

ВИБРАЦИОННЫЙ СПОСОБ ОБРАЗОВАНИЯ ШПУРОВ В ВЫБРОСООПАСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ

Досліджена можливість та установлені параметри утворення шпурів у викидонебезпечних вугільних пластах вібраційним способом.

VIBRATING METHOD OF CREATION OF BORE-HOLES IN OUTBURST-RISQUE COAL SEAMS

Possibility of creation of bore-holes with vibrating method in outburst-resque coal seams and their parameters were defined.

Основная часть применяемых в настоящее время традиционных региональных и локальных способов обработки горного массива базируются на необходимости выполнения буровых работ – это относится к химическому, биологическому разупрочнению или упрочнению массива гидрорыхлению или увлажнению, вибрационному и другим механическим воздействиям.

В механизированных очистных забоях, особенно на крутопадающих угольных пластах, применение этих способов затруднено отсутствием эффективных средств направленного бурения скважин, особенно если требуются скважины правильной формы с ненарушенным устьем, да и сам процесс бурения может спровоцировать выброс угля, породы и газа [1].

Нами предложен и испытан в лабораторных и шахтных условиях способ образования шпуров в призабойной части угольного пласта путем внедрения индентора с наконечником статическим усилием [2]. Испытания экспериментальной установки показали хорошие результаты при внедрении в мягкие и средней крепости угольные пласты.

Однако, при внедрении индентора статическим усилием в крепкие угли возникали большие силы сопротивления внедрению (свыше 300 кН), в результате чего индентор терял устойчивость, прогибался и менял направление внедрения.

Для снижения сопротивляемости угольного пласта внедрению было решено дополнительно к статическому усилию накладывать на индентор вибрационное воздействие. Частота вибровозбудителя изменялась в пределах 50-200 Гц. Результаты испытаний данной установки показали снижение усилия внедрения на 20-40 %. При этом изгиба индентора не наблюдалось.

Для теоретического описания результатов шахтных экспериментов была использована методика расчета напряжений при внедрении плоского штампа в упругий материал [3]. Для определения предельных значений напряжений, возникающих впереди наконечника индентора, использовалось трансцендентное уравнение вида

$$\sigma_n = -\frac{k}{\mu} + \frac{k}{\mu} \cdot \frac{1 + \sin \rho}{1 - \sin \rho \sqrt{1 - b^2}} \exp \left[\mu \left(\pi + \arctg \frac{b \cdot \cos \rho}{\sin \rho - \sqrt{1 - b^2}} \right) \right], \quad (1)$$

$$\text{где } b = \frac{f\sigma_B}{k + \mu\sigma_n};$$

k - предельное напряжение на сдвиг; μ - коэффициент внутреннего трения; f - коэффициент внешнего трения; ρ - угол внутреннего трения; σ_B - напряжение между массивом угля и боковой поверхностью наконечника индентора.

Использование данного уравнения позволяет теоретически определить изменение предела прочности угля впереди наконечника индентора в результате вибрационного воздействия на угольный пласт.

При сопоставлении пределов прочности на сжатие горных пород с одинаковыми предельными значениями касательных напряжений и различными коэффициентами внешнего и внутреннего трения видно, что даже при незначительном снижении коэффициентов внутреннего и внешнего трения существенно снижается предел прочности на сжатие (рис. 1).

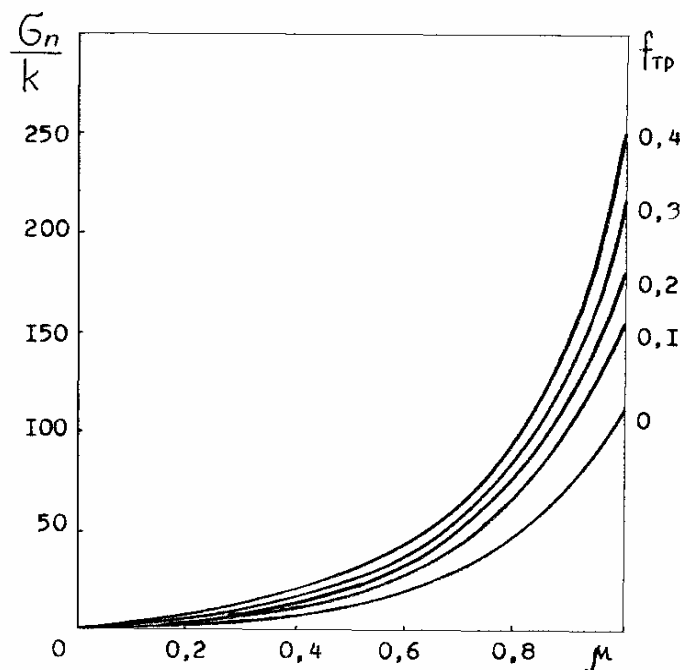


Рис. 1 – Зависимость предельных напряжений при внедрении индентора в угольный пласт от коэффициентов внешнего и внутреннего трения

Достичь значительного снижения коэффициента внешнего трения (свыше 60 %) можно путем увеличения скорости скольжения стали об уголь от 0,1 до 3,1 м/с [4], т. е. с ростом частоты циклических воздействий происходит уменьшение коэффициента внешнего трения. При этом его значение будет тем меньше, чем больше динамическая прочность угля [5].

Предельное напряжение на сдвиг k и угол внутреннего трения ρ (коэффициент внутреннего трения μ), как показатели прочности и устойчивости, зависят не только от физических свойств углей (плотности и пористости), но и от режимов нагружения. Существуют предельные значения напряжения на сдвиг и угла внутреннего трения угля, соответствующие статическому и динамическому

му режиму нагружения (рис. 2). Уменьшение угла внутреннего трения с ростом скорости деформации угля $\dot{\epsilon}$ при одновременном увеличении предельного напряжения на сдвиг вызвано нарушением контактов между частицами минералов, составляющих скелет угля [6].

Численные значения изменения угла внутреннего трения и предельного напряжения на сдвиг, в зависимости от скорости деформации угля, определяются по графику (рис. 2).

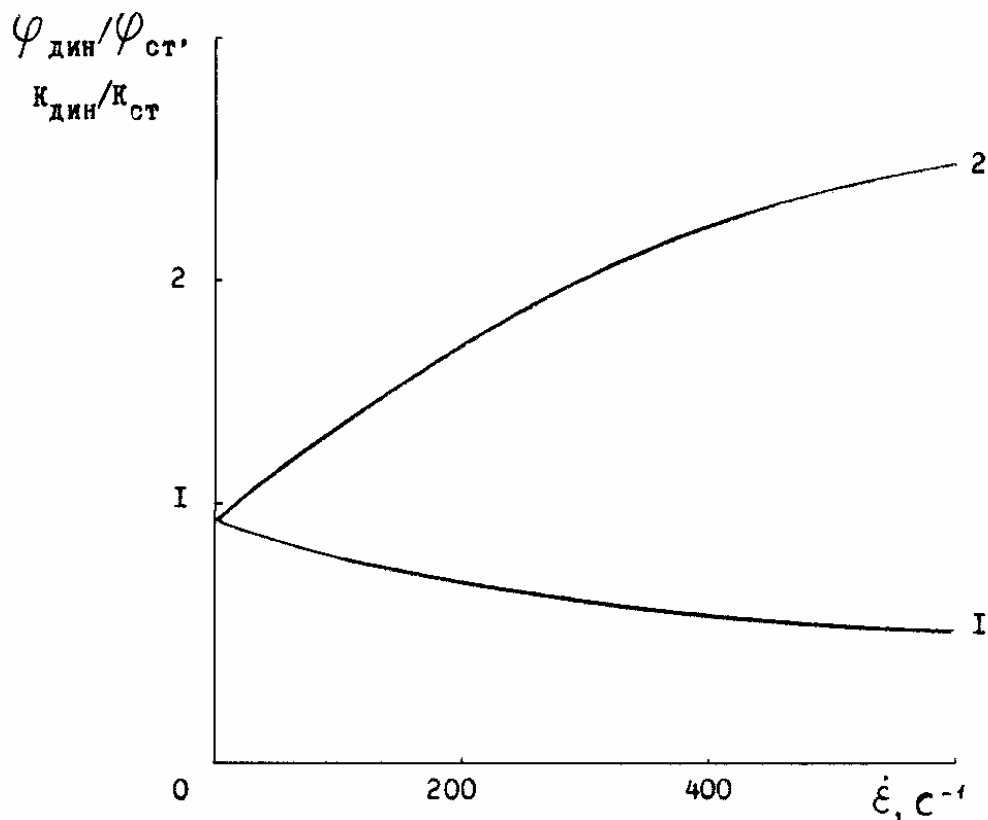


Рис. 2 – Зависимости относительных изменений углов внутреннего трения $\varphi_{дин}/\varphi_{ст}$ (1) и сопротивления горных пород на сдвиг $k_{дин}/k_{ст}$ (2) от скорости деформации $\dot{\epsilon}$

Скорость деформации угля зависит от предела прочности на сжатие $\sigma_{сж.}$, его модуля упругости E и частота вибровоздействия z :

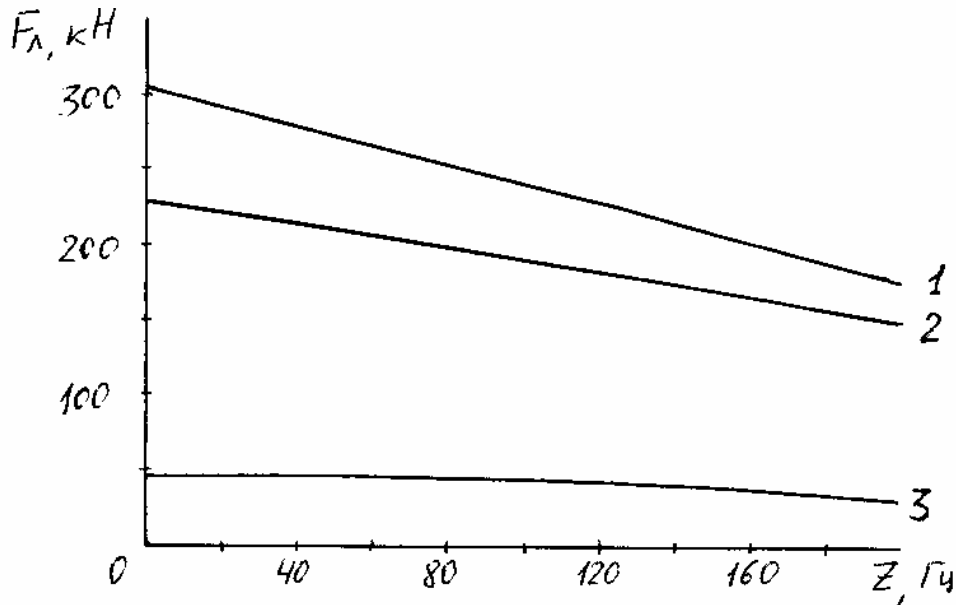
$$\dot{\epsilon} = \frac{\sigma_{сж.} \cdot z}{E}, \text{ с}^{-1} \quad (2)$$

Полученные значения предельного напряжения на сдвиг, коэффициентов внешнего и внутреннего трения подставляются в трансцендентное уравнение (1) и определяются предельные значения напряжения впереди наконечника индентора в зависимости от частоты циклических воздействий. Затем по величине предельного напряжения рассчитывается усилие внедрения индентора в уголь-

ный пласт с учетом площади лобовой поверхности наконечника индентора $S_{л}$ (диаметра и угла заострения наконечника):

$$F_{л} = \sigma_{сж.} \cdot S_{л} \cdot g, \text{ Н} \quad (3)$$

На основании данных расчетов построены графики зависимости усилия внедрения индентора в угли различной прочности от частоты механических колебаний наконечника индентора (рис. 3).



1 – в крепкие угли; 2 – в угли средней крепости; 3 – в слабые угли

Рис. 3 – Зависимость усилия внедрения $F_{л}$ индентора в угли различной крепости от частоты z вибровоздействия

Анализ результатов теоретических расчетов показал, что они хорошо согласуются с данными шахтных экспериментов. Так, при частоте механических колебаний до 200 Гц, усилие внедрения индентора в крепкие угли снизилось на 42 % (с 300 до 180 кН), в угли средней крепости – на 35 % (с 230 до 150 кН), а в мягкие угли – на 17 % (с 42 до 35 кН). Более сильное, в процентном отношении, уменьшение сопротивляемости внедрению в крепкие угли объясняется их меньшей скоростью деформации в данном диапазоне частот (до 200 Гц). Из графика (рис. 2) видно, что с увеличением скорости деформации кривая уменьшения коэффициента внутреннего трения угля постепенно выполаживается, в то время как предельное напряжение на сдвиг продолжает расти.

При подборе параметров вибровоздействия необходимо стремиться к тому, чтобы коэффициент асимметрии $\gamma = \frac{F_{ст.} - F_{вibr.}}{F_{ст.} + F_{вibr.}}$ был минимальным.

Здесь $F_{ст.}$ - статическое усилие внедрения индентора;

$F_{\text{вибр.}}$ - вынуждающая сила на наконечнике индентора, передаваемая вибровозбудителем.

Другими словами $F_{\text{вибр.}}$ должна по величине приближаться к $F_{\text{ст.}}$, но не превышать ее.

При расчете необходимой силы $F_{\text{вибр.}}$, развиваемой вибровозбудителем, следует также учитывать потери виброэнергии при передаче ее через индентор к наконечнику, а также от зажатия наконечника угольным пластом. Эти потери были нами исследованы в лабораторных условиях. В крепких углях они достигали 40 %.

Таким образом, при вибрационном образовании шпуров в углях различной прочности происходит снижение сопротивляемости угольного пласта внедрению индентора на 20-40 % за счет существенного уменьшения коэффициентов внешнего и внутреннего трения.

При проектировании установки для вибрационного образования шпуров следует обратить внимание на правильный подбор параметров вибрации (частоты, амплитуды вынуждающей силы и смещения), а также коэффициента асимметрии, оказывающих существенное влияние на скорость и усилие внедрения.

На газовых и выбросоопасных пластах следует использовать пневматические виброисточники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николин В. И., Балинченко И. И., Симонов А. А. Борьба с выбросами угля и газа в шахтах. – М.: Недра, 1981. – 301 с.
2. Булат А. Ф., Курносков С. А., Пидгайный Я. М. Нетрадиционная технология инъекционной обработки горного массива для управления его напряженным состоянием. //Металлургическая и горная промышленность. – 1995. - № 2. – С. 53-54.
3. Васильев Л. М., Бычков О. Н. Метод расчета напряжений при внедрении плоского штампа в упругий материал, обладающий внешним и внутренним трением. //Новые методы разрушения и механика горных пород: Сб. научн. тр. ИГГМ. – Наукова думка, 1981. – С. 3-9.
4. Берон А. Н. Свойства горных пород при разных видах и режимах нагружения. – М.: Недра, 1983. – 276 с.
5. Барон Л. И. Характеристики трения горных пород. – М.: Наука, 1967. – 208 с.
6. Мохначев М. П., Присташ В. В. Динамическая прочность горных пород. – М.: Наука, 1982. – 144 с.