

## Горное дело

УДК 330.357:334.716

Канд.техн.наук ЯРЕМБАШ А.И. (ДонГУУ)

### **МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

За последнее десятилетие существенно снизилась практически все технико-экономические показатели в угледобывающей отрасли Украины. Поэтому, возросшая потребность страны в угле требует более интенсивного развития научно-технического прогресса в угольной промышленности, который определяет перспективные направления экономики с целью рационального использования материальных и трудовых ресурсов.

Интенсивность очистной выемки придало огромное значение повышению эффективности горно-подготовительных работ. Следует отметить, что степень механизации процессов проходческого цикла, оставляет желать лучшего. Реализация всех возможных резервов и перспектив в организации труда обеспечит значительное улучшение технико-экономических показателей при проведении подготовительных выработок за счет совершенствования техники и технологии ведения работ, что возможно только на научной основе. Так, вопросы сокращения материальных и трудовых затрат на проведение и крепление выемочных штреков могут быть решены за счет совершенствования методики прогнозирования технико-экономических показателей ведения подготовительных работ на основе вероятностно-статистической модели, что является актуальной научной и практической задачей.

Анализ планирования подготовительных работ показал существенные недостатки в обосновании необходимых технологических параметров, определяющих темпы проведения выработок, сроки подготовки и ввода в эксплуатацию очистных забоев. Такое состояние приводит к систематическим изменениям технологии и организации проведения выработок, снижает производственные мощности на угольных шахтах.

На шахтах Донецкого бассейна, в частности, на предприятиях ГХК «Луганск-уголь», проведение выемочных штреков производится в основном комбайновым способом с рельсовым транспортом. Анализ проведения выработок показывает, что по технико-экономическим показателям технология ведения горных работ освоена только на 50%. Это свидетельствует о недостаточном применении прогрессивных технико-технологических решений и формальном планировании темпов проведения выработок.

Вероятностно-статистический метод прогнозирования уже был использован в горной науке. С его помощью осуществляли прогнозирование проявлений горного давления в подготовительных выработках. Однако, для решения технологических задач указанный метод не нашел применения, хотя он обладает рядом преимуществ и может оказаться весьма эффективным, так как позволяет оценивать влияние не только количественных, но и качественных показателей. Учитывая сказанное, на основании анализа имеющихся данных, возникла необходимость разработки методики прогнозирования технико-экономических показателей проведения подготовительных выработок и обоснование способов повышения темпов их проходки на основании вероятностных закономерностей. Для достижения этой цели необходимо решение следующих основных задач:

— проведение статистических исследований, обобщение и оценка вероятностных характеристик параметров, определяющих результативность ведения горно-подготовительных работ;

— разработки и обоснования вероятностно-статистической модели, определяющей прогнозируемые параметры, характеризующие эффективность проведения подготовительных выработок на основе количественной и качественной оценки влияния на технологию горных работ случайных сочетаний влияющих факторов.

Следует учесть, что методика прогнозирования технико-экономических показателей на основе вероятностно-статистической модели пока отсутствует и то, что использование многофакторных корреляционных моделей для наших целей не всегда эффективно, т.к. не позволяет учесть факторы, которые могут быть выражены количественно. Поэтому, для решения указанных выше задач был принят вероятностно-статистический метод, основанный на, так называемой, теореме вероятностей гипотез (формуле Байеса).

Прогнозируемые горнотехнические параметры или технико-экономические показатели и все влияющие факторы рассматриваются как случайные величины, вероятностные распределения которые определяются известными методами математической статистики.

При изучении случайной величины весь диапазон ее изменения разбивается на интервалы. Прогнозирование случайной величины осуществляется в предположении, что значение этой величины может принадлежать каждому из интервалов. Вероятность попадания конкретного значения случайной величины в тот или иной интервал определяется при этом через частоту попадания этой величины в соответствующий интервал. Интервалы значений, принимаемые каждым фактором, рассматриваются в качестве отдельных признаков этого фактора.

Выборка статистических данных проводилась по фактически выполненным объемам работ проходческой бригадой с применением комбайна ГПК. Данные по темпам проходки  $V$ , были разбиты на восемь интервалов, характерных для Донецкого угольного бассейна ( $V$  — скорость проходки, м/мес):

- 1)  $V < 50$ ;
- 2)  $51 < V < 100$ ;
- 3)  $101 < V < 150$ ;
- 4)  $151 < V < 200$ ;
- 5)  $201 < V < 250$ ;
- 6)  $251 < V < 300$ ;
- 7)  $301 < V < 350$ ;
- 8)  $V > 350$

При исследовании в качестве влияющих были определены следующие факторы:

- численность бригады ( $N$ , чел);
- характер забоя ( $X_z$ , по углю, по породе, смешанный);
- сечение выработки ( $S$ , м<sup>2</sup>);
- коэффициент подрывки ( $K_n$ );
- крепость пород по проф. М. М. Протодяконову ( $f$ );
- вид транспорта ( $W_T$ ).

Для всей совокупности обследованных выработок по факторам численности бригады и площади сечения были рассчитаны и построены кривые распределения их значений (рис. 1).

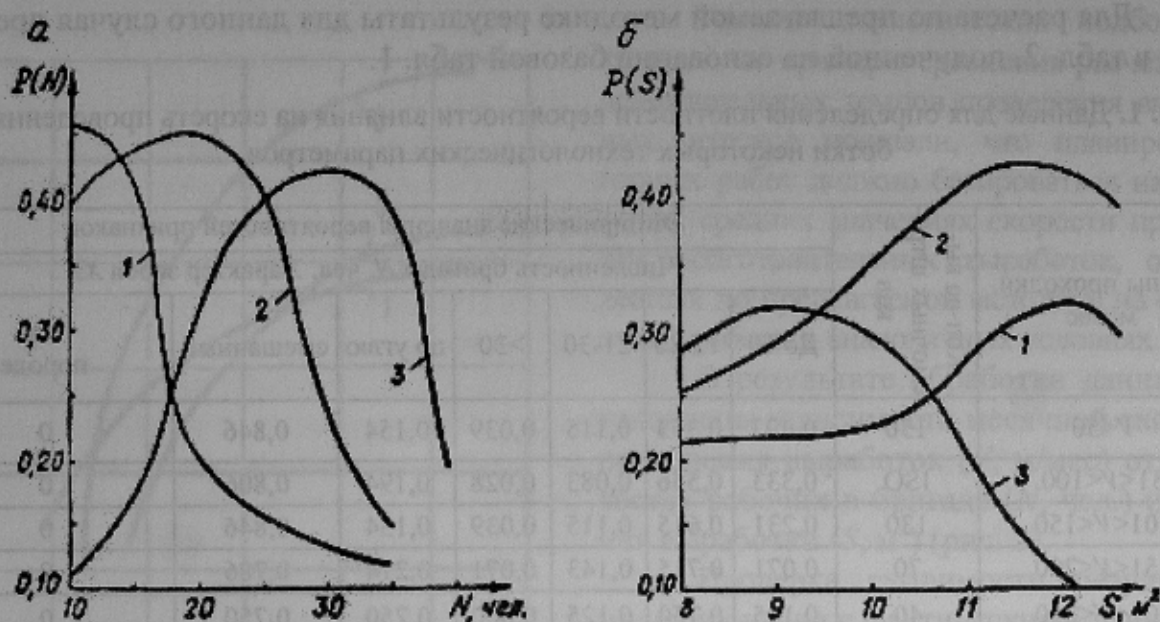


Рис. 1. Распределение плотности вероятности численности бригады  $N$  (а) и площади сечения выработки  $S$  (б) по интервалам скорости проходки: 1 —  $V < 50$  м/мес; 2 —  $V = 50 \dots 100$  м/мес; 3 —  $V = 100 \dots 150$  м/мес

Распределение числа рабочих в бригаде для трех интервалов скоростей проходки показано на рис. 1 (а). Кривые распределения подчиняются нормальному закону, но смещены относительно друг к другу. Весь диапазон численности бригады разделен на четыре признака с интервалом 10 человек. Как видно из рас. 1, плотности вероятности каждого интервала скорости проходки для одного и того же признака различны. Так, для состава бригады 10 человек вероятность обеспечения скорости проходки до 50 м/мес. и 100–150 м/мес. соответственно 0,40 и 0,16.

Ясно, что вероятность достижения скорости 100–150 м/мес. при составе бригады 20–30 человек. В тоже время, достижение, при составе бригады 10–20 человек, скорости проходки 100–150 м/мес. менее вероятно, при 50–100 м/мес. максимальная вероятность для рассматриваемых интервалов скорости имеет место при численности бригады соответственно 10, 18 и 32 человека.

На рис. 1 (б) показаны кривые распределения плотности вероятности, по которым можно проследить влияние площади поперечного сечения выработок на скорость проходки. Аналогичным образом были получены и кривые распределения для других влияющих факторов. В соответствии с перечисленным выше интервалами и факторами были обработаны все экспериментальные данные. Результаты обработки сведены в базовую таблицу (табл. 1). В ней приведены эмпирические значения вероятностно-статистической модели и формулы Байеса.

При рассмотрении конкретного выемочного штрека на участке № 2 на шахте «Луганская» № 1 ГХК «Луганскуголь» исходные данные были получены непосредственно на шахте по фактическому выполнению плана подготовительных работ:

- число рабочих в бригаде  $N = 18$  чел;
- характер забоя  $X_z$  — смешанный;
- сечение в проходке  $S = 8,1$  м<sup>2</sup>;
- коэффициент подрывки  $K_n = 0,25$ ;
- коэффициент крепости пород  $S = 1,5$ ;
- вид транспорта  $W_T$  — рельсовый;
- скорость проведения  $V = 65$  м/мес.

Для расчета по предлагаемой методике результаты для данного случая представлены в табл. 2, полученной на основании базовой табл. 1.

**Табл. 1.** Данные для определения плотности вероятности влияния на скорость проведения выработки некоторых технологических параметров

Темпы проходки, м/мес	Кол-во выемочных штреков	Эмпирические значения вероятностей признаков						
		Численность бригады N, чел. Характер забоя Xз						
		До 10	11-20	21-30	>30	по углю	смешанный	по породе
V<50	130	0,493	0,353	0,115	0,039	0,154	0,846	0
51<V<100	130	0,333	0,556	0,083	0,028	0,194	0,806	0
101<V<150	130	0,231	0,615	0,115	0,039	0,154	0,846	0
151<V<200	70	0,071	0,715	0,143	0,071	0,214	0,786	0
201<V<250	40	0,125	0,750	0,125	0,000	0,250	0,750	0
251<V<300	30	0,167	0,666	0,167	0,000	0,167	0,833	0
30KIV050	25	0,200	0,600	0,200	0,000	0,200	0,800	0
V> 350		0	0	0	0	0	0	0

Темпы проходки м/мес.	Эмпирические значения вероятностей признаков							
	Сечение в проходке S, м <sup>2</sup>			Коэффициент подрывки K <sub>n</sub>				Вид транспорта W,
	До 8,0	8,1-8,5	>8,5	0,25	0,30	1,0-1,5	1,5-2,0	
V<50	0,269	0,577	0,154	0,461	0,539	0,385	0,615	1,000
51<V<100	0,278	0,611	0,111	0,444	0,556	0,556	0,444	1,000
101<V<150	0,269	0,616	0,115	0,500	0,500	0,500	0,615	1,000
151<V<200	0,429	0,429	0,142	0,500	0,500	0,357	0,357	1,000
201<V<250	0,250	0,500	0,250	0,625	0,375	0,375	0,625	1,000
251<V<300	0,333	0,500	0,167	0,500	0,500	0,167	0,833	1,000
301<V<350	0,400	0,400	0,200	0,400	0,600	0,200	0,800	1,000
V>350	0	0	0	0	0	0	0	0

По максимальному значению вероятности  $P_j=0,217$  (табл. 2) величина прогнозируемой скорости находится в интервале от 50 до 100 м/мес. Средняя расчетная скорость для каждого конкретного случая вычисляется по данным той же таблицы по формуле:

$$V_{расч} = \frac{P_{j_1} \cdot V_{1ср} + P_{j_2} \cdot V_{2ср} + \dots + P_{j_{n_2}} \cdot V_{нср}}{P_{j_1} + P_{j_2} + \dots + P_{j_{n_2}}}$$

Полученная по формуле расчетная скорость равна 128 м/мес., а по плану шахты — 65 м/мес., следовательно, здесь есть резервы, которые выявляются за счет изменения влияющих факторов. В данном примере это можно осуществить за счет уменьшения численности бригады.

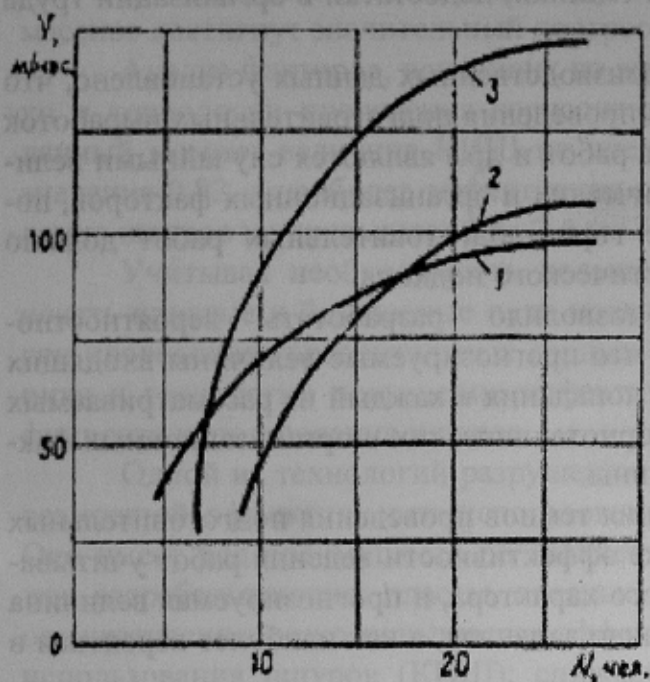


Рис. 2. Зависимости скорости проведения выработки от состава бригады и сечения выработки: 1 —  $S < 8 \text{ м}^2$ ; 2 —  $8 < S < 10 \text{ м}^2$ ; 3 —  $S > 10 \text{ м}^2$

Анализ статистических подборок и конкретные примеры сравнения расчетных и действительных темпов проведения выемочных штреков показали, что планирование горных работ должно базироваться на некоторых средних значениях скорости проведения подготовительных выработок, определенных по предлагаемой методике на основе опыта работы в аналогичных условиях.

В результате обработки данных установлены зависимости месячной скорости проведения выработок (V, м/мес) от количества рабочих в бригаде (N, чел.) и сечения выработки (S, м<sup>2</sup>) (рис. 2).

Проверка сходимости результатов моделирования с фактическими данными о работе подготовительных забоев, а также правильности предлагаемого подхода к совершенствованию методики выбора параметров подготовительных работ проводилась применительно к условиям шахт «Луганская» № 1 им. Артема и «Фашевская» ГХК «Луганскуголь».

Табл.2. Данные для расчета зависимости скорости проходки от численности бригады и сечения выработки

№ интервала	Темпы проходки м/мес.	Значение вероятностей признаков $P_{ij}$								
		N	$X_j$	S	$K_{no}$	f	$W_T$	$\prod_{i=1}^6 P_{ij}$	$\sum_{j=1}^8 \prod_{i=1}^6 P_{ij}$	$P_j$
1	$V < 50$	0,35	0,85	0,58	0,46	0,38	1,00	0,04	0,31	0,12
2	$51 < V < 100$	0,56	0,81	0,61	0,44	0,56	1,00	0,07	0,31	0,22
3	$101 < V < 150$	0,62	0,85	0,62	0,50	0,38	1,00	0,06	0,31	0,20
4	$151 < V < 200$	0,72	0,79	0,43	0,50	0,36	1,00	0,04	0,31	0,14
5	$201 < V < 250$	0,750	0,75	0,50	0,62	0,37	1,00	0,06	0,31	0,11
6	$251 < V < 300$	0,67	0,83	0,50	0,50	0,17	1,00	0,02	0,31	0,07
7	$301 < V < 350$	0,60	0,80	0,40	0,40	0,20	1,00	0,01	0,31	0,05
8	$V > 350$	0	0	0	0	0	0	0	0	0

В ходе проверки были установлены производственные задания шести подготовительным участкам с учетом ожидаемой изменчивости влияющих факторов и условий в забое, а также выбраны параметры подготовительных работ по вероятностно-статистической модели. Эта модель при внедрении выявляла резервы увеличения скорости проходки. Так, установлено, что при  $S > 10 \text{ м}^2$  скорость может быть существенно повышена путем увеличения численности бригады. В других случаях можно говорить о ликвидации узких мест за счет применения более совершенного оборудования, либо путем изменения технологии и организации работ. Таким образом, исходя из вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

1. Наряду с ухудшающимися горно-геологическими условиями разработки, основными причинами снижения темпов проходки подготовительных выработок является

недостаточная эффективность использования техники, недостатки в организации труда и производства.

2. Путем статистической обработки производственных данных установлено, что основные технико-экономические показатели проведения подготовительных выработок (скорость проходки, трудоемкость, стоимость работ и др.) являются случайными величинами, зависящими от сочетания горнотехнических и организационных факторов, поэтому их прогнозирование и планирование горно-подготовительных работ должно производиться на основе вероятностно-статистического подхода.

3. Применение метода Байеса позволило разработать вероятностно-статистическую модель, отличающуюся тем, что прогнозируемые величины входящих в нее параметров зависят от вероятностей их попадания в каждый из рассматриваемых интервалов с учетом влияния совокупности горнотехнических и организационных факторов, рассматриваемых как случайные величины.

4. Разработана методика прогнозирования темпов проведения подготовительных выработок, отличающаяся тем, что при оценке эффективности ведения работ учитываются факторы качественного и количественного характера, и прогнозируемая величина скорости проходки трактуется не как однозначно заданная, а как наиболее вероятная в данных условиях.

#### Библиографический список

1. Шайхет Л.Е. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики. — Учеб. пособие. — Донецк: ДонГАУ, 2001. — 64 с.

2. Цуконов В.В. Прогнозирование параметров технологии и технико-экономических показателей горноподготовительных работ // Подземная разработка тонких и средней мощности угольных пластов. — Тула: ТулПИ, 1990. — С. 66–70.

© Ярембаш А.И., 2005

УДК: 622.235

Канд. техн. наук БОРЩЕВСКИЙ С.В., канд. техн. наук ЛАБИНСКИЙ К.Н., студ. ЛАБИНСКИЙ Н.Н. (ДонНТУ)

#### РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПРОДУКТОВ ДЕТОНАЦИИ С ДОННОЙ ЗАБОЙКОЙ

Развитие угольной промышленности Украины происходит в условиях непрерывного роста глубины ведения горных работ и газообильности шахт. В результате этого условия проведения горных выработок и добыча угля становится все более опасными [1]. Поэтому наряду с поддержанием темпов ведения горных работ на первое место выходит проблема повышения безопасности. Учитывая постоянное увеличение крепости пород с увеличением глубины ведения работ, основной технологией проведения горных выработок остается буровзрывная.

Существенным показателем взрывных работ является их универсальность, т.е. возможность применения в разных горно-геологических и горнотехнических условиях. Так, в последние десятилетия энергия взрыва ВВ в угольных шахтах используется не только для отбойки угля и породы в различных условиях, но и для предотвращения внезапных выбросов угля и газа, для посадки кровли в лавах, для разбучивания угле-спускных печей и других целей.