

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ 3D-МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА В САПР

В.Я. Маслянюк (ООО НПФ «ТАЛКА-ГЕО»), Ш.И. Сяняев (ИПУ РАН),  
М.Н. Чижов (АО «Разрез Березовский»)

На этапе передачи 3D-модели уступа угольного разреза, полученной в результате фотограмметрической обработки материалов аэрофотосъемки высокого разрешения средствами ПО Фотоскан, в САПР объектов инфраструктуры выявлен факт искажения информации. Показано, что инструментарий известных САПР не позволяет построить корректную поверхность сложной конфигурации и отобразить ее стандартными картографическими методами без потери точности и качества. Для решения проблемы требуется участие разработчиков САПР.

Ключевые слова: аэрофотосъемка, цифровая модель местности, трехмерная модель поверхности, учет объемов горных работ, поверхность сложной конфигурации.

### Введение

Начиная с 2013 г. ООО научно-производственная фирма «ТАЛКА-ГЕО» совместно с ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН сотрудничает с Сибирской угольной энергетической компанией (ОАО «СУЭК») в области повышения качества производства маркшейдерских работ за счет использования передовых технологий. В 2015 г. стартовала научно-исследовательская работа в АО «Разрез Березовский» (ОАО «СУЭК-Красноярск») по созданию новых и усовершенствованию применяемых технологий и методов производства маркшейдерских работ. Было предложено использовать материалы аэрофотосъемки (АФС), полученные с помощью бес-

пилотных летательных аппаратов (БЛА) серии Геоскан, для создания цифровых моделей поверхностей. Эти модели применяются для определения объемов горных выработок при добыче полезных ископаемых открытым способом в соответствии с требованиями инструкции по маркшейдерскому учету объемов горных работ, а также для решения других маркшейдерских задач.

В процессе выполнения камеральных работ по созданию 3D-модели угольного уступа в традиционной САПР, используемой для проектирования объектов инфраструктуры, возникли проблемы, связанные с корректной передачей информационной модели поверхности сложной конфигурации.

Добыча угля открытым способом с применением роторного экскаватора приводит к тому, что верхняя часть борта уступа формируется в виде козырька (карниза) (рис. 1). Такая геометрия уступа является нарушением технологии добычи, и выявление ее — одна из важнейших задач маркшейдерской службы предприятия по обеспечению безопасных методов ведения горных работ.

### Особенности создания цифровой модели поверхности (рельефа) в ПО Фотоскан

ПО Фотоскан по разноразмерным снимкам с большим перекрытием позволяет с высокой степенью детальности реконструировать 3D-модель поверхности в виде плотного облака точек и экспортировать ее в самые распространенные форматы для дальнейшего использования в ГИС и САПР. На рис. 2 показан пример отображения участка угольного уступа в виде структурированной 3D-модели в ПО Фотоскан. Данная поверхность отображается сетью треугольников (TIN-поверхность) таким образом, чтобы 3D-границы были максимально приближены к реконструируемой модели. Такая модель с высокой точностью описывает реальную поверхность. Однако эта пространственная триангуляция не подчиняется принципам, применяемым в стандартных картографических ме-

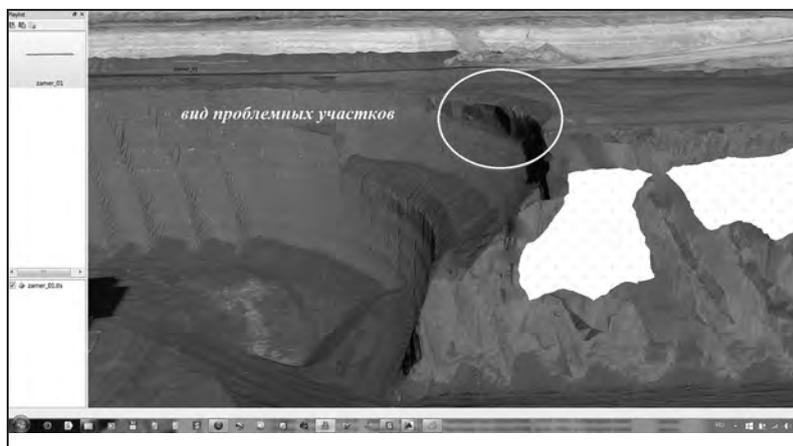


Рис. 1. Пример участка уступа угольного разреза с нависающим козырьком



Рис. 2. Сечение уступа угольного разреза с уклоном  $>90^\circ$ , 3D-вид, сечение

*Искажение действительности, как в хорошую, так и в плохую сторону вызывает искажение жизни.*

Силован Рамишвили

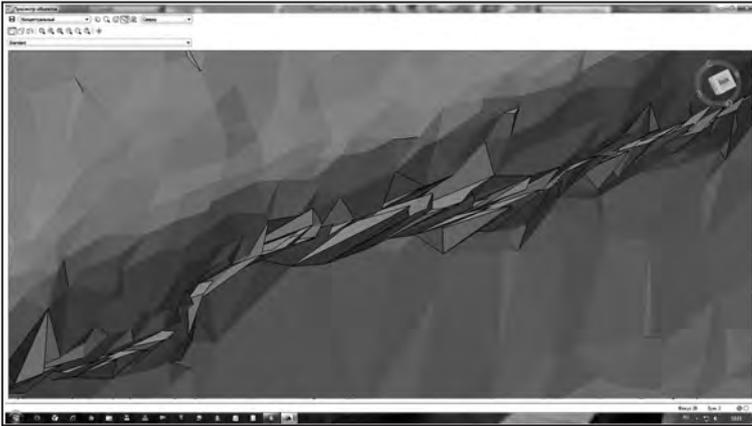


Рис. 3. Пример некорректного построения поверхности 3D-вида

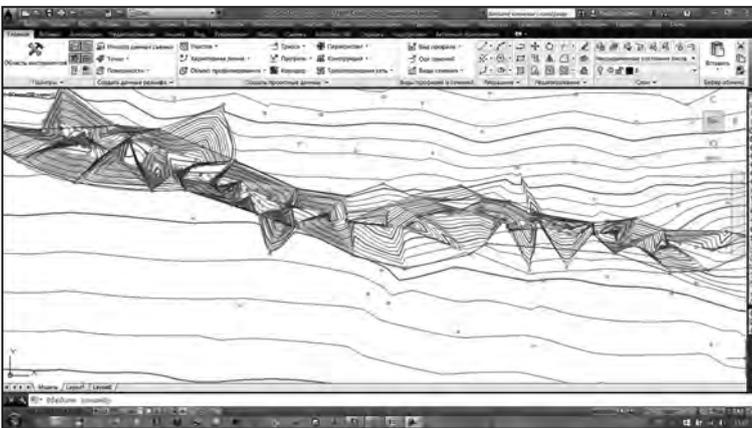


Рис. 4. Пример некорректного построения поверхности в горизонталях

тодах (триангуляция Делоне, горизонтالي). В пределах такой поверхности допускаются уклоны, превышающие  $90^\circ$ , тогда как в стандартных САПР это недопустимо.

#### Проблемы, возникающие при построении модели сложной поверхности в САПР

В связи с этим возникают проблемы на этапе передачи модели, описанной поверхностью TIN из ПО Фотоскан, в традиционные картографические САПР. Преобразование модели выполняется некорректно. Алгоритм построения поверхности САПР не допускает пересечения горизонталей, наличия точек с координатами X, Y для которых имеется более одной координаты Z. Такие элементы рельефа, как обрывы, карнизы в картографии отображаются специальными условными знаками. САПР в этом случае строит модель поверхности неверно, даже если при создании модели по 3D-граням задана опция сохранения конфигурации ребер объекта.

*Маслянюк Виктор Ярославович – гл. инженер ООО НПФ "ТАЛКА-ГЕО",  
Сюняев Шамиль Ибрагимович – канд. техн. наук, вед. инженер ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН,  
Чижов Михаил Николаевич – участковый маркшейдер АО «Разрез Березовский» ОАО СУЭК.  
Контактный телефон (495)336-08-20.*

*E-mail: maslyanko2010@yandex.ru sunyaev57@mail.ru, chizhov.marc@yandex.ru*

В модель добавляются грани с вершинами, находящиеся под плоскостью верхних граней, образуя «провалы», искажая тем самым поверхность (рис. 3). Горизонтали строятся с учетом добавленных ребер (рис. 4)

Использовать такую модель в решении маркшейдерских задач нельзя из-за больших искажений.

Решить проблему возникновения ошибок построения 3D-моделей сложных поверхностей можно только изменив алгоритмы построения моделей в САПР, а в связи с этим и алгоритмы решения задач на поверхности. Это в компетенции только разработчиков САПР.

Варианты решения задачи корректного построения 3D-моделей сложных поверхностей предусматривают сознательное искажение поверхности с целью ее упрощения. Для решения описанной задачи в АО «Разрез Березовский» редактирование модели в САПР выполняется вручную. Процесс достаточно трудоемкий и неудобный. Может применяться при небольших объемах.

В настоящее время компания-разработчик ПО Фотоскан ООО «Живой Софт» (AgiSoft) (Санкт-Петербург) решает задачу по доработке модуля экспорта поверхности TIN в формате DXF для создания цифровой модели рельефа (ЦМР). Также рассматриваются варианты построения разрезов и профилей по моделям в формате TLS (PhotoScan Tile Model) в среде ГИС Спутник компании Геоскан (Санкт-Петербург) [1].

#### Заключение

При разработке методики построения и обновления 3D-моделей уступов угольных разрезов, представляющих собой поверхность сложной конфигурации, выявлена ситуация, когда средствами САПР невозможно построить корректную поверхность и отобразить ее стандартными картографическими методами (триангуляцией Делоне [2], горизонталями) без потери точности и качества. Необходима доработка модуля создания поверхностей в САПР, позволяющая строить такие модели, и инструментария по решению задач на поверхности. Без разработчика ПО эту задачу решить невозможно.

#### Список литературы

1. Маслянюк В.Я. Практика применения технологии Геоскан на объектах СУЭК // Тр. IV междунар. научно-практич. конф. «Геодезия. Маркшейдерия. Аэросъемка. На рубеже веков». Москва. 2015.
2. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и ее применение. Изд. Томского университета. 2002.