

*Харин Е. Н.  
(Луганский областной совет Украина),  
д.т.н. Антощенко Н. И.,  
магистр Сятковский С. С.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **О МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА МЕТАНООБИЛЬНОСТИ ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК И ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ПО ФАКТИЧЕСКОМУ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЮ**

*Приведені результати теоретичних досліджень і аналіз експериментальних даних. Встановлені межі збільшення видобутку вугілля при яких залежність, що рекомендується нормативним документом добре описує газовиділення у виробки. Зміна газовиділення в дегазаційні свердловини і загального газовиділення істотно відрізняються від залежності, що рекомендується.*

**Ключові слова:** *очисна виробка, виїмкова ділянка, прогноз метаноємності, нормативні документи, газовиділення, видобуток вугілля.*

*Приведены результаты теоретических исследований и анализ экспериментальных данных. Установлены пределы увеличения добычи угля при которых рекомендуемая нормативным документом зависимость хорошо описывает газовыделение в выработки. Изменение газовыделения в дегазационные скважины и общего газовыделения существенно отличаются от рекомендуемой зависимости.*

**Ключевые слова:** *очистная выработка, выемочный участок, прогноз метанообильности, нормативные документы, газовыделение, добыча угля.*

В настоящее время наиболее точным считается прогноз метанообильности очистных выработок и выемочных участков, разработанный на основе результатов фактического газовыделения [1]. Принято, что при прочих равных условиях, отношение прогнозируемой величины газовыделения к фактическому ее уровню равно отношению планируемой среднесуточной добычи угля к фактическому ее значению в степени 0,6. Для всего многообразия горно-геологических и горно-технических условий Донбасса используется зависимость с применением одного постоянного коэффициента. Такой подход может, очевидно, приводить к существенным отклонениям расчетных значений газовыделения от за-

меренных в шахтных условиях. Погрешность прогноза газовыделения связана в этом случае с наличием разного количества источников метановыделения и их неодинаковым участием в общем газовом балансе выемочного участка. Изменение добычи угля должно приводить к неодинаковому изменению уровня газовыделения, как из каждого источника, так и к разным результатам расчета суммарного газовыделения при эксплуатации выемочного участка.

Применение дегазации скважинами, пробуренными из подземных выработок и с земной поверхности, вызывает существенное увеличение газовыделения. В нормативном документе отсутствуют рекомендации применения рассматриваемой зависимости для прогноза изменения метановыделения при наличии дегазационных скважин. От достоверного решения рассматриваемых вопросов в значительной степени зависит эффективность разрабатываемых мероприятий по безопасной отработке газоносных угольных пластов, что свидетельствует об актуальности и необходимости их всестороннего изучения.

Целью работы является установление соответствия рекомендуемых [1] зависимостей для расчета газообильности при наличии дегазационных скважин в подрабатываемых породах.

Идея состоит в рассмотрении зависимости метановыделения в горные выработки и дегазационные скважины при изменении добычи угля за длительный период эксплуатации выемочных участков. Зависимость метановыделения из подработанных угольных пластов и пород от уровня добычи угля наиболее полно проявляется при рассмотрении среднемесячных показателей [2]. Это обусловлено существенно большей длительностью процессов сдвижения подработанных пород и десорбции газа из сближенных пластов по сравнению с продолжительностью газовыделения непосредственно в рабочем пространстве лавы при выполнении технологических операций по отбойке угля.

К анализу привлекли среднемесячные экспериментальные данные, полученные в условиях шахты «Краснолиманская» [3], имени А. Ф. Засядько [4] и имени газеты «Известия». Метановыделение из подрабатываемых пластов и пород в газовом балансе выемочных участков этих шахт составляло более 70%. Другие сведения об условиях эксплуатации выемочных участков приведены в таблице 1.

Шахтой «Краснолиманская» дегазация сближенных пластов скважинами, пробуренными из подземных выработок, осуществлялась только последние три месяца. Наблюдение за уровнем газовыделения производилось в выработках выемочного участка и дегазационных скважинах. В условиях других шахт дегазация осуществлялась на протяжении всего времени отработки выемочных участков.

Таблица 1 - Сведения о горно–геологических и горно– технических условиях отработки выемочных участков

Шахта, лава, пласт	Горно–геологические и горно–технические условия					Диапазон изменения средне – месячной добычи А, т/сут	Длительность наблюдений, мес.
	мощность пласта m, м	длина лавы L, м	выход летучих веществ $v^{daf}$ , %	газоносность $x$ , м <sup>3</sup> /т.с.б.м	марка угля		
«Крано-лиманская», 3-я южная, $l_3$	2,0	204	37,3	6*	Г	467-4186	6
им. А.Ф.Засядько, 16-я восточная, $m_3$	1,6	270	30,0	20	Г	402-2826	19
им. Газеты «Известия», 8-я западная лава, $l_2^6$	0,9	200	5,0	30	А	0-1327	11
им. Газеты «Известия», 9-я западная лава, $l_2^6$	0,9	240	5,0	30	А	0-937	14

\* - газоносность на кромке свежееобнаженного забоя.

Шахтой им. А. Ф. Засядько применялась комплексная дегазация, в том числе скважинами, пробуренными как из подземных выработок, так и с земной поверхности. К обработке приняты данные об общем газовыделении в крыле шахтного поля, которое равнялось сумме метановыделения в горные выработки, скважины и изолированного отвода метановоздушных смесей за пределы выемочного участка.

При отработке выемочных участков шахтой имени газеты «Известия» дегазация подработанных пластов и пород производилась только скважинами, пробуренными из горных выработок.

В связи с отсутствием рекомендаций по применению фактического значения добычи угля и соответствующего ему уровня метановыделения [1], в качестве исходных данных к расчету приняты фактические минимальные и максимальные величины добычи угля и соответствующие им газовыделения.

Такая методика подбора исходных экспериментальных данных для расчета позволила произвести их совместную статистическую обработку и проверить соответствие рассматриваемой зависимости изменению метановыделения как при снижении добычи угля, так и при ее увеличении. Это также позволило увеличить количество обрабатываемых экспериментальных данных в два раза для каждой выборки.

Увеличение добычи угля сопровождается ростом газовыделения. Исходным параметром для этого случая проверки соответствия прогнозных значений метановыделения фактическим бралось минимальное значение добычи угля для каждого выемочного участка ( $A_{\phi}^{\min}$ ). Отношение планируемой добычи угля ( $A_i$ ) к ( $A_{\phi}^{\min}$ ) больше единицы и не имеет верхнего ограничения.

Снижение же добычи угля приводит к уменьшению газовыделения. Исходным параметром для прогноза сокращения газовыделения для этих случаев принимали максимальную добычу угля ( $A_{\phi}^{\max}$ ), зафиксированную при отработке выемочных участков. Отношение ( $A_i / A_{\phi}^{\max}$ ), определенное таким способом, может изменяться в диапазоне от нуля до единицы.

Оценку соответствия прогнозируемых значений метановыделения экспериментально измеренным, производили для двух указанных диапазонов изменения ( $A_i / A_{\phi}^{\min}$ ) и ( $A_i / A_{\phi}^{\max}$ ). В первом интервале изменение относительной добычи угля происходило от нуля до единицы, а во втором от единицы и более.

Для условий шахты имени газеты «Известия» совместную обработку экспериментальных данных произвели для двух участков. Учитывая, что при отсутствии добычи невозможно рассматриваемым способом производить прогноз газовыделения, к расчету принята среднемесячная добыча 48 т/сут. Это была минимальная добыча, при которой зафиксировано газовыделение в выработки и скважины выемочных участков. Кроме максимальной добычи (1327 т/сут) к анализу привлечены данные, соответствующие среднемесячной добыче 382 т/сут. При таком уровне добычи зафиксировано газовыделение как в выработки и скважины выемочных участков, так и за их пределами. Это позволило оценить возможность применения рассматриваемого способа прогноза газовыделения для случая проявления активизации сдвижения пород за пределами выемочных участков.

На участке 8-й западной лавы некоторый период времени отработка пласта  $l_2^e$  производилась в надработанной пластом  $l_4$  зоне. Расстояние между пластами  $l_2^e$  и  $l_4$  составляло около 70м. Надработка существенно повлияла на снижение абсолютного газовыделения в выработки и скважины. По этой причине при анализе учитывали влияние надработки на соотношения добычи угля и газовыделения.

Имеющиеся экспериментальные данные позволили рассмотреть влияние уровня добычи угля на изменение газовыделения в выработки выемочных участков шахт «Краснолиманская» и имени газеты «Извес-

тия» (рис. 1). Произвели сравнения экспериментальных данных с прогнозируемыми согласно зависимости

$$\frac{\bar{I}_i^e}{\bar{I}_\phi^e} = \left( \frac{\bar{A}_i}{\bar{A}_\phi} \right)^{0,6}, \quad (1)$$

где  $\bar{I}_i^e$  - прогнозируемое газовыделение в выработки при планируемой добыче угля  $\bar{A}_i$ ;

$\bar{I}_\phi^e$  - фактическое газовыделение в выработки при добыче угля  $\bar{A}_\phi$ , принятой в качестве исходной величины.

Для прогноза газовыделения в условиях шахты «Краснолиманская» в качестве исходных параметров приняты соответственно минимальная ( $\bar{A}_\phi^{\min} = 467$  т/сут) и максимальная ( $\bar{A}_\phi^{\max} = 4186$  т/сут) добыча угля (см. табл. 1).

Для условий шахты им. газеты «Известия» по указанным выше причинам принято  $A_\phi^{\min} = 48$  т/сут и  $A_\phi^{\max} = 1327$  т/сут, а также дополнительно рассмотрен прогноз газовыделения согласно уравнению (1) при исходном значении  $A_\phi = 382$  т/сут.

Наиболее близко зависимость (1) описывает изменения газовыделения в выработки шахты «Краснолиманская». Корреляционное отношение составило 0,96. Надежность полученных результатов подтверждается критерием Фишера при уровне значимости 0,95. Относительная ошибка аппроксимации составила 5,1%, что свидетельствует о возможности применения рекомендуемой зависимости [1] для рассматриваемых условий как при планировании увеличения добычи угля, так и при ее уменьшении.

Для условий шахты им. газеты «Известия» при исходных параметрах добычи угля 382 и 1327 т/сут ошибка аппроксимации составила 47% при ведении очистных работ в ненадработанной пластом I<sub>4</sub> зонах. В надработанной зоне ошибка аппроксимации была примерно такой же и составляла 45,9%. Значение корреляционных отношений для этих случаев соответственно составляет 0,93 и 0,87.

Меньшие отклонения были получены при совместном рассмотрении данных, полученных в условиях обеих шахт, и отношении  $\frac{\bar{A}_e^i}{\bar{A}_e^\phi} \leq 2,5$

для шахты им. газеты «Известия». Для этого случая ошибка аппроксимации составила 38,3%, а корреляционное отношение 0,92. Это свидетельствует, что используемая зависимость (1) удовлетворительно описывает изменение уровня газовыделения при отработке антрацитовых пластов и увеличении добычи не более чем в 2,5 раза.

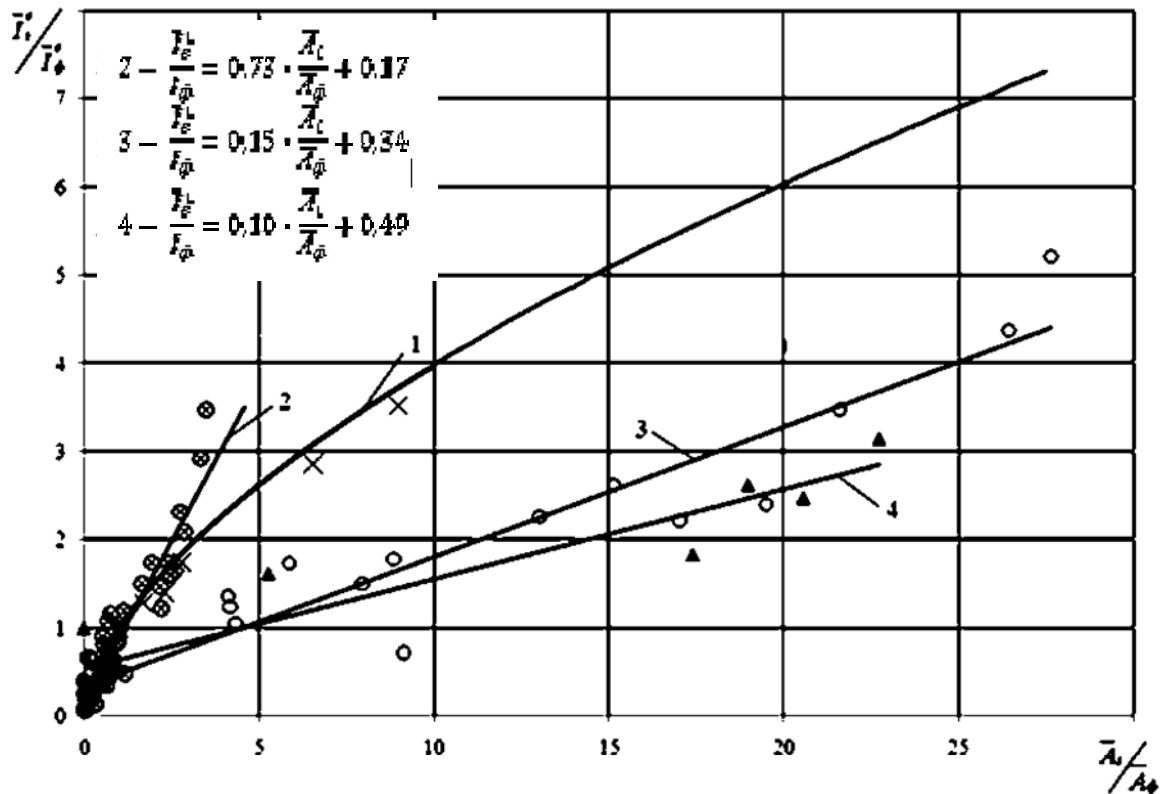


Рисунок 1 – Изменение газовыделения в выработку выемочных участков шахт «Краснолиманская» и имени газеты «Известия»

- 1- кривая изменения зависимости согласно нормативному документу [1];
- 2- прямолинейная зависимость для условий шахты им. газеты «Известия» при исходном параметре  $\bar{A}_\phi^{\min} = 382$  т/сут;
- 3,4 – прямолинейные зависимости для условий шахты им. газеты «Известия» при исходном параметре  $\bar{A}_\phi^{\min} = 48$  т/сут соответственно в ненадработанной и надработанной зонах;
- × – экспериментальные данные, полученные в условиях шахты «Краснолиманская»;
- ⊗ – экспериментальные данные, полученные в условиях шахты имени газеты «Известия» при исходных параметрах  $\bar{A}_\phi^{\min} = 382$  т/сут и  $\bar{A}_\phi^{\max} = 1327$  т/сут;
- , ▲- экспериментальные данные, полученные в условиях шахты имени газеты «Известия» при исходных параметрах  $\bar{A}_\phi^{\min} = 48$  т/сут и  $\bar{A}_\phi^{\max} = 1327$  т/сут соответственно в ненадработанной и надработанной зонах.

При отработке пластов меньшей степени метаморфизма рассматриваемую зависимость можно использовать при увеличении добычи угля до 10 раз.

Для антрацитовых пластов зависимость  $\frac{\bar{I}_s^i}{\bar{I}_s^\phi} = f\left(\frac{\bar{A}_i}{A_\phi}\right)$  в более широком диапазоне изменения отношения  $(\bar{A}_i / A_\phi)$  хорошо описывается прямолинейной зависимостью 2 (рис.1). Коэффициент корреляции для этого случая был равен 0,94, а среднеквадратическое отклонение составило 38,2%.

Близость полученных результатов в условиях разных шахт и незначительном изменении добычи угля объясняется практически одинаковыми исходными ее значениями. В условиях шахты «Краснолиманская»  $\bar{A}_\phi^{\min} = 467$  т/сут, а для шахты им. газеты «Известия» этот показатель был принят 382 т/сут.

При незначительном увеличении указанных исходных параметров (до 2,5 раз) увеличение газовыделения происходит примерно по одинаковым зависимостям. При большем изменении добычи угля наблюдались их отличия. Для условий шахты «Краснолиманская» изменение метановыделения происходило по криволинейной зависимости, а для шахты имени газеты «Известия» - по прямолинейной, это очевидно, вызвано разными прочностными свойствами вмещающих пород [5].

Если в качестве исходного параметра для расчета газовыделения использовать незначительный уровень добычи, то получаемые результаты вообще не сопоставимы с прогнозом согласно уравнению (1). При исходном параметре  $\bar{A}_\phi^{\min} = 48$  т/сут в условиях шахты им. газеты «Известия» расположение прямолинейных зависимостей (3,4) существенно отличалось от нормативной кривой 1 (см. рис.1). При малом исходном уровне добычи угля проявилось влияние наработки на изменения соотношения газовыделения. Это выразилось в разных коэффициентах регрессии прямолинейных зависимостей. В наработанной зоне зависимость описывалась уравнением

$$\frac{\bar{I}_s^i}{\bar{I}_s^\phi} = 0,10 \frac{\bar{A}_i}{A_\phi} + 0,49, \quad (2)$$

а в ненаработанной

$$\frac{\bar{I}_i}{\bar{I}_s^\phi} = 0,15 \frac{A_i}{A_\phi} + 0,34. \quad (3)$$

В данном случае надработка повлияла на уменьшение соотношения  $\frac{\bar{I}_6^i}{\bar{I}_6^\phi}$  в 1,5 раза. Теснота связи уравнений 2 и 3 с экспериментальными данными характеризуется довольно высокими значениями коэффициентов корреляции, которые соответственно были равны 0,95 и 0,96.

Влияние исходных параметров  $\bar{A}_\phi^{\min}$  на результаты прогноза метановыделения в дегазационные скважины приведены на рис. 2. Они показали полное несоответствие рекомендуемой зависимости (1) экспериментальным данным. С другой стороны, по аналогии с прогнозом в горные выработки, подтвердилось влияние исходных значений  $\bar{A}_{\min}^i$  и надработки на конечные результаты прогноза метановыделения в скважины. Большие отклонения экспериментальных данных от осредняющих прямых вызваны разным количеством эксплуатируемых дегазационных скважин, их параметрами, расположением по отношению к очистному забою и вентиляционным струям, производительностью дегазационных систем и т.д.

По этой причине эти факторы необходимо учитывать наряду с изменением добычи угля при прогнозе метановыделения в дегазационные скважины, а следовательно и при определении суммарного газовыделения в пределах выемочного участка.

Изменение добычи угля на выемочном участке за счет активизации сдвижения пород приводит к изменению метановыделения в пределах всего шахтного поля. Подтверждением этому являются экспериментальные данные (рис.3), полученные в условиях шахт им. газеты «Известия» и имени А.Ф. Засядько. Они имеют значительные отклонения от рекомендуемой для прогноза метановыделения кривой (1).

Как и в предыдущих случаях анализа газовыделения в выработки и скважины подтвердилось влияние исходной величины параметра  $\bar{A}_\phi^{\min}$  и надработки на характер изменения зависимости. Совместная обработка для шахт им. газеты «Известия» и имени А.Ф. Засядько показывает, что влияние исходного параметра  $A_\phi^{\min}$  существенно сокращается, если его значение превышает 380-400 т/сут. Это подтверждается совместной статистической обработкой данных (шахта им. газеты «Известия»  $\bar{A}_\phi^{\min}=382$  т/сут,  $A_\phi^{\max}=1327$  т/сут, шахта имени А.Ф. Засядько  $\bar{A}_\phi^{\min}=402$  т/сут,  $A_\phi^{\max}=2826$  т/сут). Для общей прямолинейной зависимости коэффициент корреляции равнялся 0,96, а среднее квадратическое отклонение составило 64,2%.



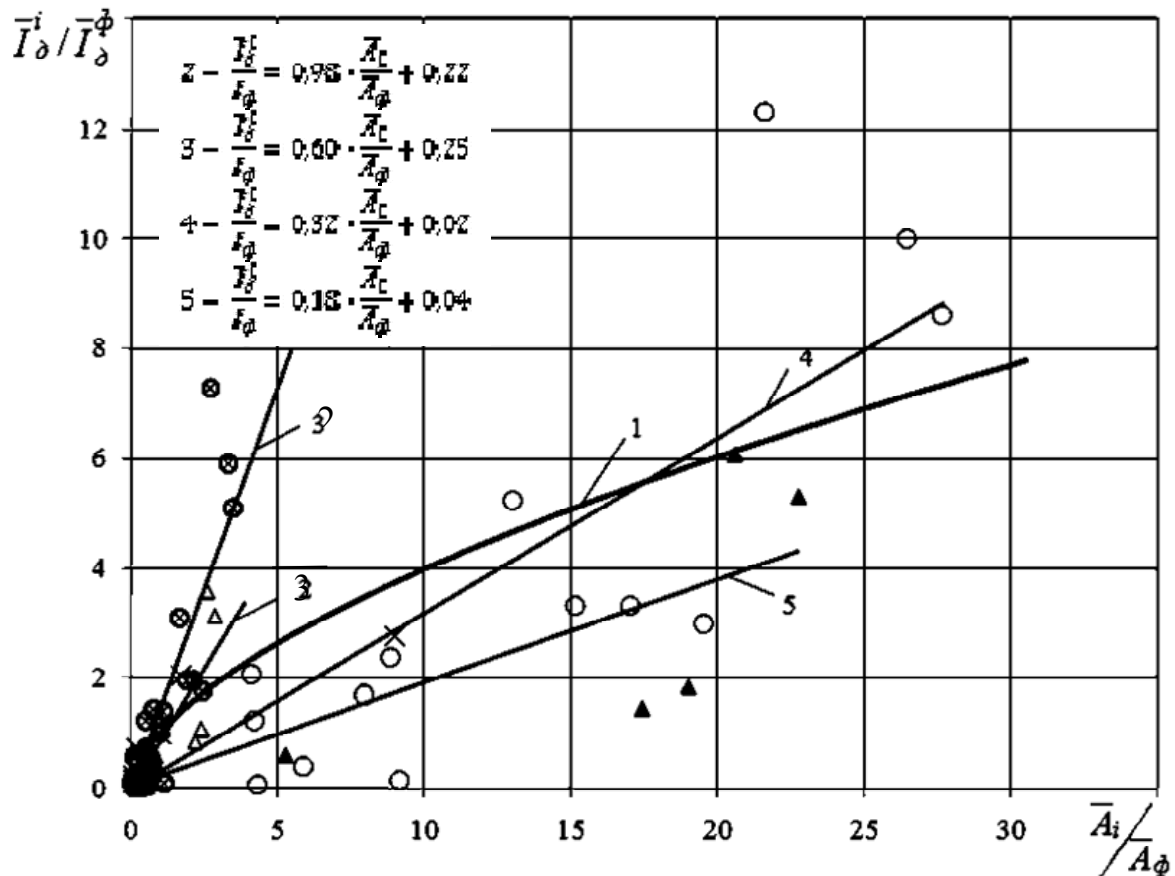


Рисунок 2 – Изменение газовыделения в дегазационные скважины, пробуренные из горных выработок шахт «Краснолиманская» и им. газеты «Известия»

$\bar{I}_0^i / \bar{I}_0^\phi$  - соотношение прогнозируемой среднемесячной величины газовыделения в скважины ( $\bar{I}_0^i$ ) и экспериментально определенной  $\bar{I}_0^\phi$  при фактической добыче  $\bar{A}_\phi$ ;

2,3 – прямолинейные зависимости для условий шахты им газеты «Известия» при исходном параметре  $\bar{A}_\phi^{\min} = 382$  т/сут соответственно в надработанной и ненадработанной зонах;

4,5 - прямолинейные зависимости для условий шахты им газеты «Известия» при исходном параметре  $\bar{A}_\phi^{\min} = 48$  т/сут соответственно в ненадработанной и надработанной зонах;

× - экспериментальные данные, полученные в условиях шахты Краснолиманская;

⊗, Δ - экспериментальные данные, полученные в условиях шахты им газеты «Известия» при исходных параметрах  $\bar{A}_\phi^{\min} = 382$  т/сут и  $\bar{A}_\phi^{\max} = 1327$  т/сут соответственно в надработанной и ненадработанной зонах;

▲, ○ - то же при исходных параметрах  $\bar{A}_\phi^{\min} = 48$  т/сут и  $\bar{A}_\phi^{\max} = 1327$  т/сут.  
Остальные обозначения см. рис.1.

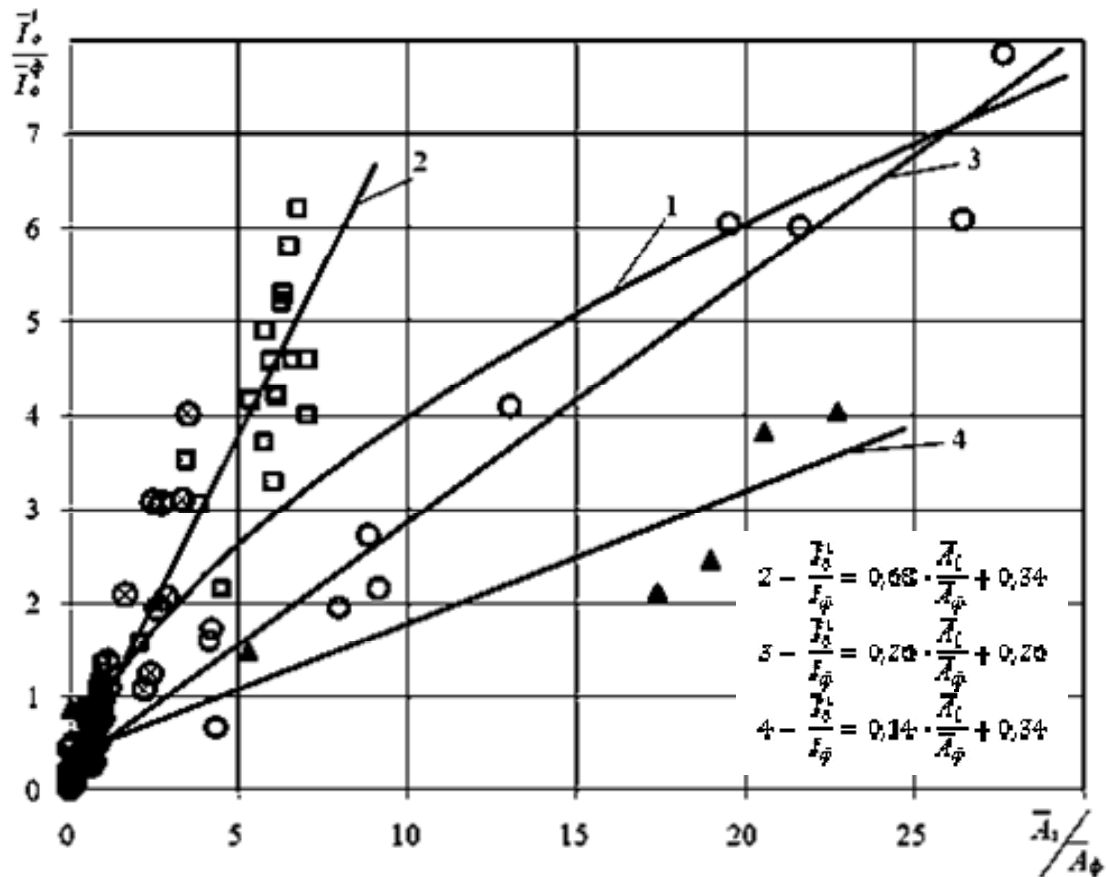


Рисунок 3 – Изменение общего газовыделения в пределах шахтных полей с учетом влияния активизации сдвижения подработанных пород

$\frac{\bar{I}_o^i}{\bar{I}_o^\phi}$  - соотношение прогнозируемой общей величины газовыделения в

пределах шахтного поля  $\bar{I}_o^i$  и экспериментально определенной  $\bar{I}_o^\phi$  при фактической добыче  $\bar{A}_\phi$ ;

2 – совместная прямолинейная зависимость для шахт им. А.Ф. Засядько ( $\bar{A}_\phi^{\min} = 402$  т/сут,  $\bar{A}_\phi^{\max} = 2826$  т/сут) и им. газеты «Известия» ( $\bar{A}_\phi^{\min} = 382$  т/сут,  $\bar{A}_\phi^{\max} = 1327$  т/сут) ;

□- экспериментальные данные, полученные в условиях шахты им. А.Ф. Засядько.

Остальные обозначения см. рис.1 .

Проведенные исследования позволили сделать важные для практики и науки выводы:

- рекомендуемая нормативным документом зависимость хорошо описывает газовыделение в выработки при выемке пластов с углями марки Г и изменении добычи до 10 раз. Эта зависимость удовлетворительно описывает изменение газовыделения при отработке антрацитовых пластов и увеличении добычи угля в 2,5 раза. В этих случаях величина исходного уровня добычи угля для расчета газовыделения соответственно составляла 467 и 382 т/сут;

- использование в качестве исходного параметра малых значений добычи угля (48 т/сут) в условиях шахты имени газеты «Известия» привело к существенному отклонению в меньшую сторону прогнозных величин метановыделения в выработки. Изменение газовыделения происходило по близкому к прямолинейному закону. При незначительной добычи угля проявилось различие в соотношении метановыделения в не-надроботанной и надроботанной зонах;

- газовыделение в дегазационные скважины ни в одном из рассмотренных случаев не соответствует зависимости, рекомендуемой нормативным документом. Надроботка разрабатываемого пласта привела к снижению относительного метановыделения в скважины;

- изменение общего газовыделения, в том числе и вызванного активизацией сдвижения пород за пределами выемочных участков, существенно отличается от рекомендуемой зависимости.

### **Библиографический список**

1. *Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт / ред. кол.: С. В. Янко [и др.] ; под ред. С. В. Янко – Киев : Основа, 1994. – 311 с.*

2. *Геомеханические процессы и прогноз динамики газовыделения при ведении очистных работ в угольных шахтах / Н. И. Антощенко, В. Н. Окалелов, В. И. Павлов [и др.]. – Алчевск: ДонГТУ – 2010. – 449с.*

3. *Ярембаш И. Ф. Метановыделение в лаве с нагрузкой более 5000 т в сутки / И. Ф. Ярембаш, В. И. Бескровный, С. П. Фищенко, А. Е. Блудов // Уголь Украины. – 1969. - №4. – С. 37 – 39.*

4. *Бокий Б. В. Перспектива извлечения метана из техногенных скоплений / Б. В. Бокий, О. И. Касимов / Уголь Украины. – 2005. - №5. – С. 17 – 21.*

5. *Антощенко Н.И. О точности применяемых методов прогноза газовыделения при отработке газоносных угольных пластов / Н.И. Антощенко, С.Л. Сятковский// Сб. научных трудов МакНИИ. Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. - Вып.18. - Макеевка, Донбасс. – 2006. – С. 34-45.*

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. Окалеловым В.Н.*