

УДК 622.234.5:622.831.322

С.П. Минеев, д-р техн. наук, профессор
(ИГТМ НАН Украины),
А.А. Потапенко, инженер
("Донецкая угольная энергетическая компания")

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ВЫПОЛНЕНИЯ ГИДРОРЫХЛЕНИЯ В ЗОНАХ НАРУШЕНИЙ ВЫБРОСООПАСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ И КОНТРОЛЬ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

С.П. Мінєєв, д-р техн. наук, професор
(ИГТМ НАН України),
О.О. Потапенко, інженер
(«Донецька вугільна енергетична компанія»)

РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ВДОСКОНАЛЕННЮ ВИКОНАННЯ ГІДРОРИХЛЕННЯ В ЗОНАХ ПОРУШЕНЬ ВИБРОСОПАСНИХ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ І КОНТРОЛЬ ЙОГО ЕФЕКТИВНОСТІ

S.P. Mineev, D.Sc. (Tech.), Professor
(IGTM NAS of Ukraine),
A.A. Potapenko, M.S. (Tech.)
("Donetsk Coal Energy Company")

RECOMMENDATIONS TO IMPROVE PERFORMANCE GIDRORIPPING ZONE VIOLATIONS OUTBURST COAL SEAMS CONTROL ITS EFFECTIVENESS

Аннотация. Разработаны рекомендации по совершенствованию параметров способа гидрорыхления призабойной части выбросоопасного угольного пласта при ведении горных работ в зонах геологических нарушений и предложены мероприятия повышающие безопасность и эффективность выполнения данного противовыбросного мероприятия. В рекомендациях даны технологические схемы выполнения способа и контроля эффективности его применения для структурных пликтивных и дизъюнктивных (разрывных) нарушений. Даны основные требования при эксплуатации высоконапорной арматуры, трубопровода находящегося под давлением и работающую во время нагнетания жидкости насосную установку.

Ключевые слова: гидрорыхление, выброс, газодинамические явления.

При ведении горных работ тектонически нарушенные участки угольного пласта отличаются повышенной газодинамической активностью, а горные работы в зонах горногеологических нарушений (в зонах ГГН) относятся к особо сложным условиям отработки шахтопластов. Гидрорыхление угольного пласта

в настоящее время является одним из достаточно широко применяемым противывбросным мероприятием на шахтах Донбасса. Так, например, по данным работы [1] в 1991 г. способ применялся в 53 очистных и 52 подготовительных забоях; в 1992 г. – в 50 очистных и 51 подготовительном

Анализ литературных источников [1 -6] показал, что в отдельных случаях эффективность гидрорыхления в зонах ГГН более низкая по сравнению с нормальными условиями залегания угольных пластов. Это можно объяснить следующим: в нормативных документах [2] даны параметры гидрорыхления для нормальных условий залегания пластов, а применение неизменяемых параметров при пересечении ГГН приводит к их несоответствию конкретным горно-геологическим условиям. Наличие зоны ГГН оказывает существенное влияние на эффективность применения гидрорыхления. Так, за период 1971 - 1994гг. на участках, где применялось гидрорыхление, произошло 89 внезапных выбросов, в том числе в зонах ГГН - 37. Анализ показал, что внезапные выбросы происходили как при выдержанных параметрах гидрорыхления, так и при их нарушении. При выдержанных параметрах способа произошло 40 внезапных выбросов, в том числе в зонах ГГН - 22; при нарушенных параметрах способа зафиксировано 49 выбросов, в том числе в зонах ГГН - 15.

Анализ надежности применения контроля эффективности гидрорыхления показывает, что за период 1975 - 1994гг. произошло 26 внезапных выбросов, в том числе в зонах ГГН - 10; при выдержанных параметрах гидрорыхления отмечено 18 выбросов, в том числе в зонах ГГН - 8; при нарушении параметров гидрорыхления произошло 8 выбросов, в том числе в зонах ГГН – 2 [1]. Выполненный анализ указывает на необходимость разработки рекомендаций для повышения эффективности применения гидрорыхления в зонах ГГН, необходимо также совершенствовать параметры гидрорыхления и контроля эффективности гидрорыхления по q_H .

Применение гидрорыхления в зонах ГГН предусматривает ряд последовательных этапов, процессов и операций: оценка степени выбросоопасности зоны ГГН; выбор комплекса мер для безопасного пересечения ГГН; выбор параметров и технологической схемы контроля эффективности гидрорыхления; выбор параметров и технологической схемы гидрорыхления в случае возможности его применения; в отдельных случаях проведение серии опытных нагнетаний, а также уточнение параметров и технологической схемы гидрорыхления и контроля эффективности;

По результатам оценки степени выбросоопасности зоны ГГН - оценка выполняется согласно требований [2]. Принимается решение о возможности применения и осуществления выбора основных параметров гидрорыхления. Основные параметры гидрорыхления в зонах ГГН необходимо уточнить по сравнению с нормальными условиями залегания пластов, поэтому необходимо учитывать следующие факторы: глубину разработки, H , м; мощность пласта, m , м; угол падения пласта, α° ; крепость угля, f_{yc} ; степень выбросоопасности зоны ГГН (определяются по результатам оценки); тип геологического нарушения; основные параметры нарушения; минимальную величину зоны разгрузки в геологическом нарушении l_p , м. Определение величины l_p выполняется для веде-

ния горных работ в зонах ГГН по методике, изложенной в работах [1, 2], а оптимальный диаметр скважин для гидрорыхления рекомендуется принимать $\varnothing = 42..44$ мм, а оптимальную длину скважины в нарушениях: $l_c = 6 \dots 8$ м. Длина скважины включает в себя две составляющие глубину герметизации скважины l_T и длину фильтрующей части скважины, $l_\phi = 2$ м.

Для определения оптимальной величины l_T для конкретного геологического нарушения возможно использовать инженерный метод определения параметров гидрорыхления [4], основанный на использовании системы коэффициентов, согласно [3] l_T рассчитывается по формуле:

$$l_c = 5m \times \kappa_n \times \kappa_\alpha \times \kappa_f, \quad (1)$$

где l_T - глубина герметизации скважины, м; m - мощность пласта, м; κ_n , κ_α , κ_f - коэффициенты, учитывающие соответственно влияние: глубины горных работ; угол падения пласта и прочностных свойств угля. Числовые значения коэффициентов κ_n , κ_α , κ_f приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Значение коэффициентов

Наименование факто-ров и коэффициентов	Числовые значения влияющих факторов и коэффициентов									
H , м	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
κ_n	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
β , град.	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
κ_α	1,01	1,00	0,98	0,95	0,91	0,87	0,83	0,80	0,78	0,77
f	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
κ_f	1,94	1,30	1,01	0,83	0,71	0,64	0,57	0,50	0,45	0,42

Важной характеристикой напряженного и газодинамического состояния пласта является величина зоны разгрузки в нарушении l_p , которая для уточнения параметров гидрорыхления в зонах ГГН измеряется перед производством гидрорыхления. Согласно методике, изложенной в работе [1] величина l_T в зависимости от значения величины l_p может выражаться следующей зависимостью:

$$l_c = 0,41l_p + 4,54, \text{ м} \quad (2)$$

Для зон ГГН характерна высокая степень изменчивости крепости угля (f) и углов падения пласта (β) - поэтому величину l_p необходимо корректировать с учетом конкретных горно-геологических условий. С этой целью, по мнению авторов [1, 5], для очистных забоев в зоне геологических нарушений величину l_T следует определить по формуле:

$$l_2 = (0,41l_p + 4,54) \times \kappa_\alpha \times \kappa_f, \text{ м} \quad (3)$$

В зонах ГГН, в связи с их высокой неоднородностью, наблюдается также повышенная изменчивость величины зоны разгрузки l_p , поэтому к расчету следует принимать ее минимальное измеренное значение. Выбранные основные параметры гидрорыхления в зоне нарушения уточняются путем проведения не менее чем в 3-х сериях опытных нагнетаний. Таким образом, путем корректировки достигается соответствие параметров гидрорыхления конкретным горно-геологическим условиям.

Рассмотрим наиболее типичные технологические схемы гидрорыхления и контроля эффективности способа на пологих нарушенных пластах. В зоне ГГН и на 10-метровых прилегающих к нарушению участках должно буриться оптимальное количество скважин для гидрорыхления. Число скважин N_c и технологические схемы гидрорыхления и контроля эффективности способа применяют в зависимости от степени выбороопасности нарушения участка пласта, типа нарушения и основных его параметров. Для очистных забоев расстояние между скважинами гидрорыхления рекомендуется принимать не более $2R_{эф}$. Согласно работ [1, 2] на выбороопасных и особо выбороопасных пластах в очистных забоях, непосредственно в самой зоне нарушения и на 10-метровых прилегающих к нарушению участках, необходимо вести усиленный контроль эффективности гидрорыхления.

Технологические схемы гидрорыхления и контроля эффективности для очистных забоев показаны на рис. 1.

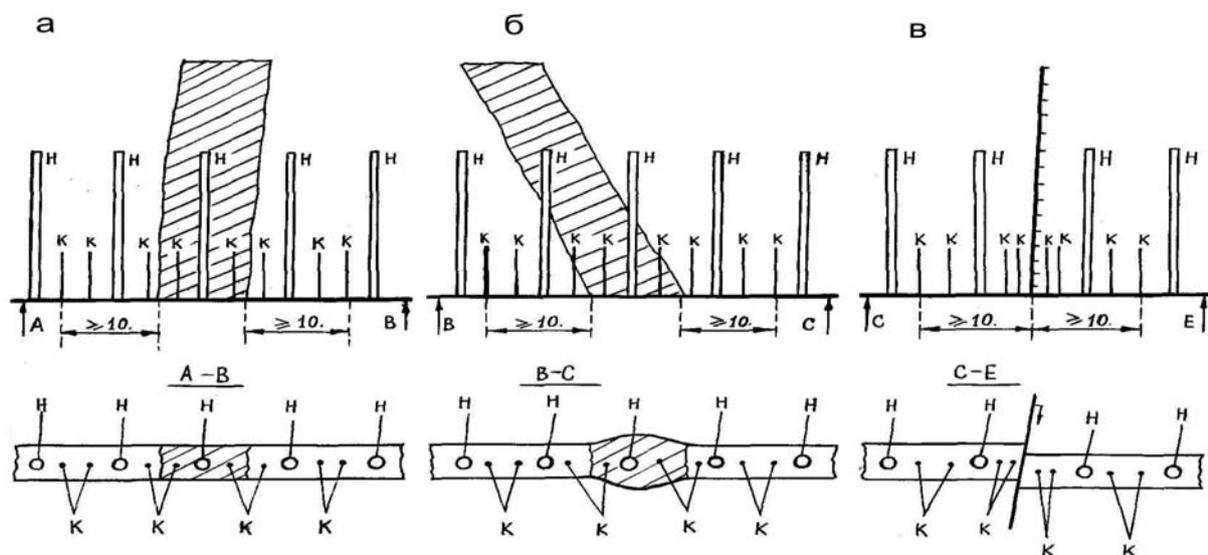


Рисунок 1 - Схемы выполнения гидрорыхления и контроля эффективности его применения для очистных забоев в зонах нарушений: а - структурных; б - пликативных; в - дизъюнктивных (разрывных)

В разрывных геологических нарушениях с амплитудой смещения более половины мощности пласта, т.е. при значениях $A > m/2$ применение гидрорых-

ления не рекомендуется.

Проведение подготовительных выработок на особо выбросоопасных угольных пластах в зонах нарушений всех типов рекомендуется осуществлять с помощью буровзрывных работ в режиме сотрясательного взрывания. На выбросоопасных и угрожаемых шахтопластах, в зонах нарушений при выявлении текущим прогнозом опасных зон, подготовительные забои разрешается проводить с применением гидрорыхления в случае возможности бурения скважин необходимой глубины, при этом обязателен усиленный контроль эффективности способа (рис. 2).

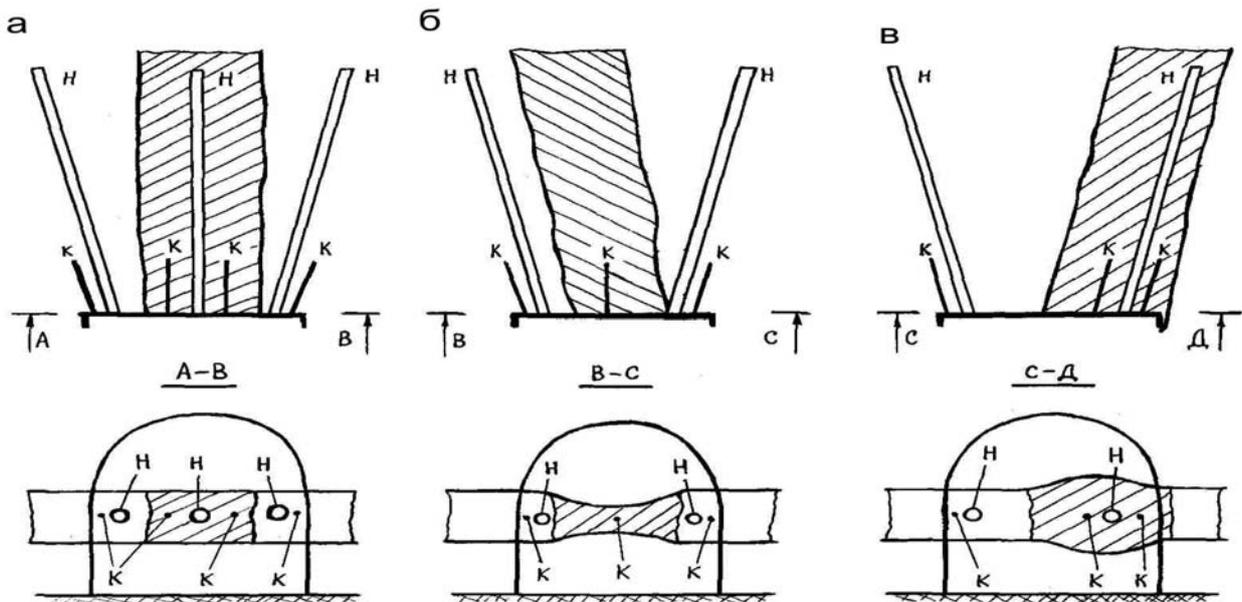


Рисунок 2 - Схемы выполнения гидрорыхления и контроля эффективности его применения для подготовительных выработок, проводимых по нарушенным участкам пласта: а- структурные нарушения; б –утонение мощности пласта; в - увеличения мощности пласта

На рисунке 2 приведены схемы расположения скважин для гидрорыхления и шпуров и ведения контроля эффективности гидрорыхления по q_n для подготовительных выработок, проводимых по следующим типам нарушений: структурных, пликативных в виде утонения или увеличения мощности пласта. Схемы, приведенные на рисунке 2, предназначены для угрожаемых и выбросоопасных угольных пластов, а приведенные на рис. 1 – для выбросоопасных угольных пластов. При этом следует иметь в виду, что на выбросоопасных и особо выбросоопасных пластах в подготовительных забоях при амплитуде разрывных нарушений $A > m/2$ применение гидрорыхления не рекомендовано. Ниже приведем упрощенный расчет параметров применения данного способа.

Ширина обрабатываемой полосы угля в подготовительных забоях принимается равной:

$$C = B + 2 \times v, \text{ м}, \quad (4)$$

где B - ширина угольного забоя, м; v - ширина обрабатываемой полосы за контуром выработки, $v = R_{\text{эф}} - l$, м.

Число скважин в подготовительных выработках должно быть не менее двух. Глубина герметизации скважин для подготовительных забоях определяется по следующей формуле:

$$l_2^n = l_2 \times \kappa_{II}, \quad (5)$$

где l_2 - расчетное значение глубины герметизации нагнетательных скважин для очистного забоя, рассчитанное по формуле 3; κ_{II} - коэффициент, учитывающий соотношение ширины подготовительного забоя B и мощность пласта m). Значения коэффициента κ_{II} приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения коэффициентов κ_{II}

Отношение B/m	2	3	4	5	6	7	8
κ_{II}	0,50	0,58	0,66	0,75	0,84	0,92	1,00

Подставляя в зависимость (5) выражение (3) получим окончательное значение глубины герметизации скважин для подготовительных забоях, которое выражается в следующем виде:

$$l_2 = (0,41l_p + 4,54) \times \kappa_\alpha \times \kappa_f \times \kappa_{II}. \quad (6)$$

Рассчитанные значения l_2 для практического применения округляются с точностью до 0,5 м. В качестве дополнительной меры безопасности при пересечении геологических нарушений в очистных выработках необходимо применять дистанционное управление комбайном при выемке угля, независимо от результатов гидрорыхления и контроля эффективности. При наличии предупредительных признаков выбросоопасности при бурении скважин для гидрорыхления (шпуров для контроля эффективности) как в очистных, так и в подготовительных выработках необходимо прекратить работы, и в дальнейшем выемку угля осуществлять сотрясательным взрыванием.

Применение изложенных рекомендаций по ведению гидрорыхления в зонах ГГН на пологих пластах будет способствовать повышению эффективности гидрорыхления, однако для обеспечения более высокого уровня безопасности ведения горных работ в особо сложных условиях разработки шахтопластов, необходимо проведение дополнительных исследований.

Для повышения эффективности выполнения противовыбросных мероприятий, основанных на использовании нагнетаемой жидкости в угольный пласт ИГТМ НАН Украины совместно с МакНИИ были разработаны рекомендации, которые были направлены на уточнение режимов и параметров нагнетания жидкости. [6]. Сущность разработанных рекомендаций заключается в следующем. Предлагаемые противовыбросные мероприятия, основанные на нагнетании жидкости в выбросоопасный угольный пласт, включающие в себя такие

элементы, как: выбор места и режима нагнетания жидкости, бурение в угольный пласт нагнетательных скважин, оборудование в них герметизирующей и фильтрационной части, герметизацию устьев этих скважин и контроль за состоянием массива. Кроме этого, рекомендуется предварительно исследовать угольный пласт по крепости, выделить наиболее крепкие и наиболее мягкие пачки угля. Расстояние между нагнетательными скважинами принимают равным не более двух радиусов эффективной пропитки жидкостью. Причем, герметизирующую часть скважин рекомендовано оборудовать по наиболее крепким пачкам, а фильтрующую часть в наиболее мягкой пачке угольного пласта.

В зависимости от горно-технологических условий в забое применяют один из видов регулируемого нагнетания жидкости в пласт в режиме гидрорыхления, гидроотжима, низконапорного или регионального увлажнения [6]. Сущность предлагаемых рекомендаций проиллюстрирована рисунками 3 – 8. Так, на рисунках 3 и 4 представлены технологические схемы регулируемого гидроотжима, причем на рис. 3 представлена схема при мощности пачки прочного угля не менее 1 м; а на рисунке 4 в любых других условиях. На рисунке 5 представлена схема расположения нагнетательных скважин для гидрорыхления в очистном забое крутого угольного пласта, причем на рис. 5,а приведена схема с использованием одной скважины в уступе, а на рисунке 5,б - при использовании двух скважинах в уступе. На рисунках 6 и 7 приведены технологические схемы расположения скважин при гидрорыхлении в очистном забое пологого угольного пласта, причем на рис. 6 - в прямолинейной части забоя, а на рис. 7 в комбайновой нише. На рисунке 8 представлена технологическая схемы расположения скважин при гидрорыхлении в забое подготовительной выработки на крутых угольных пластах (рис. 8,а) и пологих пластах (см. рис. 8,б).

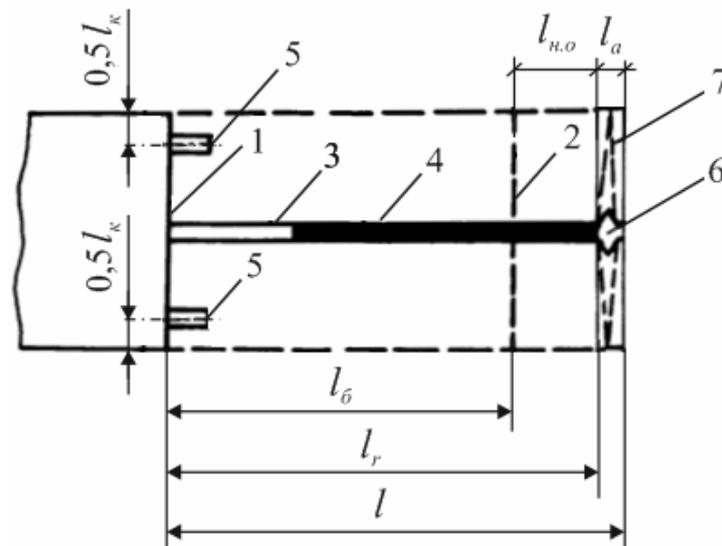


Рисунок 3 - Технологическая схема регулируемого гидроотжима при мощности пачки прочного угля в пласте, не менее 1 м

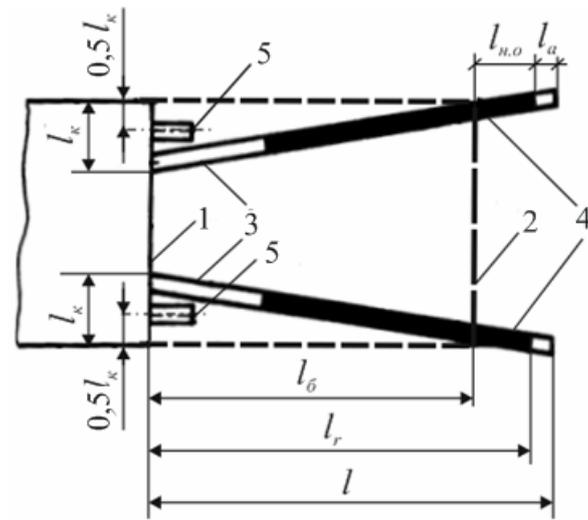


Рисунок 4 - Технологическая схема регулируемого гидротолжма

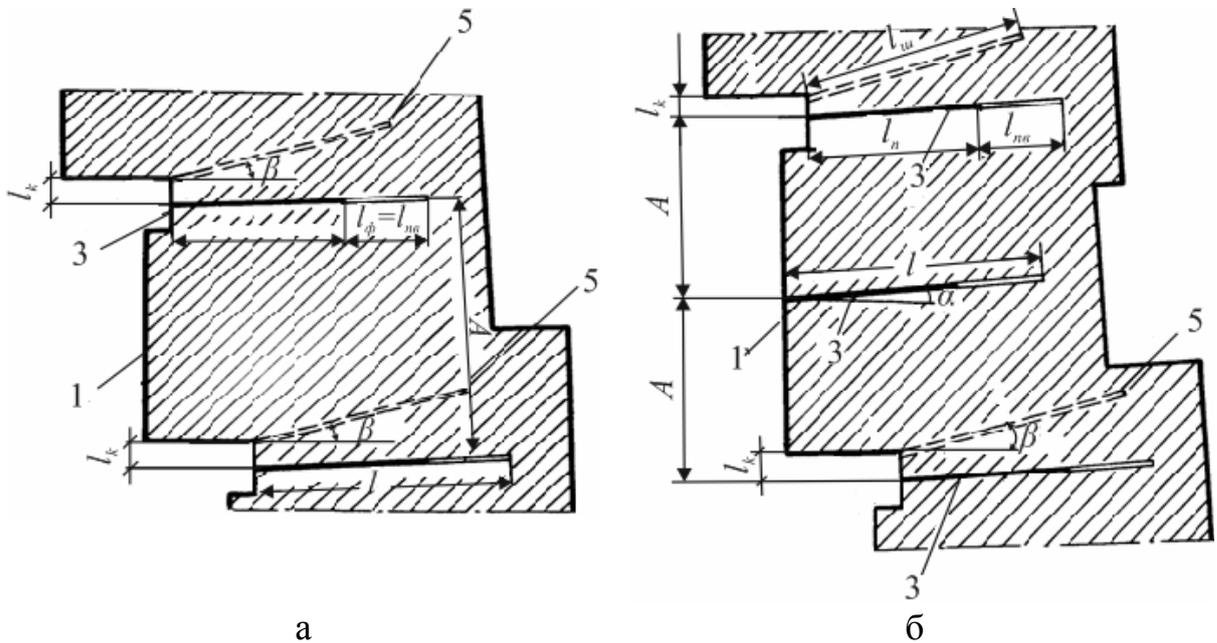


Рисунок 5 – Технологические схемы расположения нагнетательных скважин для гидрорыхления в очистном забое крутого угольного пласта: а - с использованием одной скважины в уступе, б - с использованием двух скважин в уступе

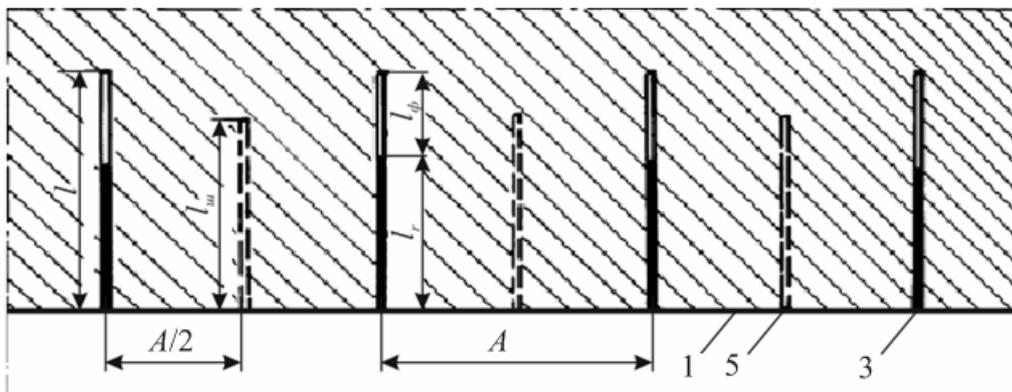


Рисунок 6 - Технологическая схема расположения скважин при гидрорыхлении в очистном забое пологого угольного пласта в прямолинейной части забоя

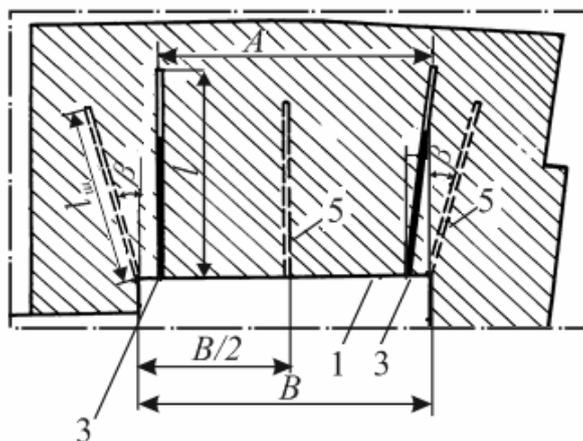


Рисунок 7 - Технологическая схема расположения скважин при гидрорыхлении в очистном забое в комбайновой нише

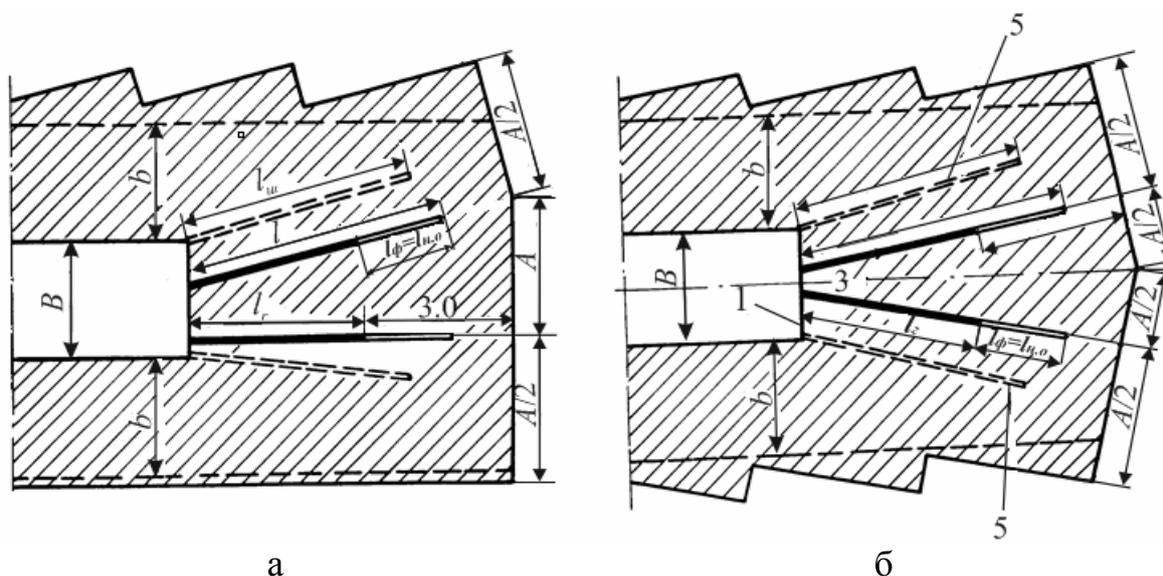


Рисунок 8 – Технологические схемы расположения скважин при гидрорыхлении в забое подготовительной выработки: а - на крутых угольных пластах; б - на пологих пластах

При нагнетании жидкости в угольный пласт в режиме гидроотжима глубину герметизации нагнетательных скважин определяют по формулам: для очистных забоев $l_2 = (3,2 \pm 1) \times m \geq 2 \text{ м}$ и для подготовительных забоев $l_2 = (7,5 \pm 1) \times S/P \geq 2 \text{ м}$, где S - площадь угольного забоя, м^2 ; P - периметр угольного забоя, м; m - мощность пласта, м, а давление нагнетаемой в пласт жидкости принимают $P_{max} = (0,8-2) \gamma H + P_c$, где P_c - потери напора в гидросистеме, МПа.

Длина шпура 1 принимается на величину l_w , равную 0,3 м, превышающую глубину герметизации пласта l_2 . Технологическая схема гидроотжима приведена на рис. 3 и 4, где приведены схемы для условий: на рис. 3 при наличии в сечении выработки пачки прочного угля мощностью не менее 1 м; на рис. 4 в любых других условиях. Количество шпуров и их расположение принимаются в соответствии с выбранной технологией. На схемах приведены следующие обозначения: 1, 2 - положения забоя выработки при очередном гидроотжиме; 3 - шпуры гидроотжима; 4 - загерметизированный участок шпура; 5 шпуры для

контрольных реперов; 6, 7 – образовавшаяся щель и трещина в результате гидроразрыва.

Насосные установки, предназначенные для гидроотжима, устанавливаются на свежей струе воздуха на расстоянии кровли не менее 120 м от забоя подготовительной выработки и не менее 30 м от забоя очистной выработки. Допускаются установки насоса на вентиляционном штреке на исходящей струе при производстве гидроотжима в очистном забое и наличии средств обеспечения безопасности рабочих. Скорость нагнетания принимают не менее 15 л/мин. Шпур для гидроотжима должны были бурить в наиболее мощной пачке пласта, в которой достигается их качественная герметизация. В подготовительных выработках для обеспечения качественной герметизации бурят шпур из породного забоя на пласт.

Неснижаемое опережение отжатой зоны $l_{н.о.}$ рекомендуется, как правило, не менее 0,7 м для очистных забоев и не менее 1 м для подготовительных забоев.

В очистных забоях нагнетательные скважины бурят перпендикулярно к забою, в кутках под углом, обеспечивающим выход фильтрующей части скважины непосредственно за его контур, пункт замера выдвигания пласта располагают на расстоянии 0,5 м от кутка, посередине между шпурами.

В подготовительных забоях гидроотжим производят не менее чем через две скважины, устья которых находятся на расстоянии 1 м от боксов выработки, а фильтрующие части скважин - непосредственно за ее контуром. При ширине угольного забоя 2,5 м и менее гидроотжим производится через один шпур, пробуренный в средней части забоя. Пункты замера выдвигания пласта в подготовительных выработках должны быть расположены в угольном забое по обе стороны от нагнетательного шпура на расстоянии 0,5 м от боков выработки и посередине между шпурами. Гидроотжим считается эффективным при отжиме кромки забоя в очистных забоях не менее $0,01 \times l_r$, в подготовительных забоях не менее $0,02 \times l_r$, а осмотр забоя после гидроотжима осуществляют не менее чем за 20 мин после отключения насоса и при концентрации метана в атмосфере менее 1%.

При нагнетании жидкости в пласт в режиме гидрорыхления, в соответствии с рекомендациями, длина нагнетательных скважин составляет 6-11 м, глубина герметизации 4-8 м, а величина неснижаемого опережения принимается равной длине фильтрующей части скважины. Количество жидкости, подаваемой в одну скважину, составляет:

$$Q = 2R_{эф} \times g \times m \gamma_{уг} (l_2 + l_{н.о.}) / 1000, \quad (7)$$

где g - удельный (расчетный) расход жидкости, л/т; m - мощность угольного пласта, м; $\gamma_{уг}$ - удельный вес угля, кг/м³; l_2 - глубина герметизации шпура, м; $l_{н.о.}$ - величина неснижаемого опережения 1 м, а эффективный радиус нагнетания равен $R_{эф} \approx 0,8 l_2$. Кроме того, ширину гидрообрабатываемой полосы в подготовительных выработках принимают равной $C = B + 2b$, где B - ширина выработки, м; b - ширина обрабатываемой полосы за контуром выработки, м.

Гидрорыхление считают эффективным при подаче расчетного количества

жидкости в скважину или появлении жидкости на плоскости забоя и снижении давления в высоконапорном трубопроводе не менее чем на 30%.

При низконапорном увлажнении диаметр нагнетательных скважин принимают равным 45-100 мм, глубину герметизации принимают равной не менее 5 м при диаметре скважины 45-60 мм и не менее 10 м при большем диаметре, а объем жидкости, закачиваемый в скважину, определяют с использованием зависимости:

$$Q = 2R_{эф} \times l \times m \gamma g, \quad (8)$$

где l - длина скважины, м; m - мощность угольного пласта, м; g - норма подачи жидкости на 1 т угля, при этом давление нагнетания жидкости в пласт принимают равным не более $0,75 \gamma H$, причем расчетную влажность угля для эффективного нагнетания жидкости в пласт принимают не менее 6%.

Эффективный радиус нагнетания жидкости составляет $R_{эф} \approx 0,8 \times l_r$. Выемку угля после гидрорыхления производят на глубину не более, чем на глубину l_2 . Давление при нагнетании жидкости $P_n = (0,75-2) \times \gamma H$. Темп нагнетания составляет не менее 3 л/мин.

Для герметизации скважин применяют рукавные гидрозатворы длиной не менее 2,5 м с использованием удлинителей, позволяющих устанавливать гидрозатворы на требуемой глубине. В случае, если гидрозатвор длиной 2,5 м не обеспечивает надежную герметизацию скважин, применяют гидрозатворы большей длины. Для улучшения качества герметизации в очистных забоях крутых пластов, сложенных мягкими и сыпучими углями, бурение и герметизацию скважин осуществляют заранее при наличии (помимо неснижаемого опережения) обработанной ранее зоны, соответствующей суточному подвиганию забоя. Нагнетание воды производят через одну или несколько скважин отдельными насосными установками, расположенными на расстоянии не ближе 30 м от нагнетаемой скважины. Перед началом нагнетания производят проверку высоконапорного водопровода на герметичность. На высоконапорном трубопроводе не более 15 м от гидрозатвора и у насосной установки должны быть установлены манометры и разгрузочный вентиль-тройник, регулированием которого обеспечивается плановое повышение или сброс давления. Нагнетание воды в пласт необходимо начинать с плавным повышением давления до максимального его значения в течение 3-5 мин.

При региональном увлажнении угольных пластов нагнетание жидкости производят через длинные скважины диаметром 80-110 мм, пробуренные впереди очистных или подготовительных забоев с опережением, при этом ширину зоны опережения увлажненного участка определяют по формуле $L_{увл} = l_{н.з.} + V_{заб}$, где $l_{н.з.}$ - неснижаемый запас увлажнения, необходимый для выдержки увлажненного участка в течении одного месяца; $V_{заб}$ - скорость подвигания забоя, м/мес, а увлажнение выбросоопасных пластов осуществляют до содержания физически связанной жидкости в угле 2-3%, причем глубину герметизации скважин принимают равной половине расстояния между нагнетательными скважинами.

При низконапорном увлажнении пласта диаметр нагнетательных скважин составляет 45-100 мм. Длина скважин не ограничивается. Глубина герметизации принимается равной не менее 5 м при диаметре скважины 45-60 мм и не менее 10 м при большем диаметре. Неснижаемое опережение увлажненной зоны забоя выработки должно составлять не менее 5 м. Расстояние от стенок выработки до границы увлажненной зоны должны составлять не менее 5 м. Давление нагнетания воды не должно превышать $0,75 \gamma H$. Объем закачиваемой жидкости определяют:

$$Q = 2R_{\phi} l m \gamma g, \quad (9)$$

где l - длина скважин, м; m - мощность угольного пласта, м; g - норма подачи жидкости на 1 т угля.

Скважины для увлажнения бурят по крепкой пачке пласта. Герметизацию скважин осуществляют рукавными гидрозатворами или цементно-песчаным раствором. При увлажнении пласта через барьерные скважины нагнетание воды можно производить через обе скважины одновременно. Для повышения качества увлажнения нагнетание воды необходимо производить с перерывами на 1-2 ч в смену. Увлажнение считается законченным после подачи в скважины жидкости до достижения заданной влажности угля.

При применении способа в условиях выбросоопасных угольных пластов необходимо выполнять оценку эффективности гидрорыхления и осуществлять контроль его параметров следующим образом. Так, при контроле гидрорыхления пласта оценивают соответствие паспортным следующим параметрам: длины и расположения скважин, глубины их герметизации, величины неснижаемого опережения, давления и количества нагнетаемой воды. Каждая насосная установка должна быть снабжена водомером, предохранительным клапаном и манометром, а контроль их проверяют в процессе ведения работ по гидрорыхлению. Давление воды и темп нагнетания определяют по показаниям манометра и водомера через каждые 5 мин после начала нагнетания. При этом фиксируют максимальное и конечное давление, средний темп нагнетания и суммарный расход воды, закачанной в скважину. Контроль эффективности гидрорыхления осуществляют в соответствии с требованиями нормативных документов [1, 7].

Кроме того, при выполнении мероприятия необходимо обязательно выполнять ряд мер безопасности. При гидрорыхлении оборудование и приборы должны отвечать требованиям заводских инструкций, а состояние и работоспособность оборудования для нагнетания воды в пласт должны проверяться перед каждым циклом нагнетания лицом технического надзора.

Для предотвращения самопроизвольного выбрасывания гидрозатвора из скважины перед нагнетанием воды его прикрепляют гибкой связью (цепью, тросом) к элементу крепи.

В очистных забоях на пологих пластах при выполнении гидрорыхления между местом нахождения людей, занятых нагнетанием, и местом установки насоса должна быть налажена переговорная связь.

При выполнении гидрорыхления запрещается соединять, разъединять и ремонтировать высоконапорную арматуру, если высоконапорный трубопровод находится под давлением; эксплуатировать высоконапорный трубопровод при нарушении его герметичности и оставлять без присмотра работающую насосную установку во время нагнетания жидкости.

Таким образом, как правило, эффективность применения гидрорыхления в зонах геологических нарушений существенно более низкая по сравнению с нормальными условиями залегания угольных пластов, поскольку параметры мероприятия рассчитаны для нормальных условий залегания пластов. Для зон с повышенной нарушенности угля разработаны рекомендации по совершенствованию выполнения гидрорыхления со специальными технологическими схемами и параметрами его выполнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных угольных пластах // С.П. Минеев, А.А. Рубинский, О.В. Витушко, А.Г. Радченко – Донецк: Східний видавничий дім, 2010.- 603 с.
2. СОУ 10.1.00174088.011-2005 Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям. – Киев: Минуглепром Украины, 2005. – 225 с.
3. Рубинский А.А. Эффективность гидрорыхления в зонах геологических нарушений на пологих шахтопластах / А.А. Рубинский, А.Г. Радченко, А.И. Резниченко // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: Сб. научн. трудов МакНИИ. – Макеевка: МакНИИ, 1995. – С. 84-91.
4. Балинченко И.И. Инженерный метод, определения параметров гидрорыхления угольного пласта / И.И. Балинченко, Л.Ф. Горягин, А.И. Резниченко А.И. // Способы создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: Сб. научн. тр. МакНИИ.- Макеевка: Донбасс, 1983.- С. 48-50.
5. Выбор параметров гидрорыхления для предотвращения выбросов в конкретных горно-геологических условиях / И.И. Балинченко, Л.Ф. Горягин, Т.Я. Мхатвари, А.И. Резниченко // Совершенствование технологии строительства горных предприятий - Донецк: ЦБНТИ, 1992.- С. 125- 135.
6. Патент России 20067181 МПК⁶ E21F5/00. Способ снижения газодинамической активности выбросоопасного пласта / С.П. Минеев, Л.А. Вайнштейн, А.А. Рубинский, Л.Ф. Горягин.- Заявл. 16.01.1992.- Оpubл. 27.09.96, 1996.- Бюл. 18.- 14 с.
7. Предупреждение газодинамических явлений в угольных шахтах: Сборник документов. Серия 05. Выпуск 2. – 2-е изд., испр. – М.: Государственное предприятие. Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2001. – 320 с.

REFERENCES

1. Mineev, S.P., Rubinsky, A.A., Vitushko, O.V. and Radchenko, A.G. (2010), *Gorniyе raboty v slozhnykh usloviyakh na vybrosopasnykh ugolnykh plastakh* [Mining operations in difficult conditions on the outburst coal seams], Shidny vidavnichy Dim, Donetsk, Ukraine.
2. Ministry of Coal Industry of Ukraine (2005), *JMA 10.1.00174088.011-2005: Pravila vedeniya gornikh robot na plastakh, sklonnykh k gazodinamicheskim yavleniyam* [JMA 10.1.00174088.011-2005, Rules mining in seams prone to gas-dynamic phenomena], Ministry of Coal Industry of Ukraine, Kiev, Ukraine.
3. Rubinsky, A.A., Radchenko, A.G. and Riznichenko, A.I. (1995), "Gidrorыхleniya efficiency in areas of geological disturbances on gentle shahtoplastah", *Methods and means of providing a safe and healthy working conditions in coal mines : Sat Nauchn . MAKNIi works*, pp. 84-91.
4. Balinchenko, I.I., Goryagin, L.F. and Reznichenko, A.I. (1983), "Engineering method of determining the parameters gidrorыхleniya coalbed", *Methods of providing a safe and healthy working conditions in coal mines : Sat Nauchn . MAKNIi works*, pp. 48-50.
5. Balinchenko, I.I. , Goryagin, L.F. , Mhatvari, T.Ya. and Reznichenko, A.I. (1992), *Vybor parametrov gidrorыхleniya dlya predotvrashcheniya vybrosov v konkretnykh gorno-geologicheskikh usloviyakh* [Selection of parameters gidrorыхleniya to prevent emissions in specific geological conditions], Improvement of construction technology of mining enterprises, Donetsk, Ukraine.

6. Mineev, S.P., Weinstein, L.A., Rubinsky, A.A. and Goryagin, L.F., Russian Patent 20067181 MPK6 E21F5/00 (1996), *Sposob snizheniya gazodynamicheskoy aktivnosti vybrosoopasnogo plasta* [Method lowering of gas-dynamic activity of outburst seam], Moscow, Russia.

7. *Warning gasdynamic phenomena in coal mines : A Collection of Documents* (2001), State Enterprise . Scientific and Technical Center for Industrial Safety Gosgortekhnadzor Russia, Moscow, Russia.

Об авторах

Минеев Сергей Павлович, д-р техн. наук, профессор, зав. отделом управления динамическими проявлениями горного давления Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАН Украины), sergminee@gmail.com.

Потапенко Александр Алексеевич, инженер, генеральный директор "Донецкая угольная энергетическая компания" (ДУЭК).

About the authors

Mineev Sergey Pavlovich, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Head of Department of Pressure Dynamic Control in Rocks of the N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics NAS of Ukraine, sergminee@gmail.com.

Potapenko Alexander Alekseyevich, Master of Science, General Director of "Donetsk Coal Energy Company" (DUEK).

Анотація. Розроблено рекомендації по вдосконаленню параметрів способу гідророзпушування привибійної частини викидонебезпечного вугільного пласта під час ведення гірських робіт в зонах геологічних порушень і запропоновані заходи виконання даного противикидного заходу, що підвищують безпеку і ефективність робіт. В рекомендаціях наведено технологічні схеми виконання способу і контролю ефективності його вживання для структурних плікативних і диз'юнктивних (розривних) порушень. Дані основні вимоги при експлуатації високонапірної арматури, трубопроводу, який знаходиться під тиском, і насосної установки, що працює під час нагнітання рідини.

Ключові слова: гідророзпушування, викид, газодинамічні явища.

Abstract. Developed recommendations for improving the process parameters of the bottomhole gidroryhleniya outburst coal seam during mining operations in areas of geological faults and suggested measures to enhance security and efficiency of the present protivovybrosnogo event. The recommendations are flow diagrams of the process and monitor the effectiveness of its application for structural multiplicative and disjunctive (discontinuous) violations. Are the basic requirements when operating high-pressure valves , piping under pressure and working during liquid injection pump installation .

Keywords: gidroripping , emission, gas-dynamics effects.

Статья поступила в редакцию 25.02.2014

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

Т.В. Бунько, д-р техн. наук, ст. научн. сотр.,
М.Н. Дудник, мл. научн. сотр.,
В.Н. Веретенник, мл. научн. сотр.,
А.И. Вишницкий, мл. научн. сотр
(ИГТМ НАН Украины)
А.Ш. Жалилов, инженер
(ГП «Селидовуголь»)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
КРЫЛЬЧАТКИ ТАХОМЕТРИЧЕСКОГО АНЕМОМЕТРА ПРИ
ВОЗДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОГО СКОРОСТНОГО ПОТОКА
ВОЗДУХА**

Т.В. Бунько, д-р техн. наук, ст. науч. співр.,
М.Н. Дуднік, мол. науч. співр.,
В.М. Веретеннік, мол. науч. співр.,
О.І. Вишницький, мол. науч. співр.
(ІГТМ НАН України)
А.Ш. Жалілов, інженер
(ДП «Селідоввугілля»)

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ
КРИЛЬЧАТКИ ТАХОМЕТРИЧНОГО АНЕМОМЕТРА ПІД ЧАС ДІЇ
МАКСИМАЛЬНОГО ШВИДКІСНОГО ПОТОКУ ПОВІТРЯ**

T.V. Bunko, D.Sc. (Tech.), Senior Researcher,
M.N. Dudnik, M.S. (Tech.),
V.N. Veretennik, M.S. (Tech.),
A.I. Vishnitskiy, M.S. (Tech.)
(IGTM NAS of Ukraine)
A.Sh. Zhalilov, M.S. (Tech.)
(SE «Selidovugol»)

**SPECIFICITY OF TACHMETER ANEMOMETER IMPELLER
OPERATION UNDER THE ACTION OF MAXIMAL VELOCITY FLOW**

Аннотация. В статье проанализированы особенности функционирования крыльчаток современных тахометрических приборов, изготавливаемых из различных материалов в мировой горнотехнической практике. Отмечено, что основным показателем их эффективной работы является механическая прочность при воздействии различных скоростных потоков воздуха при сохранении необходимой точности измерений при их предельно возможных значениях. Приведен метод расчета напряжений, вызывающих изгибающие моменты в крыльчатке от скоростного напора набегающего на нее воздушного потока, позволяющий выбрать оптимальный материал для ее изготовления с учетом всех влияющих на качество измерений факторов. Также изложены основные положения метода измерения сечений горных выработок произвольной формы. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании существующей модели АПР-2, а также при создании опытного образца прибора контроля расхода воздуха и депрессии горных выработок.