

3. Нагаев Р.Ф. Механические процессы с повторными затухающими соударениями. – М.: Наука, 1985. – 200 с. с.
4. Рыжков Ю.А., Волков А.И., Гоголин В.А. Механика и технология формирования закладочных массивов. – М.: Недра, 1985. – 191 с
5. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. – М.: Наука, 1982. – Т. 2. – 640 с.

УДК 622.267.53

С.С. Гребенкин, А.Д. Доронин,
Ю.А. Пивень, С.Е. Топчий

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА СРЕДНИЕ ТЕМПЫ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫРАБОТОК
ПО ВЫБРОСООПАСНЫМ ПЛАСТАМ.**

У статті наведено наслідки аналітичних досліджень, що їх пов'язано із оцінкою ув'язки у часі та просторі технологічних процесів проведення виробок разом з засобами по боротьбі із раптовими викидами вугілля та газу. Матеріал статті базується на найбільш ефективним та поширеним на шахтах Донбасу способу боротьби із раптовими викидами – нагнітання води у пласт в режимі гідрорихлення.

**THE ANALYSIS OF BASIC MINE TECHNICAL FACTORS INFLUENCE
ON AVERAGE RATES OF TUNNELS REALIZATION ON EMISSION
DANGEROUS LAYERS.**

In clause the results of analytical researches connected to estimation of coordination in time and space of technological processes of tunnels realization with ways on struggle with sudden emissions coal and gas are given. The material of clause is based on most effective and widespread on mines of Donbass a way of struggle with sudden emissions - water forcing in layer in mode of hydroloosening

При проведении подготовительных выработок по выбросоопасным пластам зачастую очень трудно заранее предусмотреть такую расстановку рабочих, которая обеспечила бы на протяжении всего планируемого месяца постоянный фронт работ и исключила бы простои забоя [1]. В период проведения мероприятий по предупреждению внезапных выбросов угля и газа не всегда вовремя удается обеспечить бригаду, работающую в данном забое, фронтом работ. В особенности это затруднено при работе укрупненной бригады и использовании проходческих комбайнов, так как при этом увеличивается скорость подвигания забоя и частота перестановок бригады из-за необходимости выполнения специальных мероприятий.

В этой связи вопрос увязки во времени и пространстве технологических процессов по проведению выработки с мероприятиями по предупреждению внезапных выбросов [2] угля и газа в конкретных горнотехнических условиях имеет большое практическое значение.

Ниже приведены результаты аналитических исследований влияния основных факторов на темпы проведения выработок с осуществлением наиболее эффективного и распространенного на шахтах Донбасса способа предупреждения внезапных выбросов угля и газа – нагнетания воды в пласт в режиме гидрорыхления.

Сущность увязки проходческих работ с мероприятиями по борьбе с внезапными выбросами угля и газа заключается в нахождении величины коэффициента k_I , учитывающего степень снижения скорости проходки за счет необходимости выполнения специальных мероприятий по предупреждению внезапных выбросов угля и газа в зависимости от конкретных условий. Этот коэффициент позволяет определить ожидаемые вынужденные простои в забое и планировать соответствующий фронт работ бригаде на этот период.

В общем виде месячную скорость проведения выработок с осуществлением мероприятий по предупреждению внезапных выбросов угля и газа V_M можно определить из выражения:

$$V_M = V_m \cdot k_I, \quad (1)$$

где V_m – технологические темпы проведения выработки в месяц, м.

Коэффициент k_I может быть определен из выражения:

$$k_I = \frac{t_m}{t_m + t_M}, \quad (2)$$

где t_m – продолжительность проходки 1 м выработки без специальных мероприятий, ч; t_M – удельные затраты времени на осуществление комплекса мероприятий по предупреждению внезапных выбросов угля и газа, отнесенные к 1 м проходки, ч.

Продолжительность чистой проходки 1 м выработки определяется из выражения:

$$t_m = t_c \cdot D / V_m, \quad (3)$$

где t_c – число рабочих часов в сутках; D – число рабочих дней в месяце.

Продолжительность t_m складывается из удельных затрат времени на бурение скважин гидрорыхления $t_{бур}$, нагнетания в них воды $t_{нагн}$, периодических перерывов в нагнетании в период гидрорыхления угольного массива $t_{пер}$ и подготовительно-заключительных операций при бурении скважин и нагнетании воды $t_{нз}$, отнесенных к 1 м проходки выработки

$$t_m = t_{бур} + t_{нагн} + t_{пер} + t_{нз} \quad (4)$$

Затраты времени на бурение скважин могут быть определены из выражения:

$$t_{бур} = \frac{t'_{бур} \cdot n_{ск} \cdot L_{ск}}{L_{ск} - \ell_3}, \quad (5)$$

где $t'_{бур}$ – затраты времени на бурение 1 м скважины (учитываются вспомогательные операции во время бурения), ч; $n_{ск}$ – число скважин в забое; $L_{ск}$ – длина

скважин, м; ℓ_3 – неснижаемый запас по длине скважины в концевой ее части при подходе забоя выработки, в которой требуется осуществление нового цикла мероприятий по борьбе с внезапными выбросами угля и газа, м.

Удельная продолжительность нагнетания воды в скважину $t_{нагн}$ определяется из выражения:

$$t_{нагн} = \frac{t_{нагн}^0}{L_{ск} - \ell_3}, \quad (6)$$

где $t_{нагн}^0$ – общая продолжительность нагнетания воды в течение одного цикла увлажнения, ч.

По расчетной схеме, представленной на рис. 1, можно определить необходимый объем угольного массива, подвергаемый гидрорыхлению за один цикл мероприятий (Q)

$$Q = L_{ск} \cdot m \cdot (\ell_в + 2C_n), \quad (7)$$

где m – геологическая мощность угольного пласта, по которой проходится выработка, м; $\ell_в$ – ширина выработки, м; C_n – минимально допустимая зона гидрорыхления пласта по одну сторону выработки, после которой разрешается ее проведение, м.

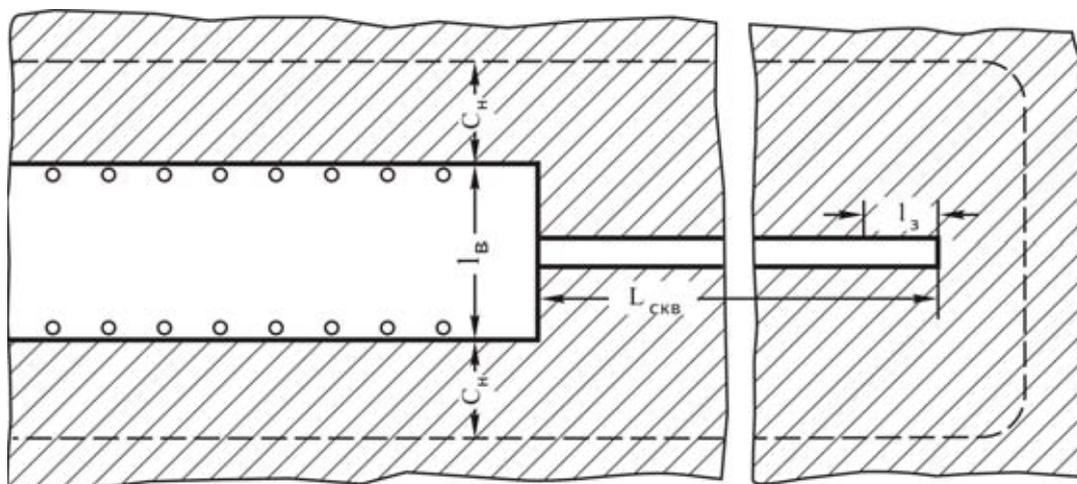


Рис. 1 – Расчетная схема для определения объема угольного массива, подвергаемого увлажнению при проведении подготовительных выработок.

Зная Q , можно определить и общую величину затрат времени на нагнетание воды

$$t_{нагн}^0 = \frac{Q \cdot \gamma \cdot N_p}{P_n \cdot n_n} = \frac{(\ell_в + 2C_n) \cdot m \gamma N_p L_{ск}}{P_n \cdot n_n}, \quad (8)$$

где γ – объемный вес угля, т/м³; N_p – минимальная норма расхода воды на 1 т

увлажняемого массива, м³; P_n – производительность насосной установки, м³/ч; n_n – число одновременно действующих насосных установок.

Для повышения эффективности гидрорыхления угольного массива рекомендуется ежедневно устраивать перерывы в нагнетании. Продолжительность перерывов, отнесенная к 1 м проходки, составляет:

$$t_{неp} = \frac{t_{неp}^o}{L_{ck} - \ell_3}, \quad (9)$$

где $t_{неp}^o = t_{неp}^p \cdot n_{неp}$ – общая величина перерывов в течение одного цикла гидрорыхления (ч), зависящая от длительности одного перерыва $t_{неp}^p$ и числа перерывов $n_{неp}$.

Число перерывов в течение одного цикла гидрорыхления определяется из выражения:

$$n_{неp} = t_{нагн}^o / t_c - t_{неp}^p. \quad (10)$$

Окончательная формула для определения $t_{неp}$ будет иметь вид

$$t_{неp} = \frac{t_{неp}^p (\ell_3 + 2C_n) L_{ck} \cdot m \cdot \gamma \cdot N_p}{P_n \cdot n_n \cdot (t_c - t_{неp}^p) \cdot (L_{ck} - \ell_{ck})}. \quad (11)$$

Общие затраты времени на подготовительно-заключительные операции $t_{п.з.}^o$ включают монтаж-демонтаж бурильной $t_{м.д.}^h$ и насосной $t_{м.д.}^h$ установок.

Выражение затрат времени на осуществление одного цикла мероприятий, связанных с гидрорыхлением угольного массива и отнесенных к 1 м проводимой выработки, после соответствующих преобразований получает следующий вид:

$$t_M = \frac{1}{L_{ck} - \ell_3} \left[\frac{(\ell_3 + 2C_n) L_{ck} \cdot m \cdot \gamma \cdot N_p}{P_n \cdot n_n} \cdot \left(1 + \frac{t_{неp}^p}{(t_c - t_{неp}^p)} \right) + t_{бур}^p \cdot L_{ck} \cdot n_{ck} \right] + t_{м.д.}^{бур} + t_{м.д.}^h. \quad (12)$$

Коэффициент k_1 , учитывающий уменьшение месячной скорости проведения выработок при осуществлении гидрорыхления угольного массива определяется из выражения:

$$k_1 = \frac{t_c \cdot D}{V_m} \cdot \left[\frac{1}{\left[\frac{1}{L_{ck} - \ell_3} \left[\frac{(\ell_3 + 2C_n) L_{ck} \cdot m \cdot \gamma \cdot N_p}{P_n \cdot n_n} \cdot \left(1 + \frac{t_{неp}^p}{(t_c - t_{неp}^p)} \right) + t_{бур}^p \cdot L_{ck} \cdot n_{ck} \right] + t_{м.д.}^{бур} + t_{м.д.}^h \right]} + \frac{t_c \cdot D}{V_m} \right]} \quad (13)$$

Месячная скорость проведения выработок с выполнением мероприятий по борьбе с внезапными выбросами угля и газа определяется из выражения

$$V_m = \frac{t_c \cdot D}{\left[\frac{1}{L_{ck} - l_3} \left[\frac{(\ell_6 + 2C_n)L_{ck} \cdot m \cdot \gamma \cdot N_p}{P_n \cdot n_n} \cdot \left(1 + \frac{t_{nep}^P}{t_c - t_{nep}^P} \right) + t'_{бур} \cdot L_{ck} \cdot n_{ck} \right] + t_{м.д.}^{бур} + t_{м.д.}^H \right]} + \frac{t_c D}{V_m} \quad (14)$$

Анализируя выражение (14), отметим, что при проведении выработок по выбросоопасным пластам с применением гидрорыхления угольного массива месячная скорость проходки зависит от технологической скорости проходки, режима работы подготовительных забоев и ряда горнотехнических факторов. К этим факторам относятся длина и число скважин, скорость их бурения, мощность угольных пластов, по которым проводятся выработки, объемный вес угля, размеры поперечных сечений подготовительных выработок, производительность и число насосов для нагнетания воды.

Анализ полученных зависимостей для шахт Донбасса позволил количественно оценить влияние основных горнотехнических и организационных факторов на среднюю скорость проведения выработок по выбросоопасным пластам. Установлено, что степень отрицательного влияния мероприятий по гидроотжиму угольного массива через скважины на средние темпы проходки резко возрастает с увеличением нагрузки на подготовительные забои.

Так, например, при средних по бассейну технологических условиях проведения выработок и наиболее распространенных параметрах гидрорыхления угольного массива увеличение технологической скорости проходки со 100 до 300 м вызывает уменьшение средней скорости (с учетом простоев, связанных с осуществлением мероприятий по борьбе с внезапными выбросами) с 1,49 до 2,78 раза при нагнетании воды в одну скважину и с 1,47 до 2,34 раза – через две скважины. Размеры поперечных сечений не оказывают существенное влияние на темпы проходки. При $V_m = 100$ м/мес. увеличение ширины выработки с 3 до 6 м уменьшает среднюю скорость проходки в 1,13 раза, а при $V_m = 300$ м/мес. – в 1,18 раза.

Средние темпы проходки несколько увеличиваются с изменением объемного веса угля. При его увеличении в 1,5 раза, т.е. с 1 до 1,5 т/м³, средние темпы проходки уменьшаются в 1,12 раза, при $V_m = 100$ м/мес. и в 1,17 раза при $V_m = 300$ м/мес.

Наиболее значительное влияние на средние темпы проходки оказывает геологическая мощность пластов. Причем степень этого влияния резко возрастает при увеличении нагрузки на подготовительные забои. Так, с увеличением мощности угольных пластов с 1 до 4 м при $V_m = 100$ м/мес. средняя скорость проходки с гидрорыхлением массива через скважины и при прочих средних горнотехнических условиях уменьшается с 78 до 59 м, а при $V_m = 300$ м/мес. – с 158 до 72 м/мес.

При малых нагрузках на комбайн влияние длины скважин на среднюю скорость проходки весьма незначительно.

С увеличением длины скважины с 2 до 10 м и $V_m = 100$ м/мес. средняя скорость проходки возрастает всего лишь с 66 до 72 м/мес., а при $V_m = 300$ м/мес. с 95 до 114 м /мес. Это объясняется относительно небольшой удельной величиной затрат на подготовку скважин к закачке воды (порядка 20-23% общих затрат на осуществление всего цикла мероприятий), а также тем, что с увеличением длины скважины возрастает и удельная продолжительность бурения 1 м скважины, что видно из следующего выражения:

$$t'_{\text{бур}} = 0,066 + 0,0004 L_{\text{ск}}, \text{ ч.} \quad (15)$$

Анализ этой зависимости показывает, что при увеличении длины скважины с 2 до 10 м удельная продолжительность бурения 1 м возрастает с 4,4 до 6,3 мин.

Сокращение затрат времени на гидрорыхление угольного массива достигается при одновременной закачке воды через две скважины. Однако, и здесь при малой нагрузке на подготовительные забои положительное влияние от увеличения числа скважин, по которым осуществляется нагнетание воды, несущественно. Оно возрастает в 1,15-1,25 раза при увеличении технологической скорости проходки до 200-300 м /мес.

Для оценки совокупности влияния всех горнотехнических факторов на средние темпы проходки выработок и выбора наиболее рациональной технологической скорости проходки и параметров гидрорыхления угольного массива, при которых обеспечивается полная увязка во времени проходческих работ с мероприятиями по предупреждению внезапных выбросов угля и газа, по полученным зависимостям были построены номограммы для определения k_I и V_m в зависимости от конкретных условий (рис. 2 и 3).

Номограммы построены с учетом следующих исходных данных:

$$\begin{array}{lll} V_m = 100-300 \text{ м/мес;} & m = 1-4 \text{ м;} & C_n = 6 \text{ м;} \\ \ell_B = 3-8 \text{ м;} & L_{\text{ск}} = 2-10 \text{ м;} & N_p = 0,02 \text{ м}^3/\text{Т;} \\ \gamma = 1-1,5 \text{ Т/м}^3; & n_{\text{ск}} = 1-2; & P_n = 1,4 \text{ м}^3/\text{ч;} \\ \ell_3 = 2 \text{ м;} \quad t_{\text{неп}} = 6 \text{ ч;} \quad t'_{\text{м.д.}} = 2 \text{ ч;} \quad t^{\text{бур}}_{\text{м.д.}} = 1,5 \text{ ч;} \quad D = 21 \text{ день.} \end{array}$$

Номограмма для определения k_I позволяет решать и обратную задачу, что весьма важно для увязки организации работ по проходке выработок с мероприятиями по предупреждению внезапных выбросов угля и газа в единый технологический цикл.

Используя номограмму, можно всегда задаться рациональной величиной k_I и в зависимости от конкретных горнотехнических условий определить необходимые нагрузки на подготовительные забои, при которых будут созданы благоприятные условия для организации проходческих работ и увязки их с меро-

приятными по борьбе с внезапными выбросами угля и газа.

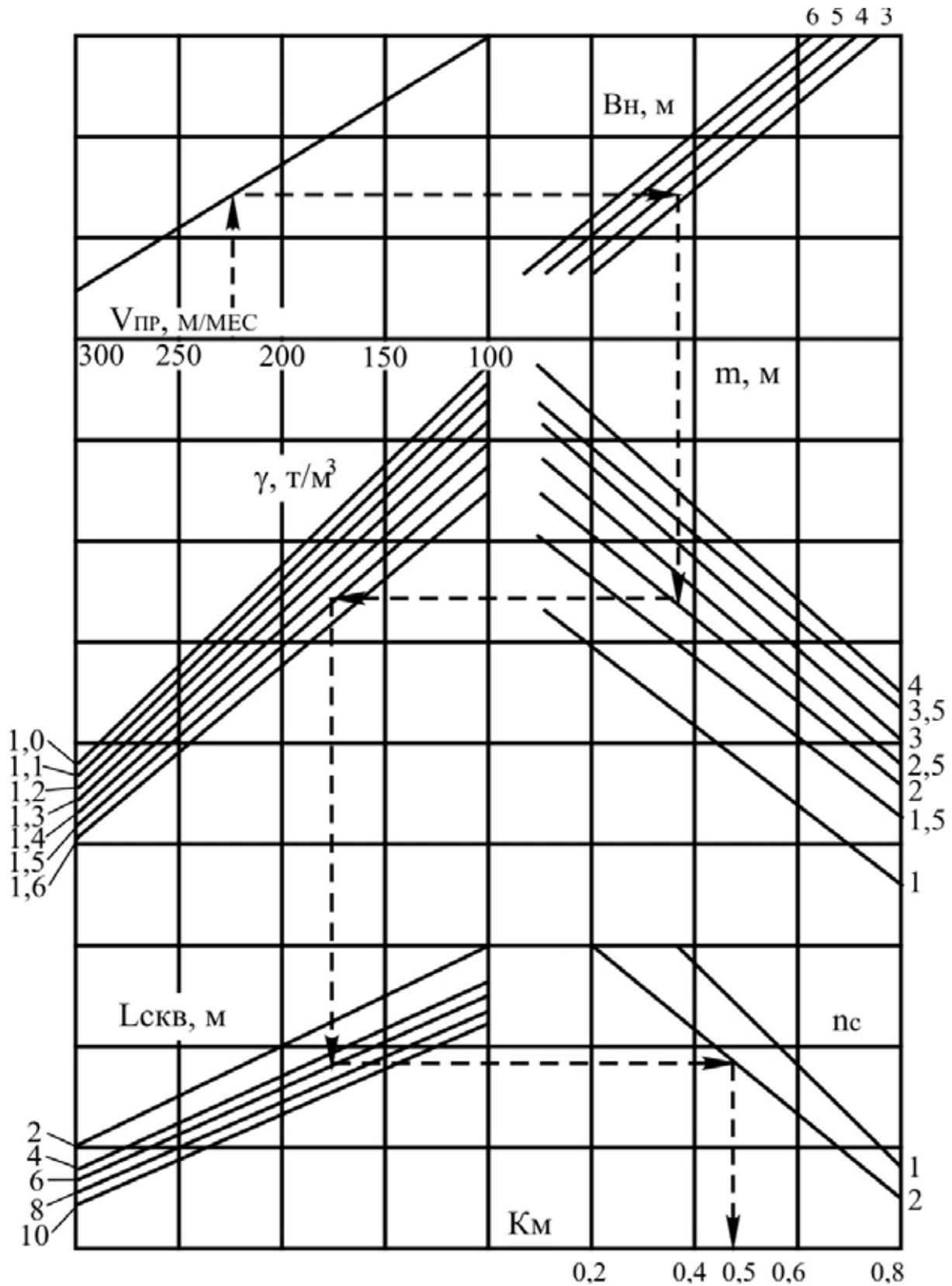


Рис. 2 – Номограмма для определения коэффициента снижения скорости проведения выработок с увлажнением угольного массива через передовые скважины.

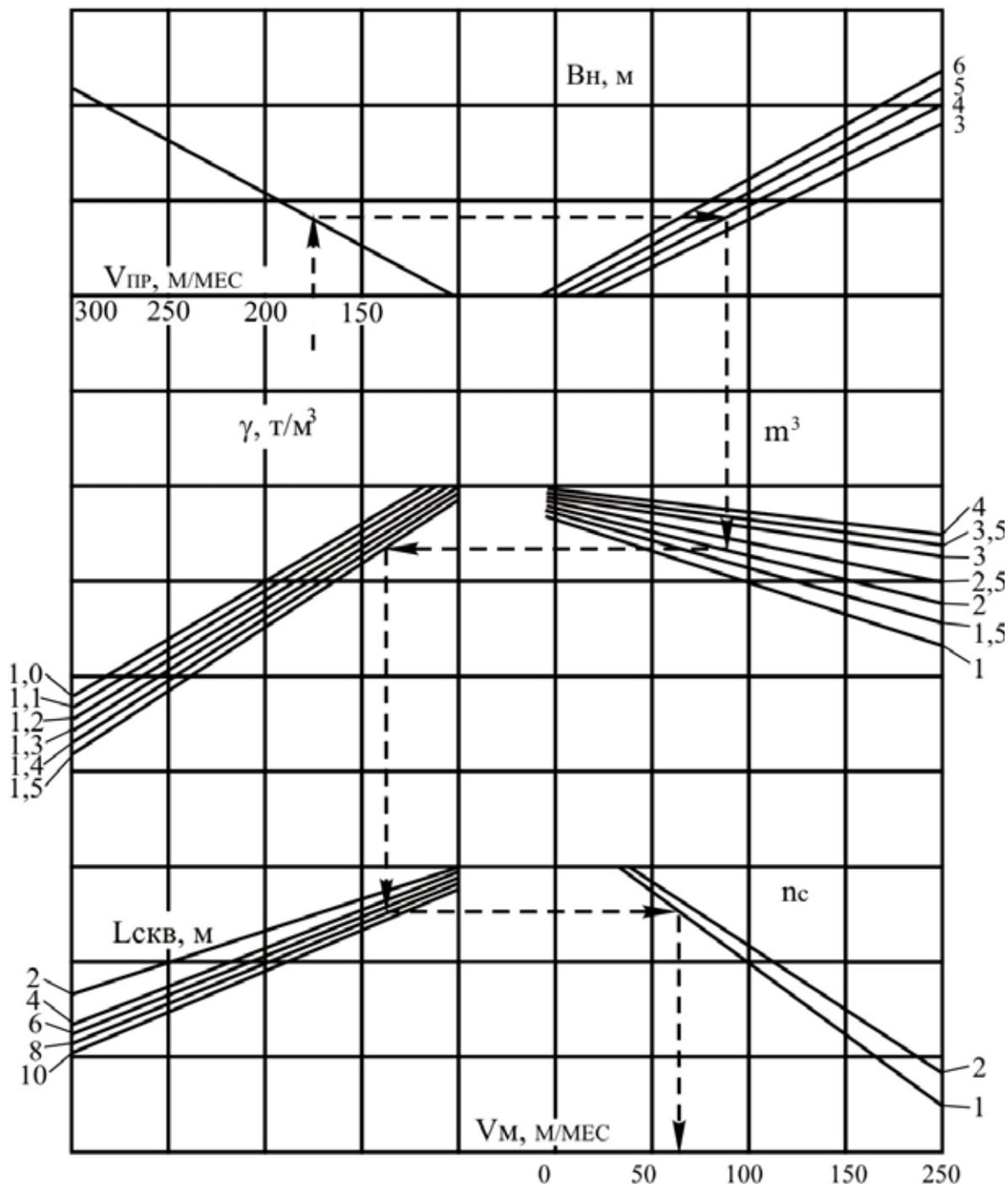


Рис. 3 – Номограмма для определения скорости проведения выработок с увлажнением угольного массива через передовые скважины.

Реализация полученных математических зависимостей может служить основой для разработки рациональной технологии проведения выработок с осуществлением мероприятий по предупреждению внезапных выбросов угля и газа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проблемы разработки крутых и крутонаклонных пластов на больших глубинах: Учебное пособие для вузов / под общей ред. С.С.Гребенкина, С.В.Янко – Донецк: ОАО «УкрНТЭК», 2002. – 288 с.

2. Проведення та експлуатація горизонтальних гірничих виробок на шахтах з крутим та похилим заляганням вугільних пластів: Навчальний посібник для вузів / Під редакцією С.С.Гребьонкіна: Донецьк, КП "Region", 2001 – 410 с.

УДК 622.7.002.2:622.34

Е.В. Семененко, В.Б. Бобров

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ГИДРОТРАНСПОРТНОЙ УСТАНОВКИ С УЧЕТОМ ПРОЦЕССОВ СГУЩЕНИЯ ГИДРОСМЕСИ В ЗУМПФАХ

Розглянуті математичні моделі фізичних процесів, які відбуваються в трубопроводі та накопичувальних апаратах гідротранспортної установки для технології гравітаційного збагачення розсипів рідкоземельних та поліметалевих руд. На основі запропонованих моделей гідротранспортна установка розглядається як єдина гідравлічна мережа, що складається з двох накопичувальних апаратів, з'єднаних напірним трубопроводом.

THE HYDROTRANSPORT PLANT WORKING CONDITIONS' SIMULATION TAKING INTO ACCOUNT THE HYDRAULIC LIQUID CONCENTRATION PROCESSES IN SUMPS

The mathematical models of physical processes which take place in the pipelines and accumulating apparatuses of hydrotransport plants that are used in the gravity separation technologies of rare-earth and complex ores alluvial deposits are considered. According to offered models the hydrotransport plant is considered as integrated hydraulic system which consists of two accumulating apparatuses that are connected with the pressure pipe.

Существование на территории Украины россыпных месторождений редкоземельных и полиметаллических руд, месторождений черных металлов и каменного угля, а также высокий потребительский спрос на металлопрокат и концентраты этого минерального сырья на мировых рынках определяют актуальность модернизации и совершенствования технологий их добычи и переработки в направлении повышения производительности. При этом успешная конкуренция с зарубежными горнодобывающими и металлургическими компаниями возможна только при условии внедрения ресурсо- и энергосберегающих, экологически безопасных технологий, обеспечивающих повышение надежности и эффективности процесса переработки без увеличения капитальных и эксплуатационных затрат [1 - 5].

Анализ физических процессов и технологических решений, а также их экспериментальная проверка в условиях рудных и угольных обогатительных фабрик Украины показывают, что модернизация технологий обогащения минерального сырья наиболее перспективна на базе гравитационных методов обогащения, которые обеспечивают экологическую безопасность и необходимую степень извлечения ценного компонента при низком уровне энерго- и ресурсоемкости [3 - 7].

Основными технологическими звеньями, обладающими потенциалом для модернизации, являются транспортные системы, обеспечивающие пульпообразование и доставку россыпей к месту переработки. Режимы и параметры каж-