

А.В. Проценко, Ж.Б. Байров, Г.С. Федотов, Л.Г. Зартенова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В МЕТОДИКЕ СРЕДНЕСРОЧНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ В ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ MICROMINE

Аннотация. Применение горно-геологических информационных систем получает все большее распространение на современных горных предприятиях, поэтому грамотное использование функционала программных комплексов и разработка соответствующих методик является очень важной и актуальной проблемой. Описана методика среднесрочного планирования подземных горных работ на примере меднорудного месторождения с камерно-столбовой системой отработки в горно-геологической информационной системе Micromine. Особое внимание уделено учету различных экономических показателей при определении последовательности и технологии отработки месторождения. Представлен перечень необходимых данных для реализации данной методики при планировании подземных горных работ в программном продукте Micromine. Использование предлагаемой методики позволяет на этапе планирования определить основные технико-экономические показатели, а также оценить эффективность выбранного направления ведения горных работ. Приведены иллюстрации результатов работы разработанной методики, а также представлены примеры отчетной документации в горно-геологической информационной системе Micromine.

Ключевые слова: горно-геологическая информационная система, Micromine, планирование, экономические показатели, рудник, оптимизация, организация производства.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-8-0-208-216

Планирование — это процесс подготовки управленческого решения о порядке ведения работ в пространстве и времени, основанный на использовании эффективных методов комплексного анализа текущих сведений о положении горных работ, геологических данных и имеющихся ресурсах, с целью достижения ключевых показателей, обеспечения максимальной прибыли и минимальных затрат в рамках утвержденного проекта [1].

Применение горно-геологических информационных систем (ГИС) при текущем и оперативном планировании горных работ позволяет на основе циф-

ровой модели месторождения, которая включает в себя блочную модель рудного тела с содержанием полезного компонента, а также каркасы проектных и фактических горных выработок, планировать проходческие и очистные работы на основании заданных экономических параметров. Определяющими факторами, как правило, при этом являются объемы добычи, содержание металлов, производительность ресурсов и другие горно-геологические и технологические параметры.

При планировании в среднесрочной и долгосрочной перспективах, необходимо рассматривать экономические пока-

затели (производственная себестоимость по основным переделам, доход и т.д.) и их оптимизацию как основу разработки и принятия программ развития. В этом случае стоимостные показатели в информационной модели горного плана должны определяться в виде функциональных зависимостей, учитывающих такие факторы, как время, конъюнктура рынка, ввод или вывод технологических мощностей и другое.

В программном обеспечении Micromine (ПО Micromine), на базе выполнения ряда проектов по проектированию и среднесрочному планированию для горнодобывающих предприятий с подземной разработкой медных месторождений, разработана методика, обеспечивающая требуемый уровень точности учета экономических факторов и расчета стоимостных показателей.

Формирование плана горных работ на период более года осуществляется с разбивкой по месяцам, но содержание работ в рамках месяца имеет более глубокую детализацию и включает все основные технологические операции, точную привязку к месту ведения работ, учитывает все технологические ограничения применяемой системы отработки.

Один из проектов выполнен для месторождения, включающего в себя не-

сколько рудопроявлений. Рудные залежи представлены пластовыми, ленточными и линзовидными телами с весьма изменчивой мощностью и неравномерным распределением полезных компонентов.

Согласно утвержденному проекту, на месторождении используется камерно-столбовая система отработки.

Для разработки плана развития горных работ, в качестве исходных данных, были приняты:

- геологическая модель ресурсов, актуализированная с учетом данных рудного контроля;
- маркшейдерский факт горных выработок;
- запланированные участки по проходке и добыче.

Алгоритм планирования представляет собой последовательность стандартных действий, выполняемых горным инженером в ПО Micromine. Используя инструменты Горного модуля, строятся каркасы проходческих выработок и добычных камер, согласно принятым проектом параметров и норм по объемам работ и сечений, добычных камер и проходческих выработок (сечение выработок 20×20 м).

На этом этапе каждой выработке присваиваются номер, тип и наименование,

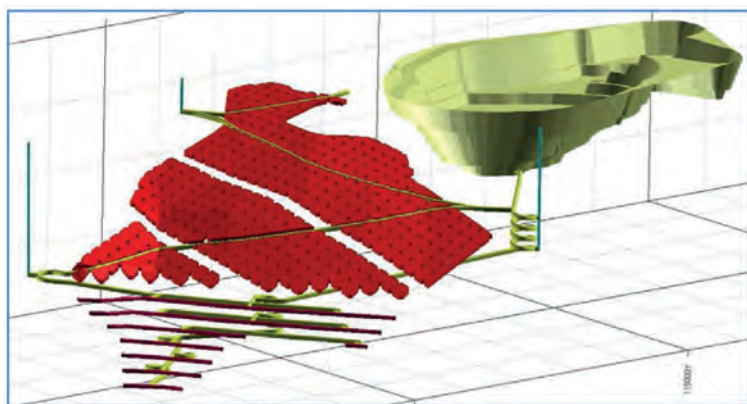


Рис. 1. Трехмерная модель рудника
Fig. 1. Three-dimensional model of mine

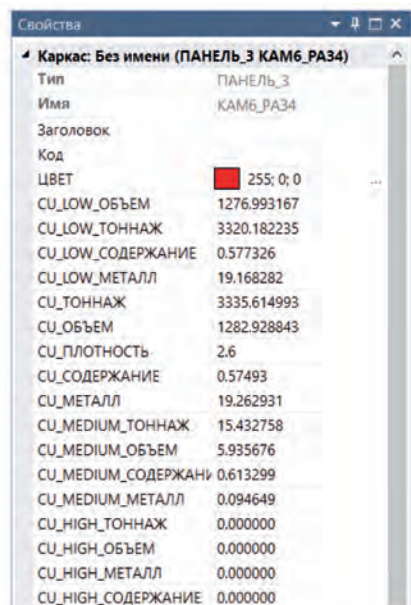


Рис. 2. Свойства каркаса добычной камеры
Fig. 2. Properties of frame of extraction room

согласно проекту отработки месторождения.

Используя модуль Каркасное моделирование, для каждой камеры и проходческой выработки вычисляются и автоматически присваиваются значения показателей по содержанию добываемых компонентов в руде, объему, тоннажу балансовой и товарной руд, объему металлов и другое.

Вычисленные значения могут быть использованы для анализа и принятия промежуточных решений.

Следующий этап подготовки данных выполняется в модуле Планировщик, где горный инженер вручную или автоматически, с учетом ограничений применяемой системы отработки, формирует последовательность проходки выработок, отработки камер и других работ, рассматриваемых в рамках планирования.

ТИП	КАРК	КАМ	КАТ	МАТ	ОБЪЕМ	ТОННАЖ	ПЛОТНОСТЬ	CU_IPD(%)	M_CU_IPD (t)	PB_IPD(%)	M_PB_IPD (t)	ZN_IPD(%)	M_ZN_IPD (t)
29	МАТЕРИАЛ			CU	25197.92	65514.60	2.60	1.194	781.953	0.001	0.328	0.001	0.328
30	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА38	МАТЕРИАЛ	CU	1506.54	3917.01	2.60	2.896	113.428	0.001	0.020	0.001	0.020
31	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА38	МАТЕРИАЛ	CU_LOW	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
32	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА38	МАТЕРИАЛ	CU_MEDIUM	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА38	МАТЕРИАЛ	CU_HIGH	1506.54	3917.01	2.60	2.896	113.428	0.001	0.020	0.001	0.020
34	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА38	ВСЕГО		1506.54	3917.01	2.60	2.896	113.428	0.001	0.020	0.001	0.020
35	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА37	МАТЕРИАЛ	CU	1423.38	3700.79	2.60	2.943	108.902	0.001	0.019	0.001	0.019
36	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА37	МАТЕРИАЛ	CU_LOW	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА37	МАТЕРИАЛ	CU_MEDIUM	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА37	МАТЕРИАЛ	CU_HIGH	1423.38	3700.79	2.60	2.943	108.902	0.001	0.019	0.001	0.019
39	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА37	ВСЕГО		1423.38	3700.79	2.60	2.943	108.902	0.001	0.019	0.001	0.019
40	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА36	МАТЕРИАЛ	CU	1362.52	3542.56	2.60	1.449	51.344	0.001	0.018	0.001	0.018
41	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА36	МАТЕРИАЛ	CU_LOW	48.63	126.44	2.60	0.573	0.725	0.001	0.001	0.001	0.001
42	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА36	МАТЕРИАЛ	CU_MEDIUM	236.37	614.57	2.60	0.856	5.259	0.001	0.003	0.001	0.003
43	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА36	МАТЕРИАЛ	CU_HIGH	1077.52	2801.55	2.60	1.619	45.361	0.001	0.014	0.001	0.014
44	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА36	ВСЕГО		1362.52	3542.56	2.60	1.449	51.344	0.001	0.018	0.001	0.018
45	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА35	МАТЕРИАЛ	CU	1309.96	3405.91	2.60	0.580	19.739	0.000	0.017	0.000	0.017
46	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА35	МАТЕРИАЛ	CU_LOW	1289.60	3352.96	2.60	0.578	19.395	0.001	0.017	0.000	0.017
47	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА35	МАТЕРИАЛ	CU_MEDIUM	20.37	52.95	2.60	0.650	0.344	0.001	0.000	0.001	0.000
48	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА35	МАТЕРИАЛ	CU_HIGH	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА35	ВСЕГО		1309.96	3405.91	2.60	0.580	19.739	0.000	0.017	0.000	0.017
50	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА34	МАТЕРИАЛ	CU	1236.71	3215.45	2.60	0.576	18.528	0.001	0.016	0.001	0.016
51	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА34	МАТЕРИАЛ	CU_LOW	1236.71	3215.45	2.60	0.576	18.528	0.001	0.016	0.001	0.016
52	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА34	МАТЕРИАЛ	CU_MEDIUM	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
53	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА34	МАТЕРИАЛ	CU_HIGH	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
54	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА34	ВСЕГО		1236.71	3215.45	2.60	0.576	18.528	0.001	0.016	0.001	0.016
55	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА33	МАТЕРИАЛ	CU	906.17	2356.03	2.60	0.620	14.601	0.000	0.012	0.000	0.012
56	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА33	МАТЕРИАЛ	CU_LOW	279.05	725.52	2.60	0.575	4.171	0.000	0.004	0.000	0.004
57	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА33	МАТЕРИАЛ	CU_MEDIUM	627.12	1630.51	2.60	0.640	10.430	0.001	0.008	0.001	0.008
58	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА33	МАТЕРИАЛ	CU_HIGH	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
59	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА33	ВСЕГО		906.17	2356.03	2.60	0.620	14.601	0.000	0.012	0.000	0.012
60	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА32	МАТЕРИАЛ	CU	1053.16	2738.21	2.60	0.651	17.820	0.001	0.014	0.001	0.014
61	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА32	МАТЕРИАЛ	CU_LOW	97.85	254.41	2.60	0.568	1.446	0.001	0.001	0.001	0.001
62	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА32	МАТЕРИАЛ	CU_MEDIUM	955.31	2483.80	2.60	0.659	16.374	0.001	0.012	0.001	0.012
63	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА32	МАТЕРИАЛ	CU_HIGH	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
64	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА32	ВСЕГО		1053.16	2738.21	2.60	0.651	17.820	0.001	0.014	0.001	0.014
65	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА31	МАТЕРИАЛ	CU	846.85	2201.82	2.60	0.711	15.648	0.001	0.011	0.001	0.011
66	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА31	МАТЕРИАЛ	CU_LOW	9.32	24.23	2.60	0.520	0.126	0.000	0.000	0.000	0.000
67	ПАНЕЛЬ_3	КАМ7_РА31	МАТЕРИАЛ	CU_MEDIUM	822.16	2137.61	2.60	0.707	15.120	0.001	0.011	0.001	0.011

Рис. 3. Отчет по тоннажу и содержанию для выработки
Fig. 3. Report on tonnage and grades per room

Построение последовательностей охватывает как горизонтальные, так и вертикальные перемещения фронта работ (горизонтальные — последовательности камер в границах обрабатываемой панели, вертикальные — переход с одного горизонта на другой). При этом обязательным условием является не только соблюдение технологических ограничений. Также учитываются требования обеспечения безопасных условий ведения работ, согласованность с другими планами по обновлению и пополнению парка техники, подготовке вентиляции, энергообеспечения и других необходимых коммуникаций.

В построенные последовательности должны быть включены все подлежащие обработке камеры и выработки. Таким образом, в плане работ исключается возможность обработки элемента, если не завершена обработка предыдущего, если этого требует проект, технологический регламент или какое-либо другое ограничение. Для среднесрочного или долгосрочного планирования такой детализации достаточно. При изменении

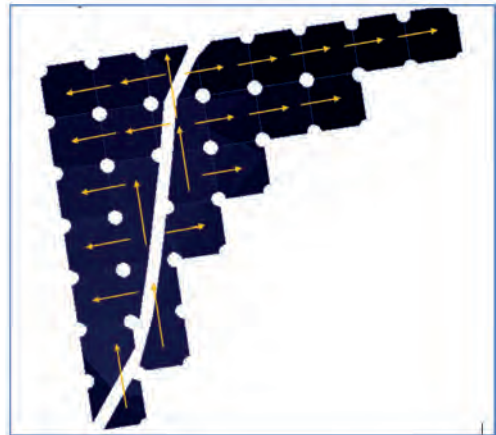


Рис. 4. Горизонтальная последовательность в границах одной панели

Fig. 4. Horizontal sequence within an extraction panel

очередности, включении или исключении элементов, происходит автоматический пересчет продолжительности ведения работ и, следовательно, сдвиг сроков обработки всех последующих элементов, логически и технически связанных с измененными элементами/элементом. При планировании в рамках меньших временных горизонтов горный инженер мо-

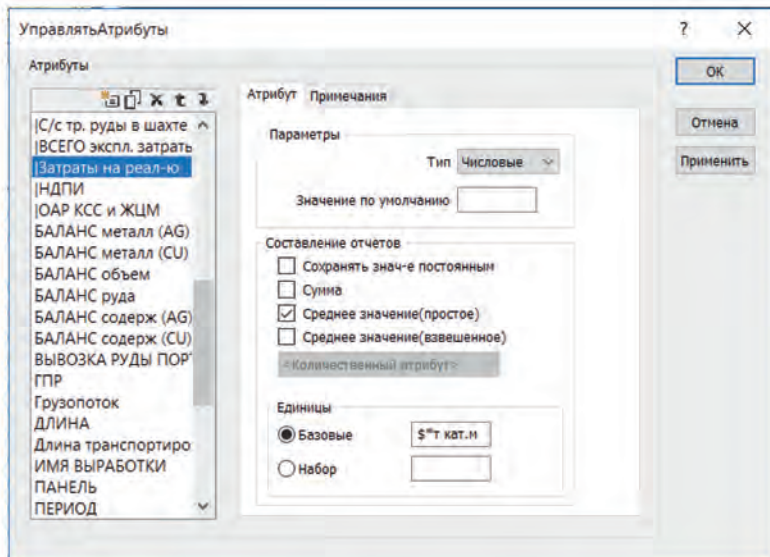


Рис. 5. Создание и управление атрибутами задач

Fig. 5. Creation and control of problem attributes

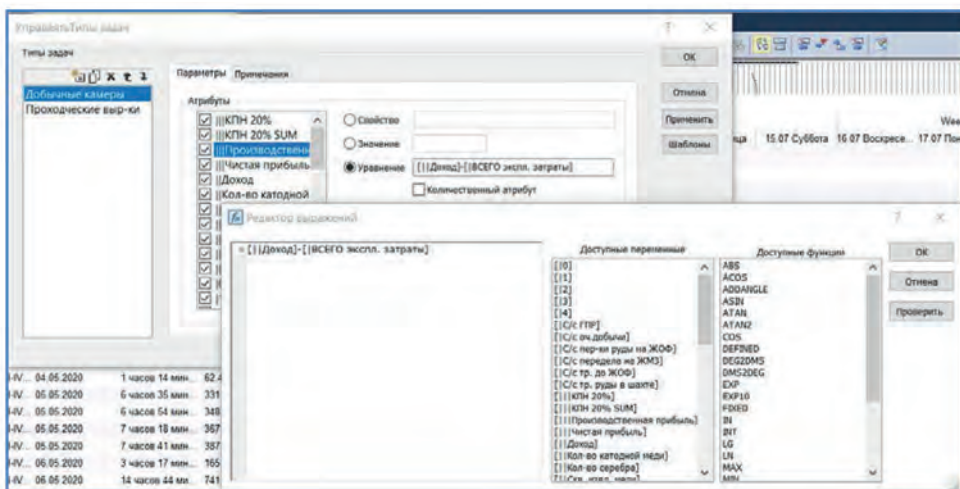


Рис. 6. Настройка атрибутов задач
Fig. 6. Setting of problem attributes

жет управлять датой начала отработки структурного элемента, количеством горного оборудования на участке/горизонте ведения горных работ, а также его расстановкой и производительностью.

Для обеспечения автоматического вычисления плановых показателей, на следующем этапе выбираются и/или создаются атрибуты задач (объем, тоннаж, потери, разубоживания и т.д.). Другими словами, происходит увязка ранее присвоенных атрибутов каркасов с атрибутами в модуле Планировщик.

ПО Micromine позволяет использовать для оценки и оптимизации плана горных работ экономические показатели, такие как постоянные и переменные затраты по переделам (добыча, ГПР, обогащение, металлургия, реализация, транспортировка), производственная прибыль, доход от реализации, чистая прибыль и т.д. Для этого должны быть созданы соответствующие атрибуты и заданы алгоритмы для их вычисления.

Для вычисления показателя, например, себестоимость ГПР, должна быть задана соответствующая функциональная зависимость (формула). Для этого можно использовать накопленные статисти-

ческие данные, такие, как данные бюджетов прошлых лет, бухгалтерская отчетность, отчеты по реализации и т.п. Если собственных данных в компании нет, можно использовать отчетности других компаний, использующих, например, аналогичные системы обработки. Кроме этого, может быть задана принятая априори формула вычисления. Для каждого показателя можно определить условия, по которым применяется определенный алгоритм вычисления. Чтобы получить вычисленную оценку по каждой камере или выработке, в функциональную зависимость должны быть включены в качестве аргументов атрибуты камер.

Настройки атрибутов и параметров оптимизации календарного плана могут быть сохранены в Формах и в последующем использованы в качестве готовых шаблонов для других проектов. Это значительно упрощает и ускоряет выполнение наиболее трудоемкого и сложного этапа планирования.

Завершающим этапом является оптимизация календарного плана. На данном этапе задаются целевые показатели. Как правило, это производительность и содержание полезного компонента в то-

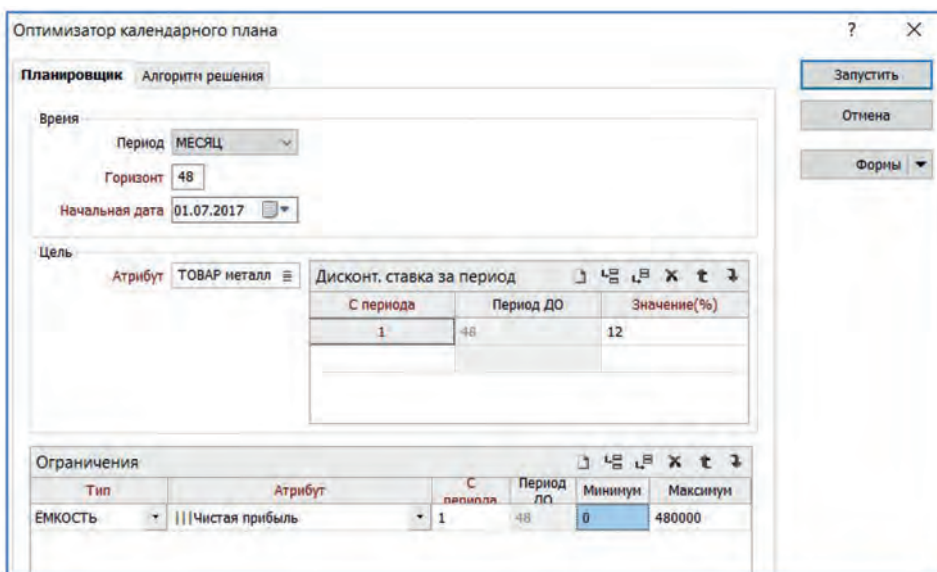


Рис. 7. Определение целевого показателя Чистая прибыль
Fig. 7. Target value determination. Net profit

варной руде. При среднесрочном планировании в качестве целевого показателя можно указать, например, чистую прибыль. Однако, пользователь может выбрать любой ранее заданный атрибут в зависимости от поставленных задач. Показатели вычисляются по каждой структурной единице, и с учетом заданных ограничений осуществляется процедура

оптимизации и перераспределения последовательностей автоматического сформированного календарного плана. Для этого необходимо определить соответствующие настройки календаря, указать рабочие и нерабочие дни, начальные даты работ, период времени, соответствующий шагу построения календарного плана, ограничения по задачам. Как

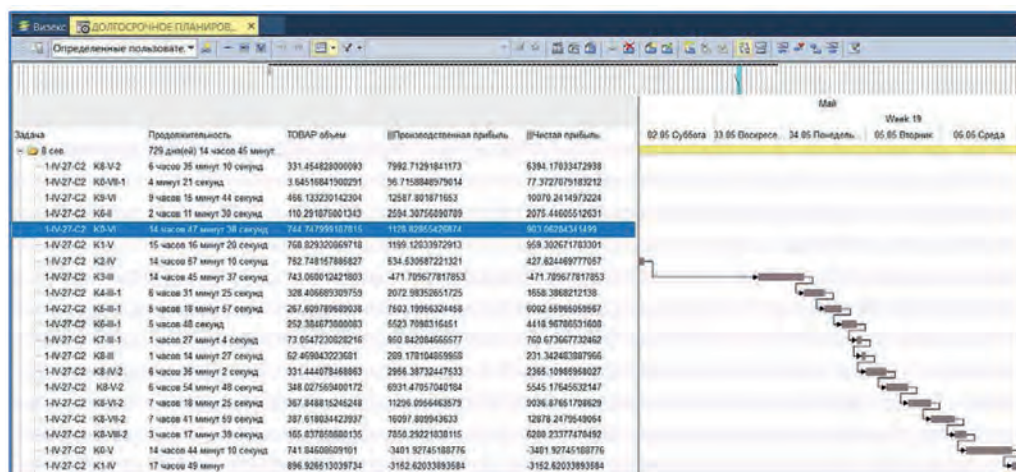


Рис. 8. Планограмма ведения горных работ по месяцам в ПО Micromine
Fig. 8. Planogram of mining operations per months in Micromine

результат программа распределяет ресурсы равномерно для выполнения текущих плановых показателей.

Благодаря наличию различных опций отчетности, включая пространственные и временные рамки, интегрированного анимированного 3D просмотр последовательности отработки, отображения отчетности в режиме реального времени и схем зависимости в окне диаграммы Ганта, горный инженер имеет возможность проанализировать и быстро оценить результаты планирования. При получении неудовлетворительных результатов, процедура планирования может быть многократно повторена с необходимыми корректировками с помощью инструментов настроек задач, атрибутов и ограничений.

Однако, следует учитывать, что эффективная оптимизация планирования горных работ возможна только при наличии единого геоинформационного пространства, включающего постоянно уточняемую по мере отработки геологическую модель рудника, маркшейдерскую информацию, состав и состояние горно-транспортного оборудования, экономические показатели и т.д. Такой подход призван поддерживать процессы интеграции методов планирования в корпо-

ративную горно-геологическую систему информационной поддержки разработки рудника. Кроме того, это дает возможность на всем протяжении деятельности производства осуществлять оперативное пополнение данных, формирование горно-графической документации, согласованное взаимодействие между подразделениями в режиме безбумажной технологии, а также получение в автоматизированном режиме достаточного количества справочных и аналитических сводок, отражающих текущее состояние всех технологических переделов, достигнутые в их работе темпы и динамику с учетом использованных ресурсов [2].

В заключение можно сказать, что преимуществом разработанной методики является обеспечение возможности на стадии горного планирования и проектирования определить основные технико-экономические показатели и дать детализированную оценку целесообразности отработки включенных в план камер и блоков. Это позволяет уменьшить расхождения с результатами финансовых планов и гарантировать реалистичность и исполнимость принимаемых планов за счет достаточной детализации используемой информационной модели месторождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капутин Ю. Э. Системы контроля содержаний (Grade control) на горных предприятиях. — СПб.: Недра, 2012. — 330 с.
2. Проценко А. В., Байров Ж. Б., Зартенова Л. Г., Проценко Н. В. Алгоритм оперативного планирования на рудниках с использованием ПО MICROMINE. Экономика и управление в XXI веке: Тенденции развития / Сборник материалов XXXVII Международной научно-практической конференции. — Новосибирск: ООО «Центр развития научного сотрудничества», 2017. — С. 143—149.
3. Проценко А. В., Зартенова Л. Г. Внедрение современных технологий в планирование горных работ в ТОО «Корпорация Казахмыс», Республика Казахстан / Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых: сборник материалов 11 Международной научной школы молодых ученых и специалистов. — М.: ИПКОН РАН, 2014. — С. 337—340.
4. Официальный сайт Micromine [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.micromine.ru/micromine-mining-software> (дата обращения: 01.05.2018).
5. Капутин Ю. Е. Информационные технологии планирования горных работ (для горных инженеров). — СПб.: Недра, 2004. — 334 с.
6. Капутин Ю. Е. Повышение эффективности управления минеральными ресурсами горной компании (геологические аспекты). — СПб.: Недра, 2013. — 246 с.

7. Rendu J. M. 2014. An introduction to cut-off grade estimation. Second edition (SME). 159 p.
8. Poniewierski J. 2016. Negatively Geared Ore Reserves — A Major Peril of the Break-even Cut-off Grade. (Project Evaluation 2016 / Adelaide, SA, 8–9 March 2016): 1–12 p.
9. Jack de la Vergne 2014. Hard Rock Miner's Handbook. Edition 5. 314 p.
10. John Chadwick April 2017. International mining. Tomorrow's underground mine. 10–28 p.
11. Ломоносов Г.Г. Производственные процессы подземной разработки рудных месторождений — М.: Изд-во «Горная книга», 2013. — 517 с.
12. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Комбинированная разработка рудных месторождений. — М.: Изд-во «Горная книга», 2012. — 344 с. **ПАЗ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Проценко Анастасия Владимировна¹ — аспирант,
Байров Жасхан Берикович — горный инженер-консультант,
ТОО «Майкромайн Центральная Азия»,
Федотов Григорий Сергеевич¹ — аспирант,
Зартенова Людмила Геннадьевна — кандидат технических наук, доцент, академик МАИ,
менеджер проекта «По внедрению системы Cognos», ТОО «Корпорация Казахмыс»,
¹ НИТУ «МИСиС», e-mail: ud@msmu.ru.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 8, pp. 208–216.

Use of economic indicators in medium-term mine planning in geological and mining information system Micromine

Protsenko A.V.¹, Graduate Student,
Bayrov Zh.B., Mining Engineer Consultant, LLP «Micromine Central Asia», Almaty, Kazakhstan,
Fedotov G.S.¹, Graduate Student,
Zartenova L.G., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Project Manager
«For implementation of Cognos system», «Kazakhmys Corporation» LLP, Karaganda, Kazakhstan,
¹ National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia, e-mail: ud@msmu.ru.

Abstract. Geological and mining information systems enjoy increasingly wider application at modern mines, and expert use of functions of bundled software as well as development of the appropriate procedures is thus a very important and topical problem. The article describes the medium-term underground mine planning procedure in geological and mining information system Micromine in terms of a copper deposit under development using the room-and-pillar method. An emphasis is laid on accounting for various economic indicators when determining mining sequence and technology. The list of required data for implementing the procedure in underground mine planning in Micromine is presented. The proposed procedure allows the key performance indicators and the selected mining advance efficiency to be identified and evaluated at the stage of mine planning. The effect of the developed procedure is illustrated and the examples of report documentation in geological and mining information system Micromine are given.

Key words: geological and mining information system, Micromine, planning, economic indicators, mine, optimization, production engineering.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-8-0-208-216

REFERENCES

1. Kaputin Yu. E. Sistemy kontrolya sodержaniya (Grade control) na gornyykh predpriyatiyakh [Grade control in mines], Saint-Petersburg, Nedra, 2012, 330 p.
2. Protsenko A. V., Bayrov Zh. B., Zartenova L. G., Protsenko N. V. Algoritm operativnogo planirovaniya na rudnikakh s ispol'zovaniem PO MICROMINE. Ekonomika i upravlenie v XXI veke: Tendentsii razvitiya [Algorithm of operational mine planning with Micromine program support. Economy and control in the 21st century: Development trends]. *Sbornik materialov XXXVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Novosibirsk: OOO «Tsentri razvitiya nauchnogo sotrudnichestva», 2017, pp. 143–149. [In Russ].
3. Protsenko A. V., Zartenova L. G. Vnedrenie sovremennykh tekhnologiy v planirovanie gornyykh rabot v TOO «Korporatsiya Kazakhmys», Respublika Kazakhstan [Introduction of advanced technologies in mine

planning at Kazakhmys Corporation, Republic of Kazakhstan]. *Problemy osvoeniya nedr v KHKHI veke glazami molodykh: sbornik materialov 11 Mezhdunarodnoy nauchnoy shkoly molodykh uchenykh i spetsialistov*, Moscow, IPKON RAN, 2014, pp. 337–340. [In Russ].

4. Official site Micromine, available at: <http://www.micromine.ru/micromine-mining-software> (accessed 01.05.2018).

5. Kaputin Yu. E. *Informatsionnye tekhnologii planirovaniya gornykh работ (dlya gornykh inzhenerov)* [Information technologies for mine planning (for mining engineers)], Saint-Petersburg, Nedra, 2004, 334 p.

6. Kaputin Yu. E. *Povyshenie effektivnosti upravleniya mineral'nymi resursami gornoy kompanii (geologicheskie aspekty)* [Increase in efficiency of mineral resources management at a mining company (geological aspects)], Saint-Petersburg, Nedra, 2013, 246 p.

7. Rendu J. M. 2014. *An introduction to cut-off grade estimation*. Second edition (SME). 159 p.

8. Poniewierski J. 2016. *Negatively Geared Ore Reserves — A Major Peril of the Break-even Cut-off Grade*. (Project Evaluation 2016 / Adelaide, SA, 8–9 March 2016): 1–12 p.

9. Jack de la Vergne 2014. *Hard Rock Miner's Handbook*. Edition 5. 314 p.

10. John Chadwick April 2017. *International mining. Tomorrow's underground mine*. 10–28 p.

11. Lomonosov G. G. *Proizvodstvennye protsessy podzemnoy razrabotki rudnykh mestorozhdeniy* [Productive processes in underground ore mining], Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2013, 517 p.

12. Kaplunov D. R., Ryl'nikova M. V. *Kombinirovannaya razrabotka rudnykh mestorozhdeniy* [Hybrid open pit/underground ore mining], Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2012, 344 p.



РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ (№ 1151/08-18, № 1152/08-18 от 07.06.2018 г.; 11 с.)

Карпенко Сергей Михайлович¹ — кандидат технических наук, доцент,

Зайтов Амаль Шавкатович¹ — магистрант,

¹ МГИ НИТУ «МИСиС».

Приведены результаты моделирования процессов календарного планирования энергообследований и финансового анализа программ энергосбережения на промышленных предприятиях. Сформулирован перечень необходимых исходных данных для построения графика Ганта, в который вошли задачи и условия проведения энергоаудита, количество и специализация исполнителей, наличие средств инструментальных измерений и др. Выполнен пример построения календарного графика проведения энергообследования в среде MS Project. Приведены положения финансового моделирования программы энергосбережения и результаты расчета чистого дисконтированного дохода и срока окупаемости. Проведен анализ рисков и чувствительности с учетом возможных отклонений инвестиций, ставки дисконта и годовой экономии.

Ключевые слова: методы моделирования, управление энергосбережением, промышленные предприятия, календарное планирование, графики Ганта, финансовый анализ, программа энергосбережения, срок окупаемости, анализ рисков и чувствительности.

APPLICATION OF METHODS OF MODELLING OF PROCESSES ENERGY SAVING MANAGEMENT AT INDUSTRIAL ENTERPRISES

Karpenko S.M.¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,

Zaitov A.Sh.¹, Master's Degree Student,

¹ Mining Institute, National University of Science and Technology «MISIS», 119049, Moscow, Russia.

The article presents the results of modeling the processes of calendar planning of energy studies and financial analysis of energy saving programs in industrial enterprises. Formulates a list of necessary input data for plotting Gantt, which included the objectives and the conditions of the audit, the number and specialization of performers, the availability of means of instrumental measurements, etc. Made an example of the construction of the schedule of carrying out investigation in MS Project. The main provisions of the financial modeling of the energy saving program, as well as the results of calculating the net discounted income and payback period are presented. The analysis of risks and sensitivity taking into account possible deviations of investments, discount rates and annual savings.

Key words: modeling method, energy saving management, industrial enterprise, scheduling, Gantt charts, financial analysis, saving program, payback, risk and sensitivity analysis.