

УДК 622.02:539:03

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗОЛИРОВАННОГО ГАЗООТВОДА

к.т.н. Бокий Б.В., к.т.н. Ирисов С.Г., инж. Ставицкий Н.Г. (АП "Шахта им. А.Ф. Засядько")

Використання ізольованого газовідводу з «нового» виробленого простору не має сенсу в умовах прямотечіного провітрювання. Не належить використовувати ізольований газовідвід з суміжного виробленого простору при руху висхідного струменя повітря крила у гору.

ON THE INSULATED GAS VENT IMPLEMENTATION ADVISEABILITY

Bokii B.V., Irisov S.G., Stavitskii P.G.

Isolated removal of the methane out of current gob is not relevant if to use advance system of ventilation. It is not pertinent to employ isolated removal of the gas out of adjacent gob having removal of the exhausted flow up to raising direction.

Одним из основных условий выживания угледобывающих предприятий являются высокие темпы ведения очистных работ, которые сдерживаются непрерывно ухудшающимися горно-геологическими условиями залегания угольных пластов. В частности, это проявляется интенсивным газовыделением в горные выработки, которое увеличивается с увеличением нагрузки на лаву. В шахтах Донбасса для снижения газовыделения в выработки широко применяется дегазация подрабатываемого массива скважинами. Однако при столбовых системах разработки с погашением штреков вслед за лавой дегазация при помощи скважин оказывается недостаточно эффективной, а в ряде случаев – усугубляющей газовую обстановку в выработках добычных участков. В связи с этим на шахте им. А.Ф. Засядько в последнее время применяется изолированный газоотвод метана по трубам из погашенной части вентиляционных штреков, что ощутимо снижает концентрацию метана в исходящих струях добычных участков, а также позволяет утилизировать метан в шахтной котельне. Всё это вызвало потребность повысить объёмы каптируемого изолированным газоотводом метана и его концентрацию, что определило задачи исследований, результаты которых представлены в данной статье: установить область применения изолированного газоотвода как способа дегазации и способа добычи метана.

Изолированный газоотвод (ИГО) как способ дегазации нашёл широкое применение при обработке угольных пластов I_1 и m_3 в поле шахты им. А.Ф. Засядько. Горно-геологические условия разработки данных пластов следующие: глубина ведения горных работ свыше 1100-1300м, мощности угольных пачек данных пластов – 1,5-2,4м; угол падения – 5-15°; выход летучих веществ угля – 30 - 35%; природная газоносность – 20-24 м³/т.с.г.м.

Кроме того пласты склонны к самовозгоранию, опасны по внезапным выбросам угля и газа, угольная пыль взрывчата. Подготовка выемочных полей – этажная, наклонная высота этажа – 250-270м; система разработки – столбовая с отработкой этажей обратным ходом по простиранию. Для проветривания добычных участков применяются три схемы: возвратноточная, прямоточная и комбинированная с разделением исходящей струи и её отводом от лавы к центру и на фланг шахтного поля. Для снижения расхода $I_{у\text{ч}}$ и концентрации $C_{у\text{ч}}$ метана на вентиляционных штреках применяется дегазация подрабатываемого массива через скважины, которые бурят из вентиляционных штреков навстречу лаве. Подземная дегазационная сеть обслуживается вакуум - насосной станцией (ВНС), расположенной на поверхности и оснащенной вакуум-насосами типа ВН-150. До проведения капитальной реконструкции всей дегазационной системы шахты существовала проблема обеспечения вакуумом участкового дегазационного трубопровода, что обуславливалось несоответствием диаметра магистральных и участковых трубопроводов их длине. В таких условиях сами дегазационные скважины являлись дополнительными источниками газа, который под давлением, возникающим в полостях скважин и участковом трубопроводе, просачивался в выработки /1,2/. Для создания достаточного вакуума пришлось в аварийном порядке оборудовать подземные вакуум-насосные станции (ПНВС), оснащенные вакуум-насосами типа ВН-50. В ряде случаев ПНВС работали как бустеры, перекачивая метановоздушную смесь (МВС) с участка к магистральному трубопроводу. ПНВС применялись также и для изолированного газоотвода (ИГО) с участка к общешахтным вентиляционным выработкам, где данная МВС выбрасывалась в атмосферу выработок или перекачивалась в магистральный трубопровод с последующей выдачей её на поверхность для утилизации в шахтной котельне. Работа ПНВС на ИГО при возвратноточной схеме проветривания добычных участков пласта m_3 была достаточно эффективна, так как решала одновременно две проблемы: снижала C в выработанном пространстве вблизи верхней приводной головки конвейера лавы; значительно снижала $I_{у\text{ч}}$ (и $C_{у\text{ч}}$) по вентиляционному штреку. Снижение C в выработанном пространстве на сопряжении лавы с вентиляционным штреком было обусловлено изменением направления части струй воздуха, который перемещался из рабочего пространства лавы к открытому люку трубы ИГО, находящемуся в «погашенной» части вентиляционного штрека на расстоянии 10-30м от окна лавы. Такой «забор» части исходящей струи из лавы приводил к тому, что расход газа $I_{прз}$ через сечение лавы, отстоящее на расстоянии 8-15м от её сопряжения с вентиляционным штреком, превосходил на $4-6\text{м}^3/\text{мин}$ значение $I_{у\text{ч}}$. Так, например, в период возвратноточного проветривания 15 западной лавы пласта m_3 значения расходов газа составляли: $I_{прз} = 24-26$, $I_{у\text{ч}} = 20-22\text{м}^3/\text{мин}$ (на расстоянии 10-30 м от окна лавы); $I_{го} = 12-16\text{м}^3/\text{мин}$ (где $I_{го}$ - расход газа в трубопроводе ИГО). Таким образом, ИГО не только компенсировал недостатки «скважинной» дегазации, каптируя газ в «погашенной» части вентиляционного штрека, но и существенно снижал кон-

центрацию метана в верхней части лавы на границе её рабочего пространства с выработанным. Поэтому в условиях возвратноточных схем проветривания с отводом исходящей струи в сторону массива угля ИГО должен рассматриваться как основной способ дегазации добычных участков.

Целесообразность применения ИГО в условиях прямоточного проветривания устанавливалась путём замеров Q_L и I_L (где Q_L , I_L — соответственно расход воздуха и газа через сечение вентиляционного штрека на расстоянии L_v от лавы по ходу исходящей струи воздуха, $\text{м}^3/\text{мин}$). Величины Q_L и I_L являлись суммой соответственно расходов воздуха и газа через рабочее пространство лавы (в её верхней части) и через выработанное пространство (см. рис. 1).

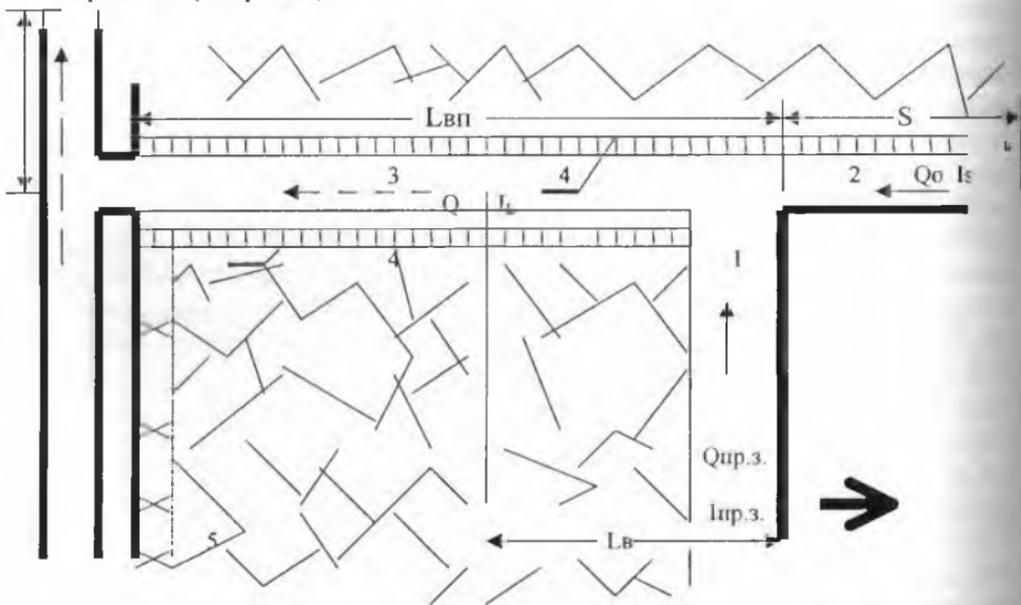


Рис. 1. Фрагмент схемы прямоточного проветривания: 1-направление потока воздуха и газа в рабочем пространстве лавы; 2-направление струй «подсвеживания» Q_0 и газа I_s ; 3-направление исходящей струи воздуха Q и газа I_L от лавы к наклонной фланговой вентиляционной выработке; 4-околоштрековые полосы; 5-фланговая вентиляционная выработка.

Результаты каждой продольной воздушно-газовой съёмки, проводимой по исходящей струе участка, свидетельствовали, что расходы Q_L и I_L всегда тесно коррелировали с расстоянием L_v . Характерные случаи такой корреляции представлены на рис. 2 и 3.

Как следует из рис. 2, расход воздуха по вентиляционному штреку закономерно возрастает с ростом L_v , значение которого соответствует длине выработанного пространства по простираению. Принято считать, что прирост Q по L_v характеризует утечку воздуха через выработанное пространство, поэтому несложно оценить концентрацию метана $C_{вп}$ в МВС.

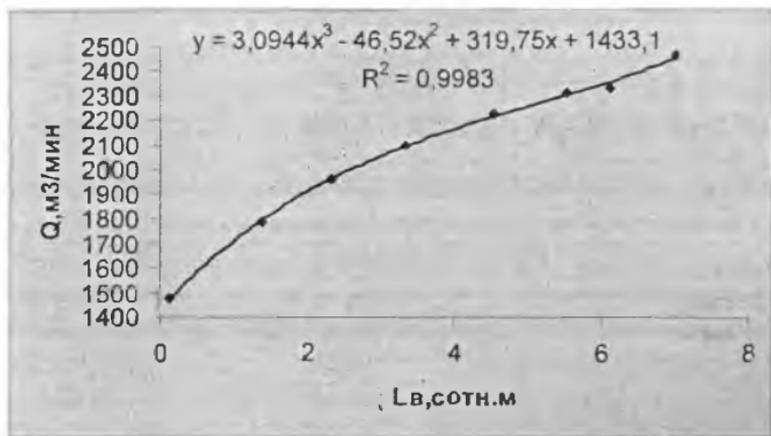


Рис. 2. График распределения по $L_{в}$ расхода воздуха Q через 9 западный вентиляционный штрек пласта I_1 .

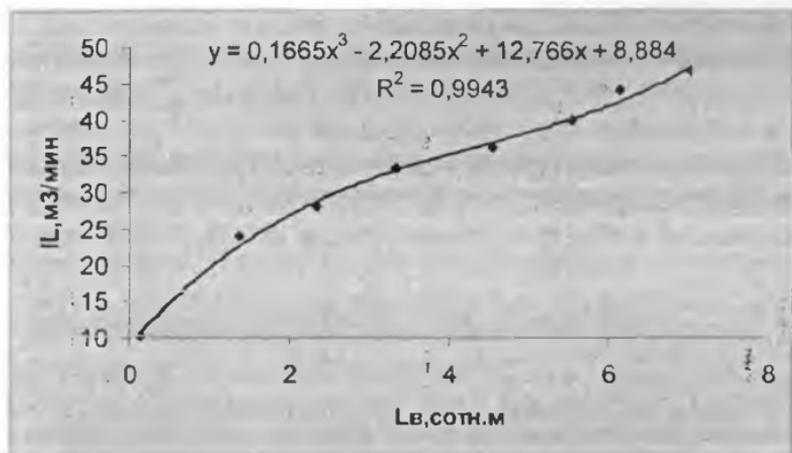


Рис. 3. Характер распределения по $L_{в}$ расхода газа $I_{г}$ через 9 западный вентиляционный штрек пласта I_1 .

проникающей на вентиляционный штрек, если известны распределения $I_{г}$ и Q по $L_{в}$.

Ориентировочные значения $C_{вп}$ в утечке воздуха через выработанном пространстве на различном удалении $L_{в}$ от лавы представлены на рис.4.

Средняя взвешенная (по общему притоку воздуха на вентиляционный штрек) концентрация метана $C_{ср\text{уг}} = 3,5\%$ и только в районе погашенной разрезной печи составляет немногим более 20 %. Однако необходимо отметить, что относительно благоприятное для применения ИГО соотношение между притоками газа и воздуха в районе погашенной разрезной

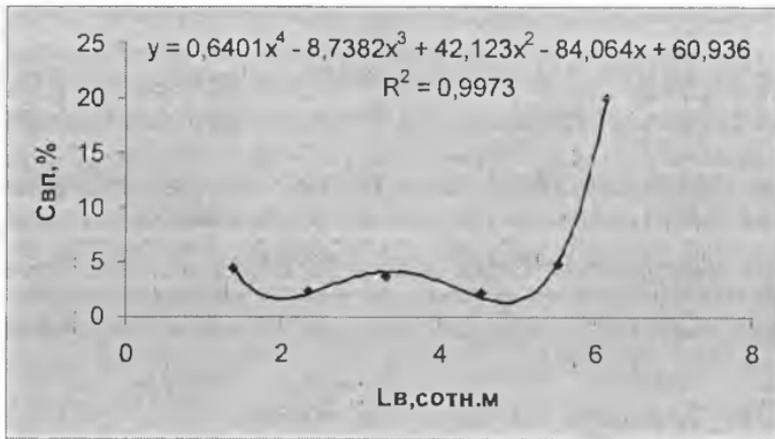


Рис. 4. График зависимости концентрации метана в МВС, поступающей из выработанного пространства 9 западной лавы в вентиляционный штрек, от расстояния L_a .

печи ухудшается по мере увеличения длины выработанного пространства. Кроме того расчёт $C_{вп}$ по измеренным I_L и Q даёт завышенный результат из-за наличия значительного газовыделения из почвы вентиляционного штрека. Ориентировочно приток газа из почвы $I_{поч}$ можно оценить, используя зависимость вида /3/

$$I_{поч} = 2,8 * (L_{в1}^{0,333} - L_{в(i-1)}^{0,333}) \quad (1)$$

где $L_{в1}$ и $L_{в(i-1)}$ – расстояние от лавы между двумя смежными замерными пунктами (в условиях пласта I_1 , м.

Согласно (1) приток газа из почвы вентиляционного штрека на его отрезке между $L_{в}=600$ и 700 м составил $1,5$ м³/мин, а общий приток согласно замерам – $2,7$ м³/мин. При учете газовыделения из почвы результат расчёта таков: $C_{вп} < 10-12\%$. Всё это свидетельствует о том, что применение ИГО в условиях прямоточного проветривания очистных работ по пласту I_1 не имеет смысла по следующим причинам: низкая концентрация метана, в ряде случаев меньшая, чем концентрация газа в струе воздуха, отводимой по неподдерживаемой выработке; искусственное снижение расхода воздуха в исходящей струе; снижение $C_{вп}$ по мере увеличения длины $L_{в}$. Применению ИГО в условиях прямоточного проветривания препятствует не только достаточно высокая проводимость выработанного пространства, но и отток части воздуха из верхнего (концевого) участка лавы, интенсивность которого во многом зависит от соотношения расходов воздуха $Q_{прз}$ и Q_0 (где Q_0 – расход воздуха в струе подсвеживания, м³/мин). При $Q_{прз} \gg Q_0$ отток воздуха из лавы в сторону выработанного пространства относительно невелик и равенство $Q=Q_0+Q_{прз}$ достигается на незначительном расстоянии от точки слияния струй (при $L_a=5-10$ м, а при $L_a < 5-10$ м существует

неравенство $Q_o + Q_{прз} > Q$). При $Q_o > Q_{прз}$ равенство $Q = Q_o + Q_{прз}$ достигается при $L_b > 30-50$ м. Это означает, что часть воздуха, прошедшего через рабочее пространство лавы, в её верхней (концевой) части не проходит через верхнее окно лавы, а, отделяясь от основного потока, движется в выработанном пространстве лавы параллельно околострековой полосе, постепенно просачиваясь через неё на вентиляционный штрек.

Такие же низкие значения $C_{вп}$ получены при исследовании параметров исходящей струи на восточном крыле того же пласта, которые (с учётом газовыделения из почвы вентиляционного штрека) составили $C_{вп} < 12\%$ при длине выработанного пространства 380-400 м (см. рис. 5). (Кроме $I_{поч}$ имела место и другая причина, вследствие которой расчётные значения $C_{вп}$ могли быть повышены: избыточное давление газа в сети участкового дегазационного трубопровода, из-за чего часть метана, каптированного скважинами из подработанного массива, проникала в исходящую струю участка /1/.)

Как следует из рис. 5, распределение $C_{вп}$ по L_b подчиняется параболической зависимости и $C_{вп}$ достигает максимального значения при $L_b = 120-130$ м, снижаясь по мере увеличения L_b . Такой экстремальный характер зависимости $C_{вп}$ от L_b обусловлен следующими факторами: удельный приток газа в исходящую струю (dI_1/dL_b) убывает по мере удаления от окна лавы по гиперболе, характеризуясь максимальными значениями при малых L_b ; при данных значениях L_b приток воздуха из выработанного пространства (утечка) относительно велик, но убывает с ростом L_b быстрее, чем падает приток газа I_1 , что обуславливает рост $C_{вп}$; из «погашенной» разрезной печи осуществляется ИГО, отсасывающий относительно больше метана, чем воздуха, что обуславливает снижение $C_{вп}$ с ростом L_b . Однако данное обстоятельство не имело практического значения и последующее отключение ИГО не повлияло на результата измерения C .

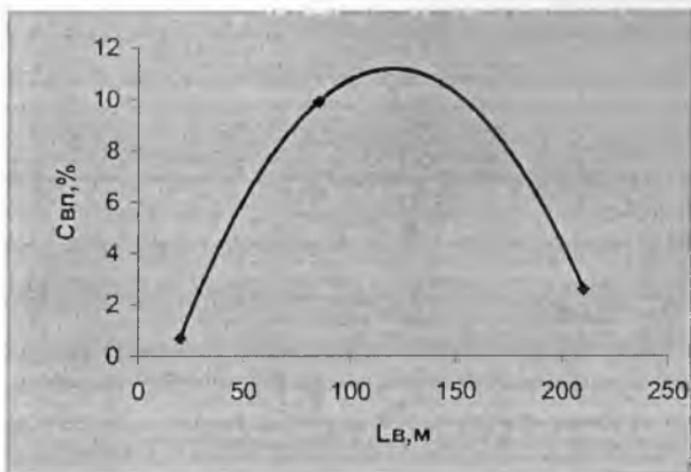


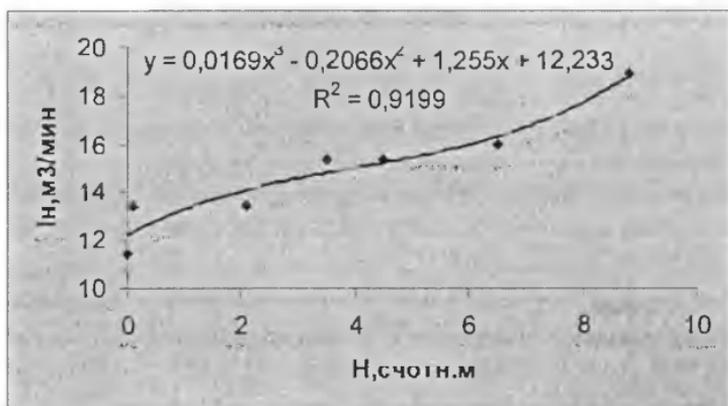
Рис. 5. График зависимости $C_{вп}$ от расстояния L_b для условий вентиляционного штрека 10 восточной лавы пласта I_1 .

При разработке пласта m_3 проведение исследования параметров вентиляционной струи, отводимой «прямоточно», в сторону выработанного пространства, при $L_b > 40-50$ м невозможно вследствие интенсивной конвергенции окружающих выработку пород. Однако единичные замеры, выполненные при $L_b = 50-70$ м, свидетельствуют о низких значениях $C_{вп}$ при данном удалении L_b от лавы. Всё это указывает на нецелесообразность применения ИГО из «нового» выработанного пространства в условиях прямоточного проветривания.

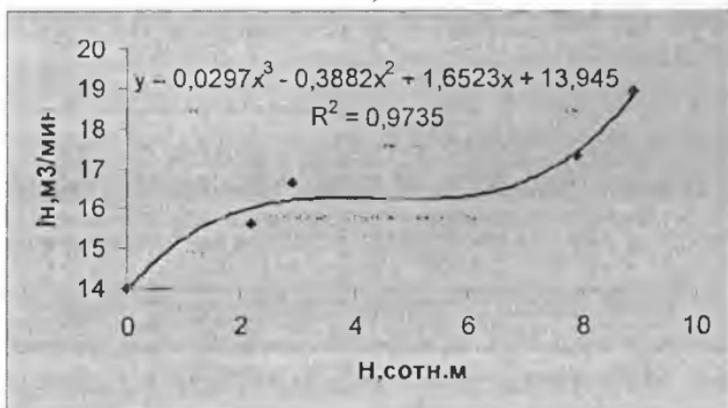
В этих условиях может быть целесообразным применение ИГО из вентиляционных штреков верхних «погашенных» этажей, если для этого не потребуется существенных материальных и трудовых затрат. Например, при наличии ВНС и трубопровода, смонтированных ранее для дегазации других объектов. В этом случае может быть оборудован отвод грубы, введённой за перемычку, сооружённой возле сопряжения вентиляционного ходка с «погашенным» вентиляционным штреком. / Данная труба должна иметь диафрагму для регулировки расхода МВС, отсасываемой из-за перемычки, чтобы уравновесить приток к перемычке МВС из выработанного пространства и её отсос через «свечу»./ К выводу о целесообразности ИГО из верхних отработанных этажей при фланговой схеме проветривания приводит сопоставление характеров распределения расходов газа I_n по длине наклонных вентиляционных выработок H , графически представленных на рис. 6 и 7.

Как следует из рис. 7, значение I_n при отсутствии ИГО из «старого» выработанного пространства логарифмически возрастает по мере движения вентиляционной струи вдоль данного выработанного пространства, т.е. производная dI_n/dH закономерно снижается с увеличением H . При наличии ИГО из «старых» выработанных пространств линия графика распределения I_n по H имеет две точки перегиба. Абсцисса первой точки перегиба $H = 180-200$, второй – $H = 600-700$ м (см. рис. 6). Фактическое отсутствие притока газа между данными точками можно расценивать как доказательство определённой эффективности ИГО из верхних «погашенных» вентиляционных штреков. Однако монтаж вакуумной сети только для каптажа метана из верхних отработанных этажей, как правило, не имеет смысла в связи с нестабильностью притока газа в данную зону расположения горных выработок и его зависимости от деталей и параметров схемы проветривания всего крыла. /В ряде случаев приток газа из «старых» выработанных пространств в исходящую струю крыла, отводимую через наклонную выработку, может полностью отсутствовать./

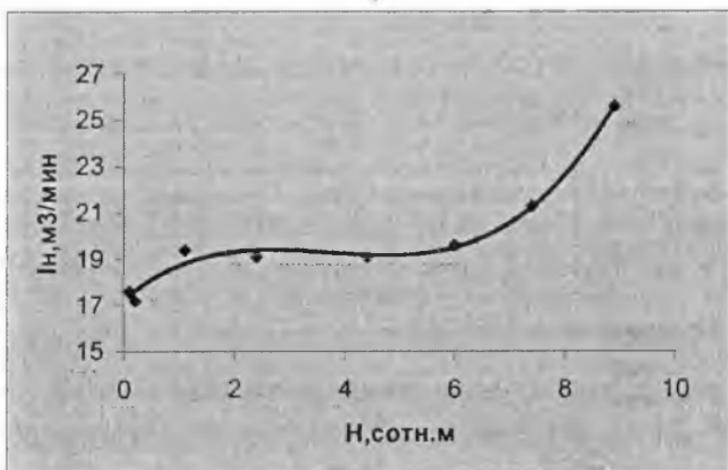
Особый интерес представляет суммарный приток газа $I_{с(макс)}$ в исходящую или «подсвежающую» струю воздуха, двигающегося по выработке, пройденной по границе массива угольного пласта в выемочном поле со «старым» выработанным пространством. Как было установлено ранее, независимо от характера струй – «подсвежающая» или исходящая – наблюдается приток газа в данные струи, который составляет от 7 до 11 м³/мин /4/. Таким образом, приток газа I_s в выработку, находящуюся впереди лавы,



а)



б)



в)

Рис. 6. Графики распределения величины I_n по расстоянию H между сопряжением вентиляционного штрека 15 восточной лавы пласта m_3 с вентиляционным ходком и замерным пунктом при наличии ИГО из верхних отработанных этажей.

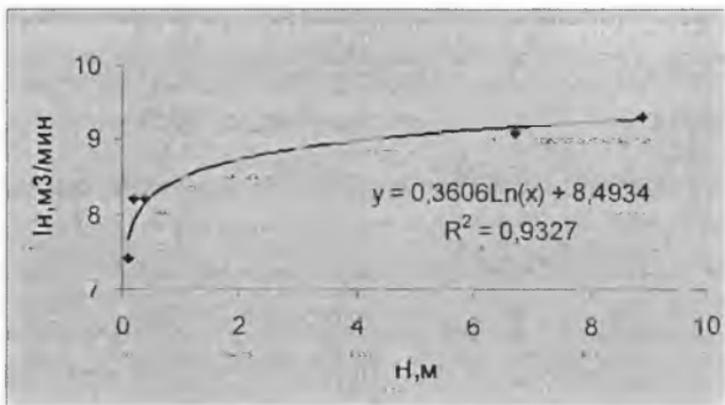


Рис. 7. График изменения притока газа в вентиляционный ходок крыла при отсутствии ИГО из верхних отработанных этажей.

наблюдался независимо от того, отводилась ли по данной выработке исходящая струя от лавы, или по ней подавалась струя подсвеживания. При этом неоднократно было отмечено, что на значение I_s влияет уровень давления газа P_y на устье поверхностных дегазационных скважин (ПДС), расположенных впереди лавы на расстоянии 200-300м по простиранию: чем выше P_y , тем больше I_s /4/. Кроме того, было зафиксировано, что приток газа I_s в исходящую струю зависит от длины (или площади) «нового» выработанного пространства (см. рис. 7), а приток газа в струю «подсвеживания» существует не по всей длине «подсвеживающей» выработки, граничащей с выработанным пространством (см. рис. 9).

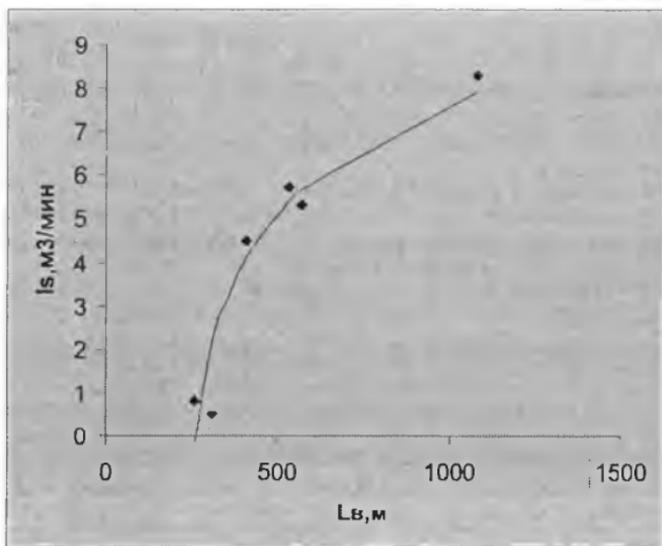


Рис. 8. График зависимости суммарного притока газа $I_{s(max)}$ в струю вентиляционного штрека 15 восточной лавы пласта m_3 от длины выработанного пространства $L_{вп}$.

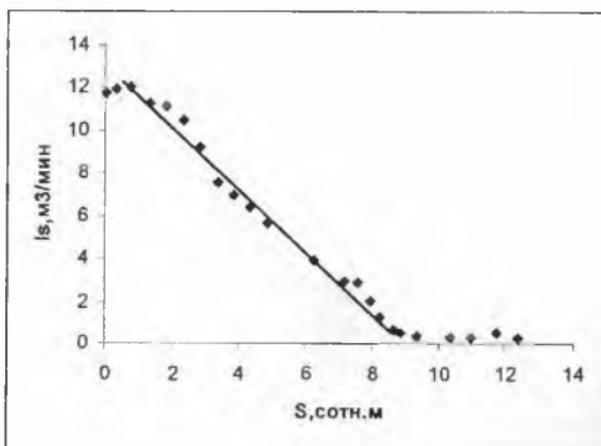


Рис. 9. Характер распределения по S притока газа I_s в струю «подсвежения» 16 восточной лавы пласта m_3 (S -расстояние от лавы до замерного сечения, м).

Это указывает на вероятное влияние опорного давления, вызванного отработкой данного выемочного поля. В отношении природы влияния ПДС делать окончательные выводы преждевременно, однако во всех указанных случаях приток I_s не следует увязывать с выработанным пространством верхнего этажа, которое может влиять скорее на величину I_n .

Как следует из рис. 8, приток газа I_s возникает лишь после того, как длина «нового» выработанного пространства $L_{вп}$ достигнет, примерно, 250м, что соответствует наклонной высоте этажа, принятой на шахте. Как правило, в этот период заканчивается процесс первичной посадки основной кровли, меняется характер проявления опорного давления и усиливается конвергенция боковых пород. В этот же период появляется ранее отсутствовавший приток газа I_s в вентиляционный штрек, находящийся впереди лавы. По мере увеличения $L_{вп}$ растёт величина опорного давления впереди лавы и расстояние S , в пределах которого даёт о себе знать приток газа I_s . При отработке пласта m_3 на глубине более 1100-1200м приток газа I_s наблюдался на расстоянии 900м, что подтверждает рис. 9. Как следует из рис. 9, на расстоянии $S > 900$ м впереди лавы приток газа I_s в «подсвежающую» выработку отсутствует, а существует лишь при $S < 900$ м: вероятно, в данных горно-геологических условиях «волна» влияния опорного давления на I_s движется впереди лавы на расстоянии 900м. Связь I_s с опорным давлением подтверждает следующий факт: при разработке восточного крыла пласта I_1 приток газа I_s не только фиксируется, но и создаёт определённые трудности, которые необходимо преодолевать путём дегазации почвы /1/; на западном крыле в аналогичных условиях приток газа I_s отсутствует, что может явиться следствием развитых в породах кровли вертикальных трещин, ограничивающих длину зависающей консоли и, следовательно, величину опорного давления. Связь I_s с опорным давлением ставит под сомнение реальное влияние «старого» выработанного пространства на газовый баланс участка, хотя влияние на I_n очевидно. Поэтому ИГО из

«старого» выработанного пространства через «свечи» к участковому дегазационному трубопроводу, смонтированному в действующем вентиляционном штреке, не имеет смысла. Это же подтверждает результат попытки дренировать метан из смежного выработанного пространства путём бурения скважин через узкий (1-3м) межэтажный целик из 14 восточного вентиляционного штрека пласта m_3 на 13 восточный конвейерный штрек: после образования каналов, связывающих «старое» выработанное пространство с действующим вентиляционным штреком, движения МВС по данным каналам (скважинам) не последовало, а измеренная при помощи «антенны» и ШИ-11 концентрация метана в скважинах не превысила 3-5 %. Аналогичный результат получен при исследованиях в выработках пласта $I_1/4/$. Всё это свидетельствует о том, что даже при очень слабой циркуляции воздуха значение $C_{вл}$ в «старом» выработанном пространстве невелико, а при интенсификации проветривания этого пространства за счёт ИГО станет ещё меньшей.

Таким образом, область применения ИГО ограничивается погашенной частью вентиляционных штреков при возвратноточной схеме проветривания и в редких случаях – заперемыченными вентиляционными штреками верхних отработанных этажей, примыкающих к наклонной вентиляционной выработке с восходящим потоком отработанной струи воздуха.

Выводы.

В условиях прямоточного проветривания добычных участков изолированный газоотвод из выработанного пространства действующей лавы не имеет смысла из-за низкой концентрации метана в отсасываемой смеси. При восходящем движении отработанной струи крыла в ряде случаев может быть применён изолированный газоотвод из «погашенных» вентиляционных штреков верхних этажей, но не из смежного вышележащего отработанного этажа через трубопровод, проложенный по вентиляционному штреку действующей лавы. Наиболее эффективен изолированный газоотвод из «погашенной» части вентиляционного штрека в условиях возвратноточного проветривания добычного участка. При этом не следует заводить «свечи», отростки участковой вентиляционной трубы, в выработанное пространство лавы, за пределы погашаемого вентиляционного штрека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грязнов В.С., Бобрышев В.В., Ирисов С.Г. О целесообразности дегазации «дальних» спутников. //Уголь Украины.- 2000,- №10, -с. 42-44.
2. Бокий Б.В., Ирисов С.Г., Поляков И.В. Влияние параметров и способов дегазации на газообильность выработок. //Уголь Украины. – 2003,- №9. -с.48-50.
3. Ефремов И.А., Бокий Б.В., Ирисов С.Г. О целесообразности применения схем прямоточного проветривания. //Уголь Украины. –2000, -№1, -с.
4. Звягильский Е.Л., Бокий Б.В., Ирисов С.Г. Исследование газообильности выработок, пройденных вприсечку к выработанному пространству.//Известия Донецкого горного института. –Донецк, ДонНТУ. 2002,- №2, -с.37-42.