

ЕДИН ПОДХОД ЗА СЪСТАВЯНЕ НА КЛАСИФИКАЦИЯ НА СИСТЕМИТЕ НА РАЗРАБОТВАНЕ ПРИ ПОДЗЕМЕН ДОБИВ НА РУДНИ НАХОДИЩА

Георги
Михайлов

Минно-геоложки
университет "Св.И
ван Рилски"
София 1700,
България

Резюме

Предлага се подход, с помощта на който всяка система на разработване може да се изрази с конкретна логическа формула. За целта се съставя алтернативен граф, който отчита алтернативите на елементите на добивната технология. С помощта на логическа формула се определя общата последователност на елементите, които трябва да изградят технико-икономическия модел на всяка добивна технология. Тази стъпка е определяща в процедурата за технико-икономическо сравняване и избор на оптимална добивна технология за конкретни природни условия.

В практиката на подземното разработване на рудни находища са известни значителен брой класификации на системите и добивните технологии. В различните региони, както и в различни периоди са използвани различни признаци, въз основа на което днес са известни над 50 класификации. Всяка една от тях по различен начин формулира множеството със сходни елементи, което в крайна сметка се нарича клас системи на разработване. С усъвършенстване на механизацията на производствените процеси се забелязва изменение в тенденциите за избор на класификационен признак или признаци при създаване на дадена класификация. Голямата степен на изменчивост на природните фактори и ниската степен на механизация през 30^{те} години на изминалия век са предпоставка за създаване на класификации, обединяващи над 200 различни начини на разработване на находищата. Подходът е един и същ – изграждане на структури, състоящи се от класове, групи, варианти, подварианти на системи на разработване. От известните класификации следва да се отбележи класификацията на М. И. Агошков. Тя е създадена въз основа на признака **състояние на добивното пространство**. Широко приложение намира класификацията на Р. П. Каплунов. Тя е изградена на признака **управление на скалния натиск**. Класификацията на В. Р. Именитов се основава на **начина на поддържане на добивното пространство** при изземване на рудата. В западната литература (главно американски, английски, австралийски източници) понятието система на разработване обикновено се свързва с процедурата за избор на оптимален вариант на добивна технология. Класификацията на Hartman разглежда съвместно откритото и подземно разработване на находищата. Тя се основава на разделянето на системите на разработване на класове и подкласове, като за всеки от тях се посочва методът на

разработване и видът на добиваното полезно изкопаемо. Класификацията на Morrison се основава на геомеханичните аспекти и по-конкретно на възможностите за акумулиране на енергията на деформациите в масива. От тази гледна точка се определя начинът на поддържане на добивното пространство: без крепеж; с крепеж; със запълнение; с целици.

Nicholas определя приложимите системи на разработване с помощта на бална оценка. Той въвежда коефициента на тежест при отчитане на различните фактори: форма на рудното тяло, характеристика на скалите в горницето и долницето, разпределението на полезните компоненти в рудата.

Д. М. Бронников развива въпроса за класификацията на системите и избор на оптимална технология, като във вид на систематизирана таблица се посочват минно-техническите условия с особена важност: **устойчивост на страничните скали, устойчивост на рудата, ценност на рудата**. Това са трите признака, които определят множеството на приложимите системи за всяка комбинация между тях. Това е една от съвременните гледни точки за изграждане на класификация, използваща едновременно няколко признака.

Най-малко две са характерните особености, които трябва да се вземат под внимание при съставяне на класификация на системите на разработване на сегашния етап.

Първо.

Конструкцията на машините за извършване на производствените процеси в добивния забой достигат до съвършенство, което позволява да бъдат адаптивни към голямата степен на изменчивост на природните условия

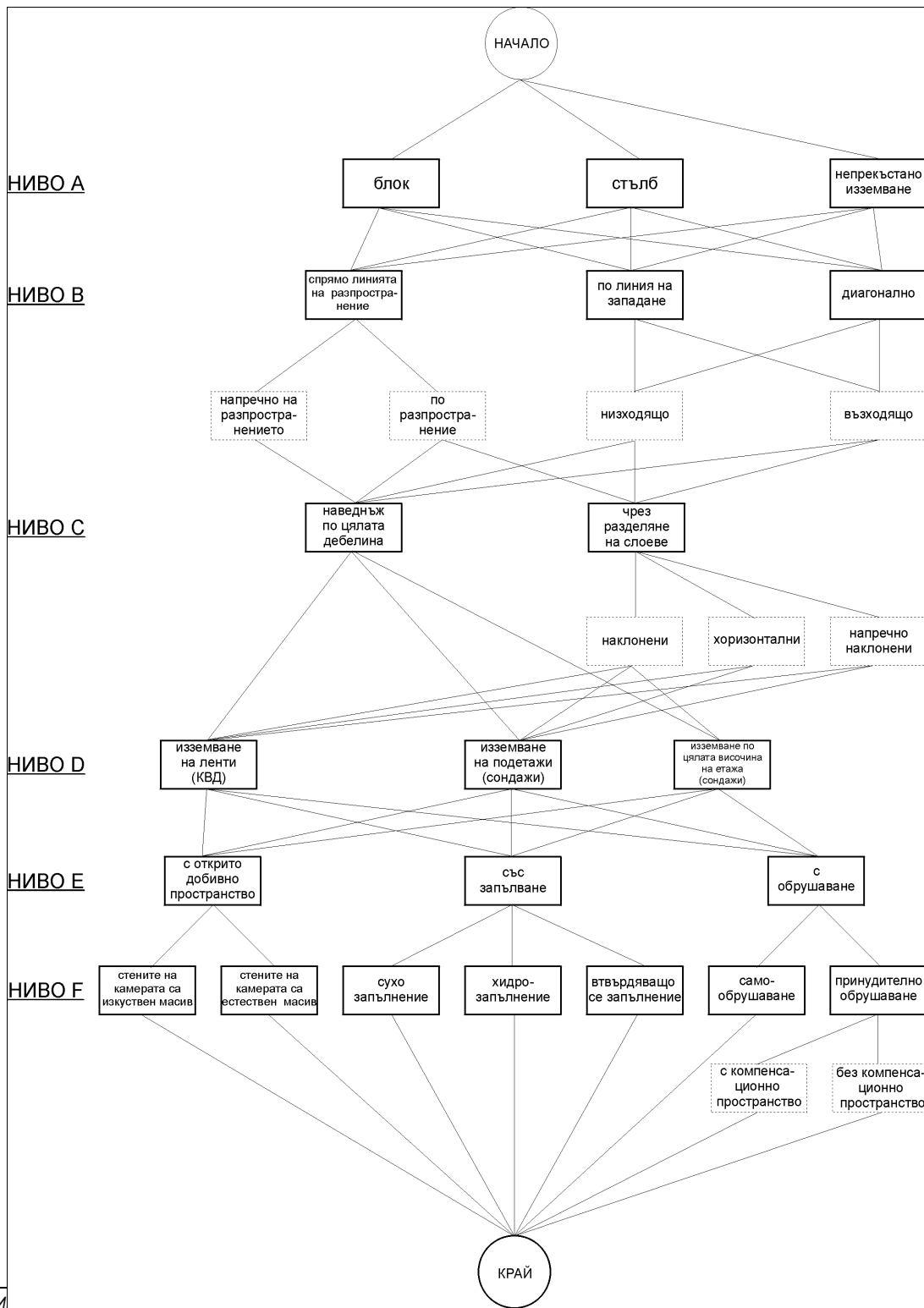
(дебелина на рудното тяло, ъгъл на наклона, устойчивост на рудата и страничните скали). Вече не е необходимо да се изграждат класификации, състоящи се от много класове за да има по-пълно съответствие между признаците, по които са съставени и реалните природни фактори.

Второ.

Съвременните софтуерни и хардуерни продукти създават практически неограничени възможности за идентификация на всяка добивна технология. Проблемът е в извеждане на факторите с най-голяма тежест, за да не се обременява ненужно търсенето на оптималното решение. От тази гледна точка използването на граф с

подходяща архитектура може да послужи за основа при подреждане на признаците, въз основа на които ще се описва дадена добивна технология.

Задачата се свежда до определяне на броя на нивата N и броя на алтернативите на всяко ниво M_n . На фиг.1 е показана конструкцията на алтернативен граф. Чрез него се представя структурата на елементите, формиращи същността на системата на разработване. Алтернативният граф се състои от шест нива, т.е. $N = 6$. Шестте нива определят класификационните признаци, по които се изгражда предлаганата класификация на системата на разработване. Те се подреждат в следната последователност.



ГОДИ

УРОВНИ

Фигура 1.

- Ниво А.** Вид на основната производствена единица за извършване на добивните работи.
- Ниво В.** Посока на развитие на минните работи в границите на производствената единица.
- Ниво С.** Начин на изземване на рудата спрямо дебелината на рудното тяло.
- Ниво D.** Начин на изземване на рудата спрямо геометрията на производствената единица.
- Ниво Е.** Състояние на добивното пространство в процеса на изземване на рудата.
- Ниво F.** Технически средства за формиране на състоянието на добивното пространство.

Например логическата формула на системата на разработване със запълване на добивното пространство и използване на хидрозапълнение, съгласно класификацията на М. И. Агошков, ще се запише:

$$A1 \wedge B2b \wedge C1 \wedge D1 \wedge E2 \wedge F4$$

В случая знакът “ \wedge ” означава конюнкция (логическо умножение) на следните логически променливи:

- A** - изземване в границите на добивния блок;
- 1**
- B** - изземването е по линията на западане във възходящ ред;
- 2**
- b**
- C** - изземване наведнъж по цялата дължина;
- 1**
- D** - изземването в добивния блок е на ленти с къси взривни дупки;
- 1**
- E** - добивното пространство се запълва;
- 2**
- F** - запълването на добивното пространство е с хидрозапълнение
- 4**

Обобщаващите параметри на алтернативния граф са посочени в табл.1. За означаване на алтернативите и поднивата се възприемат следните правила. Поредният номер на алтернативите на всяко ниво се намира в интервала 1, M_N . Така например в **Ниво С. Начин на изземване на рудата спрямо дебелината на рудното тяло** са възможни две алтернативи, т.е. $M_3 = 2$: Изземване наведнъж по цялата дебелина, **C1**; изземване чрез разделяне на слоеве, **C2**. Максималният брой на алтернативите в поднивата е три (вж. табл.1). Те се означават със символите **a**, **b**, **c**. Например в Ниво С. Посока на развитие на минните работи в границите на производствената единица ($M_2 = 3$), съществува подниво, което се описва със следните алтернативи: изземване по западане в низходящ ред, **B2a**; изземване по западане във възходящ ред, **B2b**; изземване диагонално в низходящ ред, **B3a**; изземване диагонално във възходящ ред, **B3b**.

Таблица 1

№ по ред	Означение на нивата	Алтернативи		Брой алтернативи в поднивата
		брой	означение	
1	Ниво А $\Rightarrow N = 1$	3	$M_1 = 3$	-
2	Ниво В $\Rightarrow N = 2$	3	$M_2 = 3$	4
3	Ниво С $\Rightarrow N = 3$	2	$M_3 = 2$	3
4	Ниво D $\Rightarrow N = 4$	3	$M_4 = 3$	-
5	Ниво Е $\Rightarrow N = 5$	3	$M_5 = 3$	-
6	Ниво F $\Rightarrow N = 6$	7	$M_6 = 7$	2

Нивата на алтернативния граф представляват класификационните признаци, въз основа на които се изгражда класификацията на системите на разработване. В случая техният брой е $N = 6$. Следва да се отбележи, че аналогичен подход не е използван при съставяне на подобна класификация. Известна е класификацията на О. А. Байконуров, който възприема матричния запис, но там броят на елементите е два, съответстващ на броя на стълбовете и редовете в съставената таблица.

За описание на формиращото се множество от възможни комбинации по отделните членове на алтернативния граф са използвани методите на логическата алгебра.. С тях се превеждат на машинен език общите уравнения на производствените процеси, техническите и технологични решения, в зависимост от техните локални параметри. Всяка една от разглежданите системи, съгласно структурата на алтернативния граф, може да се запише със своята логическа формула.

Използването на шест класификационни признака едновременно показва, че болшинството от досега известните класификации би следвало да са съвместими с предлаганата в тази статия. Отчитайки броя на нивата, поднивата, алтернативите (локалните параметри на променливите), несъвместимите връзки броят на включените в класификацията системи е над 1000. Това число покрива приложимите системи на разработване в реалните природни условия.

Предлаганата класификация на системите на разработване притежава няколко предимства, които се свежда до:

- създават се предпоставки за генериране на нови технологични решения, които не са разработени, но с развитие на минната механизация неизменно ще се стигне до тях;
- на практика се разглеждат многостадийни добивни технологии, а не само комбинирани системи както е в повечето до сега известните класификации;
- чрез изменение на конструктивните елементи на системите на разработване може да се извърши оптимизация на размерите на основната производствена единица: добивен блок, добивен стълб, добивно (експлоатационно) поле;
- архитектурата на алтернативния граф, с което се описва класификацията на системите на разработване, позволява да се използва същият подход при понататъшна детайлизация на основните технологии: с открито добивно пространство, със запълване, с обрушаване.

Логическата формула, с която се записва всяка една от системите на разработване дава възможност да се премине към следващата стъпка – създаване на подходящ технико-икономически модел за оценка на ефективността при сравняване на множество приложими технологии в дадени условия.

ЛИТЕРАТУРА

Агошков М. И., Г. М. Малахов, 1966. Подземная разработка рудных месторождений. Москва, Недра, с. 664.

Байконуров О. А., 1969. Класификация и выбор методов подземной разработки месторождений. Алма-Ата, Наука.

Именитов, В.Р., 1984. Процессы подземных горных работ при разработке рудных месторождений. Москва, Недра, с.504.

Актуальные проблемы освоения месторождений и использования минерального сырья . Российская академия наук. Институт проблем комплексного освоения недр. Издательство Московского государственного университета, Москва, 1993, с. 280.

S.M.I. Mining Engineering Handbook 2nd, Edition, Senior Editor Howard L. Hartman, Society for Mining Metallurgy and Exploration, Inc. Littleton, Colorado, 1992.

Предложена за публикуване от катедра
"Подземно разработване на полезни изкопаеми", МТФ

AN APPROACH TO DESIGNING A CLASSIFICATION OF THE UNDERGROUND ORE MINING METHODS

Georgi Mihaylov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski" Sofia 1700, Bulgaria

ABSTRACT

An approach is proposed permitting every mining method to be expressed by a concrete logical formula. For the purpose, an alternative graph is constructed that takes into account the alternative elements of the mining technology. The general sequence of the elements supposed to construct the technical and economic model of each mining technology is determined by means of a logical formula. This is a decisive step in the procedure related to the technical and economic comparison and selection of an optimal mining technology for particular natural conditions.

A great number of classifications of mining methods and technologies are used the underground ore mining practice. In different regions and at different times different features have been used thus resulting in more than 50 known classifications. Each one formulates differently the set of similar elements eventually termed classes of mining methods. With improving the mechanization of the production processes a change can be noted in the tendencies for selecting a classification feature or features in designing a given classification. The large extent of variability of the natural factors and the low degree of mechanization during the 1930s presupposed the design of classifications combining over 200 various ways of mining the mineral deposits. The approach is the same, viz. building structures consisting of classes, groups, variants and subvariants of mining methods. Of the well-known classifications we should note M.I. Agoshkov's classification. It is based on the feature **stope state**. R.P. Kaplunov's classification is widely used. It is built up on the feature **rock pressure control**. V.R. Imenitov's classification is based on the **method of stope maintenance** during the ore extraction. In the western literature (mainly American, British and Australian reference sources) the concept of mining method is usually associated with the procedure for selecting an optimal variant of mining technology. Hartman's classification considers jointly the openpit and underground mining methods. It is based on the subdivision of the mining methods into classes and subclasses and for each one it gives the method of working and type of mineral mined. Morrison's classification is based on the geomechanical aspects, and in particular, the possibilities for accumulating the energy of the rock mass deformations. From this point of view we determine the method of maintaining the stope: without supports; with supports; with filling; with pillars.

Nicholas determines the applicable mining methods by using the weight coefficient H_e he introduces this coefficient to account for various factors: orebody shape, rock characteristics in the hanging and foot walls, distribution of the valuable constituents in the ore.

D.M. Bronnikov elaborates on the question of the classification of mining methods and selection of an optimal mining technology by specifying the mining conditions of particular relevance in the form of a systematized table: **wallrock stability, ore stability, ore value**. These are the three features that determine the set of applicable mining methods for each combination between them. This is one of the modern perspectives for designing a classification that uses several features at the same time.

At least two are the characteristic features that should be taken into account in designing a classification of the mining methods at present.

First.

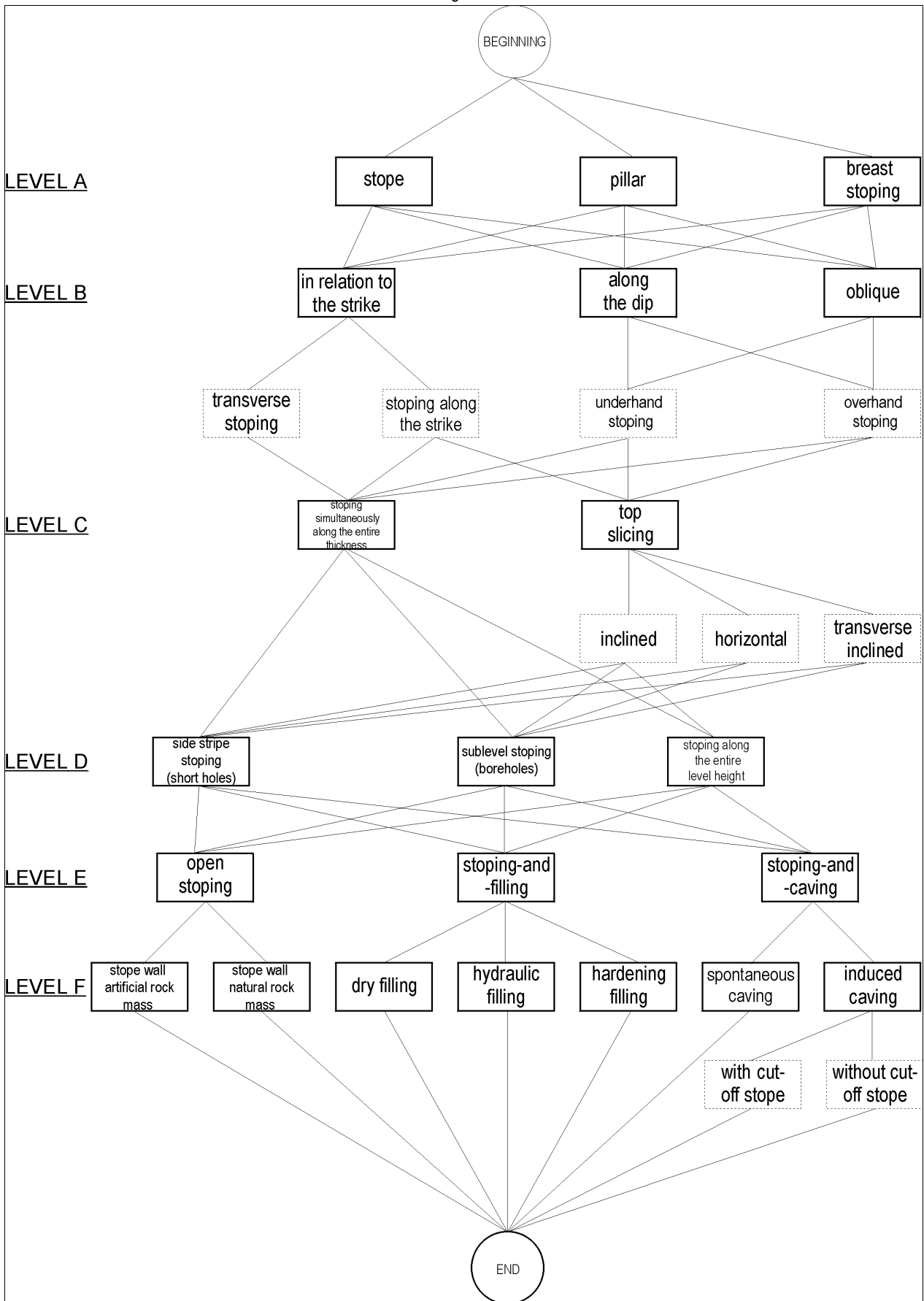
The designs of the machines used for the production processes at the extraction face are very sophisticated thus making them adaptive to the high degree of variability of the natural conditions (orebody thickness, slope angle, ore and wallrock stability). It is not necessary any more to design classifications consisting of many classes in order to achieve complete correspondence between the features on which they are based and the real natural factors.

Second.

Modern software and hardware products create practically unlimited possibilities for identifying every mining technology. The problem is how to derive the factors of greatest weight so as not to burden unnecessarily the search for an optimal solution. From that point of view, the use of a graph with a suitable architecture can serve as a basis for ordering the features to be used in describing the respective mining technology.

The problem is reduced to determining the number of levels N and number of alternatives of each level M_N . Fig. 1 shows the construction of an alternative graph. It represents the structure of the elements constituting the core of the mining method. The alternative graph consists of six levels, i.e. $N = 6$. The six levels determine the classification features on the basis of which we design our classification of mining methods. The levels are ordered in the following sequence:

Figure 1.



Level A. Type of main production unit for performing the mining operations.

Level B. Direction of development of mining operations within the production unit.

Level C. Method of ore extraction with respect to orebody thickness.

Level D. Method of ore extraction with respect to the geometry of the production unit.

Level E. Stope state during ore extraction.

Level F. Computer hardware and software for designing the stope state.

The generalizing parameters of the alternative graph are presented in Table 1. The following rules are adopted for designating the alternatives and sublevels. The serial number of the alternatives for each level is found in the interval 1, M_N . Let us take, for example, **Level C. Method of ore extraction with respect to the orebody thickness**, two alternatives are possible, i.e. $M_3 = 2$. Stopping simultaneously along the entire thickness, **C1**; top slicing, **C2**. The maximum number of alternatives on the sublevels is three (see Table 1). They are designated by symbols **a, b, c**. Let us take the example with level C. In terms of the direction of development of the mining operations within the production unit ($M_2 = 3$) there is a sublevel that is described by the following alternatives: stoping along the dip in a descending order, **B2a**; stoping along the dip in an ascending order, **B2b**; oblique stoping in a descending order, **B3a**; oblique stoping in an ascending order, **B3b**.

Table 1

No	Designation of levels	Alternatives		No of alternatives in the sublevels
		No	Designation	
1	Level A $\Rightarrow N = 1$	3	$M_1 = 3$	-
2	Level B $\Rightarrow N = 2$	3	$M_2 = 3$	4
3	Level C $\Rightarrow N = 3$	2	$M_3 = 2$	3
4	Level D $\Rightarrow N = 4$	3	$M_4 = 3$	-
5	Level E $\Rightarrow N = 5$	3	$M_5 = 3$	-
6	Level F $\Rightarrow N = 6$	7	$M_6 = 7$	2

The levels of the alternative graph are the classification features on which the classification of the mining methods is based. In this case their number is $N = 6$. It should be noted that a similar approach was not used in designing such a classification. Another well-known classification is that of O.A.Baykonurov's. He adopts the matrix recording but the elements are two and correspond to the number of columns and rows in the designed table.

The methods of logical algebra are used to describe the forming set of possible combinations for the separate members of the alternative graph. They are used to translate into machine language the general equations of the production processes, engineering and technological solutions depending on their local parameters. Each system considered, according to the structure of the alternative graph, can be written by its logical formula. For example, the logical formula of stope filling with hydraulic filling, according to M.I.Agoshkov's classification, will be written as follows:

$$A1 \wedge B2b \wedge C1 \wedge D1 \wedge E2 \wedge F4$$

In this case the sign “ \wedge ” means conjunction (logical multiplication) of the following logical variables:

- A** - Extraction within the stope boundaries;
1
- B** - Overhand stoping along the dip;
2
b
- C** - Stopping simultaneously along the entire strike;
1
- D** - Side stripe stoping with short holes;
1
- E** - Stopping-and-filling;
2
- F** - Stopping-and-hydraulic filling;
4

The use of six classification features at the same time shows that most classifications known until now should be compatible with the one proposed in this paper. Taking into account the number of levels, sublevels, alternatives (local parameters of variables), incompatible connections, the number of methods involved in the classification amounts to 1000. This number covers the applicable mining methods under real natural conditions.

The proposed classification of mining methods has several advantages that can be reduced to:

- Prerequisites are created for generating new technological solutions that have not been developed yet, but with the development of mining mechanization they will inevitably be resorted to;
- Multi-stage mining technologies are practically considered and not only combined methods as is the case with most classifications known until now;
- By changing the structural elements of the mining methods it is possible to optimize the dimensions of the main production unit: stope, stope pillar, stope (exploitation) field;
- The architecture of the alternative graph by which the classification of the mining methods is described, enables us to use the same approach in the further detailed presentation of the basic technologies: open stoping, stoping-and-filling, stope caving.

The logical formula by which each mining method is written, enables us to move to the next step – constructing a suitable technical and economic model for evaluation of the efficiency in comparing a set of applicable technologies under certain conditions.

REFERENCES

Агoшкoв М. И., Г. М. Малахов, 1966. Подземная разработка рудных месторождений. Москва, Недра, с. 664.

Байконуров О. А., 1969. Класификация и выбор методов подземной разработки месторождений. Алма-Ата, Наука.

Именитов, В.Р., 1984. Процессы подземных горных работ при разработке рудных месторождений. Москва, Недра, с.504.

Актуальные проблемы освоения месторождений и использования минерального сырья . Российская

академия наук. Институт проблем комплексного освоения недр. Издательство Московского государственного университета, Москва, 1993, с. 280.

S.M.I. Mining Engineering Handbook 2nd, Edition, Senior Editor Howard L. Hartman, Society for Mining Metallurgy and Exploration, Inc. Littleton, Colorado, 1992.