

*д.т.н. Окалелов В.Н.,  
к.т.н. Павлов В.И.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **АПРИОРНЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, УЧИТЫВАЕМЫХ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ СЕТЕЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

*Наведена методика обґрунтування переліку факторів, що найбільше впливають на топологію мережі гірничих виробок.*

*Ключові слова: фактори, мережі гірничих виробок.*

*Представлена методика обоснования перечня факторов, которые в наибольшей степени влияют на топологию сети горных выработок.*

*Ключевые слова: факторы, сеть горных выработок.*

Выбор оптимальной сети горных выработок осуществляется с учетом большого объема информации как о технико-экономических показателях их функционирования, так и условиях работы. Выполненный анализ критериев и методов оптимизации СГВ показал, что перечень учитываемых при этом факторов весьма разнообразен. Поэтому возникла необходимость их систематизации с целью выявления наиболее часто учитываемых и оценки возможности получения о них информации на предпроектных стадиях принятия решений. Систематизация осуществлялась применительно к характеру решаемых задач и виду прогнозируемых показателей. В соответствии с этим отдельно рассматривались факторы, которые учитываются при формировании вариантов сетей горных выработок, прогнозировании показателей их функционирования, состояния углевмещающих пород, а также показателей оценки угольных месторождений.

По результатам анализа методов решения указанных задач, установлено, что общее число принимаемых во внимание факторов составило 100, из них геологических и физико-механических – 40, технологических – 50, производственных – 10.

К геологическим и физико-механическим факторам отнесены: промышленные запасы угля ( $Z_{np}$ , т); глубина разработки ( $H$ , м); угол падения пластов ( $\alpha$ , град); мощность пласта ( $m_{пл}$ , м); строение пласта; вязкопластические свойства угля; его сопротивляемость резанию ( $A_p$ , кН/м); объемный вес угля ( $\gamma$ , т/м<sup>3</sup>); относительная метаноносность угольных пластов и метанообильность горных выработок ( $q$ , м<sup>3</sup>/т); об-

водненность ( $\omega$ , м<sup>3</sup>/ч); марочный состав угля; степень агрессивности шахтной воды; эксплуатационная зольность угля ( $A_3^d$ , %); содержание в нем общей серы ( $S_t^d$ , %); рабочая влажность ( $W_t^r$ , %); наличие дизъюнктивных нарушений; наличие пликативных нарушений; опасность пластов по внезапным выбросам, горным ударам, самовозгоранию; наличие ложной кровли и ее мощность ( $m_{л.к}$ , м); гипсометрия пласта; глубина отжима угля ( $v_{ом}$ , м); устойчивость пород непосредственной кровли и почвы; обрушаемость основной кровли; крепость пород по М.М. Протодяконову ( $f$ ); прочность пород на одноосное сжатие ( $\sigma$ , МПа); их литологическая принадлежность; частота трещин ( $\rho$ , шт./м); мощность пород непосредственной почвы ( $m_{н.п}$ , м) и кровли ( $m_{н.к}$ , м); слоистость и фациальная принадлежность пород; мощность пород основной кровли ( $m_{о.к}$ , м); положение лавы в складчатой структуре; расстояние между пластами по горизонтали ( $M_2$ , м); количество разрабатываемых пластов ( $n_{пл}$ ); мощность наносов ( $M_n$ , м).

К технологическим факторам отнесены: способ вскрытия; способ и схема подготовки; система разработки; средства механизации очистных работ; схема и вид подземного транспорта угля; схема проветривания; количество действующих лав ( $n_{д.л}$ ); суммарная протяженность поддерживаемых выработок ( $\Sigma l$ , м); длина лавы ( $l$ , м); количество разрабатываемых горизонтов ( $n_2$ ); уровень концентрации очистных работ; технологическая ценность угля ( $K_{м.у}$ ); скорость крепления лавы ( $V_{кр}$ , м/мин); шаг передвижки секций механизированной крепи ( $v_n$ , м); коэффициент технической производительности комплексномеханизированных забоев ( $k_m$ ); коэффициент машинного времени ( $K_m$ ); ширина захвата исполнительного органа выемочной машины ( $r$ , м); рабочая скорость подачи комбайна ( $V_n$ , м/мин); коэффициент готовности сопряжений ( $\mu_c$ ); суммарная длина ниш ( $l_n$ , м); продолжительность технологических перерывов ( $T_{м.п}$ , мин); длительность прочих простоев в лаве ( $T_{п.п}$ , мин); скорость подвигания лавы ( $V$ , м/сут); направление выемки; продолжительность эксплуатации крепи ( $T_{кр}$ , лет); площадь поперечного сечения выработки в свету ( $S_{св}$ , м<sup>2</sup>); способ проведения выработки; наличие специальных мероприятий при проведении горной выработки; ее тип и вид крепи; длина выемочного участка ( $L_{в.у}$ , м); способ охраны выработки; сцепной вес электровоза ( $P_3$ , т); количество маршрутов ( $n_m$ ); длина маршрута ( $L_m$ , м); количество электровозов ( $n_3$ ); длина транспортирования конвейером ( $L_k$ , м); количество конвейеров ( $n_k$ ); тип ленточного конвейера; средний грузопоток ( $Q$ , т/час); расход воздуха на проветривание шахты ( $Q_в$ , м<sup>3</sup>/с); общешахтная депрессия ( $H_{ш.д}$ , мм.вод.ст); длина магистрального дегазационного трубопровода ( $L_{м.т}$ , м); угол наклона выработки ( $\alpha_{2.в}$ , град); направление проведения

выработки; максимальная длина закладочного трубопровода ( $L_{з.м}$ , м); схема передвижки крепи; минимальное время устойчивости нижних слоев кровли ( $t_{н.к}$ , мин); размеры шахтного поля по падению ( $H_{ш.п}$ , м) и по простиранию ( $S_{ш.п}$ , м).

К производственным факторам отнесены: годовой объем добычи угля ( $A_{ш.г}$ , т/год); среднесуточная добыча угля из лавы ( $A_c$ , т/сут); численность подземных трудящихся по шахте ( $Ш_n$ , чел.); среднесписочная численность рабочих очистного забоя ( $Ш_{о.з}$ , чел.); удельный расход электроэнергии на добычу угля ( $E$ , тыс.кВт-ч/1000 т); трудоемкость очистных работ ( $N_{оч.р}$ , чел.-дней/1000 т); производительность труда ( $П$ , т/чел.мес.); количество смен по добыче ( $n_{см}$ ); количество рабочих дней в году ( $N_z$ , дней); режим работы шахты.

Для каждого из этих факторов рассчитана частота их учета при решении указанных выше задач. Она представляет собой отношение количества методов, в которых встречается тот или иной фактор к общему числу методов, предназначенных для решения соответствующей задачи. По этому показателю выделены три группы: I-я – частота учета более 70%, II-я – от 30 до 70% и III-я – менее 30%.

Распределение факторов по группам показало, что часть одних и тех же из них попадает в разные группы в зависимости от вида решаемой задачи. При этом выявлены факторы, которые, обладая невысокой частотой учета при решении каждой задачи в отдельности, встречаются при решении большого числа видов этих задач.

Отмеченные обстоятельства затруднили ранжирование факторов по их значимости и привели к необходимости разработки дополнительных критериев ее оценки. Предложено два критерия – отношение средневзвешенного ранга фактора к количеству решаемых с его помощью проектных задач ( $K_{ri}$ ) и обратная ему величина, названная коэффициентом весомости фактора ( $K_{vi}$ ).

$$K_{ri} = \frac{\sum_{i=1}^{N_3} (n_i \cdot R_i)}{\sum_{i=1}^{N_3} n_i \cdot N_{zi}}, \quad (1)$$

где  $n_i$  – частота учета  $i$ -го фактора при решении конкретной задачи, дол. ед.;

$R_i$  – ранг  $i$ -го фактора (1 для факторов, вошедших в I-ю группу, 2 – во II-ю и 3 – в III-ю);

$N_{zi}$  – количество задач, решаемых с учетом  $i$ -го фактора;

$N_3$  – общее количество решаемых задач.

$$K_{vi} = \frac{1}{K_{ri}}. \quad (2)$$

Чем меньше значение  $K_{ri}$  для  $i$ -го фактора, тем более высокое место он занимает в ранжированном ряду и, следовательно, является более значимым для решения проектных задач. В то же время, чем больше  $K_{vi}$ , тем более весомым является соответствующий фактор.

По результатам расчетов величин  $K_{ri}$  и  $K_{vi}$  построены гистограммы их распределения, представленные на рисунках 1 и 2.

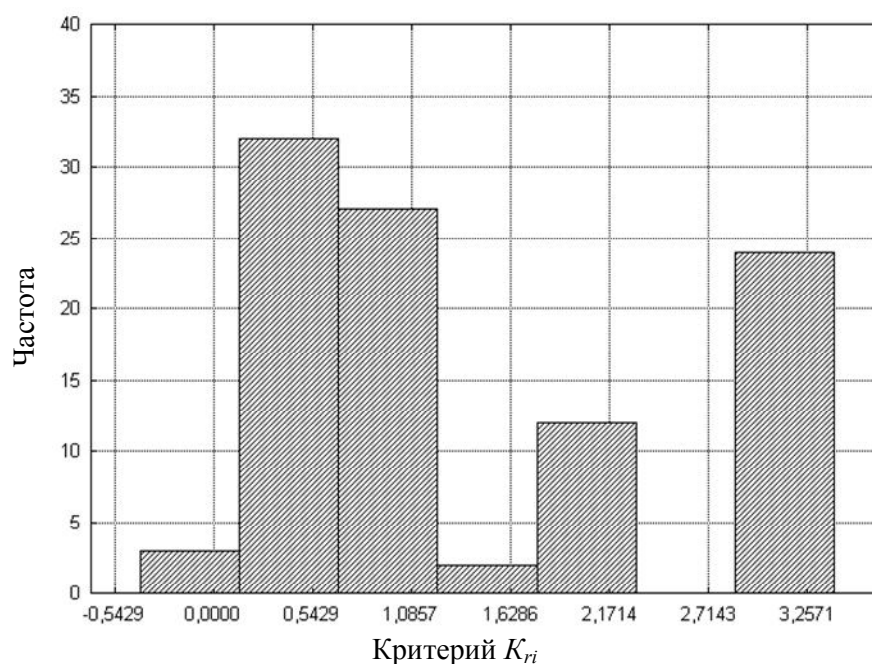


Рисунок 1 – Распределение значений коэффициента рангов факторов

График распределения  $K_{ri}$  указывает на наличие как минимум двух совокупностей его значений, что свидетельствует о совмещении их распределений, каждое из которых должно рассматриваться отдельно [1, 2]. Как видно границей между этими совокупностями значений является величина  $K_{ri}$ , равная 1,34.

После деления исходной выборки на две было установлено, что в первую попало 32 геологических фактора из 40, а во вторую 22 технологических из 50 и 8 производственных из 10-и. Таким образом, 1-я совокупность формируется в основном за счет геологических, а 2-я – технологических и производственных факторов. Поскольку в 1-ю совокупность вошла и часть технологических факторов, то в дальнейшем

выполнена проверка значимости геологических и технологических факторов в пределах этой совокупности. Расчет среднего арифметического значения  $K_{vi}$  для этих групп факторов показал, что для геологических оно составляет 0,522, а для технологических – 0,792. Таким образом, геологические факторы в среднем более значимы, чем технологические.

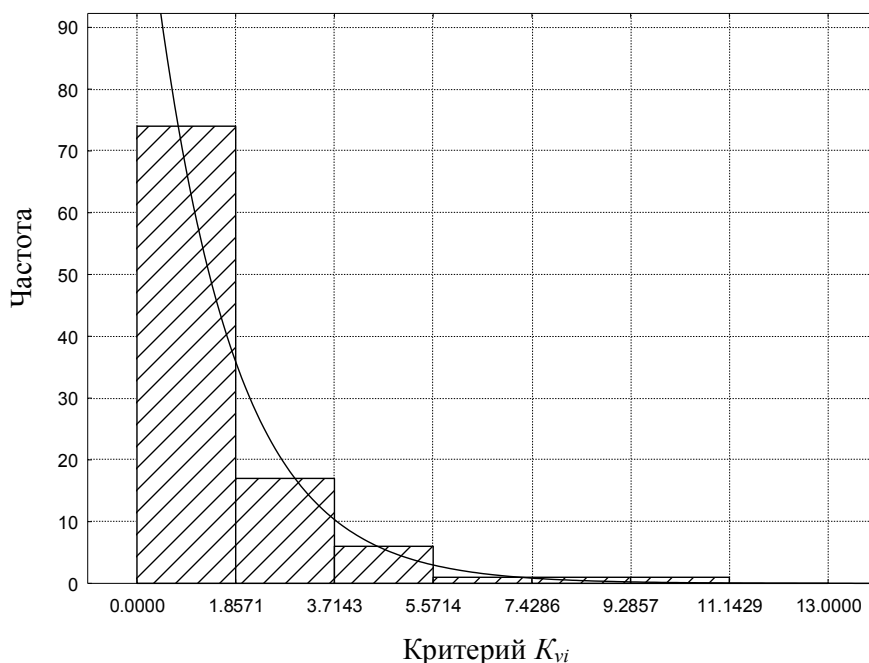


Рисунок 2 – Распределение значений коэффициента весомости

Этот вывод подтверждается анализом закона распределения  $K_{vi}$  и расчетов его средних значений для указанных групп факторов 1-й совокупности. Распределение  $K_{vi}$  описывается Гамма-функцией. Его значения для геологических факторов 1-й совокупности сосредоточены в асимметричной части распределения и составляют для геологических факторов в среднем 2,63, а для технологических 1,51.

Таким образом, выполненный анализ позволил выделить 62 фактора, которые наиболее часто учитываются при решении проектных задач. В их число не вошли следующие факторы:  $v_{от}$ , гипсометрия угольного пласта, его вязкопластические свойства, слоистость пород,  $m_{о.к.}$ ,  $A_p$ , наличие пликативных нарушений,  $T_{н.н.}$ ,  $K_m$ ,  $T_{м.н.}$ ,  $V_{кр}$ ,  $\mu_c$ ,  $\Sigma l$ ,  $T_{кр}$ ,  $v_n$ ,  $k_m$ ,  $V_n$ ,  $n_{д.л.}$ , уровень концентрации очистных работ,  $K_{тц}$ , направление проведения выработки, наличие специальных мероприятий при проведении горной выработки,  $P_э$ ,  $n_m$ ,  $n_{эл}$ ,  $t_{н.к.}$ , схема передвижения крепи,  $l_n$ ,  $r$ ,  $Ш_{о.з.}$ ,  $n_{см}$ ,  $E$ ,  $N_{оч.р.}$ ,  $\Pi$ ,  $N_2$ , режим работы шахты,  $Ш_n$ .

Анализ этих факторов показывает, что большинство из невошедших в перечень геологических факторов трудно, а часто и невозможно,

спрогнозировать на стадии геологоразведки. Не вошли в группу предпочтительных технологические и производственные факторы, требующие детальных расчетов и обоснований, трудно осуществимых на предпроектных стадиях принятия решений. Кроме этого, ряд технологических и производственных факторов взаимозависимы. Так, например, факторы:  $T_{п.п}$ ,  $K_m$ ,  $T_{т.п}$ ,  $V_{кр}$ ,  $\mu_c$ ,  $T_{кр}$ ,  $e_n$ ,  $k_t$ ,  $V_n$ ,  $l_n$ ,  $r$  оказывают непосредственное влияние на скорость подвигания лав;  $n_{д.л}$ , режим работы шахты,  $n_{см}$ ,  $N_2$  – на  $A_{ш.г}$ ; уровень концентрации работ и  $n_{д.л}$  на  $\Sigma l$ . Отсюда следует, что включенные в 1-ю группу технологические и производственные факторы отражают влияние и тех, которые не вошли в нее.

### **Библиографический список**

1. Комаров И.С. *Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях* / И.С. Комаров. – М.: Недра, 1972. – 296 с.
2. Матерон Ж. *Основы прикладной геостатистики* / Ж. Матерон. – М.: Мир, 1968. – 407 с.

*Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Антощенко Н.И.*