

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В GEONICS ЖЕЛДОР НА БАЗОВОЙ ПЛАТФОРМЕ AUTOCAD CIVIL 3D

## А.М. Жуков (Группа компаний CSoft)

В 2000 г. окончил географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «географ-картограф». После окончания университета работал в Лаборатории аэрокосмических методов МГУ им. М.В. Ломоносова, МОСЦТИСИЗ, «ИнфАрС». С 2007 г. работает в компании CSoft, в настоящее время — заместитель директора отдела изысканий, генплана и транспорта.

## А.А. Пеньков (Группа компаний CSoft)

В 1976 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». После окончания института работал в «Союзпромпроект», СМУ-13 Мосметростроя, «Теплопроект», «Гипросахпром», «Гипропласт», ГУП развития Московского региона г. Москвы. С 2004 г. работает в компании CSoft, в настоящее время — главный специалист отдела изысканий, генплана и транспорта.

## В.И. Чешева (Группа компаний CSoft)

В 1978 г. окончила Московский инженерно-строительный институт им. В.В. Куйбышева (в настоящее время — Московский государственный строительный университет) по специальности «инженер-строитель». После окончания института работала в Оргэнергострое, с 1980 г. — в Московском государственном проектном институте, с 1992 г. — в Гипропищепром-3, с 1994 г. — в компании «ИнфАрС». С 1999 г. работает в компании CSoft («Автограф»), в настоящее время — директор направления «Инфраструктура и градостроительство». Кандидат технических наук. Доктор философии.

Разработанный компанией CSoft Development программный комплекс GeoniCS ЖЕЛДОР функционирует на платформе AutoCAD Civil 3D и использует ее возможности для создания и редактирования трехмерных моделей (коридоров) проектируемых путей, получения проектных поперечных профилей, подсчета объемов земляных работ. По существу эти программы представляют собой единое целое.

Необходимо учитывать, что использование базовой платформы без дополнительных специализированных приложений не вполне эффективно при проектировании железных дорог, поскольку в ней отсутствует ряд возможностей, крайне важных для изыскателей и проектировщиков. К ним относятся такие, как обработка данных полевого

кодирования, редукция съемочных точек на оси путей, работа со съемочными поперечниками, подбор элементов плана трассы, формирование ведомостей, комплекс работ по оформлению проектной документации и т. д. Эти возможности реализованы в GeoniCS ЖЕЛДОР. Кроме того, с учетом железнодорожной специфики, разработчиками GeoniCS ЖЕЛДОР был сформирован дополнительный функционал, который позволяет с помощью объекта «Коридор» создать модель проектируемой железной дороги и получить на ее основе необходимую проектную документацию.

Рассмотрим подробнее эти возможности, а также методы проектирования железных дорог в AutoCAD Civil 3D. Остановимся на работе по созданию

элемента конструкции железнодорожного полотна «Балластная призма», откосов с кюветами, проектных профилей по кюветам и коридоров по проектируемым путям, а также на методах построения по ним поверхностей и средствах подсчета объемов земляных работ и необходимых строительных материалов.

«Балластная призма» (рис. 1) является основным элементом конструкции, который используется для построения модели железной дороги, и входит в комплект поставки GeoniCS ЖЕЛДОР. Этот элемент разработан специально для создания коридора по железной дороге средствами Civil 3D и требует наличия лицензионного GeoniCS ЖЕЛДОР, установленного на платформе AutoCAD Civil 3D. По умолчанию в элементе исполь-

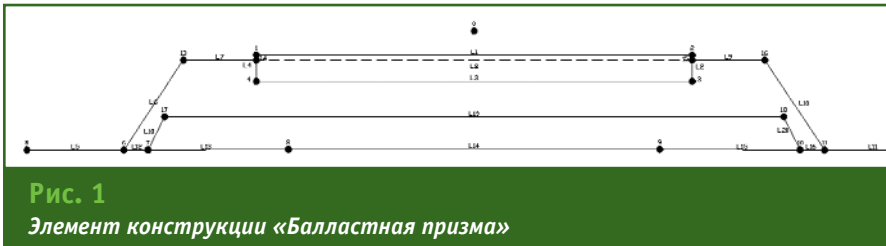


Рис. 1  
Элемент конструкции «Балластная призма»

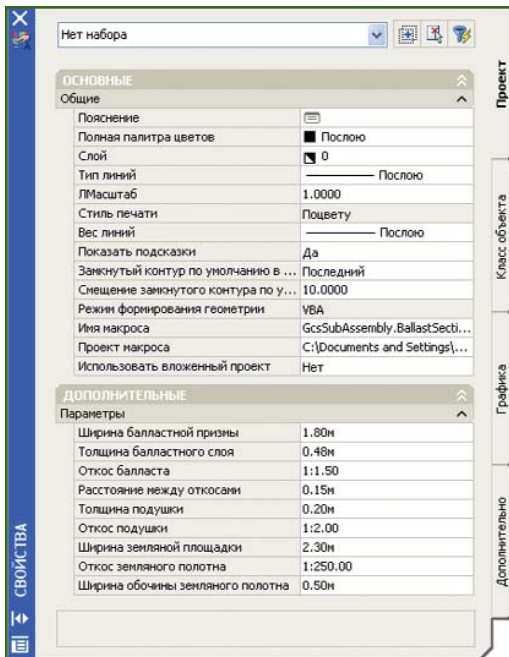


Рис. 2  
Свойства элемента конструкции «Балластная призма»

зуются стандартные для России значения параметров балласта, подушки и земляного полотна (рис. 2), что избавляет проектировщика от необходимости их частого редактирования.

В дальнейшем, когда коридор будет сформирован, можно выполнить автоматический расчет объемов щебня и песка на основе заданных параметров балласта и подушки. Кроме того, рассматриваемый элемент позволяет проектировать участки с несколькими путями на одной балластной призме. Это чрезвычайно важно при работе над проектами станций и участков дорог с несколькими путями. Такая «гибкость» элемента конструкции достигается благодаря возможности задать целевые параметры (трассы проектируемых путей на одной балластной

призме) в свойствах коридора (рис. 3).

После добавления трасс коридор автоматически перестраивается, в зависимости от количества путей и расстояния между ними меняются ширина основной площадки и ширина верха балластной призмы. В дальнейшем, любое изменение трасс, добавленных в коридор как целевые параметры, будет сопровождаться перестроением коридора в соответствии с новым плановым положением трасс. Способность коридора перестраиваться при изменении входящих в него объектов позволяет проектировщику располагать актуальной на данный момент моделью проектируемой дороги, а также последними версиями чертежей поперечных профилей и таблиц объемов, полученных по этой модели. Таким образом, благодаря использованию

динамической модели коридора, экономится время на перечерчивание большого количества чертежей и пересчет объемов земляных работ и материалов.

Поскольку проектный профиль для железнодорожного пути задается по головке рельса, точка вставки элемента «Балластная призма» в конструкцию была установлена на соответствующей высоте (рис. 4).

Чтобы создать конструкцию с откосами и водоотводными сооружениями, к точкам по бровкам земляного полотна элемента «Балластная призма» добавляются элементы общего вида. Как показала практика, использование таких элементов для создания сложных откосов, канав, лотков и кюветов позволяет добиться большой гибкости конструкции и учесть различные варианты их планового и высотного положения.

#### ▼ Создание конструкции

В качестве примера рассмотрим процедуру создания конструкции с кюветом для проектируемого пути. В ней будут заложены разные варианты построения кювета (в насыпи и в выемке), а также предусмотрено ис-

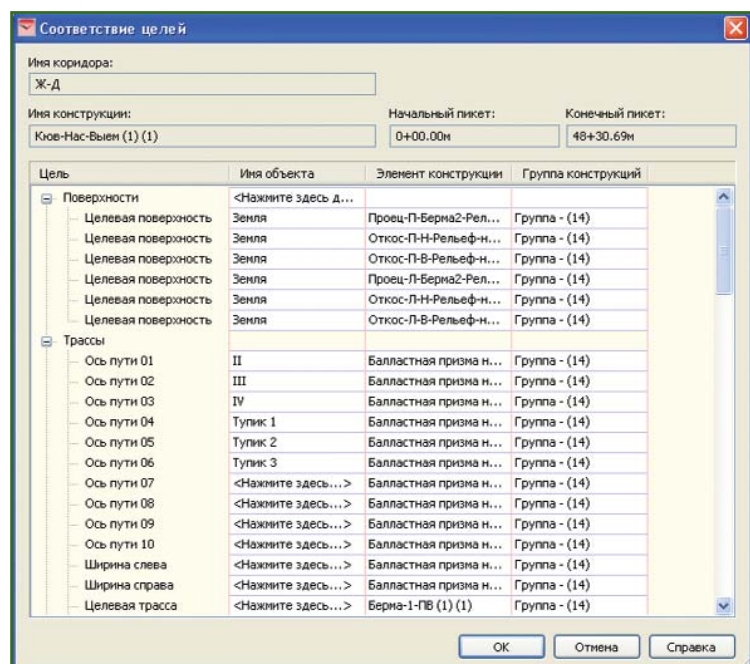
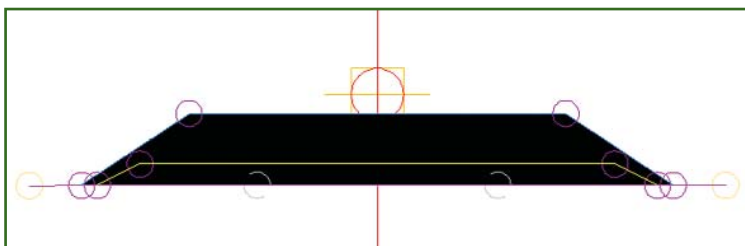


Рис. 3  
Задание целевых параметров в свойствах коридора



**Рис. 4**  
Конструкция с элементом «Балластная призма»

пользование проектного профиля по дну кювета.

Элементы, рекомендуемые для проектирования конструкций с водоотводными сооружениями, находятся на палитре «Метрическая система — элементы общего вида» (рис. 5). С их помощью можно создавать конструкции любой сложности. Благодаря использованию в этих элементах целевых параметров (трасс и профилей) дости-

гается высокая степень гибкости конструкции.

Правая часть создаваемой конструкции показана на рис. 6. Процесс ее создания выглядит следующим образом.

1. Создается конструкция, в которую затем добавляется элемент «Балластная призма».

2. Определяется неизменное очертание поперечного профиля с кюветом. В данном случае, это контур между точками 1–6.

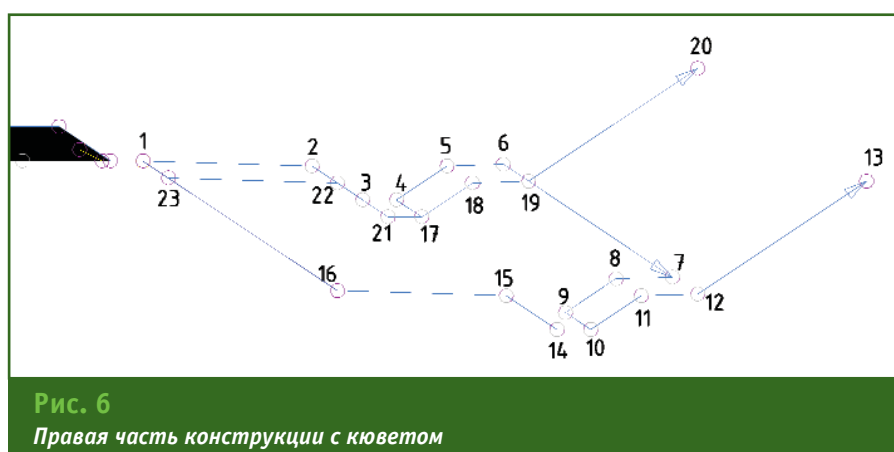
4. От точки 7 создаются звенья 7–8 и 8–9 — по аналогии со звеньями 6–5 и 5–4. Точка 9 в результате фиксирует наивысшее положение дна кювета в насыпи.

5. Для определения планового положения кювета, в зависимости от проектного профиля, по дну кювета создается звено 9–10 с помощью элемента «ЗвеноПоОткосуИВертикальномуОтклонению». Длина этого звена будет изменяться в соответствии с проектным профилем, добавляемым в качестве целевого параметра.

6. От точки 10 создаются звенья между точками 10–12 и 10–16, описывающие неизменный проектный контур с кюветом. В точку 12 добавляется элемент «ЗвеноПоОткосуКПоверхности», выходящий на «черную» поверхность.



**Рис. 5**  
Элементы общего вида



**Рис. 6**  
Правая часть конструкции с кюветом

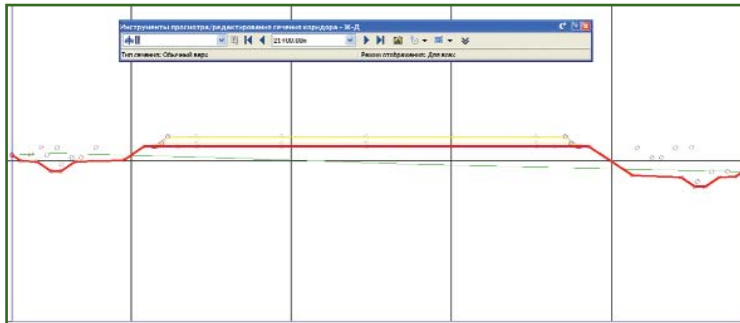
Все звенья этого контура создаются с помощью элемента «ЗвеноПоОткосуИШирине», задав размеры кювета и уклон его боковых стенок.

Программно анализируется вертикальное положение точки 6 относительно поверхности рельефа (в насыпи или в выемке).

3. Если точка 6 расположена выше «черной» поверхности, то она проецируется на эту поверхность под углом, равным заложению откоса (1:1.5), с помощью элемента «ЗвеноПоОткосуКПоверхности». В результате получаем точку 7.

7. В точку 1 добавляется элемент «Помеченная точка». С помощью элемента «ЗвеноКПомеченнойТочке» создается звено между точками 16 и 1. В результате получаем проектный контур в насыпи между точками 1, 16, 15, 14, 10–13. Таким же образом создается проектный контур в выемке. В этом случае точка 4 фиксирует наивысшее положение дна кювета в выемке.

8. От этой точки с помощью элемента «ЗвеноПоОткосуИВертикальномуОтклонению» создается звено 4–17. Длина данного звена также будет динамически



**Рис. 7**  
Сечение коридора

изменяться в соответствии с проектным профилем.

9. От точки 17 создаем проектный контур в выемке между точками 1, 23, 22, 21, 17–20.

Аналогично формируется левая часть конструкции.

Созданная таким образом конструкция позволяет запроектировать откосы с кюветами как в насыпи, так и в выемке, с соблюдением предварительно заданных размеров и уклонов. В дальнейшем, при добавлении проектного профиля по дну кювета (в насыпи профиль определяется для точки 10) и его заглублению, размеры кювета и уклоны откосов останутся неизменными, будет меняться лишь ширина откоса по звену 1-16.

Для удобства просмотра конструкции вспомогательные звенья можно отключить в свойствах соответствующих элементов конструкций.

Для корректного построения характерных линий по коридору необходимо присвоить соответствующим точкам в насыпи и в выемке одинаковые коды.

#### ▼ Создание профилей по кюветам

Рассмотрим создание проектных профилей для левого и правого кюветов.

Для этого, после построения коридора на основе созданной конструкции, необходимо определить профили по наивысшему положению дна канавы в насыпи и в выемке (команда «Создать профили по коридору»). Эти профили можно создавать по трассе пути

или, для повышения точности, по дну кювета. Для выбора соответствующих характерных линий в коридоре рекомендуется воспользоваться просмотром модели коридора в трехмерном виде.

На следующем этапе создаются проектные профили по дну кюветов (команда «Создать профиль по компоновке»). Линии профилей при этом должны совпадать с ранее созданными профилями из характерных линий или проходить ниже. Кроме того, эти линии корректируются в соответствии с расположением намечаемых водопропускных труб. После создания проектных профилей вспомогательные профили, полученные из характерных линий, можно удалить.

Профили по дну кюветов добавляются в качестве целевых в свойства коридора. После перестроения коридора можно посмотреть его по сечениям (рис. 7) и при необходимости внести изменения.

#### ▼ Создание поверхности коридора

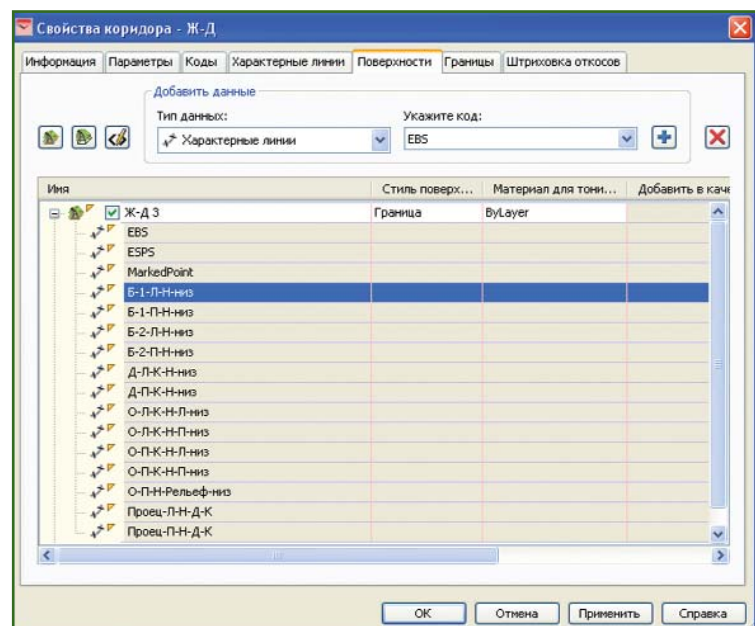
Поверхности по коридору можно создать двумя способами — по характерным линиям и по связям.

При построении поверхности по характерным линиям добавляемые исходные данные в поверхность выбираются в свойствах коридора по кодам точек соответствующих характерным линиям (рис. 8).

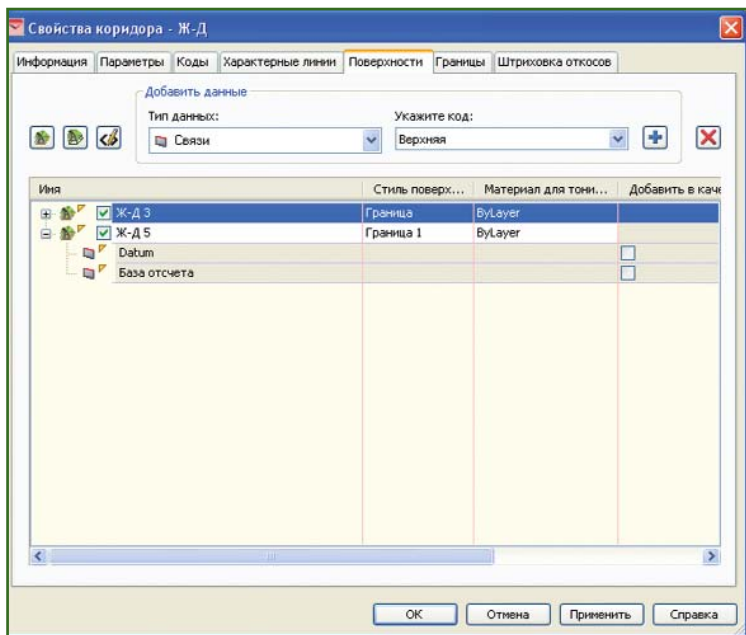
При построении поверхности по связям в качестве исходных данных для построения поверхности выбираются коды связей (звеньев). Например, для создания поверхности по земляному полотну нужно выбрать коды «Datum» и «База отсчета» (рис. 9).

Заключительным этапом создания поверхности по коридору является добавление границы.

В отсутствие определенной границы триангуляция по по-



**Рис. 8**  
Добавление поверхностей в свойствах коридора по характерным линиям



**Рис. 9**  
Добавление поверхностей в свойствах коридора по связям

верхности будет, в том числе и в стороне от дороги — особенно в случае, когда коридор имеет сложную форму. Границу можно определить в интерактивном режиме, указывая на чертеже характерные линии, по которым она должна пройти.

➤ **Создание поперечных профилей**

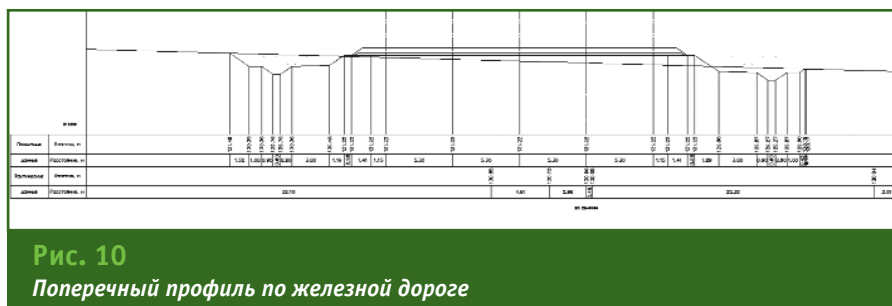
Используя функционал создания сечений Civil 3D, по полученной модели коридора можно определить поперечные сечения с заданным шагом вдоль оси проектируемого пути. Предварительно следует указать типы исходных данных, которые будут отображаться на этих сечениях. При наличии созданной поверхности по земляному полотну и балластной призмы (из конструкции коридора) можно отобразить железнодорожное полотно на поперечном профиле. Для оформления используют стили сечений и видов сечений либо имевшиеся в шаблоне, либо настроенные в этом чертеже (рис. 10).

➤ **Вычисление объемов земляных работ и материалов**

По созданным осям сечений вдоль проектируемого пути

тей). По результатам подсчета генерируются таблицы объемов, которые могут быть динамически связаны с моделью коридора и автоматически обновляться при внесении в нее изменений.

Отметим, что все операции, описанные в статье, проводятся после выполнения определенных этапов проектирования средствами Geonics ЖЕЛДОР: обработки данных изысканий, построения «черной» поверхности, создания плана, «черного» и проектного профилей проектируемого пути, оформления чертежей. Для использования средств AutoCAD Civil 3D при работе с трассами, профилями и поверхностями, подготовленными в Geonics ЖЕЛДОР, следует выполнить импорт-экспорт через формат LandXML.



**Рис. 10**  
Поперечный профиль по железной дороге

можно вычислить объемы земляных работ и необходимых строительных материалов с формированием соответствующих таблиц. Точность вычисления определяется проектировщиком. Объемы можно определять с заданным шагом вдоль трассы проектируемого пути, а также с точностью построения коридора (вычисляя объемы по всем пикетам, в которых есть конструкции). Для определения объемов земляных работ необходимо наличие двух поверхностей — существующей и поверхности по земляному полотну, а для подсчета объемов песка и щебня достаточно конструкции коридора (при этом объем материала будет рассчитываться с учетом изменений ширины балластной призмы в зависимости от количества пу-

Представленная технология проектирования железных дорог в Geonics ЖЕЛДОР на платформе AutoCAD Civil 3D внедряется компанией CSoft в филиалах ОАО «Росжелдорпроект» в ходе выполнения пилотных проектов.

**RESUME**

It is marked that the Geonics ZhELDOR operates based on the AutoCAD Civil 3D platform. There are considered methods of designing railways in the AutoCAD Civil 3D, including creation of the railway bed's construction element named «ballast section», slopes with ditches, design profiles along the ditches and corridors along the designed ways together with the methods of constructing based on them surfaces and means for calculating volumes of excavation and the required construction materials.