

УДК 622.834.1

ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ В ЛАВЕ С ГЕОМЕХАНИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В ГОРНОМ МАССИВЕ

Антипов И. В., Стаднюк Е. Д., Козырь С. В.
(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Наведено результати інструментальних спостережень за прискоренням конвергенції порід в 7-й західній лаві пласту l_1 шахти ім. Челюскінців і 8-й західній лаві пласту l_4 шахти «Трудівська». Встановлено залежність інтенсивності зсувів у масиві, що вміщає лаву, від інтенсивності технологічних операцій в очисному вибої.

Results of tool supervision over of convergence acceleration of containing breeds in 7th western lava of l_1 layer of "Chelyuskintsev" mine and 8th western lava of l_4 layer of "Trudovskaya" mine are presented. Dependence of displacement intensity in a file containing lava from intensity of technological operations in a clearing face is established.

Параметры технологических операций в очистном забое (выемка угля, крепление призабойного пространства, управление кровлей) влияют на характер и интенсивность геомеханических процессов во вмещающем лаву горном массиве.

Проведенными ранее исследованиями было установлено, что изменение скорости конвергенции (ускорение) вмещающих пород является критерием изменения напряжённо-деформированного состояния массива горных пород [1, 2], получены зависимости для определения ускорения конвергенции вмещающих пород по длине лавы [3-5], обосновано, что абсолютная величина ускорения конвергенции вмещающих пород является критерием определения длины концевых участков лавы [6-

8], а также доказано, что максимальное воздействие технологических операций выемки угля и передвижки секций механизированной крепи проявляется на участке лавы длиной 40 м, по 20 м в обе стороны от места выемки, где происходит до 90 % смещений за время очистного цикла [9-12].

Данные, полученные во время инструментальных, наблюдений позволяют сделать выводы о природе сил, проявляющихся при ведении горных работ. Хронометражные наблюдения являются наиболее эффективным инструментом учета результатов функционирования технических и технологических решений с точки зрения их надежности [13].

Проведенные ранее шахтные исследования позволили получить исходные данные для комплексного решения вопросов взаимосвязи технологических операций в лаве и геомеханических процессов в породном массиве [14].

На шахтах им. А. Ф. Засядько [3-5, 7-11], им. Г. Димитрова [1, 2, 5], им. В. М. Бажанова [6] и др. были проведены инструментальные исследования в очистных забоях и установлены закономерности протекания геомеханических процессов в горном массиве. При этом было установлено, что при выполнении операций по выемке угля и передвижке секций механизированной крепи скорость конвергенции вмещающих пород изменяется [1]. В зависимости от интенсивности выполнения основных производственных операций в очистном забое изменяется скорость протекания геомеханических процессов в горном массиве [2].

Проведенные на шахтах им. Челюскинцев и «Трудовская» инструментальные наблюдения являются продолжением выполненных ранее шахтных исследований для дальнейшего изучения геомеханических процессов в горном массиве и влияния на них технологических операций в очистных забоях.

Цель данных инструментальных исследований – уточнить закономерности протекания геомеханических процессов в горном массиве в периоды отсутствия технологических операций по выемке угля и передвижке секций механизированной крепи.

Наблюдения в 7-й западной лаве пласта l_1 шахты им. Челюскинцев проводились регулярно с 1 декабря 2011 г. по 15 января 2012 года. При этом было выполнено 46 циклов выемки угля комбай-

ном и передвижки секций механизированной крепи. Общая продолжительность наблюдений составила 8 рабочих смен [17].

Установление зависимостей влияния технологических операций выемки угля и передвижки секций механизированной крепи на конвергенцию пород кровли и почвы выполнялось с помощью метода группового учета аргументов (МГУА) [15, 16]. Опорные функции были представлены полиномами второй степени. Поскольку объёма исходных данных достаточно для рассмотрения задачи как определённой (т.е. массив исходных данных содержит достаточно количество отчетов для формализации зависимостей), то использовался однорядный алгоритм МГУА.

Получены эмпирические зависимости изменения конвергенции вмещающих пород в очистном забое:

1. Конвергенция пород кровли и почвы при выемке угля комбайном и передвижке секций механизированной крепи (h_6) описывается уравнением:

$$h_6 = 1698 - 34,272 \cdot 10^{-3} \cdot t^2, \text{ мм}, \quad (1)$$

где t – время, мин.

2. Конвергенции в период длительного простоя комбайна и отсутствия операций передвижки секций механизированной крепи (h_n):

$$h_n = 1690 - 33,552 \cdot 10^{-4} \cdot t^2, \text{ мм}. \quad (2)$$

Графики зависимостей (1) и (2) представлены на рисунках 1 и 2. Анализ графиков (рис. 1 и 2) показал, что при отсутствии операций по выемке угля комбайном и передвижке секций механизированной крепи скорость конвергенции вмещающих пород уменьшается.

Дифференцирование по времени зависимостей (1) и (2) позволило определить численные значения ускорения конвергенции вмещающих пород в периоды выемки угля (3) и простоя комбайна (4):

$$\overline{a_6} = \frac{d^2 h}{dt^2} = \frac{d^2 (1698 - 34,272 \cdot 10^{-3} \cdot t^2)}{dt^2} = -0,0685; \quad |\overline{a_6}| \approx 0,07, \text{ мм/мин.}^2. \quad (3)$$

$$\overline{a_n} = \frac{d^2 h}{dt^2} = \frac{d^2 (1690 - 33,552 \cdot 10^{-4} \cdot t^2)}{dt^2} = -0,0067; \quad |\overline{a_n}| \approx 0,007, \text{ мм/мин.}^2. \quad (4)$$

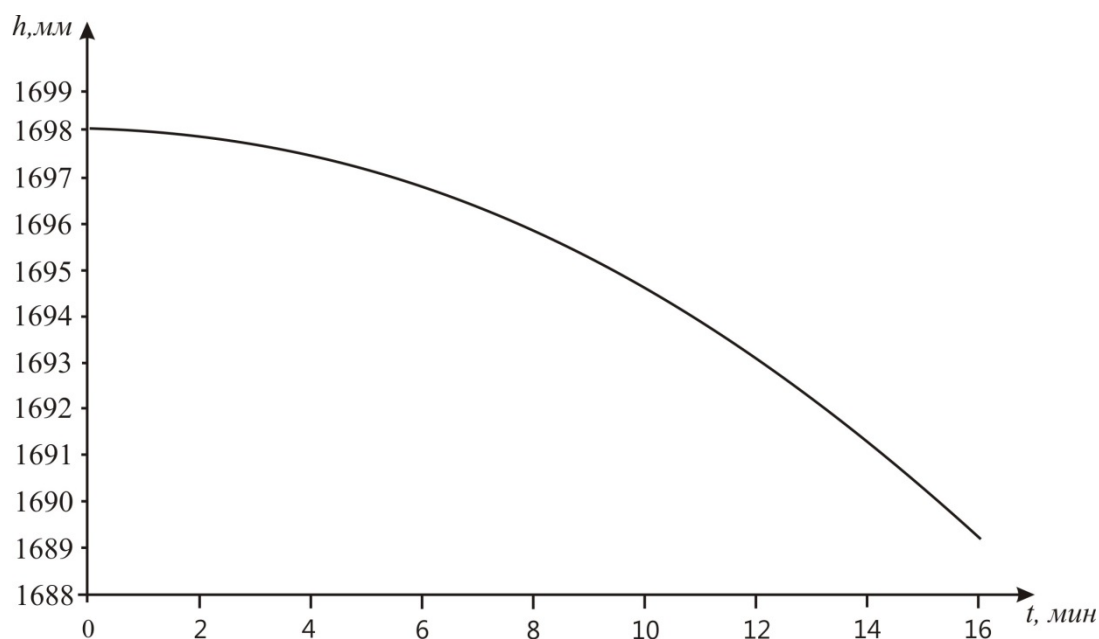


Рис. 1. Графік залежності величини конвергенції вмещаючих порід від часу при виемке угля комбайном в 7-й західній лаві пласта l_1

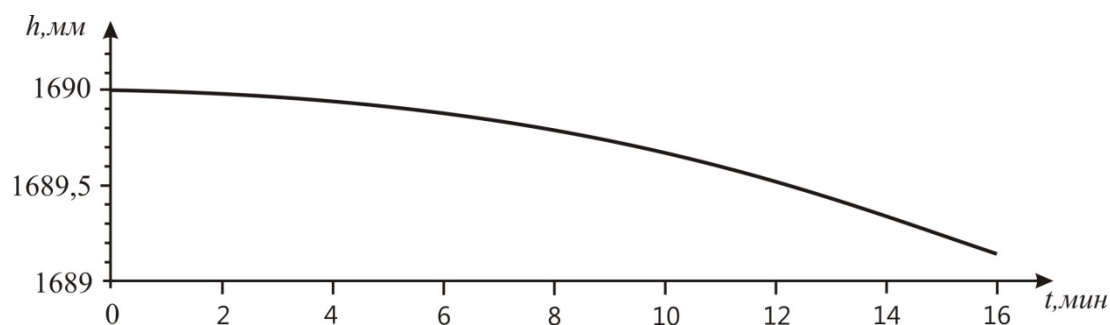


Рис. 2. Графік залежності величини конвергенції порід від часу при простое комбайна в 7-й західній лаві пласта l_1

Расчеты показали, что при остановке комбайна и отсутствии операций выемки угля и передвижки секций механизированной крепи абсолютное значение ускорения конвергенции вмещающих пород уменьшается на порядок.

Результаты инструментальных наблюдений в 7-й западной лаве пласта l_1 шахты им. Челюскинцев подтвердили полученные ранее значения ускорения конвергенции вмещающих пород во время выемки угля комбайном и передвижки секций механизиро-

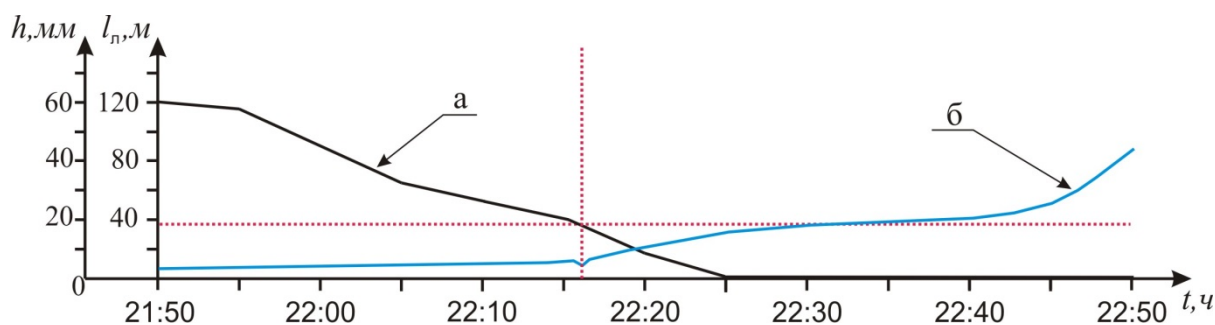
ванной крепи. Впервые получено численное значение ускорения конвергенции вмещающих пород при отсутствии операций выемки угля и передвижки крепи в лаве.

Установлено, что при отсутствии технологических операций выемки угля комбайном и передвижки секций механизированной крепи абсолютное значение ускорения конвергенции вмещающих пород на порядок меньше, чем в период выполнения этих операций в очистном забое.

Комплексные наблюдения на шахте «Трудовская» в 8-й западной лаве пласта l_4 проводились регулярно с 10 января 2012 г. по 20 февраля 2013 года [18]. Во время проведения инструментальных наблюдений измерялись конвергенция пород кровли и почвы в очистном забое, а также величина перемещения краевой части угольного пласта во время выемки угля комбайном и передвижки секций механизированной крепи. Кроме того, проводились хронометражные наблюдения продолжительности технологических операций в очистном забое.

По результатам наблюдений построена планограмма работы комбайна и график конвергенции вмещающих пород (рис. 3). Анализ шахтных инструментальных наблюдений показал, что процесс передвижки секций механизированной крепи больше влияет на изменение скорости конвергенции вмещающих пород, чем процесс выемки угля комбайном. При этом максимальные значения изменения скорости конвергенции вмещающих пород зафиксированы после прохода комбайна через замерную станцию. В тоже время интенсивное изменение скорости смещения краевой части угольного пласта происходило до подхода комбайна к замерной станции [18].

Для определения степени влияния технологических операций очистного цикла на интенсивность геомеханических процессов в горном массиве был проведен сравнительный анализ результатов предыдущих исследований с результатами, полученными при проведении комплексных инструментальных наблюдений на шахтах им. Челюскинцев и «Трудовская».



а) планограмма работы комбайна (на оси ординат – длина лавы l_n , м, горизонтальная линия – местоположение замерной станции, 38 м от сопряжения лавы с конвейерным штреком, вертикальная линия показывает время прохождения комбайна через замерную станцию);

б) график конвергенции вмещающих пород (на оси ординат – показания ИЧТ-0,01 на СУИ-II)

Рис. 3. Планограмма работы комбайна, совмещенная во времени с графиком конвергенции вмещающих пород

Анализировались ранее выполненные исследования в очистных забоях с наиболее представительными для Донбасса горно-геологическими и горнотехническими условиями отработки тонких пологих пластов. А именно: неустойчивыми (B_2 - по классификации ДонУГИ) и малоустойчивыми (B_3) породами непосредственной кровли, легкообрушаемой (A_1) и среднеобрушаемой (A_2) основной кровлей, устойчивой ($П_3$) и малоустойчивой ($П_2$) почвой. В таких условиях работают около 80% комплексно-механизированных очистных забоев в Донбассе.

Проанализированы результаты исследований Антипова И. В., Кравченко В. Е., Щербинина Д. В. и Ильюшенко В. Г. [1], в которых представлены результаты измерения конвергенции вмещающих пород в лавах на пластах m_3 , k_8 и l_1 шахты им. А.Ф. Засядько и на пласте k_8 шахты им. Г. М. Димитрова.

В 3-й южной лаве пласта k_8 шахты имени Г. М. Димитрова работал механизированный комплекс КМК97М, в состав которого входили два комбайна 1К101У, механизированная крепь МК98 и скребковый конвейер СП202. Геологическая мощность пласта в пределах выемочного участка изменялась от 0,66 до 0,8 м, угол падения пласта - 11...13 °. Непосредственная кровля пласта была

представлена песчаным сланцем мощностью 1,5...2,5 м. категории Б₃ (малоустойчивый). В основной кровле залегал песчаник мощностью до 6 м, категории А₃ (средней обрушаемости). В почве пласта был устойчивый (П₃) песчаный сланец. Система разработки - столбовая, по простиранию. Выемка угля производилась с присечкой кровли на 0,4 м, вынимаемая мощность пласта, при этом, составляла 1,1 м. Наблюдения проводились непрерывно в течение 57 суток (228 смен), при этом было выполнено 126 очистных циклов, а продвижение забоя лавы составило 101 м. В процессе наблюдений было зафиксировано четыре посадки основной кровли [19].

Аналогичные наблюдения были проведены в 20-й западной лаве пласта m_3 шахты «Южно-Донбасская», 1-й северной лаве пласта m_3 шахты «Горняк», 3-й восточной лаве пласта l_1 шахты "Комиссаровская", 8-й лаве западного блока пласта l_1 шахты "Винницкая", 12-й лаве пласта l_1 шахты "Заря", в лаве № 532 пласта k_8 шахты 10-я Великомоствовская, в лаве №27 пласта k_8 шахты им. Свердлова, в лаве № 816 пласта k_8 шахты "Западно-Донбасская" [20].

Проанализированы инструментальные наблюдения, проведенные Кравченко В.Е. в 6-й восточной лаве пласта k_8 , 8-й восточной лаве пласта l_1 и 13-й западной лаве пласта m_3 шахты им. А. Ф. Засядько, [1, 2, 5]; Филимоновым П. Е. в 9-й западной лаве пласта l_1 [3, 4, 7, 8], Савенко А. В. в 17-й восточной лаве пласта m_3 и 6-й западной лаве уклонного поля пласта m_3 шахты им. Бажанова [6, 9-12].

Анализ показал, что величина ускорения конвергенции вмещающих пород зависит от скорости продвижения очистного забоя. Для каждой лавы по планам горных работ была определена средняя скорость продвижения (табл. 1).

С помощью МГУА получена зависимость ускорения конвергенции вмещающих пород от скорости продвижения очистного забоя:

$$a = 0,0701389 - 0,000183278 \cdot v^3, \quad (5)$$

где a – ускорение конвергенции вмещающих пород, мм/с²;

v – скорость продвижения очистного забоя, м/сут.

График зависимости (5) представлен на рисунке 4.

Таблица 1

Исходные данные для установления зависимости ускорения
 конвергенции вмещающих пород от скорости подвигания
 очистного забоя

Исследователь	Лава	Средняя скорость подвигания очистного забоя, м/сут.	Среднее абсолютное значение ускорения конвергенции вмещающих пород, мм/сек ²
1	2	3	4
Антипов И. В. [1, 2, 4, 19, 20]	3-я южная лава пласта k_8 ш. им. Г. М. Димитрова	1,8	0,0689
	20-я западная лава пласта m_3 ш. «Южнодонбасская № 3»	2,2	0,069
	3-я восточная лава пласта l_1 ш. «Комиссаровская»	1,6	0,0686
	8-я лава западного блока пласта l_1 ш. «Винницкая»	1,7	0,0688
	12-я лава пласта l_1 ш. «Заря»	2,1	0,0689
Кравченко В. Е. [1, 2, 5]	6-я восточная лава пласта k_8 ш. им. А. Ф. Засядько	1,1	0,0682
	8-я восточная лава пласта l_1 ш. им. А. Ф. Засядько	3,0	0,067
	13-я западная лава пласта m_3 ш. им. А. Ф. Засядько	3,7	0,0613
Филимонов П. Е. [3, 7, 8]	9-я западная лава пласта l_1 ш. им. А. Ф. Засядько	4,8	0,0475
Савенко А. В. [6, 9, 10, 12,]	17-я восточная лава пласта m_3 ш. им. А. Ф. Засядько	4,0	0,0573
	6-я западная лава уклонно- го поля пласта m_3 ш. им. Бажанова	4,7	0,0501
Стаднюк Е. Д. [17, 18]	7-я западная лава пласта l_1 ш. им. Челюскинцев	1,2	0,0685
	8-я западная лава пласта l_4 ш. «Трудовская»	2,5	0,0691

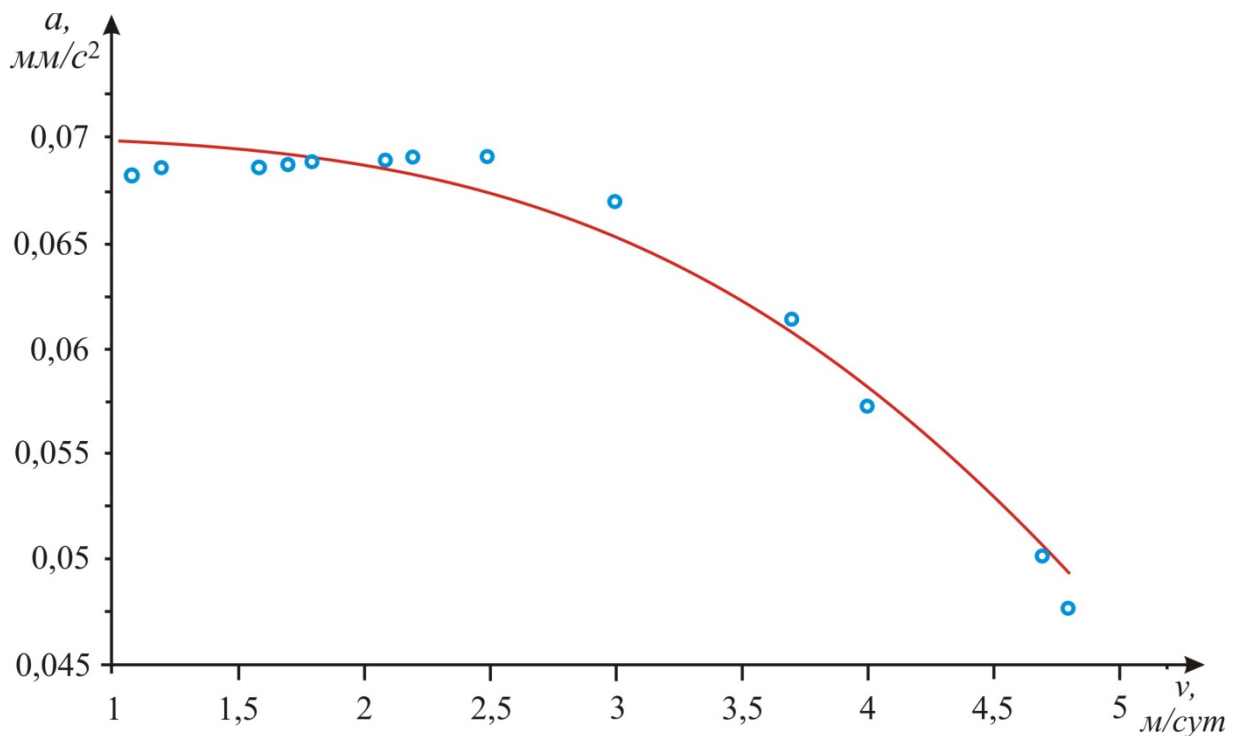


Рис. 4. Графік залежності прискорення конвергенції вміщувальних порід від швидкості підвигання лави

При швидкості підвигання лави до 2,5 м/сут. прискорення конвергенції вміщувальних порід змінюється незначительно. При швидкості лави від 2,5 м/сут. до 5 м/сут. швидкість конвергенції різко зменшується, т.е. знижується інтенсивність геомеханічних процесів в горному масиві.

Висновки.

1. Результати інструментальних спостережень в 7-й західній лаві пласта l_1 шахти ім. Челюскінцев і 8-й західній лаві пласта l_4 шахти «Трудовська» підтвердили і уточнили отримані раніше значення прискорення конвергенції вміщувальних порід при виемці вугля комбайном і передвижці секцій механізованої крепи.

2. Встановлено, що в періоди простою комбайна і відсутності операцій виемки вугля і передвижки секцій механізованої крепи абсолютне значення прискорення конвергенції вміщувальних порід на порядок менше, ніж при виконанні цих операцій в очистному забое.

3. Установлено, что при увеличении скорости подвигания очистного забоя уменьшается ускорение конвергенции вмещающих пород и снижается интенсивность геомеханических процессов в горном массиве.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Антипов И. В. Ускорение конвергенции вмещающих пород в очистных забоях / Антипов И. В., Ильюшенко В. Г., Кравченко В. Е. / Физико-технические проблемы горного производства. – Донецк: Институт физики горных процессов НАН Украины, 1999. – С. 56-63.
2. Антипов И. В. Шахтные исследования конвергенции вмещающих пород / Антипов И. В., Кравченко В. Е., Щербинин Д. В. // Уголь Украины. – 2000. – № 10. – С. 24-27.
3. Звягильский Е. Л. Ускорение конвергенции вмещающих пород в очистных забоях / Звягильский Е. Л., Филимонов П. Е., Антипов И. В., Щербинин Д. В. // Уголь Украины. – 2002. – № 8. – С. 33-36.
4. Антипов И. В. Шахтные исследования и моделирование геомеханических процессов / Антипов И. В., Филимонов П. Е., Грядущий В. Б., Гатауллин Н. Н. // Сб. научн. тр. "Геотехническая механика". – ИГТМ НАН Украины, № 30. – 2003. – С. 160-165.
5. Кравченко В. Є. Геотехнологічні особливості модульного принципу побудови механізованого кріплення в очисних вибоях пологих вугільних пластів Донбасу: автореф. дис. ... на здобуття ступеня канд. техн. наук: 05.15.02 / В.Є. Кравченко; Криворізький технічний університет. – Кривий Ріг, 2004. – 22 с.
6. Антипов И. В. Комплексные натурные исследования в 6-й западной лаве уклонного поля пласта m_3 шахты им. В. М. Бажанова / Антипов И. В., Савенко А. В., Грядущий В. Б. / Пути повышения безопасности горных работ в угольной отрасли. – Макеевка: МакНИИ, 2004. – С. 138-141.
7. Филимонов П. Е. Формализация процесса конвергенции вмещающих пород в высокопроизводительном очистном забое /

- Филимонов В. Е. // Геотехническая механика. Сб. научн. тр. ИГТМ НАНУ. – 2004. – Вып. 48. – С. 153–163.
8. Филимонов П. Є. Обґрунтування довжини і раціональних режимів кріплення кінцевих ділянок лав: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.15.02 / П. Є. Филимонов; Інститут фізики гірничих процесів НАН України. – Донецьк, 2004. – 22 с.
 9. Антипов И. В. Комплексные натурные исследования в 17-й восточной лаве пласта m_3 АП "Шахта им. А. Ф. Засядько" / Антипов И. В., Савенко А. В., Сухаревский Э. Ю. // Проблемы гірського тиску. – ДонНТУ, 2005. – № 13. – С. 213-222.
 10. Савенко А. В. Оценка напряженно-деформированного состояния массива горных пород по величине ускорения конвергенции / Савенко А. В. // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / Ин-т геотехнической механики им. М.С. Полякова НАН Украины. – Вып. 65. – Днепропетровск, 2006. – С. 156-166.
 11. Антипов И. В. Обоснование комбинированной схемы передвижки секций механизированной крепи в высокопроизводительных очистных забоях на глубоких горизонтах / Антипов И. В., Савенко А. В. // Проблемы горного дела и экологии горного производства: Монография. – Донецк: "Вебер", 2007. – С. 9-15.
 12. Савенко А. В. Розробка й обґрунтування комбінованої схеми пересування механізованих кріплень в очисних вибоях: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.15.02 / А. В. Савенко; Інститут фізики гірничих процесів НАН України. – Донецьк, 2007. – 22 с.
 13. Антипов И. В. Оценка надежности горнодобывающих технологий вероятностно-физическими методами / Антипов И. В., Турбор И. А. // Физико-технические проблемы горного производства. Вып. 14. Физико-технические основы оценки состояния углепородного массива. – Донецк: Институт физики горных процессов НАН Украины, 2011. – С. 106-114.
 14. Ивахненко А. Г. Метод группового учета аргументов в задачах прогнозирования / А. Г. Ивахненко // Автоматика. – 1976. – № 6. – С. 24-34.

15. Антипов И. В. Моделирование производственных процессов методом группового учета аргументов / Антипов И. В., Шкуматов А. Н. // Проблемы экологии. – Общегосударственный научно-технический журнал. – 2000. – № 1. – С. 5-9.
16. Юрачковский Ю. П. Восстановление полиномиальных зависимостей на основе самоорганизации / Юрачковский Ю. П. // Автоматика. – 1981. – № 4. – С. 15-20.
17. Антипов И. В. Исследования ускорения конвергенции вмещающих пород в очистном забое шахты им. Челюскинцев / Антипов И. В., Савенко А. В., Нагорная Е. Д., Данча В. А., Пугач С. С., Жуковцов И. В., Бороненко И. А. // Наукові праці УкрНДМІ НАН України, вип. 10. – Донецьк: УкрНДМІ НАН України, 2012. – С. 35-45.
18. Антипов И. В. Инструментальные наблюдения конвергенции вмещающих пород и смещения краевой части угольного пласта в очистном забое шахты «Трудовская» / Антипов И. В., Савенко А. В., Стаднюк Е. Д., Жуковцов И. В., Козырь С. В. // Вісті донецького гірничого інституту, вип. 1(32). – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – С. 13-22.
19. Антипов И. В. Шахтные исследования особенностей взаимодействия механизированных крепей с вмещающими породами / Антипов И. В., Поважный С. Ф. // Изв. Вузов Горный журнал. – 1994. - №3, с. 45-49.
20. Антипов И. В. Геомеханические и технологические основы создания нового уровня крепей очистных забоев тонких полных пластов: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.15.02 / И. В. Антипов; Донецкий государственный технический университет. – Донецк, 1996. – 39 с.