

Н. В. Назаренко /к. т. н./, С. Н. Шолох /к. т. н./
ДВНЗ «Криворожский национальный
университет»

Планирование горных работ на карьерах на основе геоинформационных технологий

В статье приводится методика построения оптимальных контуров карьера горнообогатительного комбината на основе использования геоинформационных систем, проанализированы современные программные продукты, а также возможности решения смежных задач. Отмечается возможность построения оптимальных карьеров с точки зрения как экономических, так и горнотехнических критериев. (Ил. 4. Библиогр.: 7 назв.)

Ключевые слова: карьер, горнообогатительный комбинат, перспективное планирование, геоинформационная система, автоматизация планирования.

The method of optimal outlines building of ore-dressing combine open-pit on the basis of geoinformation systems is stated in the article, modern software products, as well as possibilities of related tasks solution are analyzed. The possibility of optimal open-pits building is noted in the view of both economic and mining-technical criteria.

Key words: mine, ore processing plant, long-term planning, geographic information system, planning automation.

Постановка проблемы

Задача перспективного планирования работы карьера железорудного комбината заключается в выборе оптимального варианта развития горных работ на несколько лет, т. е. выборе наилучшего из всех возможных распределений во времени объемов пород и оценке рассматриваемых вариантов на основе объективных критериев.

Анализ исследований и публикаций

Наиболее общим критерием оценки эффективности принятого варианта развития горных работ является приведенный во времени *общий денежный поток* NPV, связанный с разработкой месторождения [3; 6]. Этот критерий учитывает все виды затрат за оцениваемый период, фактор времени, разницу в качестве добываемых из карьера руд, интенсивность отработки месторождения, оптовые цены на продукцию разработки месторождения [3; 7]. Расчеты по этому критерию очень громоздки и во многих случаях не могут обеспечить необходимой надежности результатов, что объясняется трудностью установления надежных исходных стоимостных показателей и несовершенством методов определения системы оптовых цен [1; 2].

Цель работы

В связи с этим возникает потребность в использовании геоинформационной системы (ГИС), подходящей именно для данного предприятия с учетом его специфики и сложившихся традиций в работе [4; 5].

Процесс перспективного планирования на основе использования ГИС структурируется следующими этапами:

- формирование и верификация блочной модели месторождения;
- подготовка технико-экономических данных добычи и переработки горной массы;
- указание горнотехнических факторов отработки месторождения;
- задание дополнительных показателей;
- выбор метода оптимизации контуров карьера и установок отображения результата в графическом поле программы;
- изменение отпускной цены конечного продукта горного предприятия с целью формирования серии вложенных карьеров, отображающих порядок отработки месторождения;
- формирование и анализ отчетных форм.

Изложение основного материала

1. Исходными данными для оптимизации контуров карьера являются *блочная модель и ее настройки* (рис. 1). Это обусловлено наличием методов и алгоритмов обработки такой информации с целью получения конечного результата – контуров карьера, оптимальных с точки зрения экономических показателей его работы. Современные ГИС используют в работе общепринятые в мировой практике модифицированные методы Лерчса – Гроссмана, подвижного конуса, динамического программирования, учитываются геостатистические закономерности.

Сразу после загрузки блочной модели есть возможность ее визуализировать в различных ракурсах: сделать градиентную заливку, указать системы координат, отсортировать отображение блоков по условию (например, только рудные блоки), выбрать необходимый параметр

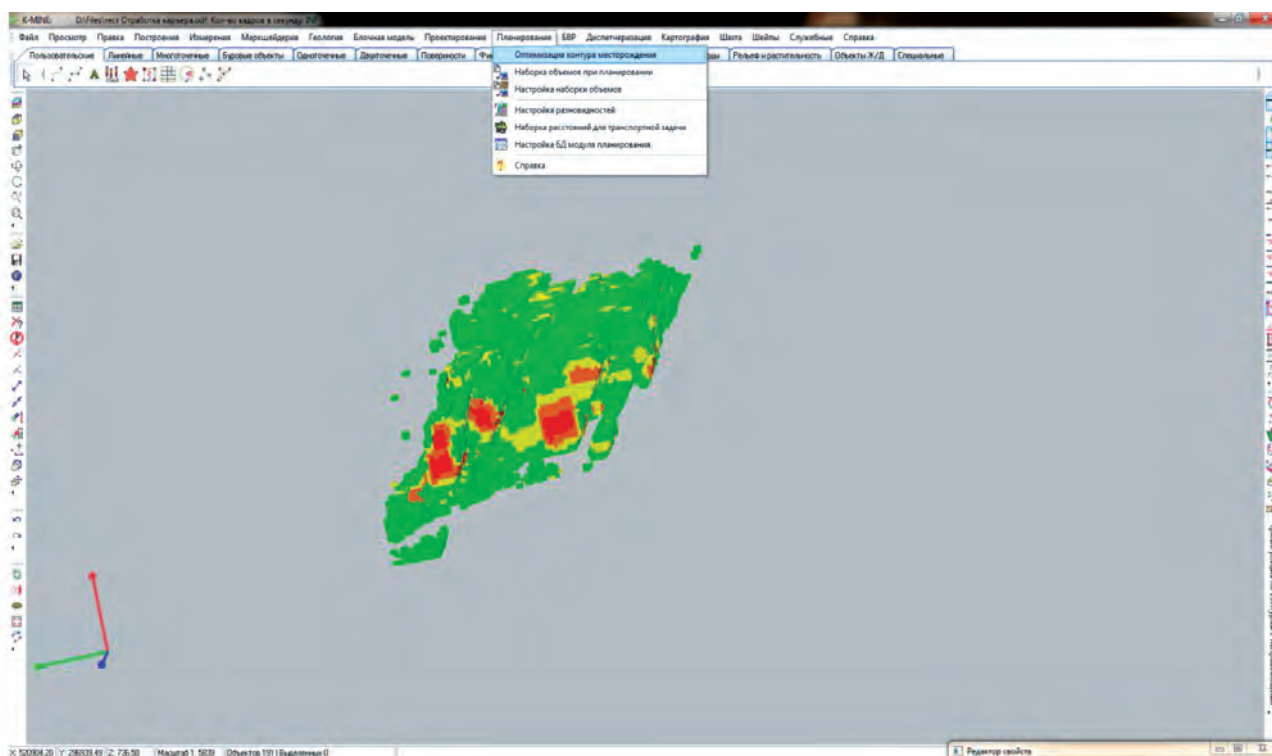


Рис. 1. Блочная модель месторождения (K-MINE)

отображения (отфильтровать ненужные), в результате чего пользователь может выполнить первый прикидочный анализ сформированной блочной модели месторождения, наметить для себя первоочередные области отработки и т. п. Тогда уже на этом этапе процесс создания проекта карьера запускается в первую очередь в голове проектировщика, а затем он сопровождается точными расчетами и моделями.

Созданию блочных моделей карьера уделяется большое внимание. Во-первых, моделей можно загрузить несколько; если в процессе анализа месторождения создано несколько его моделей (по типам пород, по отдельным участкам месторождения и т. п.), то можно подгрузить каждую со своими параметрами, и затем указать, какие из них учитывать при оптимизации контуров карьера. Во-вторых, размеры блоков в полученной совокупности загруженных моделей могут быть разными, но это не скажется на качестве расчета – определенным образом блоки трансформируются с пересчетом их параметров качества руды. Кроме того, в распоряжении проектировщика – редактор вектора свойств блочной модели, позволяющий подготовить данные для расчета оптимальных контуров в абсолютно удобном виде: можно использовать множество математических и логических функций, настройки единиц измерения и денежных единиц и т. п.

2. При подготовке технико-экономических данных добычи и переработки горной массы для каждого блока модели находится экономическая

оценка, показывающая его стоимость для случая добычи и переработки руды из блока, как если бы этот блок отрабатывался индивидуально, без учета его зависимости от взаимного положения других блоков.

При перспективном планировании управляемой величиной является объем разработки горной массы из каждого блока в расчетном году на основе моделирования подвигания фронта горных работ за планируемый период. Моделирование позволяет получить множество горнотехнических показателей будущей отработки карьера: текущее положение забоев, количественный и качественный состав пород в забоях, параметры автомобильных дорог в карьере, внутрикарьерных и внешних железнодорожных путей, качественные показатели руды на перегрузочных пунктах, приемная емкость перегрузочных пунктов и др. Но основным критерияльным показателем, служащим базой для оптимизации работы служб карьера, является приведенный денежный поток NPV. Для осуществления непрерывности планирования необходимо рассчитать средние показатели качества руды, добываемой из каждого блока в расчетном году. Используя удельные показатели, переходят к положительной компоненте NPV – доходу от операционной деятельности. Поэтому следует указать стоимость единицы товарной продукции, полученной из блока, бортовое минимальное содержание руды в породе, содержание руды в концентрате, выход концентрата.

Отрицательная компонента – общие затраты на добычу и переработку руды, зависящие от развития горных работ в карьере, – состоит из следующих статей:

а) эксплуатационные затраты на переработку руды на обогатительных фабриках;

б) эксплуатационные затраты на добычу руды целесообразно представить как сумму затрат:

– на добычу руды, складывающиеся как сумма затрат на экскавацию горной массы и горно-подготовительных (буро-взрывных) работ;

– на транспортирование руды;

– на погашение вскрышных работ.

в) ущерб от увеличения остатков непогашенной вскрыши.

3. При указании горнотехнических факторов отработки месторождения в ГИС можно указать угол наклона борта карьера для произвольного дирекционного азимутального угла, а также отобразить топоповерхность.

4. Задание дополнительных показателей предполагает возможность добавления блоков пустой

породы у боковых и нижних граничных плоскостей блочной модели. Объяснение этой возможности следующее: если блочная модель у своих границ будет содержать блоки с богатой рудой, то алгоритмы расчета могут сформировать контуры, в которые не войдут эти блоки, хотя каких-либо горно-техничко-экономических факторов для этого нет; а при добавлении пустых блоков у пограничных блоков есть шанс попасть внутрь контуров.

5. Результат работы оптимизационных алгоритмов можно увидеть в трех вариантах: набором блоков, изолиний или контуров (рис. 2–4).

Набор изолиний – схема горизонтов карьера, которая может быть взята за основу для построения бровок горизонтов, системы транспортирования горной массы и других параметров проектируемого карьера.

6. При изменении отпускной цены конечного продукта горного предприятия на этапе перспективного планирования формируется серия вложенных карьеров, отображающих порядок отработки месторождения. Для этого указыва-

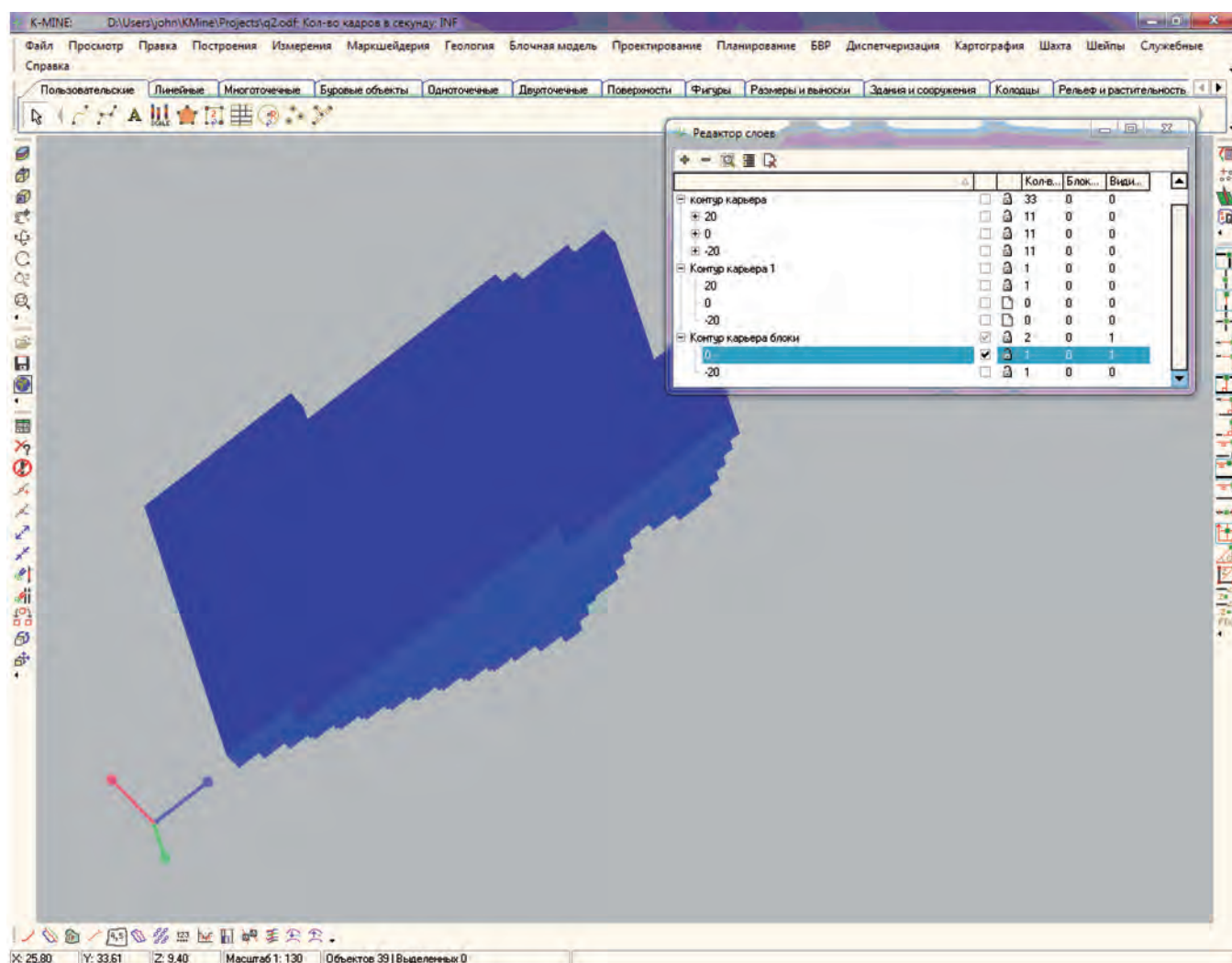


Рис. 2. Отображение результата расчета набором блоков (K-MINE)

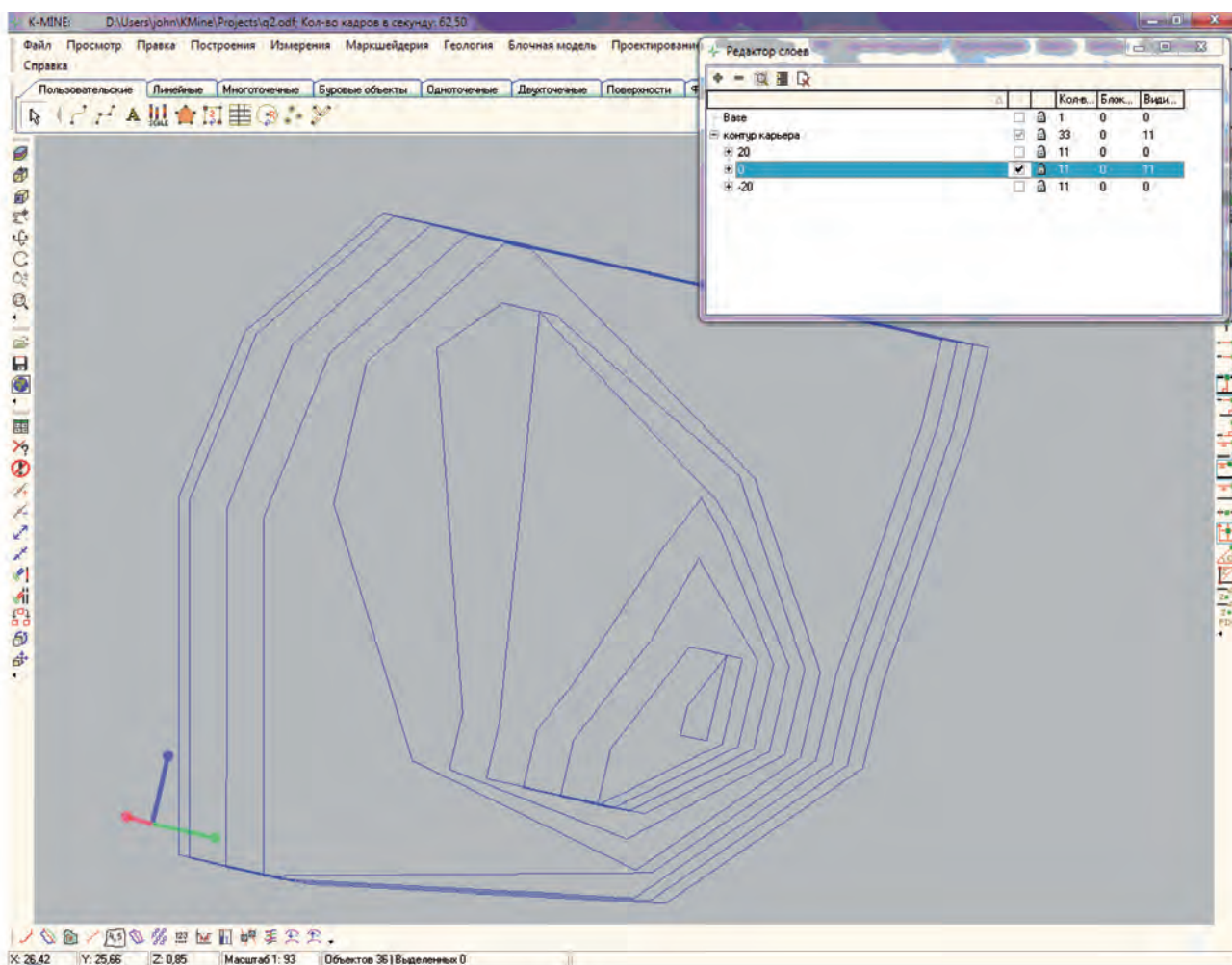


Рис. 3. Отображение результатов расчета набором изолиний (K-MINE)

ют процент (или коэффициент) уменьшения/увеличения цены конечного продукта, получаемый карьер представляется на экране в разных форматах (цвет, прозрачность и т. п.). Следует отметить, что имеется возможность вносить коррекцию во все технико-экономические показатели – как в цену конечного продукта, так и, например, в минимальное бортовое содержание или содержание полезного компонента в конечном продукте.

7. При формировании и анализе отчетных форм пользователю представляется таблица с разбиением данных по условным горизонтам.

На этапе формирования отчетности рассчитывается дисконтированный денежный поток за время отработки месторождения, задаются коэффициент дисконтирования и годовая производительность карьера. При этом ГИС может ориентироваться на годовую производительность карьера как по руде (что обычно используется в практике), так и по горной массе. Имеется возможность варьировать некоторыми величинами (например, годовой мощностью месторождения или периодом эксплуатации месторождения), т. е. изменять их значения, при

этом производится пересчет значений всех взаимосвязанных параметров.

На основе проведенного моделирования подвигания бортов карьера определяется порядок отработки блоков, рассчитываются промежуточные контуры карьера, формируется календарный график добычных и вскрышных работ, сетевой план развития горных работ, строятся графики и диаграммы соотношений экономических и технологических показателей по периодам его работы. Изменение направления развития горных работ вызывает изменение производственной мощности карьера по горной массе, а значит и изменение затрат на разработку месторождения, поэтому дополнительно определяются возможности карьера в развитии производительности, а также оценивается надежность в обеспечении необходимых объемных показателей при неподтверждении некоторых данных (например, качественных показателей).

Выводы и перспективы последующих работ

1. Современные ГИС имеют в своем арсенале инструментарий решения большинства за-

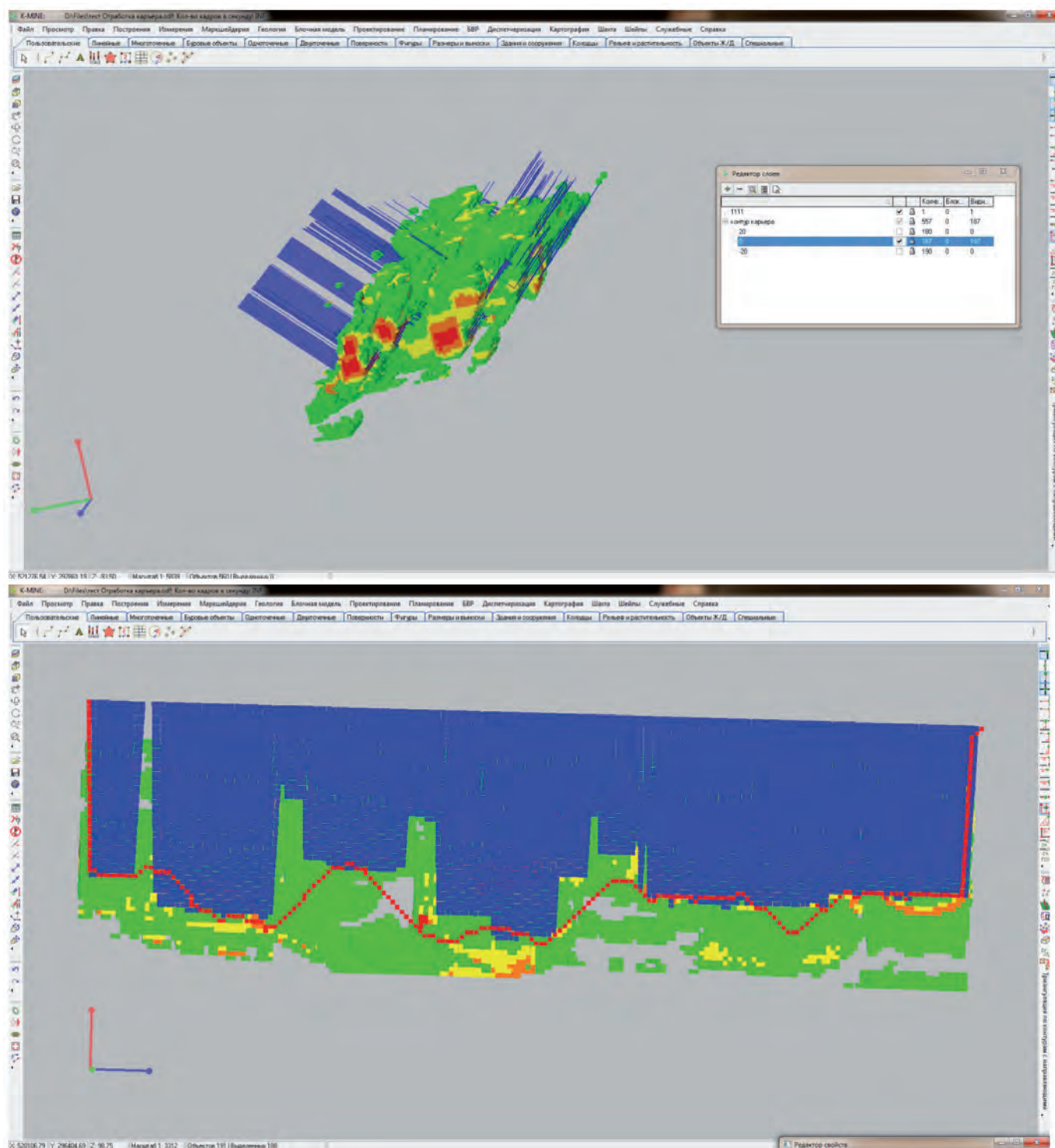


Рис. 4. Отображение результатов расчета набором контуров (K-MINE)

дач автоматизированного перспективного планирования работы карьера горнообогатительного комбината.

2. Моделирование работы карьера может осуществляться как на основе экономических, так и горнотехнических параметров, что позволяет получить оптимальный план отработки карьера на ближайшую перспективу. При этом методология построения оптимального карьера мо-

жет включать разные временные интервалы, от 1 месяца до 3–5 лет.

3. Дальнейшее развитие автоматизированного планирования может включать модули прогнозирования колебаний рыночных цен на конечную продукцию горнообогатительных комбинатов, моделирование работы горнотранспортного оборудования, более детальный учет пропорций, включаемых в отработку разновидностей полезных ископаемых.

Библиографический список

1. Арсентьев А. И. Планирование развития горных работ в карьерах / А. И. Арсентьев, Г. А. Советов [и др.]. – М.: Недра, 1972.
2. Компьютеры и системы управления в горном деле за рубежом / Ю. П. Астафьев, А. С. Зеленский, Н. И. Горлов [и др.]. – М.: Недра, 1989.
3. Капутин Ю. Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика / Ю. Е. Капутин. – СПб.: Недра, 2002.
4. www.geovia.com/products/MineSched879
5. kai.ua/ru/products/k-mine
6. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий с открытым

способом разработки месторождений полезных ископаемых. Ч. 1. Горные работы. Ликвидация горнодобывающих предприятий. Технико-экономическая оценка и показатели. СОУ-Н МПП 73.020-078-1:2007. Издание официальное. – Киев, Министерство промышленной политики Украины, 2007.

7. Nazarenko M. V. Correlation model of enrichment process creation / M. V. Nazarenko, N. V. Nazarenko // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – Vol. 6.

Поступила 18.04.2016



УДК 622.647.2

Производство

С. О. Попов /д. т. н./, С. И. Малиновская /к. т. н./
Криворожский национальный университет
Г. К. Данилина /к. т. н./,
Ю. А. Малиновский /к. т. н./, С. Н. Козырев
ПАО НИПИ «Механобрчермет»

Некоторые особенности тяговых расчетов конвейерных поездов со стационарными приводами

Конвейерные поезда являются перспективным видом транспорта для применения в глубоких шахтах и карьерах. Рассмотрена конструктивная схема таких поездов и особенности их взаимодействия с путевой структурой. Приведены зависимости для определения производительности, тяговых усилий приводных станций, мощностей для приводных станций, трассы конвейерного поезда, а также приведенной мощности всей системы транспортирования с учетом работы поездов в режимах тяги и толкания. (Ил. 3. Библиогр.: 4 назв.)

Ключевые слова: конвейерный поезд, шахта, карьер, сырье, пневмошинный привод, линейный электродвигатель.

Conveyor trains are a perspective type of transport for application in deep mines and pits. The constructive scheme of such trains and peculiarities of their interaction with traveling structure is considered. Dependences for determination of performance, traction efforts of driving stations, capacities for driving stations, routes of the conveyor train, and also the given capacity of all system of transportation taking into account work of trips in the modes of draft and pushing are given.

Key words: conveyor train, mine, open pit, raw materials, pneumo bussed gear, line electric motor.

Актуальность вопроса

Конвейерные поезда представляют совокупность одноосных вагонеток, установленных на рельсовой путевой структуре, связанных между собой шарнирными сцепками. Для того чтобы конвейерный поезд на путевой структуре был кинематически неизменяемой системой, обычно передняя вагонетка состава выполняется двухосной. Движение таких подвижных составов в большинстве случаев осуществляются за

счет приводов, стационарно установленных на путевой структуре. Такая транспортная система удобна в использовании, потому что исключает наличие контактной сети. При установке приводного двигателя в специальном или взрывобезопасном исполнении конвейерные поезда могут быть применены на горизонтальных и наклонных трассах как угольных, так и рудных шахт, а также как специальный транспорт глубоких карьеров.