

УДК622.831.322:532.5.013

Гаврилов В. И., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
(ИГТМ НАН Украины)

**ОБОСНОВАНИЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
КОЭФФИЦИЕНТА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
НА НАПРЯЖЕННЫЙ ГОРНЫЙ МАССИВ**

Гаврилов В. І., канд. техн. наук, ст. наук. співроб.
(ИГТМ НАН Украины)

**ОБГРУНТУВАННЯ ГЕОТЕХНОЛОГІЧНОГО
КОЕФІЦІЄНТУ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ДІЇ
НА НАПРУЖЕНИЙ ГІРСЬКИЙ МАСИВ**

Gavrylov V.I., Ph.D. (Tech.), Senior Researcher
(IGTM NAN Ukraine)

**VALIDATION OF GEOTECHNOLOGIC
COEFFICIENT OF HYDRODYNAMIC IMPACT
ON PRE-STRESSED ROCK MASSIF**

Аннотация. Разгрузка массива, подвергшегося сжатию, невозможна без движения слагающих его частиц. Движение частиц массива и эффективность его разгрузки определяется (при прочих равных условиях) величиной эффективного радиуса разгрузки $R_{эф}$. Для определения максимального $R_{эф}$ необходимо соблюдение баланса напряжений, т. е. вес горных пород полусвода должен быть равен весу горных пород на опору в зоне нетронутого массива на единицу площади опоры. Исходя из этого была получена величина геотехнологического коэффициента для расчета эффективного радиуса разгрузки угольного пласта при гидродинамическом воздействии $R_{эф}=0,798\sqrt{H}$, где H - глубина ведения горных работ. Геотехнологический коэффициент гидродинамического воздействия на напряженный горный массив $k_{г.т.}=0,798$ позволяет до начала гидродинамического воздействия на угольный пласт, отрабатываемый на определенной глубине, определять максимальный эффективный радиус разгруженной зоны при соблюдении устойчивости боковых пород.

Ключевые слова: угольный пласт, выбороопасность, гидродинамическое воздействие, разгруженная зона, эффективный радиус воздействия.

Введение. Гидродинамическое воздействие осуществляется путем нагнетания в пласт жидкости под большим давлением через скважину, пробуренную из подземной выработки. Закачиваемая жидкость перемещается вглубь пласта, оттесняя и сжимая метан, находящийся первоначально в порах в сорбированном состоянии. При достижении давлением величины $0,75\gamma H$, производится резкий его сброс до 0-0,5 МПа. В результате в массиве происходит динамическое перераспределение напряжений вблизи скважины: уменьшаются радиальные и увеличиваются окружные напряжения [1]. Вследствие неравномерного сжатия угля и сохраняющегося высокого давления воды в порах из них начинают прорастать микротрещины отрыва.

Рост микротрещин ведет к увеличению объема трещинопор и падению в них давления порового заполнителя. Поэтому в порах начинает происходить выделение свободного газа.

Выделяющийся свободный газ поддерживает дальнейший рост микротрещин, а это, в свою очередь, приводит к дальнейшему падению давления газожидкостной смеси в порах. Соединение микротрещин отрыва формирует макротрещину отрыва. Образование макротрещин означает начало процесса макроразрушения массива – отслоения тонких кусочков от массива. Разрушенная масса перемещается выделившимся свободным газом к устью скважины.

После выпуска части разрушенной массы из скважины нагнетание воды в скважину повторяется снова, и снова производится сброс давления. И так далее. Таким образом, при этом методе скважинного гидродинамического воздействия на угольный массив имеет место:

1) разрушение части угольного массива вблизи технологической скважины в каждом цикле «нагнетание рабочего агента – резкий сброс давления»;

2) повышение подвижности массива вблизи технологической скважины в результате периодического динамического воздействия на массив.

Разгрузка массива, подвергнувшегося сжатию, невозможна без движения частиц его слагающих. Возможность же движения частиц массива и эффективность его разгрузки определяется (при прочих равных условиях) величиной эффективного радиуса разгрузки $R_{эф}$.

По мере роста $R_{эф}$ выработанное пространство постепенно заполняется разрушенным углем, выполняющем роль закладочного массива для медленно опускающихся вышележащих породных слоев. Поэтому для предотвращения потери устойчивости кровли и почвы угольного пласта в процессе гидродинамического воздействия важно определить максимальный пролет обработанной зоны.

Теоретическая часть. Концепция свода, образующегося в горном массиве в результате гидродинамического воздействия через скважину, пробуренную по угольному пласту, состоит в том, что обеспечение устойчивости и самоподдержания свода происходит благодаря взаимной блокировке отдельных кусков породы в разрушенных ее слоях, которые в совокупности действуют как простая балка, находящаяся внутри собственного свода и способной передавать вес находящейся внутри ее породы на опоры по обе стороны свода.

Действие подобной балки заключается в том, что она уменьшает нагрузку на угольный пласт в его разупрочненной зоне и увеличивает нагрузку на опоры в краевых зонах угольного массива.

Для определения максимального радиуса разупрочнения в угольном пласте $R_{эф}$ нужно чтобы соблюдался баланс напряжений, т. е. вес горных пород свода был равен весу горных пород на опору в зоне нетронутого массива соответственно на единицу площади опоры.

$$G_{р.з.} = G_{н.м.} \cdot \quad (1)$$

Здесь

$$G_{p.з.} = \gamma a S_{p.з.}, \text{ Т,} \quad (2)$$

где γ – объемный вес горных пород, т/м³; a – ширина полусвода, м ($a=1$ м);
 $S_{p.з.} = \frac{\pi R^2}{2}$ – площадь полусвода, м².

$$G_{н.м.} = \gamma H S_{on}, \text{ Т,} \quad (3)$$

где H – глубина разработки угольного пласта, м; $S_{on} = 1 \text{ м}^2$ – площадь опоры в зоне нетронутого массива.

Тогда, подставив (2) и (3) в (1), получим

$$\gamma a S_{p.з.} = \gamma H S_{on}$$

и

$$\frac{\pi R_{эф}^2}{2} = H.$$

Отсюда

$$R_{эф} = \sqrt{\frac{2H}{\pi}} = \sqrt{\frac{2}{3,14}} H = 0,798 \sqrt{H}, \text{ м} \quad (4)$$

Полученное численное значение перед квадратным корнем есть искомая величина геотехнологического коэффициента гидродинамического воздействия на напряженный горный массив $k_{г.т.}$. Он позволяет до начала гидродинамического воздействия на угольный пласт, обрабатываемый на определенной глубине, определять максимальный эффективный радиус разгруженной зоны при соблюдении устойчивости боковых пород. Так, например, при разработке угольного пласта на глубине 1000 м эффективный радиус разгруженной от горного давления зоны в результате гидродинамического воздействия не должен превышать

$$R_{эф} = 0,798 \sqrt{H} = 0,798 \sqrt{1000} \approx 25, \text{ м}$$

Эффективный радиус разгруженной зоны $R_{эф}$ позволяет определять один из основных параметров технологии дегазации крутых газонасыщенных угольных пластов гидродинамическим воздействием – расстояние между технологическими скважинами по простиранию угольного пласта. Оно не должно превышать 50 м.

Дальнейшее гидродинамическое воздействие на угольный пласт малоэффективно, т. к. из-за отсутствия пригрузки массива горным давлением резко снижается выход угля и, следовательно, прирост эффективного радиуса резко снижается.

Расчетные значения эффективного радиуса разгруженных зон по формуле

(4) для различных глубин ведения очистных работ с шагом 100 м приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Результаты расчета градиента эффективного радиуса гидродинамического воздействия

H , м	$k_{г.т.}$	\sqrt{H} , м	R	ΔR_i
500	0,798	22,36	17,84	0
600		24,49	19,54	1,70
700		26,46	21,12	1,58
800		28,28	22,57	1,45
900		30,00	23,94	1,37
1000		31,62	25,23	1,29
1100		33,17	26,47	1,24
1200		34,64	27,64	1,17
1300		36,06	28,77	1,13
1400		37,42	29,86	1,09
1500		38,73	30,90	1,04
1600		40,00	31,92	1,02
1700		41,23	32,90	0,98
1800		42,43	33,86	0,96
1900		43,59	34,78	0,92
2000	44,72	35,68	0,90	

По данным табл. 1 построена зависимость $\Delta R_i = f(H)$, приведенная на рис. 1.

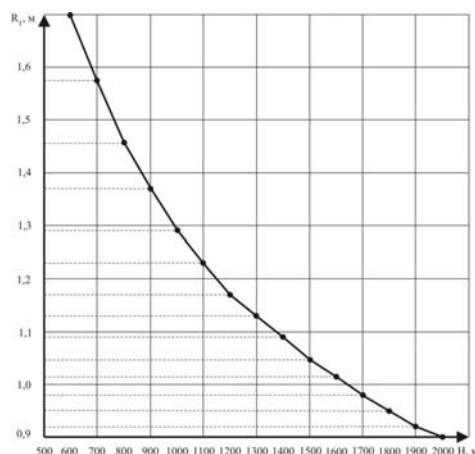


Рисунок 1 - Зависимость градиента эффективного радиуса гидродинамического воздействия от глубины разработки угольных пластов

Вывод. В зонах повышенного горного давления на крутых газонасыщенных угольных пластах градиент эффективного радиуса разгруженной зоны ΔR_i зависит от глубины ведения горных работ и изменяется по гиперболической монотонно убывающей зависимости с показателем степени 2.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Научное открытие. Закономерность разрушения пористых газонасыщенных тел при циклическом гидродинамическом воздействии. Диплом № 123 (Авторы: Софийский К.К., Александров В.Г., Барадудин Е.Г., Мучник Э.И., Воробьев Е.А. // Научные открытия: Сборник кратких описаний. - М. - Санкт-Петербург. - 2000. - Вып. 2. - С. 36-38.

REFERENCES

1. Scientific discovery. The regularity of destruction of gas-porous solid under cyclic hydrodynamic impact. Diploma № 123 (Authors: Sofijskij K.K., Aleksandrov V.G., Baradulin E.G., Muchnik E.I., Vorobyov E.A. // Scientific discoveries: a collection of brief descriptions. - Moscow - St. Petersburg. - 2000 - Edition. 2 - S. 36-38.

Об авторе

Гаврилов Вячеслав Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник отдела проблем подземной технологии разработки угольных месторождений Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, e-mail: igtm16@yandex.ru.

About the author

Gavrylov Vyacheslav Ivanovych, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Senior Researcher, Senior Researcher of Department of Underground Coal Mining Technology, M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: igtm16@yandex.ru.

Анотація. Розвантаження масиву, що піддався стисненню, неможливе без руху частинок, що його складають. Рух частинок масиву і ефективність його розвантаження визначається величиною ефективного радіусу розвантаження $R_{эф}$. Для визначення максимального радіусу розвантаження вугільного пласта $R_{эф}$ необхідне дотримання балансу напруги, тобто вага гірських порід напівзведення повинна бути рівній вазі гірських порід на опорі в зоні незайманого масиву на одиницю площі опори. Виходячи з цього була отримана величина геотехнологічного коефіцієнту для розрахунку ефективного радіусу розвантаження вугільного пласта при гідродинамічній дії $R_{эф}=0,798\sqrt{H}$, де H - глибина ведення гірських робіт. Геотехнологічний коефіцієнт гідродинамічної дії на напружений гірський масив $k_{г.т.}=0,798$ дозволяє до початку гідродинамічної дії на вугільний пласт, що відпрацьовується на певній глибині, визначати максимальний ефективний радіус розвантаженої зони при дотриманні стійкості бічних порід.

Ключові слова: вугільний пласт, викиднебезпечність, гідродинамічна дія, розвантажена зона, ефективний радіус дії.

Abstract. Unloading of compressed rock massif is impossible without motion of its constituent particles. Motion of rock massif particles and its unloading efficiency are determined (under otherwise equal conditions) by the effective unloading radius $R_{эф}$ value. Determination of maximum $R_{эф}$ value shall require meeting the condition of stress balance, i.e. weight of semi-arch rocks must be equal to weight of rocks on support within the unmined ground area per unit of support area. Proceeding from this condition, geotechnologic coefficient value was obtained for calculation of coal seam unloading effective radius at the hydrodynamic impact $R_{эф}=0.798\sqrt{H}$, where H is mining depth. The geotechnologic coefficient of hydrodynamic impact on prestressed rock massif $k_{г.т.}=0.798$ allows determination of maximum effective radius of the unloaded area subject to wall-rock stability prior to start of hydrodynamic impact on the coal seam mined at the specified depth.

Keywords: coal seam, outburst hazard, hydrodynamic impact, unloaded area, effective impact radius.

Статья поступила в редакцию 31.08.2014

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук К.К. Софийским