

# Оптимальное решение для реальной работы

## ЗАО "ТРАНСПРОЕКТ": ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ в Autodesk Land Desktop, Autodesk Survey и Autodesk Civil Design

### Как всё начиналось...

Основное направление работы ЗАО "Транспроект" — проектирование автодорог всех технических категорий, аэродромов, объектов промышленного и гражданского назначения.

Еще в конце прошлого века нам стало ясно, что без применения современных программных средств невозможно достичь высокой производительности и точности проектных работ.

После тщательного анализа рынка программного обеспечения для решения задач изысканий, построения трехмерной модели рельефа, проектирования площадных (генпланов) и линейных (автодорог всех технических категорий) объектов наше внимание привлекла разработка компании Softdesk — Civil/Survey, приложение к AutoCAD Map. После того как компания-разработчик выпустила версии S7.5 и S8 этого программного продукта, она вошла в состав Autodesk — однако работа в выбранном перспективном направлении продолжалась. На базе Civil/Survey S8 была создана линейка программ для автоматизации проектирования в гражданском строительстве — Autodesk Land Desktop + Autodesk Civil Design + Autodesk Survey, — позволяющая эффективно решать задачи в области картографии, обработки топогеодезических изысканий, проектирования автодорог, генплана.

Autodesk Land Desktop обеспечивает возможность работы с единой базой данных в единой информационной среде. Проектировщики без проблем обмениваются графической информацией и имеют доступ к цифровым данным объекта даже при отсутствии графического отображе-

ния. Это позволяет специалистам разных подразделений в рамках одного проекта решать широкий спектр задач.

Применение линейки Autodesk Land Desktop + Autodesk Civil Design + Autodesk Survey обеспечивает возможность качественного проектирования с минимальным влиянием человеческого фактора на всех этапах: от изыскательских работ до выноса в натуру проектных решений. Все проектные составляющие — точки цифровой модели рельефа, элементы плановой кривой, продольного профиля, поперечных сечений, вычисленные объемы земляных работ и т.д. — можно представить в текстовом формате.

Продукт динамично развивается, повышается эффективность его работы, появляются новые возможности.

### Что из этого получилось...

Освоение продукта давалось с трудом. Обладая небольшим (как оказалось впоследствии) опытом работы в AutoCAD, надо было ломать сложившиеся стереотипы в подходе к проектированию объектов.

К графике добавились цифровые базы данных, позволяющие работать более эффективно. Каждой дороге соответствует свой проект с принадлежащей только ей базой точек, поверхностей и осевых. Кроме того, появилась масса инструментов, необходимых при проектировании автодорог и генплана. А модуль построения цифровой модели рельефа — один из самых мощных среди представленных на современном рынке.

К проектированию первого объекта, с которого началось освоение Autodesk Land Desktop, мы приступили в 1996 году.

Это была реконструкция автодороги 1-й технической категории М-7 "Волга" от Москвы через Владимир, Нижний Новгород, Казань до Уфы на участке КМ829-КМ840. Как известно, любая реконструкция всегда сложнее нового строительства. Так было и в нашем случае, но, "набив шишек" на этом объекте, мы приобрели значительный опыт.

### Изыскания

Первые топогеодезические изыскания реконструируемого объекта, за неимением электронного тахеометра, проводились вручную оптическим теодолитом Т-5, а максимальная частота процесса в то время не превышала 400 МГц.

Данные полевых журналов набирались в текстовом редакторе, а затем через модуль Survey вводились в проект, организуя базу данных точек рельефа.

С приобретением электронного тахеометра Sokkia обработка полевых данных значительно ускорилась. Специальный модуль программы позволяет скачивать данные практически с любого электронного носителя, а затем конвертировать их в полевой журнал (рис. 1).

### Создание цифровой модели рельефа

Один из самых мощных модулей системы предназначен для обработки точек и построения цифровой модели рельефа (ЦМР), отражающей реальную ситуацию до начала строительства.

Удобный интерфейс и широкие возможности этого модуля позволяют, во-первых, принимать более взвешенные проектные решения, а во-вторых, благодаря различным способам отображения поверхности, выполнять визуализацию

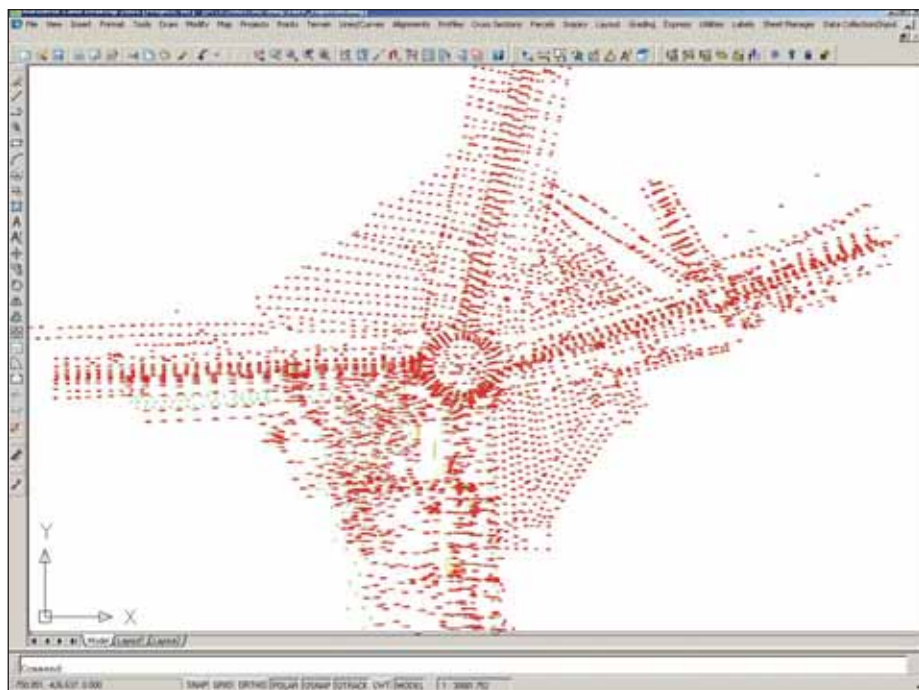


Рис. 1. Точки существующего рельефа

проекта, наглядно подтверждающую или опровергающую принятые проектные решения (рис. 2).

### Проектирование плановых осевых

Создание и редактирование плановой осевой автодороги осуществляется различными методами:

- графическое построение осевой элемент за элементом, с вписыванием в вершины углов круговых и/или переходных кривых (рис. 3);
- вписывание кривых при помощи таблицы скоростей, включающей информацию для различных значений скорости: угол кривой, радиус, коэффициент подъема виража, длину или коэффициент кривизны переходной кривой для двух или четырех полос движения. Можно исполь-

зовать как поставляемые таблицы скоростей, так и вновь созданные со своими данными;

- вписывание переходных кривых между прямым участком и круговой кривой (рис. 4);
  - сопряжение переходными кривыми различных элементов трассы (рис. 5).
- Возможность изменения параметров плановой осевой (прямых участков, круговых и переходных кривых) в табличной форме существенно упрощает редактирование. Детальная информация по элементам трассы позволяет проектировщику проанализировать и при необходимости изменить данные (длину прямых участков и кривых, радиус кривых). Таблицы редактирования элементов плановой осевой представлены на рис. 6. Одновременно осуществляется



Рис. 3. Способы задания круговых и переходных кривых

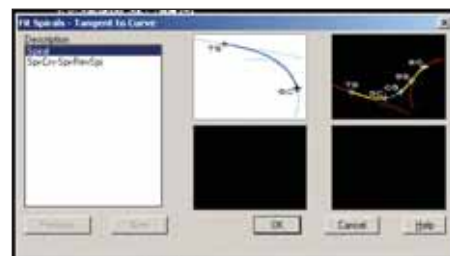


Рис. 4. Способы задания переходных кривых

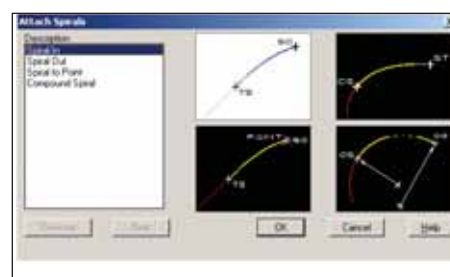


Рис. 5. Способы сопряжения элементов трассы

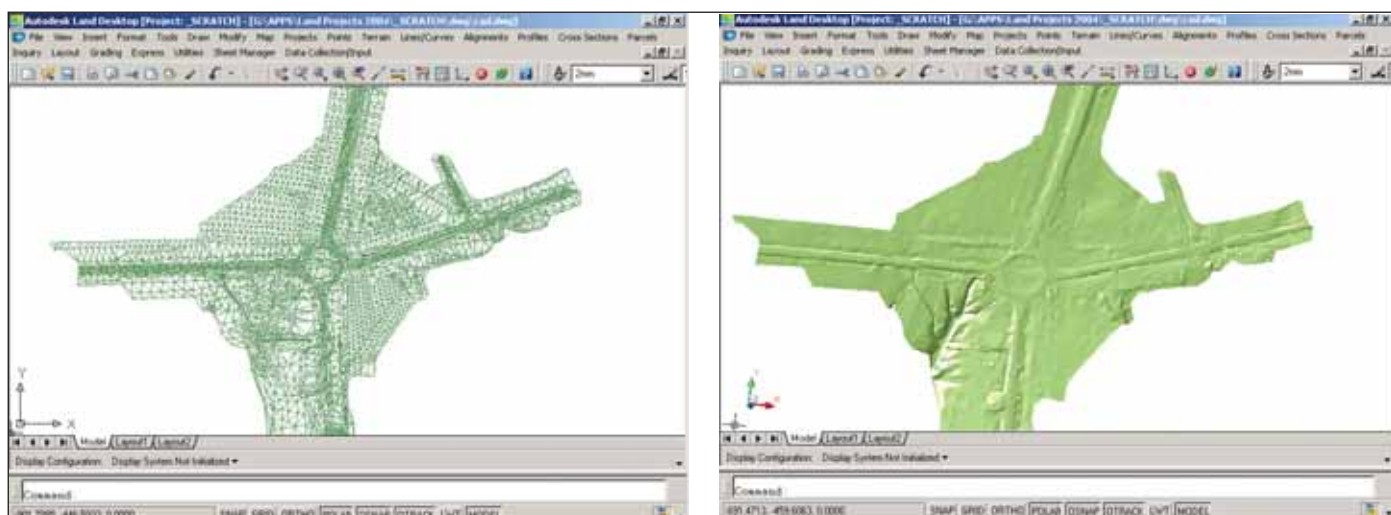


Рис. 2. Отображение поверхности в линиях и трехмерных гранях



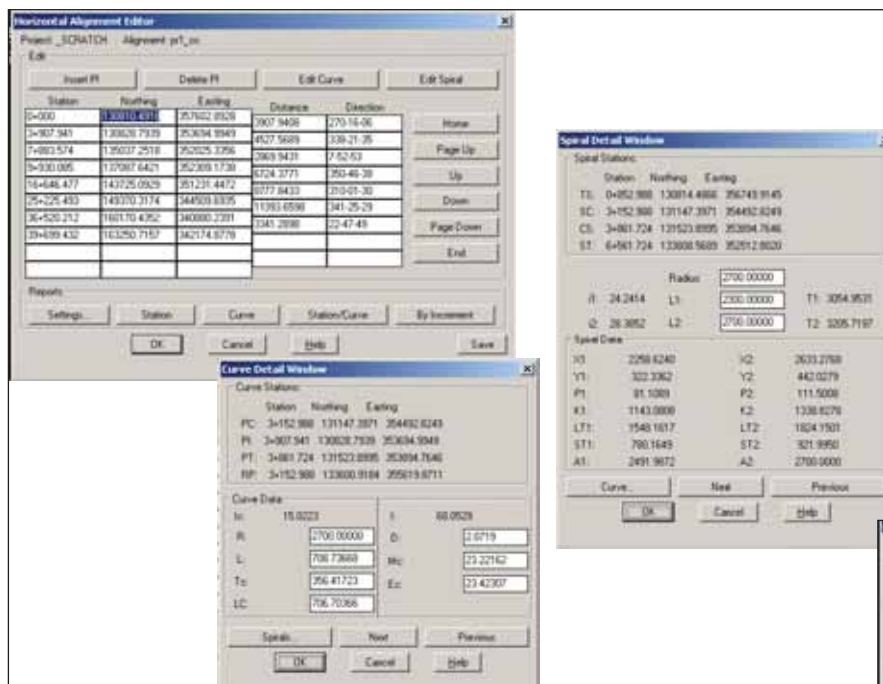


Рис. 6. Редактирование параметров плановых осевых

Horizontal Alignment Station and Curve Report.  
Alignment: pr\_los\_24-40  
Desc: Плановая от 22+290 до конца, для отвода

Desc.	Station	Spiral/Curve Data	Northing	Easting
PI	222+90		147482.4371	346757.5876
	Length:	2935.49	Course:	310-01-30
PI	252+25.49		149370.3174	344509.6935
	Length:	11393.66	Course:	341-25-29
	Delta:	31-23-59		
Tangent Data				
	222+90		147482.4371	346757.5876
	224+35.88		147576.2568	346645.8767
	Length:	145.88	Course:	310-01-30
Spiral Curve Data: CLOTHOID				
TS	224+35.88		147576.2568	346645.8767
SPI			148755.7408	345241.4682
SC	251+76.02		149515.9454	344723.3752
	Length:	2740.14	L Tan:	1834.00
	Radius:	5000.00	S Tan:	919.96
	Theta:	15-41-59	P:	62.40
	X:	2719.64	K:	1366.65
	Y:	248.94	A:	3701.45
	Chord:	2731.01	Course:	315-15-18
	Ts:	2789.61		
Spiral Curve Data: CLOTHOID				
SC	251+76.02		149515.9454	344723.3752
SPI			150276.1499	344265.2822

Рис. 8. Вывод параметров плановой осевой в текстовый файл

динамическое изменение графической информации.

Переходная кривая может быть следующих типов: клотоида, синусоида, косинусоида, квадратичная.

Значительно упрощает работу по отрисовке плана команда *Create offsets* (Создание подобий), при задании которой отрисовываются элементы автодороги (каждый на своем слое), параллельные осевой линии и расположенные на заданном расстоянии (до восьми элементов одновременно) (рис. 7). Приятно создать план одной командой!

Огромное подспорье — возможность выдачи параметров элементов осевой в текстовом виде (рис. 8).

Разбивка пикетажа осевой линии производится в автоматическом режиме с созданием отдельных слоев для отображения пикетажа и маркировки элементов трассы. Чтобы надписи соответствовали требованиям действующих норм, в таблице меток необходимо задать соответствующее обозначение (НKK, КПК и т.п.) (рис. 9, 10).

Предусмотрена возможность задания рубленого пикета — в общем, всё как у нас (кроме самих дорог).

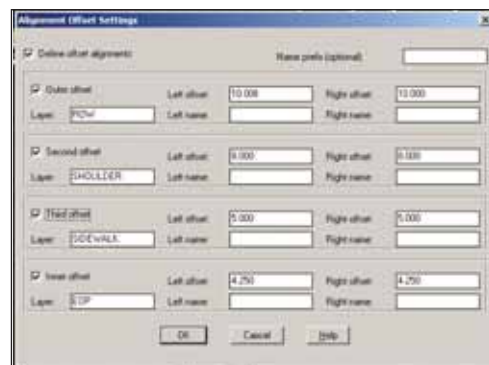


Рис. 7. Задание параметров для создания подобий



Рис. 9. Редактирование обозначений элементов плановой кривой



Рис. 10. Формат отображения пикетажного положения

## Проектирование продольного профиля

Модуль для проектирования продольного профиля позволяет автоматически контролировать заданные параметры вертикальных кривых (не сплайнов!) могут быть следующими (рис. 11):

- по длине вертикальной кривой;
- по коэффициенту кривизны (отношение длины к разнице входящего и выходящего уклонов);
- по указанной точке;
- по наивысшей или низшей точке;
- по видимости знака "Стоп";
- по видимости встречного автомобиля;
- по освещенности фарами (на вогнутых кривых);
- с указанной скоростью (комфорт на вогнутых кривых).

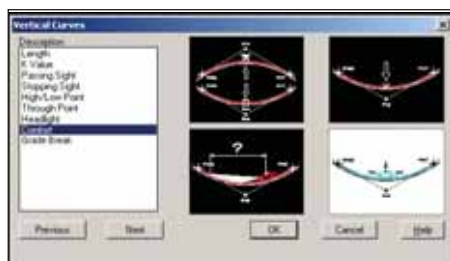


Рис. 11. Варианты задания вертикальных кривых



Рис. 12. Редактирование продольного профиля

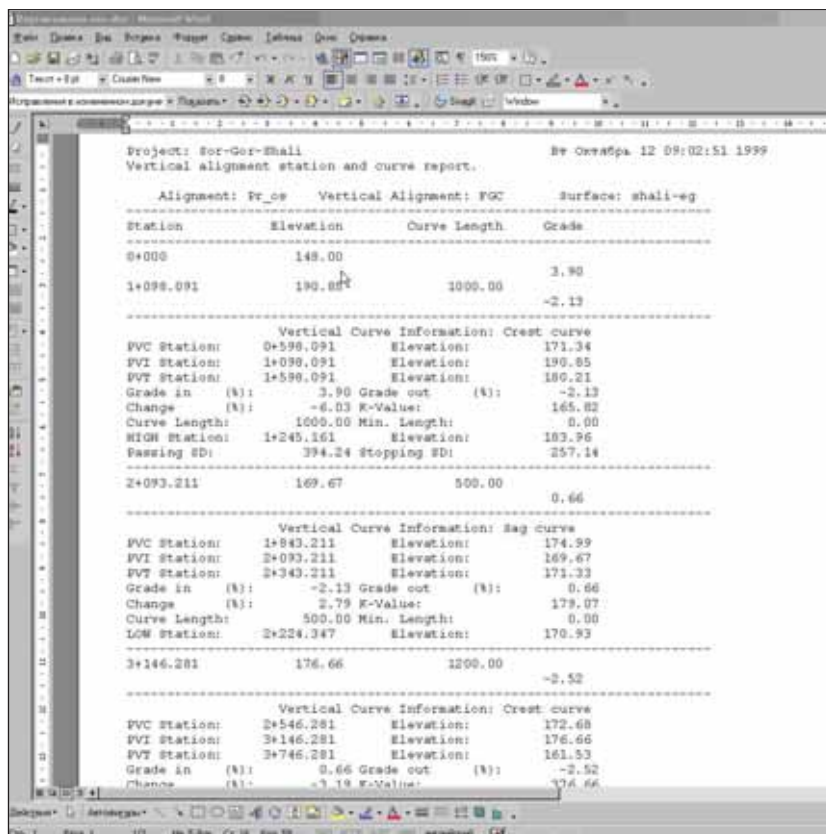


Рис. 13. Вывод параметров продольного профиля в текстовый файл

Предусмотрена возможность ввода (редактирования) проектного профиля в табличной форме (рис. 12). Отредактированный профиль можно сразу же отрисовать в чертеже. По заданным параметрам видимости и скорости программа производит расчеты кривой и выдает результаты, применимые к выбранному элементу. Проектировщику остается только контролировать параметры на соответствие требуемым нормам для заданной категории проектируемой дороги.

Для получения отчетных документов по элементам продольного профиля предусмотрена специальная функция в текстовом формате (рис. 13).

Свои обозначения можно задать не только плановой осевой, но и элементам вертикальной кривой (рис. 14).

Возможность использования Internet позволяет осуществлять совместные проекты, а также в презентабельном виде публиковать выбранные чертежи во всемирной сети.

Рамки статьи не позволяют описать все возможности программы. В частности, мы не будем подробно останавливаться на разделах, отвечающих за проектирование водоемов, назовем лишь наиболее важные возможности соответствующих инструментов.

Готовое проектное решение можно получить, задав контур водоема, его объем и уклоны откосов. Кроме того, перемещение спроектированной площадки

по исходной поверхности позволяет наглядно увидеть изменение проектных откосов. При этом пересчитываются объемы земляных масс.

Специальный модуль позволяет рассчитать гидрологию, трубы и лотки различного сечения. Кроме того, предложен богатый выбор инструментов для работы по генплану: от возможности разбивки автомобильных стоянок по любой траектории до создания готовых спортивных полей и площадок.

### Проектирование поперечных сечений

Самым сложным для нашего понимания было проектирование поперечных сечений по реконструируемой дороге. Очень уж непостоянен характер та-

кой трассы. Тем более что реконструируемая дорога — 1-й технической категории, поэтому к ней предъявляются повышенные требования, справиться с которыми мог бы не всякий программный комплекс. Но Autodesk Land Desktop это оказалось под силу.

Прежде всего требовалось правильно определить основной шаблон поперечного сечения. Когда это удалось, всё остальное пошло значительно проще (рис. 15).

Некоторые исходные данные, определяющие параметры сечения, в Autodesk Land Desktop вычисляются исходя из заданных условий, — как, например, уклон откосов. Программа анализирует высоту насыпи или выемки и назначает уклону соответствующее значение.



Рис. 14. Назначение обозначений элементов продольного профиля

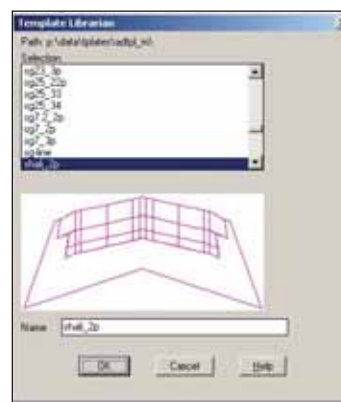


Рис. 15. Назначение шаблона поперечного сечения

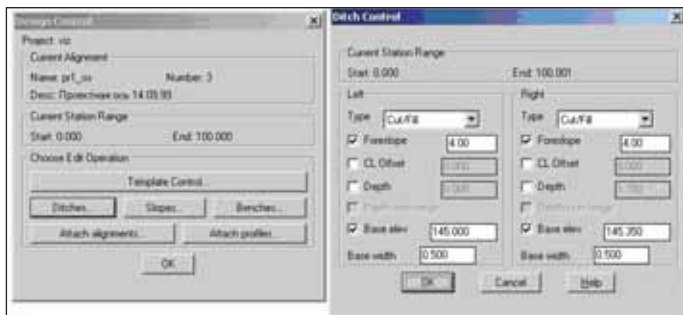


Рис. 16. Проектирование кюветов

Так же удобно и наглядно производится назначение кюветов (рис. 16). Их проектирование осуществляется отдельно для условий насыпи и условий выемки, хотя возможен вариант совместного использования данных независимо от условий прохождения трассы.

Существует несколько вариантов проектирования кюветов:

- по отметке на заданном пикете;
- по глубине кювета либо от осевой линии, либо от бровки (последний случай удобен при проектировании в условиях отгона виража на поворотах трассы);
- по уклону откоса, который входит в кювет;
- по расстоянию от оси трассы до оси кювета.

Эти варианты, а также возможность их применения в различных сочетаниях удовлетворяют самых взыскательных проектировщиков.

Кроме того, хочется отметить, что проектировать кювет можно по уже имеющемуся продольному профилю. Это удобно, когда на трассе имеются участки с различными условиями. В этом случае профиль кювета проектируется отдельно, а затем полученные данные прикрепляются к проектируемой трассе. Причем Autodesk Land Desktop "знает", что это кювет.

Дорога на всем своем протяжении не бывает одинаковой. Где-то она шире, где-то уже. К ней примыкают другие дороги, существуют пересечения с различными коммуникациями... Механизм описания всех изменений характера дороги очень мобилен. Один и тот же прием может быть применен для различных ситуаций. Например, сужение или расширение полос движения, изменение их количества, во-первых, описывается в шаблоне поперечного сечения назначением направляющих, а во-вторых, к на-

значенным направляющим присоединяются линии, по которым осуществляется движение как в плане, так и по отметке (рис. 17).

Определив все исходные данные для проектирования поперечных сечений, можно приступить к назначению их конкретным участкам проектируемой дороги.

Просмотр результатов всех назначений осуществляется в интерактивном режиме. Шаг просмотра поперечников задается при расчете исходных данных, причем он может быть различным для прямых участков трассы и тех, которые проходят по круговым и переходным кривым. При просмотре результатов проектирования имеется возможность внести коррективы в каждый конкретный поперечник, если он по каким-либо причинам не вписывается в заданные условия (рис. 18).

Как уже сказано, к проектированию дорог 1-й технической категории предъ-

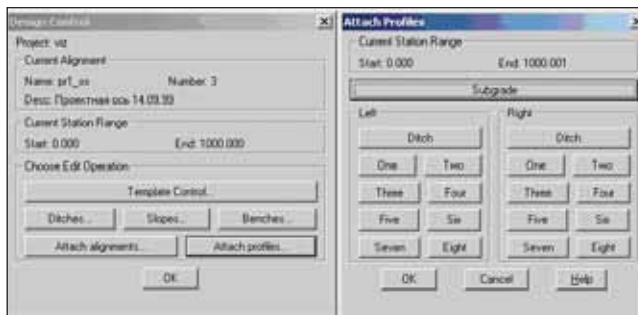


Рис. 17. Изменение ширины и отметок проектируемой трассы

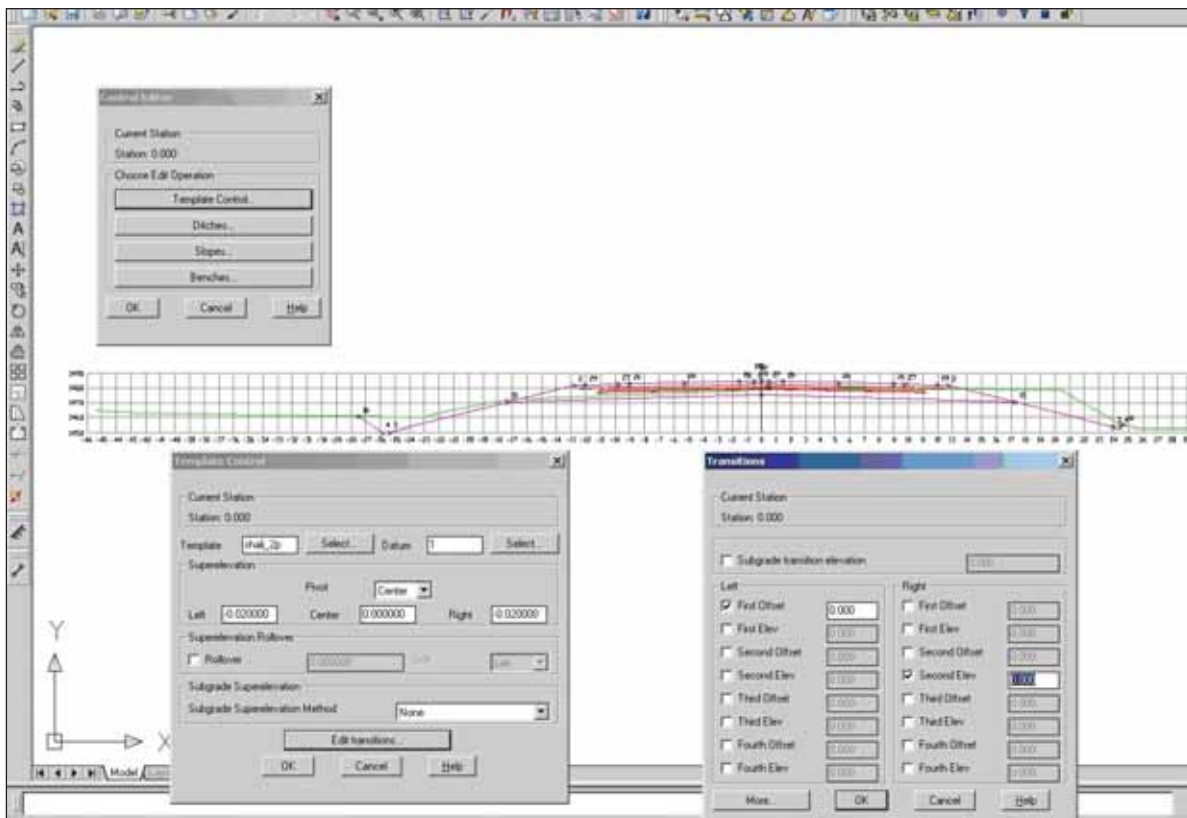


Рис. 18. Проектирование поперечного сечения



The figure consists of two side-by-side screenshots of the 'Design Control Parameters' dialog box in AutoCAD. Both screenshots show the 'Design Control Parameters' tab.

**Left Screenshot:**

- Alignment pt:** 100.00
- Station:** 3+00
- Template:** shd\_2p
- Carriageway elevation:** 180.47
- Left:**
  - ACTUAL SLOPES:**
    - Offset: 1.50/1
    - Depth elev: 145.338
    - Offset: 25.232
    - Offset: 4.00/1
    - Depth: 3.470/0
    - Width: 0.50
    - CATCH POINTS:
      - Offset: 27.452
      - Elev: 146.205
- Right:**
  - ACTUAL SLOPES:**
    - Cut: 1.50/1
    - Offset: 23.970
    - Offset: 4.00/1
    - Slope: 3.120/0
    - Depth: 1.550
    - CATCH POINTS:
      - Offset: 24.678
      - Elev: 145.409
- Buttons:** OK, Cancel, Previous, Station, Next

**Right Screenshot:**

- Alignment pt:** 100.00
- Station:** 3+00
- Template:** shd\_2p
- Left:**
  - DESIGN SLOPES:**
    - Offset: 1.50/1
    - Depth: 4.00/1
    - Maximum: 0.00/1
    - Cut: 1.50/1
    - Offset: 3.00/1
    - Maximum: 0.00/1
  - Result of width:**
    - Offset: 0.00/1
    - Depth: 0.00/1
    - Width: 0.50/1
- Right:**
  - DESIGN SLOPES:**
    - Offset: 1.50/1
    - Depth: 4.00/1
    - Maximum: 0.00/1
    - Cut: 1.50/1
    - Offset: 3.00/1
    - Maximum: 0.00/1
  - Result of width:**
    - Offset: 0.00/1
    - Depth: 0.00/1
    - Width: 0.50/1
- Buttons:** OK, Cancel, Previous, Station, Next, Previous, Station, Next, Previous, Station, Next

The top screenshot displays a plan view of a road alignment in AutoCAD Civil 3D. The road is shown as a red line with green centerline and right-of-way lines. A bridge structure is visible crossing a water body. The interface includes a standard AutoCAD toolbar at the top and a command line at the bottom.

The bottom screenshot displays a profile view of the same road alignment. The vertical axis represents elevation, and the horizontal axis represents stationing. The road profile is shown with a red centerline and green right-of-way lines. The bridge structure is shown in cross-section. The interface includes a standard AutoCAD toolbar at the top and a command line at the bottom.

специальный выпуск | CADmaster | 2007 **123**

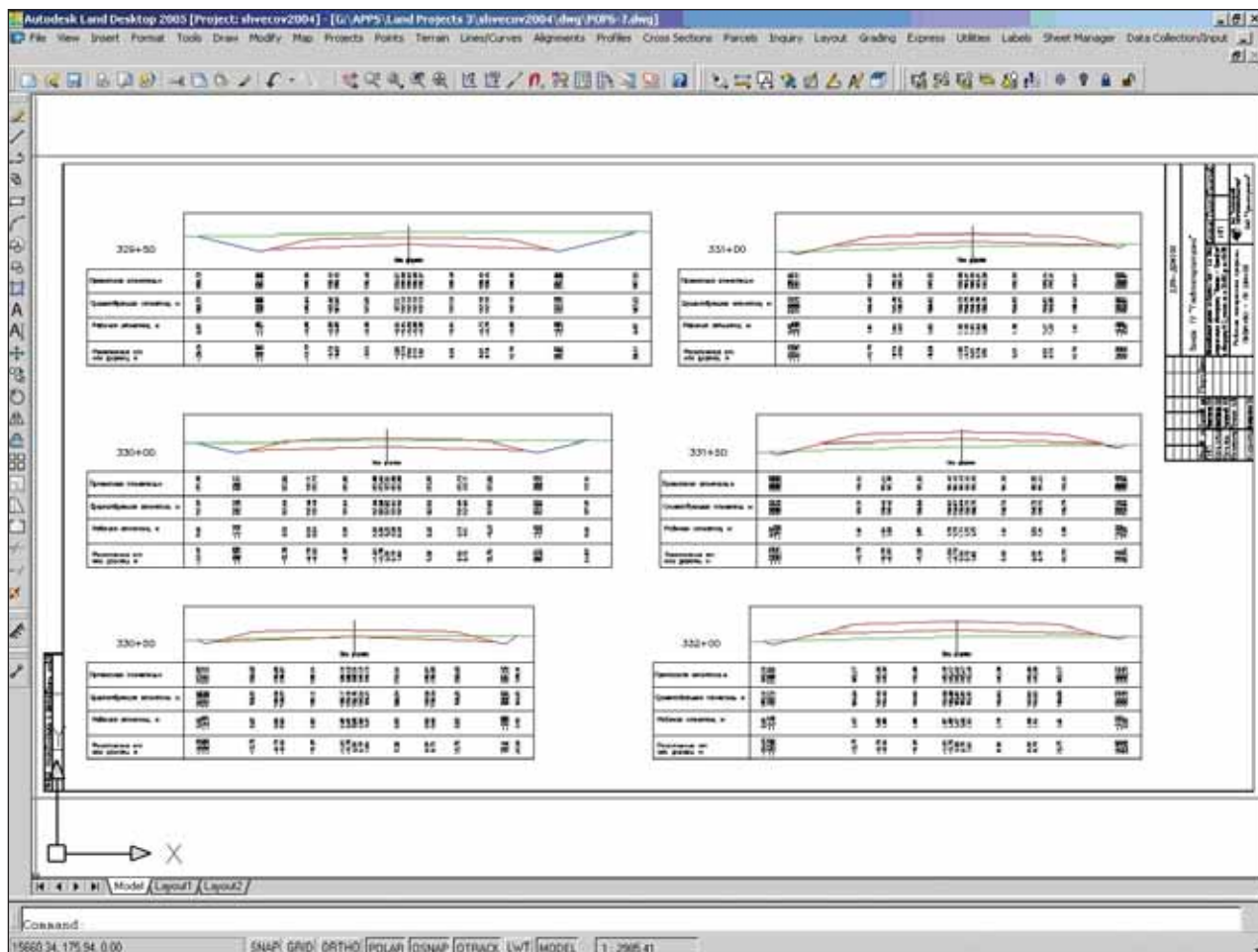


Рис. 22. Пример оформления поперечных сечений

	A	B	I	J	K	L	M	N	O
1				Ведомость объемов земляных работ					
3									
4	ПК	Длина	Мин.гр	Раст.гр	Мин.гр	Раст.гр	Мин.гр	Раст.гр	
5		м	кювет	кювет	насыпь	насыпь	выемка	выемка	
6	24686.1	13.88	8.74	0	0	0	2191.86	197.79	
7	24700	50	32.00	0	0	0	7606.50	708.75	
8	24750	50	38.50	0	0	0	7045.25	705.25	
9	24800	50	38.00	0	0	0	5821.50	689.00	
10	24850	50	42.50	0	0	0	4123.75	677.75	
11	24900	50	43.50	0	0	0	2651.50	647.75	
12	24950	50	39.25	0	0	0	1360.00	591.50	
13	25000								
14	<b>всего</b>	<b>313.88</b>	<b>242.49</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>30800.36</b>	<b>4217.79</b>	
15	25000	50	46.25	0	0	0	1031.50	574.00	
16	25050	50	47.00	0	0	0	1491.50	623.00	
17	25100	50	46.50	0	0	0	2038.25	650.50	
18	25150	50	42.25	0	0	0	2463.25	637.75	
19	25200	50	36.75	0	0	0	1980.00	605.25	
20	25250	50	33.00	44.00	27.75	130.50	692.50	362.50	
21	25300	20	13.20	35.20	22.20	104.40	46.00	64.00	
22	<b>25320</b>	30	11.10	32.85	820.05	233.70	34.50	48.00	
23	<b>25350</b>	50	2.00	10.75	4444.00	490.75	0	0	
24	<b>25400</b>	50	0	0	7180.00	488.00	0	0	

Рис. 23. Объемы земляных масс



Рис. 24



Рис. 25

все цифровые данные требуется перевести в "твердый" вид — на бумажные носители. Здесь главную роль сыграл Sheet Manager — специальное приложение для формирования листов чертежей проекта. С помощью этого средства были получены планы запроектированной дороги и осуществлен вывод поперечных сечений. Пришлось потрудиться над созданием настроек формирования листов в соответствии с текущими требованиями, предъявляемыми к оформлению чертежей, — но терпение и труд всё перетрут. Это мы осознали в полной мере, когда как по мановению волшебной палочки 11 километров дороги легли на листы заданного формата. Одновремен-

но мы получили и схему раскладки листов (рис. 21).

Вывод на печать поперечных сечений потребовал больше времени — не удавалось получить все данные по поперечному сечению в нужном виде. Но здесь свое слово сказал заказчик: мы выработали форму представления данных, которая несколько отличалась от нормативной, содержала все нужные данные, но в понятной форме (рис. 22).

После окончания проектирования всей трассы следует рассчитать объем земляных масс, определить требуемое количество материалов. Эти данные можно вывести в рисунок или в текстовый файл и сформировать отчет в нуж-

ном виде; кроме того, существует возможность вывести график баланса земляных масс (насыпь/выемка) (рис. 23).

### Как будет дальше...

Прошло время, когда нам казалось, что мы не сможем освоить Autodesk Land Desktop. Со временем все страхи и сомнения улетучились...

Наглядным примером высокой производительности и качества программного продукта может служить проект реконструкции Международного аэропорта "Бегишево" (Татарстан, г. Набережные Челны).

За трое суток были выполнены топогеодезические изыскания и картограмма укладки асфальтобетона взлетно-посадочной полосы длиной 2500 м и шириной 42 м (рис. 24).

Взлетно-посадочная полоса аэропорта была закрыта на реконструкцию в июне 2003-го, а в сентябре того же года уже сдана в эксплуатацию (рис. 25).

### Заключение

К сожалению, в одной небольшой статье мы не смогли описать все возможности Autodesk Land Desktop. А между тем эти возможности чрезвычайно широки: гидрология, проектирование водоемов, ливневой канализации, водоотводных лотков различного сечения, автодорог в городской зоне, спортивных полей (от футбольного до площадок для прыжков в высоту), моментальная отрисовка автомобильных стоянок, пешеходных дорожек и еще много интересного для проектировщиков различных специальностей.

Ни одна современная компания не обходится в своей работе без использования компьютеров. Но само по себе наличие компьютера в проектной организации не решает всех проблем. Технология проектирования — вот ключ к успеху. Необходимо комплексное решение, включающее в себя наиболее подходящие технические средства и программное обеспечение для решения определенных задач. И мы такое решение нашли.

**Марина Кириллова,**  
эксперт отдела САПР  
для промышленного  
и гражданского строительства  
CSoft Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 496-6929  
E-mail: mkirillova@cssoft.spb.ru

**Игорь Ежов,**  
начальник отдела САПР  
ЗАО "Транспроект" (Казань)  
Тел.: (8432) 71-9844  
E-mail: ipkazan@mail.ru