

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕЕРОВ В ГГИС MICROMINE

Андрей Александрович Басаргин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных систем, тел. (383)343-18-53, e-mail: abaspirant@mail.ru

Виктор Семенович Писарев

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-18-53, e-mail: viktor@ssga.ru

В современном мире все большая часть предприятий, занимающихся вопросами геологической разведки и изысканий, использует в своей работе специальные программные средства и информационные системы. Использование подобных систем позволяет значительно ускорить процесс обработки и анализа информации. Такие системы позволяют автоматизировать процессы обработки и интерпретации данных геологоразведки, а также использовать их для моделирования месторождений и проектирования подземных буровзрывных работ.

ГГИС Micromine позволит автоматизировать проектирование буровзрывных работ при этом обеспечит расстановку скважин, учитывающую геометрию блока и свойства горных пород, и рациональное распределение скважинных зарядов для наиболее эффективного дробления горной массы. В условиях высокой интенсивности горных работ на карьерах ГГИС Micromine обеспечивает оперативность и многовариантность проектных решений при выполнении БВР.

Ключевые слова: проект скважин, цифровая модель поверхности, длина скважин, длина заряда и забойки, база данных фактических скважин, свойства горных пород.

DESIGN OF DRILLING AND EXPLOSION WORKS IN UNDERGROUND MINING USING IN MICROMINE GGIS

Andrei A. Basargin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10 Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Assoc. Prof., Department of Applied Informatics and Information Systems, phone: (383)343-18-53, e-mail: abaspirant@mail.ru

Viktor S. Pisarev

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc. Prof., Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, phone: (383) 343-29-55, e-mail: viktor@ssga.ru

In the modern world, an increasing number of enterprises involved in geological exploration and exploration use special software and information systems in their work. The use of such systems can significantly accelerate the processing and analysis of information. They make it possible to automate the processing and interpretation of geological exploration data, as well as use them to model deposits and design underground drilling and blasting operations.

GGIS Micromine will automate the design of drilling and blasting operations while ensuring well placement taking into account the block geometry and rock properties, and a rational distribution of borehole charges for the most efficient crushing of rock mass. In conditions of high intensity of mining operations at the MGIS quarries, Micromine ensures the efficiency and multivariance of design decisions when performing blasting.

Key words: well design, digital surface model, well length, charge and stem lengths, actual well database, rock properties.

Введение

Горнодобывающие предприятия являются сложными горнотехническими системами, развивающимися во времени и генерирующими на всем протяжении своего существования значительный объем разноплановой информации, используемой для принятия технологических и управленческих решений. Рациональным образом переработать и использовать эту информацию можно лишь используя компьютерные технологии.

Взрывное разрушение горных пород с использованием скважинных зарядов на сегодня является одним из самых распространенных способов подготовки горной массы (ГМ) для выемки на карьерах. При проектировании карьерных массовых взрывов (МВ) необходимо учитывать как характеристики зарядов взрывчатых веществ, так и условия взрывания (включая упруго прочностные характеристики горных пород), влияющие на форму развала и геометрию поверхности отрыва ГМ от массива. Граница отрыва – важный показатель качества взрыва, определяющий геометрию участка карьера после уборки взорванной горной породы (ГП), поэтому уже на этапе проектирования МВ необходимо как можно более точно прогнозировать местоположение границы отрыва.

Современные горно-геологические информационные системы (ГГИС) помогают специалистам повысить качество и скорость выполняемых работ, а также минимизировать человеческий фактор при проектировании буровзрывных работ.

Проектирование буровзрывных работ (БВР) на подземных горных работах является важным элементом в добычном цикле. Современные горно-геологические информационные системы помогают специалистам повысить качество и скорость выполняемых работ, а также минимизировать человеческий фактор при проектировании БВР.

Сбор геологических данных для проектирования взрывных скважин

Каждое месторождение индивидуально. На месторождении Чебачье подземный способ добычи выбран в связи с большой глубиной залегания руды, делающей экономически невыгодной их добычу открытым способом. На Чебачьем рудное тело залегает от дневной поверхности на глубине 270 м и прослежено до глубины 400 м. Руды медно колчеданные, делятся на медные и медно-цинковые, содержат медь, цинк, золото и серебро. Производительность подземного рудника на этом месторождении – 800 тыс. т. руды в год. Первоначальные запасы месторождения составляли 15 млн. т. руды. На 01.01.2018 запасы товарной руды на месторождении насчитывают около 12 млн. т. руды в год.

Для проектирования взрывных скважин в Micromine необходимо создать базу данных буровых вееров в формате *.rdf. Для этого нужно подготовить каркас проектной или фактической горной выработки, в которой планируются буровые работы, а также стринг осевой линии этой выработки [1–5].

Если осевая линия выработки отсутствует, в Micromine есть ряд простых процессов, которые могут воссоздать ее из уже отстроенного фактического или планового каркаса горной выработки. Триангуляционная модель выработки представлена на рис. 1.

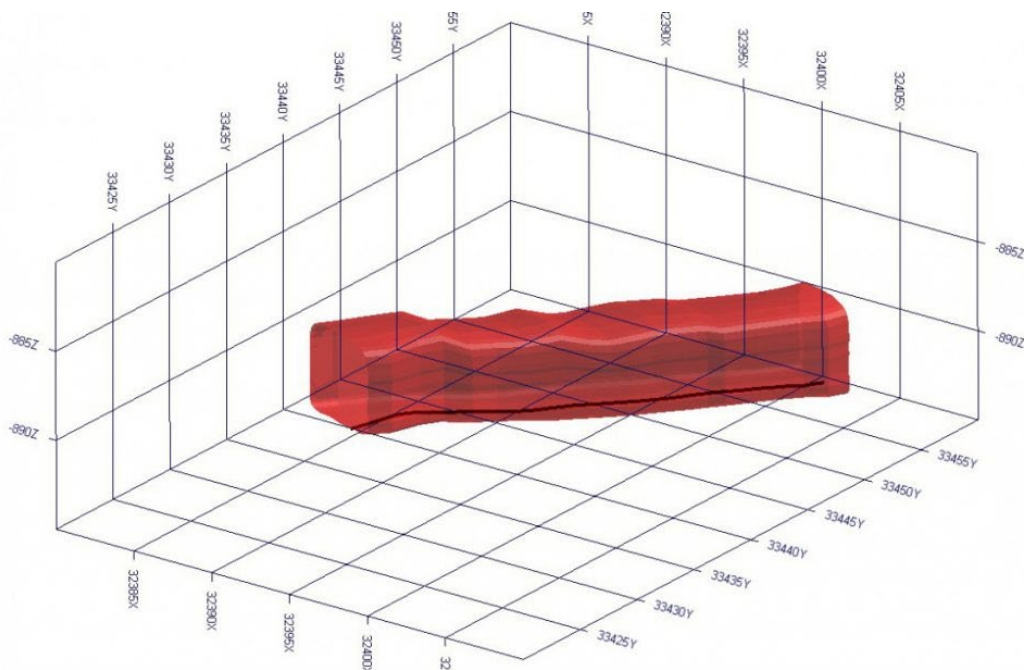


Рис. 1. Триангуляционная модель выработки и ее осевая линия

Перед проектированием вееров необходимо сделать настройку их отображения, что является важным аспектом при оформлении паспорта веера. В опциях просмотра вееров настраивается положение подписей выработки, а также их параметры и эффекты шрифта. Существует несколько вариаций настройки линий для отображения данных в двухмерном пространстве – разрезе. Для каждого объекта на разрезе выбирается толщина линий и их тип. Подобные настройки делаются также для отображения скважин и границ веера.

Кроме того, присутствует опция отображения траекторий скважин к пивот точке. Это показано на рисунке рис. 2 [2–4].

Немаловажным фактором является возможность задания смещений в метрах подписей относительно объектов, например номеров скважин, относительно контура отбойки. Опциональным станет отображение меток задержки взрыва, длины скважин, а также их углов. Все это упростит работу с оформлением паспорта веера с возможностью отображения устьев скважин в виде символов, примерно так, как это реализовано с отображением траекторий скважин.

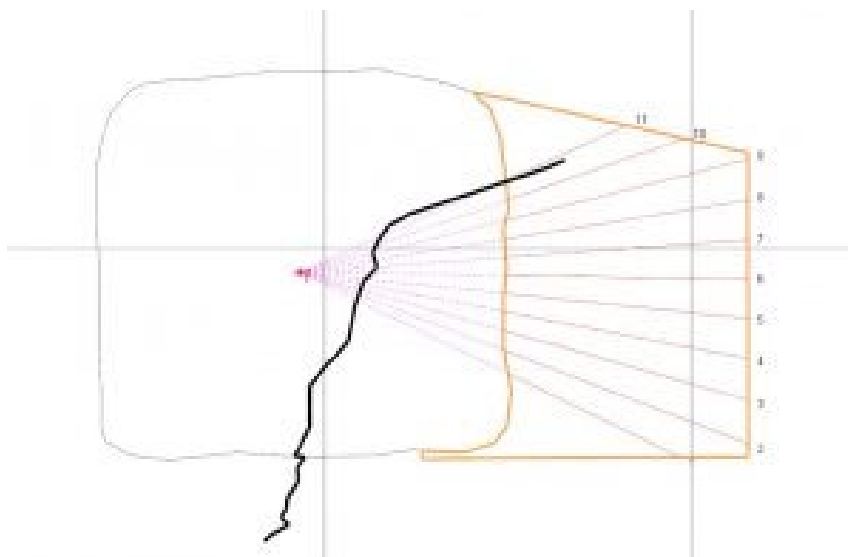


Рис. 2. Отображение траекторий скважин к пивот точке на веере

После настроек отображения базы данных вееров пользователь добавляет в нее единичный или множественные каркасы выработки и осевую линию. Также имеется инструмент для изменения файла веера при изменении границ выработки.

При непосредственном создании веера, пользователь интерактивно выбирает его местоположение, а затем обрисовывает границы отбойки данного веера с помощью стандартных инструментов редактирования стринга. Инструмент будет учитывать заданный каркас отбойки и создавать контур для конкретного веера, аналогично 2D срезу по каркасу (рис. 3).

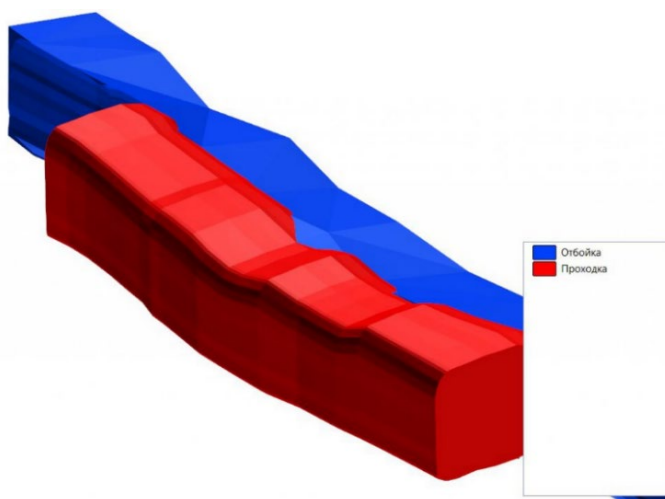


Рис. 3. Границы выработки и границы отбойки

Имея геометризованные границы отбойки, можно автоматически создать стринги границ для каждого веера для данной выработки (рис. 4).

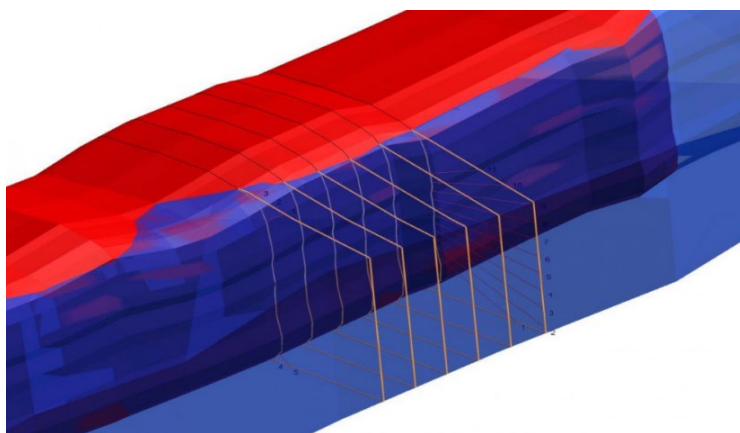


Рис. 4. Автоматическое построение границ отбойки из каркаса для заданных вееров

Получив границы веера, пользователь может приступить к проектированию скважин. ГГИС Micromine позволяет проектировать буровзрывные скважины, как единичные скважины, так и параллельные, а также непосредственно инструмент для проектирования вееров [6–8].

Для автоматического создания веера скважин существует ряд алгоритмов построения (рис. 5). Границы веера определяются как вручную, так и автоматически, используя каркас обрабатываемой камеры или рудного тела.

Далее задаются такие параметры как:

- смещение точки поворота стрелы относительно осевой линии выработки, м;
- начальные и конечные углы веера скважин, градус;
- диаметр бурения, мм;
- алгоритм построения;
- минимальное расстояние между устьями скважин, м;
- при необходимости минимальное расстояние между забоями скважин, м;
- тип и плотность взрывчатого вещества, кг/м³.

При проектировании скважин существует возможность размещения бурового станка с учетом его габаритов, высоты поворота стрелы, а также фактических или проектных границ горной выработки (рис. 6). Форма бурового станка обрисовывается с помощью стандартных инструментов стрингов, а созданный файл подгружается в настройки. Там же задаются параметры отсчета углов для вееров, что, несомненно, удобно при проектировании (рис. 6 и 7) [9].

После автоматического создания веера пользователь может отредактировать параметры уже созданных ранее скважин или добавить новые. Это представлено на рис. 8.

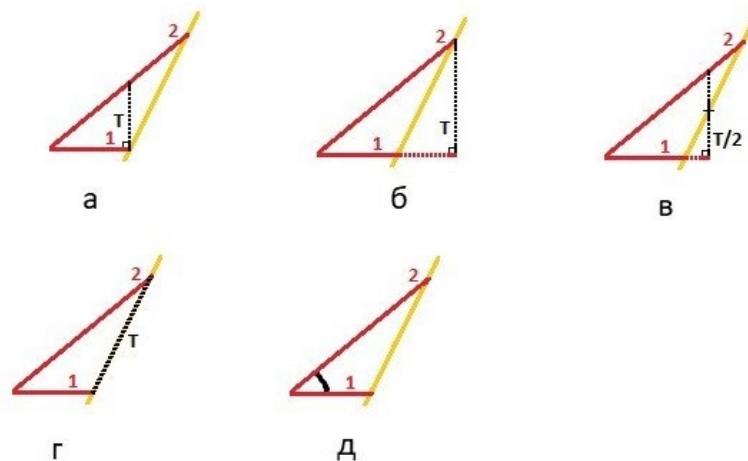


Рис. 5. Алгоритмы автоматического построения веера скважин:

- а) TOE INSIDE; б) TOE OUTSIDE; в) TOE MIDDLE; г) BOUNDARY;
 д) ФИКСИРОВАННЫЙ УГОЛ

При проектировании скважин существует возможность размещения бурового станка с учетом его габаритов, высоты поворота стрелы, а также фактических или проектных границ горной выработки (рис. 6). Форма бурового станка обрисовывается с помощью стандартных инструментов стрингов, а созданный файл подгружается в настройки. Там же задаются параметры отсчета углов для вееров, что, несомненно, удобно при проектировании (рис. 6 и 7) [9].

После автоматического создания веера пользователь может отредактировать параметры уже созданных ранее скважин или добавить новые. Это представлено на рис. 8.

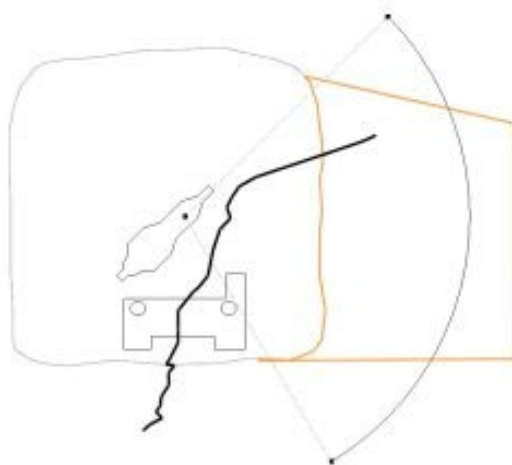


Рис. 6. Проектирование веера скважин с учетом формы бурового станка

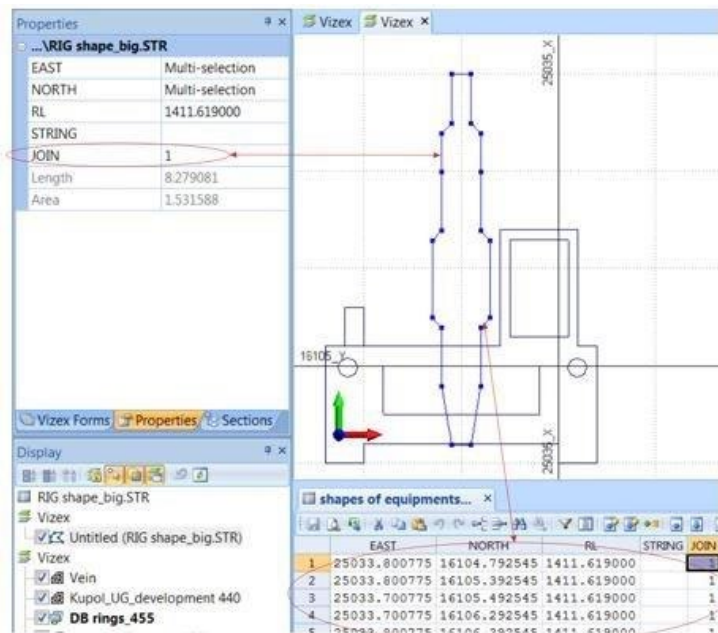


Рис. 7. Создание формы бурового станка

Процесс задания скважин работает на нескольких алгоритмах:

- FIXED – фиксированный угол между скважинами;
- TOE – расчет на основании предыдущей скважины;
- BOUNDARY – расчет по границе отбойки.

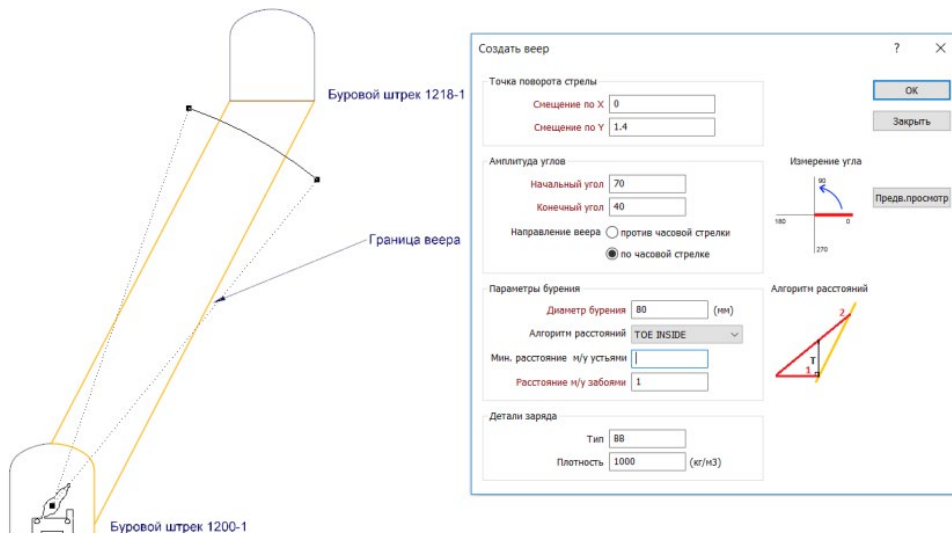


Рис. 8. Автоматическое построение веера скважин

После создания веера скважин производится автоматический расчет зарядов, где необходимо указать радиус разрыва при взрыве и минимальную длину недозаряда. Расчет зарядов может производиться относительно первой – самой длинной скважины, по определенному номеру или по выбранной скважине. При

необходимости можно создать рассредоточенный заряд (рис. 9). Помимо автоматического расчета зарядов существует возможность интерактивно выбрать начало заряда, либо вручную задать длину заряда и недозаряда для необходимых скважин [8].

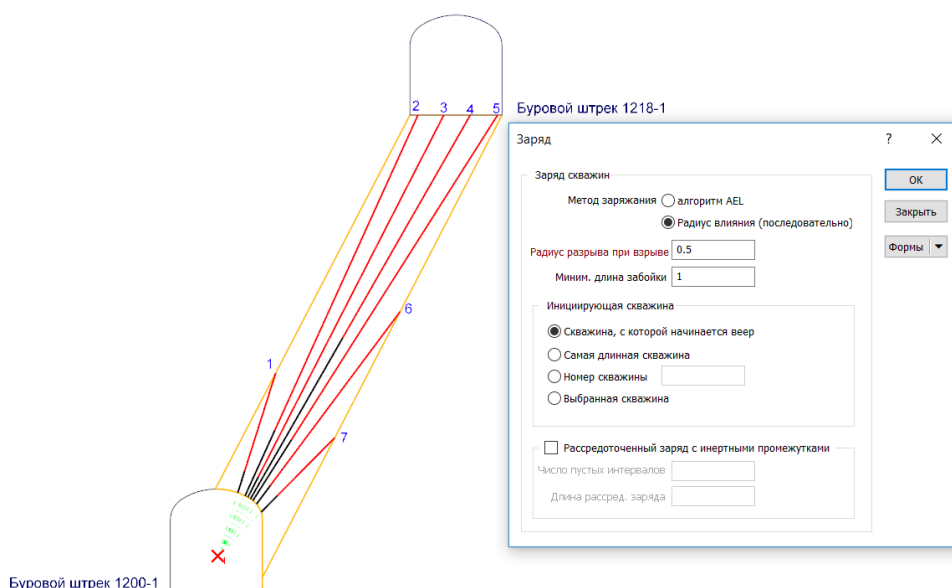


Рис. 9. Автоматический расчет зарядов

Помимо графической части при проектировании скважин формируется отчет по основным параметрам веера: угол и длина бурения, диаметр скважин, интервал заряда и забой, тип используемого взрывчатого вещества (ВВ), количество ВВ и др. (рис. 10). Структура отчета настраиваемая, можно добавлять или убирать необходимые столбцы. Кроме данных по скважинам также формируется общий отчет по вееру.

	СКВАЖИНА	ДИАМЕТР	УГОЛ	ДЛИНА	ИНТЕРВАЛ	ОТ	ДО	ТИП	ВЕС ЗАРЯДА (кг)
1	1	80	72	5.4	ЗАБОЙКА	0.0	1.0		
2					ЗАРЯД	1.0	5.4	ВВ	22.4
3	2	80	45	4.5	ЗАБОЙКА	0.0	1.0		
4					ЗАРЯД	1.0	4.5	ВВ	17.8
5	3	80	53	10.4	ЗАБОЙКА	0.0	1.0		
6					ЗАРЯД	1.0	10.4	ВВ	47.4
7	4	80	58	19.8	ЗАБОЙКА	0.0	3.1		
8					ЗАРЯД	3.1	19.8	ВВ	83.8
9	5	80	60	19.2	ЗАБОЙКА	0.0	8.0		
10					ЗАРЯД	8.0	19.2	ВВ	56.0
11	6	80	63	18.6	ЗАБОЙКА	0.0	1.0		
12					ЗАРЯД	1.0	18.6	ВВ	88.6
13	7	80	66	18.1	ЗАБОЙКА	0.0	3.1		
14					ЗАРЯД	3.1	18.1	ВВ	75.5

Рис. 10. Формирование отчета по вееру

После проектирования вееров существует возможность получения отчета по количественным и качественным показателям как в отбиваемом веере, так и во всей камере [7–9].

Инструменты Micromine позволяют произвести графическое и числовое сопоставление плана с фактом. В дальнейшем результат сравнения позволит добиться улучшения качества взрывных работ, уменьшения потерь и разубоживания, повлиять на параметры БВР (рис. 11).

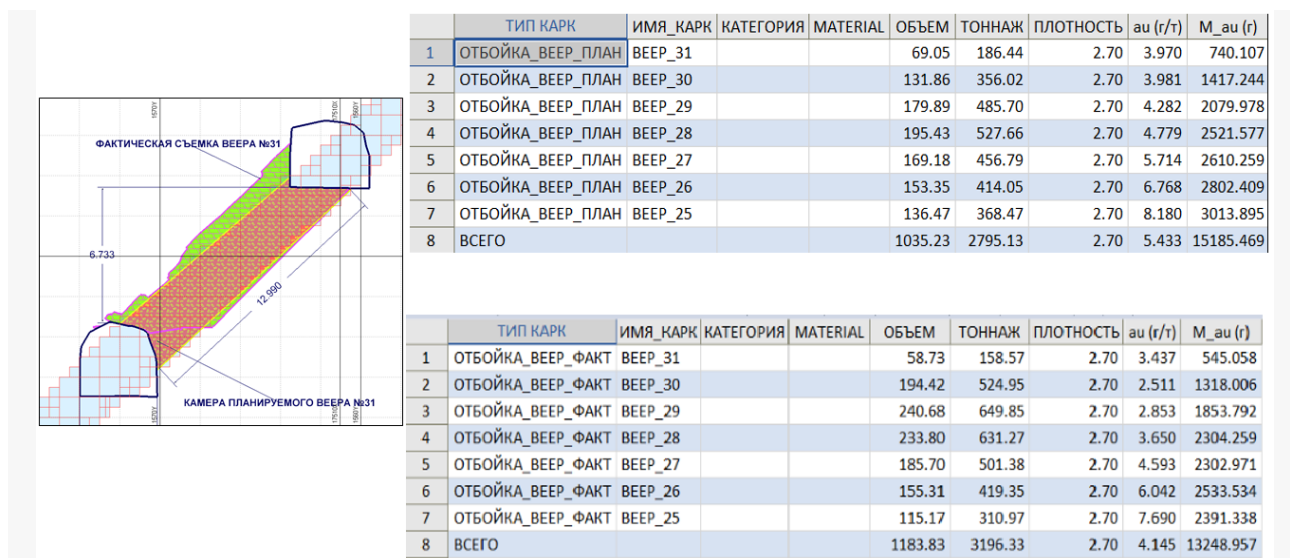


Рис. 11. Сопоставление план/факт по веерам

Некоторое современное буровое оборудование имеет возможность автоматического позиционирования. Для экспорта данных на буровой станок в Micromine существуют инструменты, передающие информацию в формате IREDES. При этом оператор буровой установки в случае необходимости может вносить коррективы в запроектированный веер непосредственно на месте ведения буровых работ. После того, как веер будет обурен, специалист может импортировать данные о фактическом положении скважин в Micromine.

Также стоит отметить, что ГГИС Micromine обладает широким функционалом для вывода данных на печать проектов БВР необходимой структуры и выполненные в единой системе координат [5–10].

Результаты проектирования оформляются через стандартные инструменты проектирования файла печати, которые интегрированы в модуль Micromine Ядро. Шаблон, созданный на основании подстановок, подхватывает сгенерированные таблицы – координаты и названия пивот точек (точки поворота стрелы станка), параметры скважин на веере (диаметр, угол, интервалы заряда/ забойки, расчет количества взрывчатки, задержка взрыва), обзорную информацию (пробуренный метраж, площадь веера и проч.).

Все поля сгенерированных таблиц являются опциональными и настраиваются пользователем, то есть можно автоматически настроить точность значений

(количество знаков после запятой в таблицах для каждого параметра), что, ускоряет процесс оформления файла печати [2–4].

Подстановками файла печати можно автоматически «вытаскивать» имя веера, масштаб, дату и прочие характеристики такие как имя базы данных вееров в файл печати (рис. 12).

После проектирования веера его границы, параметры скважин и прочие показатели, можно скопировать вдоль выработки. В процессе проектирования всегда использовался шаг с учетом действительного расстояния по осевой линии выработки, но также имеется возможность делать копирование веера на действительное расстояние.

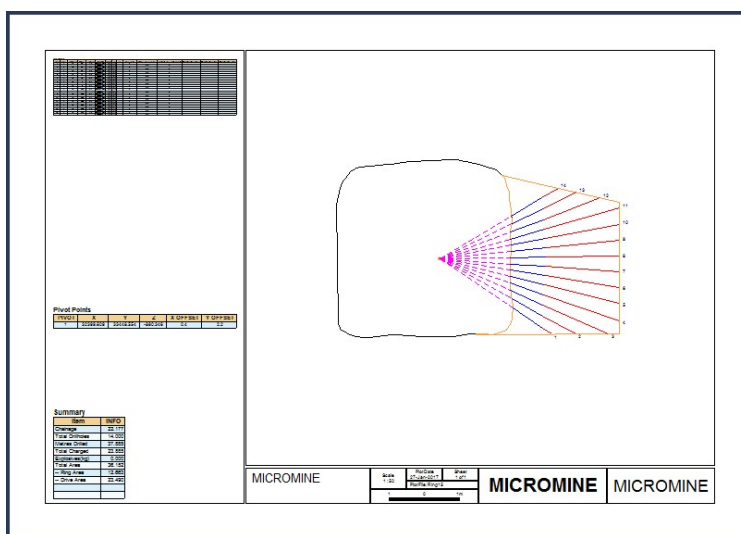


Рис. 12. Создание файла печати веера

По границам вееров создается серия каркасов, в которых можно учесть файл блочной модели или любой точечный файл с содержаниями. В результате создается отчет с расчетом среднего содержания на каркас веера, количества металла, средней плотности, объема (рис. 13) [2–9].

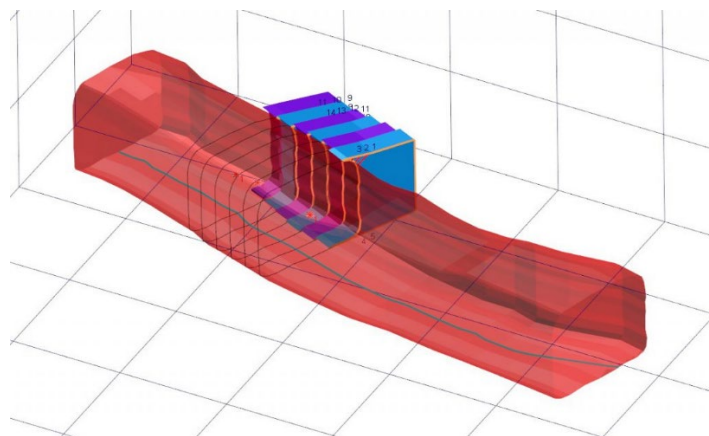


Рис. 13. Создание каркасов по границам вееров для контроля содержаний

Заключение

Кульминацией процесса проектирования вееров является возможность экспорта данных из Micromine в буровое оборудование в формате данных IREDES. На сегодняшний день есть несколько моделей машин, поддерживающих данную возможность. Данные веера передаются на бортовой компьютер машины, схематично отображаясь на экране DCU.

Таким образом, процесс бурения будет происходить по запроектированному в Micromine паспорту, при этом оператор бурового оборудования имеет возможность вмешаться в процесс бурения, корректируя его при необходимости.

Планирование в ГГИС Micromine позволяет получить оптимальную последовательность отработки месторождения, итоговую отчетность по отработанным объемам за заданный период [2–6].

ГГИС Micromine обеспечивает работу с различными геологическими объектами, а при проектировании буровзрывных работ позволяет автоматизировать следующие работы:

- загрузка данных опробования с выбором необходимых компонентов полезного ископаемого, а также фильтрацией по профилям, блокам, типам разведки;

- пополнение базы данных опробования с автоматизированным вычислением координат проб на моделях горных выработок. Автоматизированный ввод координат устьев скважин по данным маркшейдерской съемки;

- визуализация моделей проб, включая: формирование цветовой легенды представления значений содержания компонентов; отображение траекторий скважин и их устьев, наименований скважин/выработок, номеров проб, значений содержаний или других характеристик проб и их наборов;

- формирование моделей разведочных линий с построением соответствующих разрезов;

Подводя итоги, можно сказать, что проектирование буровзрывных работ при помощи современных систем позволяет повысить качество взрывных работ и уменьшить затраты на их выполнение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черагина Д. И. Управления проектами обустройства на примере куста скважины №221 Вынгапурского месторождения // В сборнике: управление социально-экономическими системами: теория, методология, практика сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2 частях. – 2017. – С. 24-27.

2. Басаргин А. А. Создание цифровых моделей месторождений полезных ископаемых с применением современных технологий // Вестник СГГА №1 (25). – 2014 г. – С. 34-40.

3. Басаргин А. А. Методика создания трехмерных геологических моделей месторождений с использованием геоинформационной системы Micromine // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 1. – С. 15–20.

4. Урумов В.А., Босиков И.И. 3d-модель и закономерности распределения полезных компонентов залежи Анненская жезказганского месторождения // Устойчивое развитие горных территорий. – 2015. – т. 7. № 1. С. 11-16
5. Шульга Е. С. Чем порадует 2018 год пользователей программы Micromine // Золото и технологии. – 2017. – № 4 (38). С. 50-53.
6. Осипов В. Л. Определение рудных интервалов при подсчете запасов в программе Micromine // Горные науки и технологии. – 2018. – № 2. С. 23-31.
7. Шевкун Е. Б., Лещинский А. В., Галимьянов А. А. Короткая комбинированная забойка взрывных скважин высокой запирающей способности. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 4. С. 331-336.
8. Свод Правил СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. МИНИСТЕРСТВО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ/М.:2012 г;
9. Нурмухаметова А. Т. 3-х мерное моделирование при подсчете объемов полезного ископаемого // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М. И. Кучина. – Томск, 2017. – С. 582–583.
10. Бесимбаева О. Г., Хмырова Е. Н., Бедарев А. С., Даулетова А. О. Исследование возможности 3D моделирования для маркшейдерского обеспечения ведения горных работ // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 2. – С. 178–183.

© А. А. Басаргин, В. С. Писарев, 2020