

УДК 656.073:622.611

**І.В. Козіна**, канд. техн. наук  
(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»)  
**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
СХЕМ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ**

**И.В. Козина**, канд. техн. наук  
(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет»)  
**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОПОТОКАМИ  
УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

**I.V. Kozina**, Ph.D.(Tech)  
(State Institution of Higher Education «National Mining University»)  
**SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF TRANSPORT AND TECHNO-  
LOGICAL SCHEMES OF MATERIAL FLOWS IN COAL MINES**

**Анотація.** Стаття присвячена обґрунтуванню параметрів транспортно-технологічних схем управління вантажопотоками вугільних шахт для своєчасної підготовки фронту очисних робіт.

Виконано розрахунки для знаходження оптимального маршруту на основі методу Флойда-Уоршелла. Як критерій оптимізації пропонуються мінімальні витрати енергії локомотива, яка витрачається на доставку підготовчих матеріалів та обладнання. Застосування методу дозволяє удосконалювати транспортно-технологічні схеми переміщення вантажів і заощаджувати енергію локомотива приблизно в 1,2 рази. Для порівняння результатів, отриманих на основі методу Флойда-Уоршелла, пропонуються відповідні розрахунки на базі методу Дейкстри для знаходження маршруту транспортування шахтних вантажопотоків.

Зроблено висновки та запропоновано обґрунтування застосовуваних методів для доставки вантажів у підготовчі вибої.

**Ключові слова:** доставка матеріалів та обладнання до підготовчих вибоїв, транспортування допоміжних вантажопотоків, управління процесами допоміжного транспорту шахт.

Кожна галузь промисловості має відповідно свої специфічні показники ефективності, які класифікуються таким чином:

- удосконалення та розвиток виробництва (впровадження нових методів організації та контролю виробництва, аналіз і прогнозування та ін.);

- етапи управління виробництвом: внутрішні (модернізація автоматизації виробництва) та зовнішні (ринкові відносини, вдосконалення структури виробництва);

- причини підвищення ефективності виробництва (підвищення якості продукції, відповідне використання природних та матеріальних ресурсів та ін.).

Гарантування найбільш результативної роботи вугільної шахти залежить від організації процесів управління внутрішньошахтним транспортом, що в свою чергу підвищує її економічну ефективність.

Одним із показників, які впливають на економічну оцінку вугільної шахти, є надмірно високі витрати на транспортування вантажопотоків. Процеси транспортування шахтних вантажопотоків здійснюються відповідно до визначених раніше графіків роботи шахти. Але під час проведення виробничих процесів шахти виникають випадкові надзвичайні ситуації, які впливають на їх виконання. Як відомо, процедура транспортування шахтних вантажопотоків складається із декількох задач, для розв'язку яких необхідно враховувати існуючі умови та формування виробничого процесу в структурних підрозділах вугільної шахти.

Слід відзначити, що не всі існуючі методи математичного моделювання шахтних вантажопотоків знайшли відповідне застосування у вугільній промисловості через слабку їх адаптацію до специфічних особливостей вугільних підприємств [1].

Тому процес доставки допоміжних вантажопотоків вугільних шахт передбачається здійснювати шляхом розробки транспортної моделі, у рамках якої обґрунтовується найбільш економічний (з позиції енерговитрат) оперативний план перевезень різних видів матеріалів з декількох пунктів навантаження в пункти їх призначення.

Для підвищення економічної ефективності процесів транспортування вантажів виникла необхідність використання більш гнучкого та більш динамічного управління гірничо-підготовчими роботами, яке б дозволило у будь-який момент з достатньою швидкістю та точністю перерозподіляти людські й матеріальні ресурси так, щоб своєчасно вводити в експлуатацію нові лави при мінімальних витратах на їх підготовку.

Розглянемо схему мережі транспортних виробок вугільної шахти (рис. 1) та визначимо оптимальний маршрут згідно алгоритму Флойда-Уоршелла.

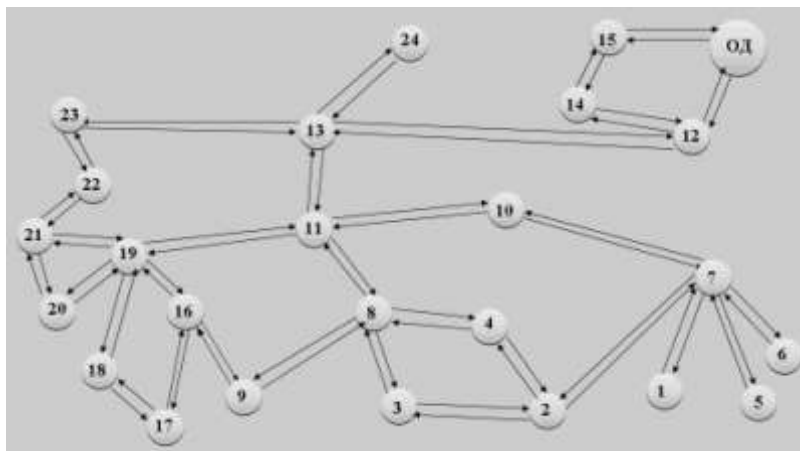


Рисунок 1 – Схема мережі транспортних виробок

Критерієм оптимізації за умови зміни характеристики маршруту й об'єму вантажу, який необхідно перевезти допоміжним транспортом у підготовчі вибої транспортної схеми, слід приймати мінімальні сумарні витрати енергії [2]:

$$E_{ij} = 0,278 \cdot 10^{-6} \left( F_{x.cT_{ij}} + F_{p.cT_{ij}} \right) \cdot l_{p_{ij}} - l_m \rightarrow \min,$$

де 0,278 – коефіцієнт, який переводить механічну роботу (Н·м) в електричну (кВт·год);  $F_{x.cT_{ij}}$ ,  $F_{p.cT_{ij}}$  – сталі значення сили тяги електровоза відповідно при холостому (з порожняком) і робочому (з вантажем) ходах, Н;  $l_m$  – відстань маневрування електровоза на кінцевих пунктах транспортування, м;  $l_{p_{ij}}$  – довжина маршруту в одному напрямку, м.

Для визначення маршруту транспортування допоміжного вантажопотоку [3] скористаємось методом Флойда-Уоршелла та виконаємо відповідний розрахунок.

Як приклад, розглянуто схему транспортування виробок «11–8–9–19–16» (рис.1). Із вибою «11» у вибій «16» необхідно доставити допоміжні матеріали й устаткування. Початкові дані представлено у табл. 1.

Таблиця 1 – Вхідні дані

Матриця $D^0$								Матриця $S^0$							
№		11	8	9	19	16	№		11	8	9	19	16		
		1	2	3	4	5			1	2	3	4	5		
11	1	-	9,79	$\infty$	24,78	$\infty$	11	1	-	2	3	4	5		
8	2	3,95	-	11,6	$\infty$	$\infty$	8	2	1	-	3	4	5		
9	3	$\infty$	4,52	-	$\infty$	16,14	9	3	1	2	-	4	5		
16	4	7,97	$\infty$	$\infty$	-	20,37	16	4	1	2	3	-	5		
19	5	$\infty$	$\infty$	6,085	6,175	-	19	5	1	2	3	4	-		

Для схеми «11–8–9–19–16» у матриці  $D_0$  виділено відповідні рядок  $k = 1$  та стовпчик  $k = 1$ , як головний рядок і головний стовпчик.

Припустимо, що  $k = 1$ . За допомогою трикутного оператора поліпшимо значення елементів матриці  $d_{24}$  й  $d_{42}$ . Для того, щоб на основі матриць  $D_0$  та  $S_0$  одержати матриці  $D_1$  й  $S_1$ , виконано наступні дії:

1. Замінено  $d_{24}$  на  $d_{14} + d_{21} = 24,78 + 3,95 = 28,74$  й встановлено  $s_{24} = 1$ .
2. Замінено  $d_{42}$  на  $d_{41} + d_{12} = 7,97 + 9,79 = 17,77$  й встановлено  $s_{42} = 1$ .

Аналогічно виконуються розрахунки для всіх наступних матриць. Результати розрахунків наведено в табл.5 та 6 (рис. 2).

**Доставка вспомогательных материалов к подготовительным забоям угольных шахт**

Расчет    Очистить    Выход

**Введите номера забоев:**

Табл. 1    1    2    3    4    5

1	1	2	3	4	5
2	1	2	3	4	5
3	1	2	3	4	5
4	1	2	3	4	5
5	1	2	3	4	5

**Введите массу груза:**

Табл. 4    1    2    3    4    5

1	0	6030	99999	6030	99999
2	0	0	6030	99999	99999
3	99999	0	0	99999	6030
4	0	99999	99999	0	6030
5	99999	99999	0	0	0

**Введите расстояние между забоями:**

Табл. 2    1    2    3    4    5

1	0	4225	99999	8370	99999
2	4225	0	4790	99999	99999
3	99999	4790	0	99999	6310
4	8370	99999	99999	0	6680
5	99999	99999	6310	6680	0

**Введите уклон трассы:**

Табл. 3    1    2    3    4    5

1	0	8	99999	15	99999
2	8	0	9	99999	99999
3	99999	9	0	99999	10
4	15	99999	99999	0	17
5	99999	99999	10	17	0

**Энергия, расходуемая при доставке материалов в забой**

Табл. 5    1    2    3    4    5

1	0	9,796	21,4	24,78	37,54
2	3,952	0	11,6	28,73	27,74
3	8,474	4,522	0	33,25	16,14
4	7,972	17,77	29,37	0	20,37
5	14,56	10,61	6,085	6,175	0

**Маршрут следования локомотива к забоям**

Табл. 6    1    2    3    4    5

1	0	2	2	4	3
2	1	0	3	1	3
3	2	2	0	2	5
4	1	1	2	0	5
5	3	3	3	4	0

Рисунок 2 – Результат розрахунку схеми транспортних виробок «11–8–9–19–16»

Із рис. 2 слід зазначити, що результативні матриці містять кінцеву інформацію щодо визначення оптимального маршруту проходження локомотива між підготовчими вибоями «11» та «16». Отже, для доставки допоміжних матеріалів витрачається енергія відповідно 37,54 кВт·год і маршрут транспортування відбувається за схемою «11→8→9→16».

Для порівняння з методом Флойда-Уоршелла визначимо маршрут транспортування допоміжного вантажопотоку для схеми виробок «11–8–9–19–16» на основі методу Дейкстри [4]. Початкові дані для розрахунку даним методом наведено на рис. 3.

Початкова вершина, від якої будується дерево відповідних маршрутів – 1 (11). Задаємо початкові умови:  $d_{1,1} = 0$ ,  $d_{1,i} = \infty$ . Фарбуємо вершину 1,  $y = 1$ . Знаходимо найближчу вершину до зафарбованої:

### Поиск оптимального пути:

Граф содержит 5 вершин(ы)

Введите стартовую вершину:

Введите значения длин ребер графа

$a_{1-1} = 0$	$a_{1-2} = 9.79$	$a_{1-3} = 21.4$	$a_{1-4} = 24.78$	$a_{1-5} = 37.54$
$a_{2-1} = 3.95$	$a_{2-2} = 0$	$a_{2-3} = 11.6$	$a_{2-4} = 28.73$	$a_{2-5} = 27.74$
$a_{3-1} = 8.47$	$a_{3-2} = 4.52$	$a_{3-3} = 0$	$a_{3-4} = 33.25$	$a_{3-5} = 16.14$
$a_{4-1} = 7.97$	$a_{4-2} = 17.77$	$a_{4-3} = 29.37$	$a_{4-4} = 0$	$a_{4-5} = 20.37$
$a_{5-1} = 14.56$	$a_{5-2} = 10.61$	$a_{5-3} = 6.085$	$a_{5-4} = 6.17$	$a_{5-5} = 0$

Рисунок 3 – Вхідні дані для розрахунку схеми транспортних виробок «11–8–9–19–16» методом Дейкстри

$$d_{1,2} = \min d_{1,2}; d_{1,1} + d_{1,2} = \min \infty; 0 + 9,79 = 9,79;$$

$$d_{1,3} = \min d_{1,3}; d_{1,1} + d_{1,3} = \min \infty; 0 + 21,4 = 21,4;$$

$$d_{1,4} = \min d_{1,4}; d_{1,1} + d_{1,4} = \min \infty; 0 + 24,78 = 24,78;$$

$$d_{1,5} = \min d_{1,5}; d_{1,1} + d_{1,5} = \min \infty; 0 + 37,54 = 37,54.$$

За результатами розрахунку отримали мінімальний маршрут від вершини 1 до вершини 2 ( $d_{1,2} = 9,79$ ). Додаємо вершину 2 в орієнтоване поточне дерево і відповідний маршрут (дуга 1,2) до цієї вершини. Аналогічно виконуються розрахунки для всіх вершин схеми транспортування «11–8–9–19–16».

Таким чином, енергія, яка витрачається для транспортування допоміжних матеріалів, також становить 37,54 кВт·год і, відповідно, маршрут транспортування в даному випадку відбувається за схемою «11 → 8 → 9 → 16».

Але слід зазначити, що метод Флойда-Уоршелла, на відміну від методу Дейкстри, дозволяє проаналізувати кілька разів одну вершину, що є важливим фактором для розв'язання даної задачі, оскільки матеріали можуть перевантажуватися у разі їх дефіциту з одного підготовчого вибою в іншій.

Визначимо витрати на транспортування шахтних вантажопотоків [5]:

$$C = E \cdot c,$$

де  $E$  – витрата енергії для доставки матеріалів у вибої, кВт·год;  $c$  – тарифна ставка на електроенергію (0,92 грн).

Розрахуємо економічну ефективність внутрішньошахтного транспорту:

$$Q = \frac{E}{E'}$$

де  $E$  – витрата енергії для доставки матеріалів у вибої при меншому значенні довжини маршруту  $L$ , кВт·год;  $E'$  – витрата енергії для доставки матеріалів у вибої при більшому значенні довжини маршруту  $L$ , кВт·год.

Результати розрахунку економічних показників схеми «11–8–9–19–16» для доставки матеріалів та обладнання на основі методу Флойда-Уоршелла наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Розрахунки електроенергії й витрат при доставці допоміжних вантажопотоків за схемою транспортування «11–8–9–19–16»

Назва Маршруту	L, м	E', кВт·год (при L min)	C', грн	E, кВт·год (при E min)	C, грн.
11-8-9-16	15325	28,16	25,90	37,54	34,53
11-19-16	15050	28,61	26,32	45,40	41,77

де  $C'$  – витрати на транспортування шахтних вантажопотоків без урахування характеристики маршрута, грн.;  $C$  – витрати на транспортування шахтних вантажопотоків з урахуванням характеристики маршрута, грн.

На основі розрахунку показників (табл.2) для підвищення економічної ефективності при процесах транспортування шахтних вантажопотоків необхідно враховувати запропоновану вище модель руху локомотива (на базі методу Флойда-Уоршелла), яка дозволяє заощаджувати енергію локомотива приблизно в 1,2 рази (рис.4. та 5) при доставці вантажів і відповідає умовам виробничого процесу.

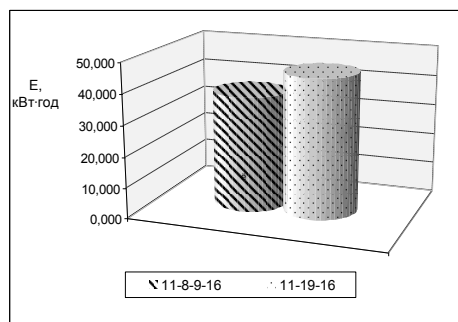


Рисунок 4 – Порівняльна характеристика електроенергії при доставці допоміжних вантажопотоків за схемою транспортування «11–8–9–19–16»

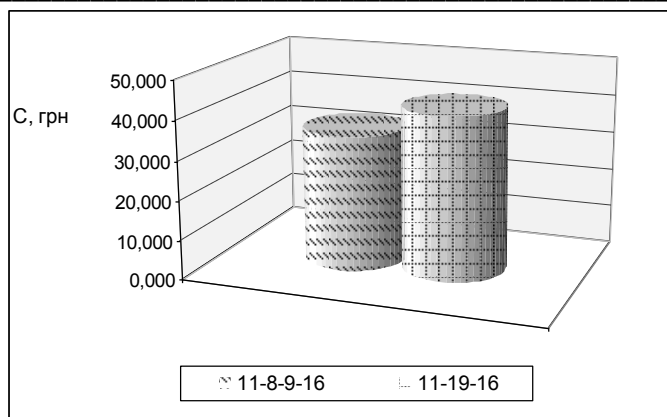


Рисунок 5 – Порівняльна характеристика витрат при доставці допоміжних вантажопотоків за схемою транспортування «11–8–9–19–16»

Таким чином, на основі виконаних розрахунків слід відзначити, що в підземних умовах при транспортуванні вантажопотоків до підготовчих вибоїв необхідно використовувати той маршрут руху, який дозволяє заощаджувати енергію локомотива при витратах на доставку вантажів.

У результаті розрахунків економічних показників (табл.2) для зниження витрат при транспортуванні необхідно використовувати запропоновану математичну модель з критерієм мінімуму витрати енергії на базі методу Флойда-Уоршелла. Відповідна модель для побудови оптимального маршруту транспортування вантажів дозволяє заощаджувати енергію локомотива приблизно в 1,2 рази.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Научное обоснование производительности транспортно-технологических схем и параметров шахтного транспорта высокого технического уровня: отчет о НИР / Национальный горный университет; руководитель Л.Н. Ширин – № ГР 0105U000520. – Д.: НГУ, 2006. – 126 с.
2. Розрахунок шахтного локомотивного транспорту: навч. посіб./ О.О. Ренгевич, О.М.Коптовец, П.А. Дьячков та ін. – Д.: Національний гірничий університет, 2007. – 83 с.
3. Козина И.В. Математическое моделирование процессов функционирования вспомогательного транспорта шахт: дис...канд. техн. наук: 01.05.02; защищена 26.12.12; утв. 25.04.13/ Козина И.В. – Днепропетровск: НметАУ, 2012. – 155 с.
4. Алгоритм Дейкстры. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uchimatchast.ru/application/dejkstra2.php>
5. Ильин А.И. Экономика предприятия. Краткий курс / А.И. Ильин. – Минск: Новое знание, 2007. – 236 с.

#### REFERENCES

1. Shirin L. N. (2006), *Nauchnoe obosnovanie proizvoditelnosti transportno-tekhnologicheskikh skhem i parametrov shakhtnogo transporta visokogo tekhnicheskogo urovnia: otchet o NIR* [Scientific rationale of production of transport and technological schemes and parameters of mine transport high technical level: report research work], NGU, Dnepropetrovsk, Ukraine.
2. Rengevich O.O, Koptovets O.M., Diachkov P.A. , (2007) *Rozrakhunok shakhtnogo lokomotivnogo transport: navch. posib* [Calculation of mine locomotive transport], NGU, Dnepropetrovsk, Ukraine.
3. Kozina I.V. (2012), *Matematicheskoe modelirovanie protsessov funktsionirovaniia vspomogatelnogo transporta shakht* [Mathematical modeling of auxiliary transport functioning processes in mines], NMetAU, Dnepropetrovsk, Ukraine.
4. *Algoritm Deikstry* [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <http://uchimatchast.ru/application/dejkstra2.php>

5. Ilin A.I. (2007) *Ekonomika predpriiatii. Kratkiy kurs* [Economics of enterprise. Short course], Novoe izdanie, Minsk, Belarus.

---

#### Про автора

**Козіна Інна Валеріївна**, кандидат технічних наук, інженер-програміст, Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, Україна, kozinai@nmu.org.ua

#### About the author

**Kozina Inna Valeriivna**, Candidate of Technical Sciences, part-programmig engineer State Institution of Higher Education «National Mining University», Dnepropetrovsk, Ukraine, kozinai@nmu.org.ua

---

**Аннотация.** Стаття посвящена обоснованию параметров транспортно-технологических схем управления грузопотоками угольных шахт для своевременной подготовки фронта очистных работ.

Выполнены расчеты нахождения оптимального пути на основе метода Флойда-Уоршелла. В качестве критерия оптимизации предлагаются минимальные суммарные затраты энергии локомотива, которая используется на доставку подготовительных материалов и оборудования. Применение метода позволяет усовершенствовать транспортно-технологические схемы перемещения грузов и экономить энергию локомотива примерно в 1,2 раза. Для сравнения результатов, полученных на основе метода Флойда-Уоршелла, предлагаются соответствующие расчеты на базе метода Дейкстры для нахождения маршрута транспортирования шахтных грузопотоков.

Сделаны выводы и предложено обоснование применяемых методов для доставки грузов в подготовительные забои угольных шахт.

**Ключевые слова:** доставка материалов и оборудования к подготовительным забоям, транспортирование вспомогательных грузопотоков, моделирование процессов вспомогательного транспорта шахт, управление грузопотоками угольных шахт

**Abstract.** In the article, parameters of transport technological scheme for material flow control in the coal mines for timely preparation of an extraction front are validated.

Calculations for identifying an optimal route were performed on the basis of the Floyd-Uorshell's method. Optimization criterion, i.e. minimum total energy consumed by locomotive to deliver auxiliary materials and equipment to the site, is proposed. The method allows to improve transport technological schemes of material flows and to reduce by 1.2 energy consumed by locomotive. To compare results obtained on the basis of the Floyd-Uorshell's method, appropriate calculations based on the Dijkstra's method are proposed for identifying routes for transporting mine cargoes.

Conclusions were made, and proofs were given to the methods used to deliver cargoes to the development headings in the coal mines.

**Keywords:** delivery of materials and equipment to the development headings, cargo flow control in the coal mines, transporting of auxiliary materials.

*Стаття поступила в редакцію 22.02. 2013*

*Рекомендовано к публикации д-ром техн. наук Т.В. Бунько*



УДК622.831.322:622.831.325

**Д.М. Житленок**, докт. техн. наук, ст. науч. сотр.  
(ГП «Дзержинскуголь»)

**В.И. Гаврилов**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,

**А.П. Петух**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,

**В.В. Власенко**, аспирант  
(ИГТМ НАН Украины)

**А.В. Пищев**, магистр  
(МакНИИ)

### **ПРОВЕДЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СБЛИЖЕННЫЕ ВЫБРОСООПАСНЫЕ УГОЛЬНЫЕ ПЛАСТЫ ПЕРЕД ИХ ПЕРЕСЕЧЕНИЕМ**

**Д.М. Житльонок**, докт. техн. наук, ст. науч. співр.  
(ДП «Дзержинськвугілля»)

**В.І. Гаврилов**, канд. техн. наук, ст. науч. співр.,

**О.П. Петух**, канд. техн. наук, ст. науч. співр.,

**В.В. Власенко**, аспірант  
(ІГТМ НАН України)

**О.В. Піщев**, магістр  
(МакНДІ)

### **ПРОВЕДЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ДІЇ НА ЗБЛИЖЕНІ ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНІ ВУГІЛЬНІ ПЛАСТИ ПЕРЕД ЇХ ПЕРЕТИНОМ**

**D.M. Zhytlnok**, D.Sc. (Tech.), Senior Researcher  
(SE «Dzerzhynskvugillia»)

**V.I. Gavrylov**, Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,

**A.P. Petukh**, Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,

**V.V. Vlasenko**, Doctoral Student  
(IGTM NAS of Ukraine)

**A.V. Pishchev A.V.**, Master of Science  
(MakSRI)

### **CONDUCTING OF HYDRODYNAMIC IMPACT ON THE LOCATED NEAR OUTBURST COAL SEAMS BEFORE THEIR CROSSING**

**Аннотация.** Впервые получены результаты горно-экспериментальных работ по предотвращению внезапных выбросов угля и газа из сближенных угольных пластов  $k_3$ -«Дерезовка»,  $k_3^6$ -«Дерезовка-верхняя» и  $k_3^H$ -«Дерезовка-нижняя» гидродинамическим воздействием на них перед их пересечением квершлагом. Квершлаг пересекает пласт под углом  $50^\circ$  с дальнейшим уменьшением угла подхода вплоть до заезда на пласт  $k_3^H$ -«Дерезовка-нижняя».

© Д.М. Житленок, В.И. Гаврилов, А.П. Петух, В.В. Власенко, А.В. Пищев, 2013