТП заказывается в "Мосгоргеотресте" на кальке (без дискеты), а с выпускаемыми по электронной технологии цифровыми копиями ИТП немалая часть заказчиков просто не знает, что делать. От дискет отказываются, их выбрасывают или пытаются открывать файлы с помощью первой попавшейся программы — например, MS Word...

### Если гора не идет к Магомету...

Вместе с тем есть и "продвинутые" проектировщики, которым ЦММ действительно необходима. Некоторые из них строят модель самостоятельно по двумерному ИТП, другие используют передаваемые вместе с ИТП текстовые файлы с триплетами координат, третьи организуют дополнительные изыскания, а четвертые ждут — и жалуются на невозможность получить трехмерную модель от изыскателей.

*Что же делать проектным предприятиям, которые могут и хотят работать на трехмерной поверхности?*

Учитывая все упомянутые в нашем разговоре проблемы, можно предложить поэтапное обеспечение проектировщиков трехмерными ЦММ. Поскольку для построения профилей и планирования земляных работ требуется в первую очередь ЦМР, целесообразно выделить ее как отдельный продукт, который изыскатели передают заказчику вместе с ИТП.

Требования к ЦМР должны быть определены заказчиком в техническом задании. Например, таким:

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на создание цифровой модели рельефа масштаба 1:500

1. Цифровая модель рельефа (ЦМР) предназначена для выполнения расчетов при автоматизированном проектировании, а именно:
  - построения картограмм и расчета объемов земляных работ;
  - построения продольных и поперечных профилей.
2. Под ЦМР (DTM) понимается цифровое представление модели земной поверхности в виде комбинации трехмерной многогранной поверхности с высотными отметками (координаты Z) в узлах нерегулярной треугольной сети (TIN) и горизонталей (за исключением искусственных образований рельефа, изрытых участков и участков плотной застройки), а также береговых линий с отметками урезов воды.
3. Каждая грань (треугольник) TIN формируется в виде замкнутой трехмерной полилинии (SHAPE).

4. Горизонталы формируются в виде замкнутых или незамкнутых полилиний (LINE STRING) с соответствующими отметками вершин.
5. TIN формируется по высотным отметкам пикетов, горизонталей и береговых линий. Отметки люков колодцев подземных коммуникаций, головки рельсов, верх труб на дорогах, полов в капитальных зданиях, знаков ГГС и других объектов, не относящихся к рельефу, не используются.
6. Подробность ЦМР определяется требованиями к густоте высотных отметок, устанавливаемыми СП 11-104-97.
7. Границы ЦМР определяются крайними (ближайшими от границ заказа) пикетами или горизонталями.
8. На акватории водоемов ЦМР не формируется. Границей водоемов считается береговая линия, которая принимается за горизонталь с отметкой уреза воды. При наличии на одном водоеме перепадов высот между отметками уреза воды более 1/3 высоты сечения рельефа (то есть 0,17 м) акватория разбивается на части.
9. ЦМР передается заказчику в виде единого на всю территорию заказа отдельного графического файла (DGN или DWG/DXF) в той же системе плановых координат, что и файлы инженерно-топографического плана. Дополнительно передаются координаты X, Y, Z точек ЦМР в виде текстового файла.

Если проектировщику позарез нужны трехмерные трубы канализации, деревья, дома с архитектурными деталями, то аналогичным образом следует оформить техническое задание на ЦММ.

Вот и решение вопроса: надо просто направить правильно составленное техническое задание в соответствующую организацию.

**Валентина Чешева,**  
начальник отдела систем  
автоматизации градостроения  
фирмы "АвтоГраф"  
Тел.: (095) 726-5466,  
256-7145, 256-6691  
E-mail: vch@autograph.ru