

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ «ВЫПРАВКА» В ПО GEONICS ЖЕЛДОР

Ю.А. Курило (Группа компаний CSoft)

В 2002 г. окончил факультет «Строительство железных дорог» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ) по специальности «инженер путей сообщения». После окончания университета учился в аспирантуре на кафедре «Геодезия, геоинформатика и кадастр». С 2003 г. работал в ПЧ 12 Московской железной дороги, с 2004 г. — на кафедре «Геодезия и геоинформатика» МИИТ. С 2005 г. работает в компании CSoft, в настоящее время — главный специалист направления «Инфраструктура и градостроительство».

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.

В отечественной практике планирования ремонтных работ на железных дорогах имеется труднореализуемая задача по установке железнодорожного пути в проектное положение в плане и по высоте (профиле). В программе GeoniCS ЖЕЛДОР она реализуется с помощью модуля, получившего название «Выправка». Он позволяет преобразовывать заданный набор точек в геометрические элементы трассы (прямые, кривые и переходные кривые) с заданным коридором. При расчете элементов трассы в модуле «Выправка» имеются ограничения. К ним относится коридор сдвижек, позволяющий фиксировать сдвиги в точках, интервалы изменения радиусов, длин прямых и переходных кривых.

Основным преимуществом использования модуля GeoniCS ЖЕЛДОР в среде САПР является графический интерфейс, так как положение оси железнодорожного пути можно сразу увидеть на реально существующем плане. Можно заранее, а также в процессе работы задать любую геометрию ограничений — так называемые контурные ограничения.

В модуле разработан эффективный алгоритм и программа решения задачи на основе эвристических численных методов. Это позволяет учитывать ограничения не только в точке, где была проведена съемка. Например, можно ограничить ширину коридора в точках, которые не попали в съемку.

«Выправка» может применяться для двух целей: для оценки существующей трассы, с минимальными сдвигками и, соответственно, с минимальным учетом ограничений и для проектирования, с максимальным соблюдением ограничений, причем всех, и относительно меньшим приоритетом сдвижек. Целью проектирования является расчет проектной трассы с полным соответствием нормативным требованиям. Здесь величина сдвижек до выхода из определенного коридора вообще не играет роли — 5 или 20 см. Стараются избежать сползания с земляного полотна, а оно может быть слева от пути на 0,2 м, а справа — на 2 м. На следующей точке может присутствовать обратная картина. В общем, необходимо обеспечить

те же контурные ограничения. И наоборот, предпочтительными могут оказаться сдвигки большей величины по сравнению с их отсутствием, при несомненном приоритете полного соблюдения всех ограничений.

Работу с модулем «Выправка» можно разделить на несколько этапов:

1. Подготовка данных.
2. Сглаживание.
3. Сегментация (собственно выправка).

Рассмотрим эти этапы более подробно.

▼ Подготовка данных

Подготовка данных — это предварительный этап, предназначенный для формирования (создания и редактирования) данных с параметрами точек и сохранения их в файл, с которым дальше будет выполняться работа — сглаживание и сегментация.

Можно использовать данные, полученные в результате обработки материалов инженерных изысканий методом стрел или методом Гоникберга, а также файлы, сформированные в модуле «Съемка» (см. Геопрофи.

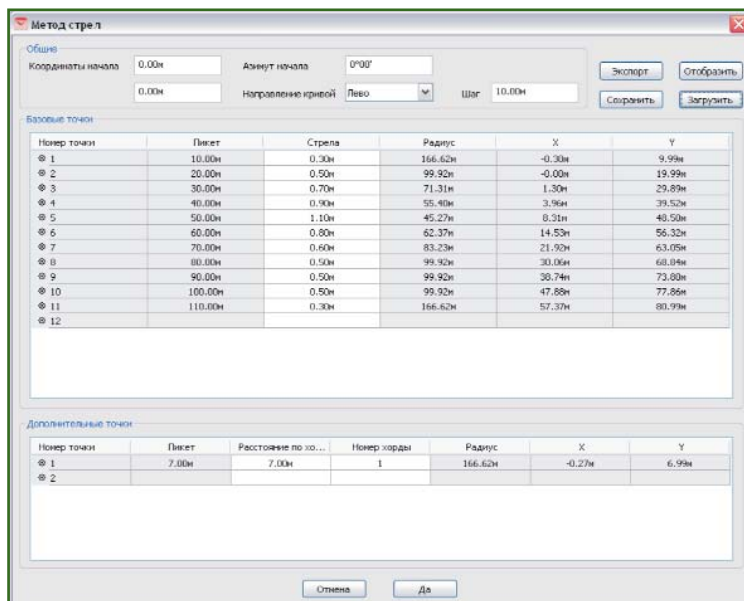


Рис. 1
Диалоговое окно «Метод стрел»

— 2009. — № 2. — С. 46–50).

Коротко остановимся на методе стрел и методе Гоникберга.

Метод стрел. Координаты точек, снятые методом стрел, можно перевести в прямоугольные (декартовы) координаты. Для этих целей из инструментального меню «Трассы — Выправка» доступно диалоговое окно «Метод стрел» (рис. 1).

В этом окне вводят параметры в раздел «Общие» и значения точек в таблицы «Базовые точки» и «Дополнительные точки».

Общие параметры включают:

- координаты начала первой точки (X и Y);
- азимут начала (до минут)
- азимут первой хорды, от которой начинается отсчет координат;

- направление кривой («право» или «лево»);

- шаг пикетажа — расстояние между пикетными точками.

В таблице «Базовые точки» в столбце «Стрела» вводят значения стрел, которые были измерены при съемке трассы с заданным шагом. В таблице «Дополнительные точки» указываются точки, шаг которых не равен заданному шагу. В столбце «Номер хорды» вводят номер хорды, а в столбце «Расстояние

по хорде» — расстояние до второй точки по этой хорде.

Если значения введены корректно, то автоматически вычисляется радиус кривизны в метрах для каждой точки и ее координаты.

Значения точек в таблицах можно:

- сохранить в файле или загрузить ранее введенные;

- экспортировать в файл, который будет входным файлом на этапе «Подготовка данных для выправки»;

- отобразить на чертеже в виде «геоточек», каждая из ко-

торых будет иметь собственный номер и расстояние от начала трассы (дополнительные точки отображаются с расширением «_доп»).

Метод Гоникберга. Координаты точек, измеренные методом Гоникберга, можно перевести в прямоугольные координаты. Для этих целей из инструментального меню «Трассы — Выправка» необходимо выбрать диалоговое окно «Метод Гоникберга» (рис. 2), используя которое вводят параметры в разделе «Общие» и значения точек в таблице.

Общие параметры включают:

- прямоугольные координаты начала (X и Y);

- азимут начала (до секунд), т. е. азимут первой хорды, от которой начинается отсчет координат.

В таблицу вводят:

- расстояние от начала трассы;

- значение величины стрелы;

- угол поворота (до секунд);
- «лево» или «право» (в столбце «Направление кривой»).

Если значения введены корректно, то автоматически вычисляется радиус кривизны в метрах в каждой точке и ее прямоугольные координаты (X и Y).

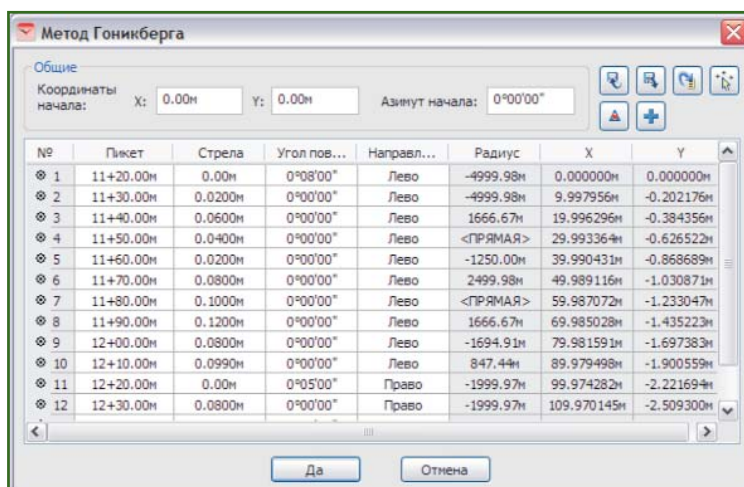


Рис. 2
Диалоговое окно «Метод Гоникберга»

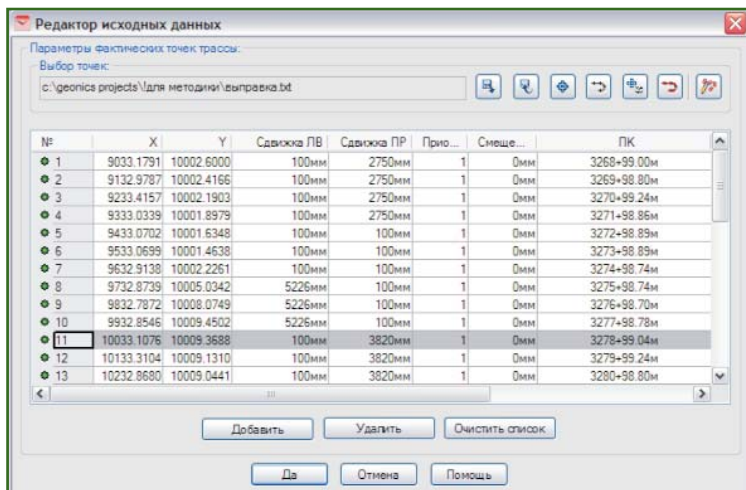


Рис. 3

Диалоговое окно «Редактор исходных данных»

Чтобы удалить какую-либо точку из таблицы, достаточно очистить значения всех редактируемых полей этой точки. Можно также добавить новую точку. Точка добавляется в конце таблицы, но после определения значения ее пикетажа, таблица автоматически сортируется по значениям пикетажа. При корректном вводе всех данных автоматически пересчитываются значения радиусов кривизны и прямоугольных координат.

Точки таблицы, также как и в методе стрел, можно:

- сохранить в файле или загрузить ранее введенные;

- экспортировать в файл, который будет входным файлом на этапе «Подготовка данных для выправки»;

- отобразить на чертеже (при этом точки отображаются на чертеже как «геоточки»).

Подготовка данных для выправки выполняется в диалоговом окне «Редактор исходных данных» (рис. 3), куда необходимо экспортировать или ввести подготовленные файлы с данными. В этом диалоговом окне доступны шесть комбинированных способов ввода параметров точек:

- автоматически из подготовленного файла фиксированного формата (основной способ, который доступен после обра-

ботки данных линейных изысканий);

- «вручную» с экрана компьютера;

- путем указания каждой точки в отдельности на чертеже (в том числе с привязкой к точкам, блокам и др.);

- указав примитив, — полилинию, 3D-полилинию, геополлинию (можно указывать несколько идущих подряд полилиний); при этом вводят значения только вершин;

- из «геоточек» — с фильтрацией по группам, номерам и т. д. (отбираются значения X, Y и описание);

- дискретизировав с заданным шагом существующую трассу.

Последний способ может применяться для проектирования второго пути. В этом случае достаточно задать сдвигку между железнодорожными путями и выполнить выправку.

Для указания коридора сдвижек можно воспользоваться командой «Редактор сдвижек», указав точку, либо диапазон точек на плане трассы с привязками, или, зная пикет, задать возможные сдвиги на участках в табличной форме.

В диалоговом окне «Редактор исходных данных» выполняется редактирование всех параметров точек. Кроме того, можно

добавлять точку после текущей и удалять точки.

Каждая точка имеет:

- номер по порядку;
- фактические координаты (X, Y);

- минимальную и максимальную сдвигки от желательного положения (коридор сдвижек);

- приоритет точки (для точек, сдвигки которых желательны по умолчанию, задают приоритет равный «0», а приоритет всех точек — «1», т. е., чем выше приоритет, тем меньше отклонение точки от результирующей трассы). Корректировку приоритета можно сделать прямо в данной таблице;

- описание;

- дополнительную сдвигку («смещение»). С помощью дополнительной сдвигки оси железнодорожного пути от снятой точки обеспечивается автоматическое проектирование плана второго пути.

Набор точек нужно сохранить в файл. Тем самым, фактически, присваивается имя варианту выправки, что можно использовать для организации альтернативного проектирования.

▼ Сглаживание

Второй этап процесса выправки — сглаживание — позволяет устранить влияние допущенных при съемке мелких неточностей и неровностей пути. Это поможет получить более гладкую исходную линию для последующей сегментации. Результат сглаживания существенно влияет на результат сегментации, т. е. выправки в целом, поэтому для получения приемлемого результата желательно просмотреть точки и убрать все некорректности (например, неестественные всплески на графике сглаженной кривизны, вызванные, как правило, погрешностями исходных точек или их большим количеством на малом интервале).

Для принятия решения о приемлемости результата сглажива-

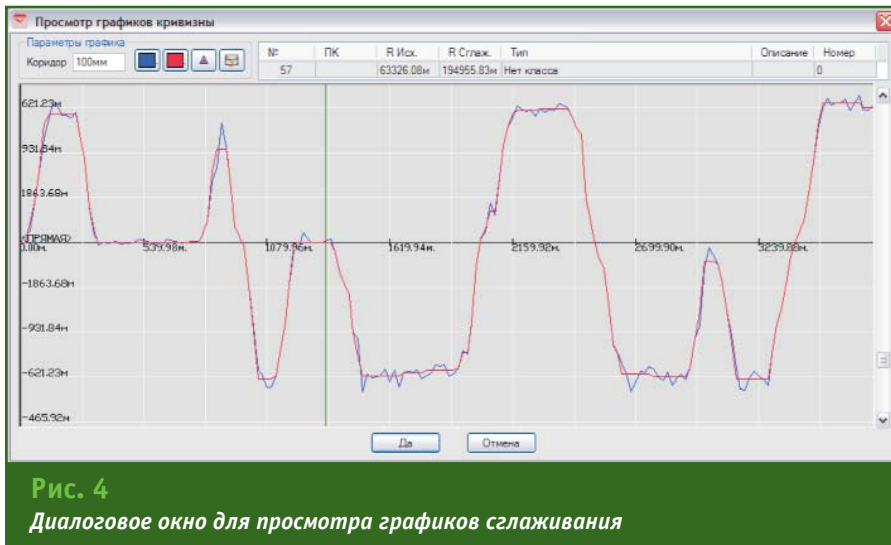


Рис. 4

Диалоговое окно для просмотра графиков сглаживания

ния в диалоговом окне «Просмотр графиков кривизны» (рис. 4) выводятся:

— график кривизны для исходных точек (приведен на рис. 4 синим цветом) — кривизна для каждой точки вычисляется как кривизна дуги, проведенной через текущую, предыдущую и последующую точки;

— график кривизны для сглаженных точек (приведен на рис. 4 красным цветом) — кривизна для каждой точки вычисляется аналогично, но только для сглаженных точек.

Основное, чего необходимо добиться в результате сглаживания — отсутствия «всплесков» на графике кривизны сглаженных точек.

Как видно на рис. 4, графики выводятся в одном окне: по горизонтали откладываются расстояния между точками с подпи-

сьями их номеров (имен). На экране компьютера возможно отображение информации по выделенной точке на графике.

Для нормального восприятия графиков они сформированы с разными масштабами по горизонтали и вертикали (аналогично профилю), имеют сетку по горизонтали и вертикали с подписями делений. По желанию, можно менять масштабы отображения графиков.

Графики служат для оценки качества сглаживания, выявления возможных ошибок в координатах исходных точек, оценки правильности выбранных параметров сглаживания.

По результатам оценки качества сглаживания пользователь принимает решение о прекращении процесса сглаживания или необходимости повторить его еще раз.

Если выявлены ошибки в исходных данных, либо неудачно задан параметр (точность) сглаживания, возвращаются к этапу «Подготовка данных», устраняются недостатки и повторяют сглаживание.

Результатом сглаживания является файл сглаженных точек. Причем в этом файле сохраняется и исходный (входной) файл.

Сегментация

Третий этап выправки наиболее важный, поскольку он является завершающим и при его выполнении, собственно, и осуществляется выправка.

Под сегментацией понимается распознавание сегментов трассы — структурирование, выделение в ней набора элементов: прямых сегментов («тангенсов»), сегментов круговых кривых, сегментов переходных кривых («клотоид»), а также проверка соответствия этих элементов нормам проектирования. Начальное и конечное направления при расчете должны быть зафиксированы (неизменными) в процессе сглаживания. Это условие необходимо для сопряжения с соседними участками трассы.

В диалоговом окне «Результат сегментации» (рис. 5) можно просмотреть графики сдвижек и кривизны. В него встроен редактор трассы.

В этом окне имеется возможность выбирать сегментированные элементы из трассы. Это позволяет делить весь набор точек «выправки» на участки, выправлять каждый из них отдельно и по полученным данным создать общую трассу для всего набора точек, которую, при необходимости, можно повторно запустить на «выправку».

После вычисления базовых точек, от которых идет построение, находятся прямолинейные и дуговые участки трассы путем расширения их по точкам (максимально влево/вправо, соблюдая все ограничения и не выходя за пределы допустимых огра-

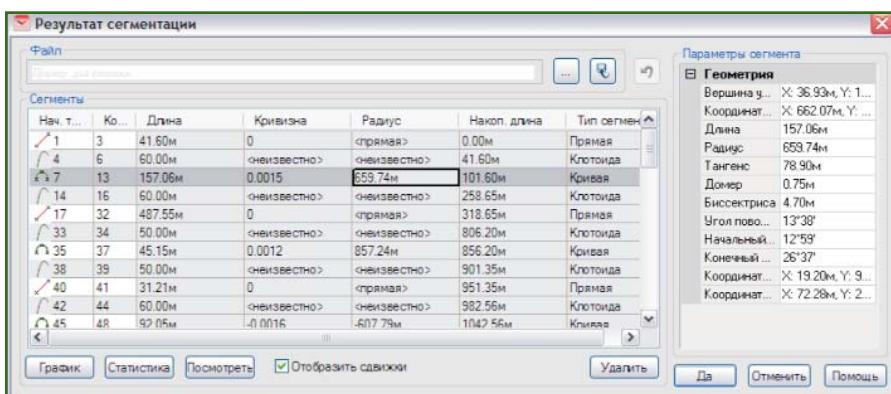


Рис. 5

Диалоговое окно «Результат сегментации»

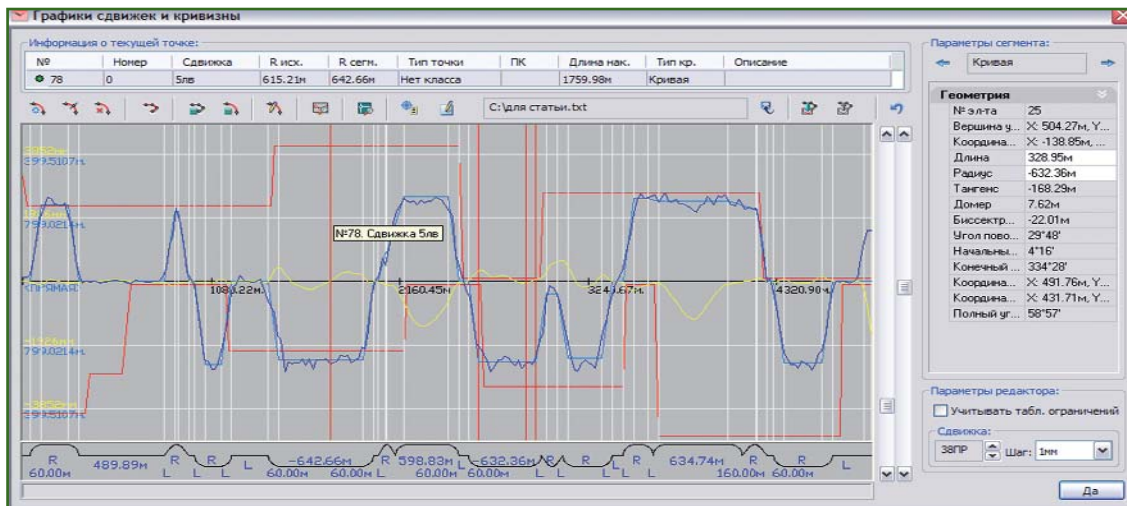


Рис. 6
Диалоговое окно «График сдвижек и кривизны»

ничений), дополнительные дуги, чтобы не оставлять нераспределенных участков.

Полученные элементы, в общем случае, не соединены, поэтому проводится сопряжение (с применением клотоид или без них). При сопряжении не могут быть учтены некоторые ограничения.

В процессе сегментации в первую очередь определяются дуговые и прямолинейные сегменты. Клотоиды образуются путем сопряжения отрезков и дуг, поэтому все операции редактирования не распространяются на клотоиды — они находятся автоматически.

Завершив процесс сегментации пользователь вручную может откорректировать результаты — убрать некоторые участки (например, небольшой длины), добавить новые, а также расширить и изменить старые с помощью того же редактора.

В диалоговом окне «График сдвижек и кривизны» (рис. 6) доступны команды, позволяющие:

- просматривать полученный результат непосредственно на плане трассы (геометрические элементы с подписями пикетажа и значений сдвижек в точках), а также полную информацию по каждому геометрическому элементу;

- управлять отображением данных на графиках и масштабировать различные элементы;

- добавлять, разбивать, удалять, редактировать с заданным шагом, округлением и учетом таблиц ограничений (категории трассы), сглаживать и оптимизировать различные геометрические элементы;

- сохранять полученные варианты;

- оптимизировать всю трассу, либо выбранный отдельный участок (в целях экономии времени), «откатывать» действия вплоть до исходного (сохраненного);

- редактировать непосредственно сдвиги на точках.

На рис. 6 показан пример предварительной сегментации (в автоматическом режиме).

По горизонтали приведены:

- сдвиги (желтый цвет);
- допустимый коридор (красный);
- график исходной кривизны (синий);
- график сглаженной кривизны (зеленый).

По вертикали показаны:

- границы сегментов (белый);
- выделенный сегмент (красный);
- исходные точки (серый).

После получения данных изысканий и их обработки в модуле «Съемка» и «Выправка» в

ПО GeonICS ЖЕЛДОР начинается этап проектирования.

Проектирование линейных объектов сопряжено с различными трудностями на всех этапах — от изысканий до разработки проектного решения. Например, при работе с пикетажем стоит вопрос о выборе системы пикетажа, так как даже на момент изысканий имеется два вида пикетажа: нанесенный изыскателями и имеющийся на местности. Далее, при проектировании, может добавиться еще несколько видов пикетажа (для различных вариантов), и чем дальше, тем больше.

В программе GeonICS ЖЕЛДОР доступно решение и этих проблем, поскольку имеется понятие работы в пикетаже главного пути.

RESUME

The «Vypravka» module has been foreseen in the GeonICS ZHELDOR software for solving the task of surfacing rails in the design position in both plane and height. It is marked that this module main advantage consists in the graphical interface providing for viewing the railway axis over the real plan while working as well as for specifying any geometry of the limitations. The module's operation sequence is described including the initial data preparation, smoothing and segmenting as well as the surfacing itself.