



- б) коэффициент преобразования индуктивности обратнопропорционален сумме активных сопротивлений интегрирующей цепи и существенно зависит от их отношения;
- в) для обеспечения колебаний необходимо учитывать величину активного сопротивления преобразуемой индуктивности, а именно: времязадающее сопротивление интегрирующей цепи всегда должно быть больше удвоенного активного сопротивления преобразуемой индуктивности;
- г) преобразователь индуктивности на таймере характеризуется хорошими функциональными возможностями при предельно простой схемной реализации, что предполагает его достаточно высокую надежность при использовании в устройствах экспрессного контроля качества железорудного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марюта, А.Н. Контроль качества железорудного сырья [Текст] / А.Н. Марюта, И.К. Младецкий, П.А. Новицкий. – К. : Техніка, 1976. – 220 с.
2. Коломбет, Е.А. Таймеры [Текст] / Е.А. Коломбет. – М. : Радио и связь, 1983. – 128 с.
3. Функциональные устройства на микросхемах [Текст] / В.З. Найдеров, А.И. Голованов, З.Ф. Юсупов и др. / Под ред. В.З. Найдерова. – М. : Радио и связь, 1985. – 200 с.
4. Шахов, Э.К. Интегрирующие развертывающие преобразователи напряжения [Текст] / Э.К. Шахов, В.Д. Михотин. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 230 с.

УДК 622: 33.003.55

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРАФОВ И СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

А.А. Хорольский¹, В.Г. Гринев²

¹магистр, аспирант Института физики горных процессов Национальной академии наук Украины, г. Днепр, Украина, e-mail: khoroiskiyyaa@ukr.net

²доктор технических наук, профессор, директор Института физики горных процессов Национальной академии наук Украины, г. Днепр, Украина, e-mail: grinevv@ukr.net

Аннотация. В данной работе описана программная реализация процесса выбора очистного оборудования на основе применения сетевых моделей и графов. Рассмотренные методы дискретной математики могут служить альтернативой существующим методикам выбора оборудования. Применение сетевых моделей и графов позволило впервые для исследования структуры горно-шахтного оборудования разработать специальное программное обеспечение.

Ключевые слова: очистной забой, суточная нагрузка, горно-шахтное оборудование, теория графов, программное обеспечение.



STUDY STRUCTURE MINING EQUIPMENT WITH THE USE GRAPH AND NETWORK MODELS

Andrey Khorolskiy¹, Vladimir Griniyov²

¹postgraduate student of Institute for Physics of Mining Processes the National Academy of Sciences of Ukraine (IPMP the NAS of Ukraine), Dnepr, Ukraine, e-mail: khorolskiyaa@ukr.net

²Ph.D., Professor, Director of Institute for Physics of Mining Processes the National Academy of Sciences of Ukraine, Dnepr, Ukraine, e-mail: grinevv@ukr.net

Abstract. On the basis of study of high-cube of statistical data of work of longwall on the mines of western Donbas methodology of choice of area of teaming-up of mining coal face equipment, which is based on comparison of effective actual connections with concrete indexes in the cleansing coalfaces of mining enterprises is offered.

Keywords: longwall faces, daily production, mining equipment, graph theory.

Введение. Угольная промышленность – базовая отрасль развития топливно-энергетического комплекса Украины. В пересчете на условное топливо доля угля составляет 65,7% в совокупном энергетическом балансе [1,2]. В последние десятилетие доля угля в топливно – энергетическом комплексе несколько сократилась: в 2013 году она составила 35% общего энергетического баланса страны [3–5]. На долю угля приходится 45% производимой электроэнергии [5,6]. Среднемировой показатель угля в топливно-энергетическом балансе составляет 39,6% [6].

В целевом энергетическом балансе уголь единственный источник, которым государство обеспечено в полном объеме [7].

По информации Министерства энергетики и угольной промышленности Украины государству ежегодно требуется 5,7 – 8,1 млн т угля марок Д, Г. При замещении альтернативных источников энергии потребность составит 12,2 млн т угля марок А, Д, Г без учета потребностей промышленности [8].

В последнее десятилетие наблюдается сокращение темпов угледобычи. Исследование, проведенное Центром Разумкова, в 2016 году, показало, что все предприятия, по сравнению с 2015 годом (кроме ГП «Львовуголь» и ГП «Первомайскуголь»), сократили объемы добычи [9].

На сегодняшний день основным инструментом повышения нагрузки на очистной забой является замена оборудования иностранными аналогами или отечественным оборудованием с гораздо большей стоимостью. На практике происходит несущественное увеличение производительности



при существенном росте себестоимости (об этом свидетельствуют исследования [10–14]).

Практика эксплуатации импортного оборудования на шахтах Донбасса свидетельствует о том, что наличие современного оборудования является необходимым, но недостаточным условием для существенного увеличения нагрузки на очистной забой.

Как альтернатива существующим подходам предложено осуществлять выбор существующего оборудования на основе оценки уровня взаимосвязи в составе механизированного комплекса [13,14].

По мнению авторов, необходимо выделить несколько принципиальных моментов:

- характеристики отечественного оборудования не намного хуже зарубежных аналогов, низкие показатели нагрузки на очистной забой обусловлены сложными горно-геологическими условиями и несоответствием условиям эксплуатации;

- для каждого очистного механизированного комплекса существует рациональная область эксплуатации, включающая горно-технические факторы (длина очистного забоя, вынимаем мощность пласта), горно-геологические условия (породы кровли, почвы, угол залегания);

- кроме общего технического уровня комплекса следует также учитывать уровень взаимосвязи оборудования в составе комплекса.

Исследования, проведенные Институтом физики горных процессов [10–15] в 2010 – 2013 гг. установили, что повышение суточной нагрузки на очистной забой может достигаться не только за счет приобретения дорогостоящего оборудования, а в большей мере за счет рационального выбора технологических цепочек «крепь-комбайн-конвейер». В работах [11, 14–16] описана методология выбора очистного оборудования на основе теории графов и сетевых моделей.

В работе [16] отмечается, что для широкой реализации идей рационального выбора очистного оборудования на основе теории графов необходимо продолжить исследования в направлении соответствия алгоритмов оптимизации сетевых моделей современному уровню информационных технологий. Для решения поставленной задачи необходимо разработать программное обеспечение, позволяющее не только реализовывать алгоритмы оптимизации, но и оптимизировать рациональные технологические цепочки применительно к заданным горно-геологическим условиям.

Цель работы – оптимизировать технологические параметры эксплуатации угольных месторождений Донецкой и Днепропетровской областей. Идея работы состоит в выборе рациональных комплектаций очистного

оборудования на основе классических алгоритмов оптимизации: сетевых моделей и графов.

Материал и результаты исследований. Нами была проанализирована фактическая структура технологических цепочек «крепь-комбайн-конвейер». Было установлено, что производительность технологических цепочек забойного оборудования идентична и не зависит от предприятия.

Как отмечалось в работе [16] исследовать фактические сочетания очистного оборудования можно на основе сетей и графов. Методы дискретной математики позволяют анализировать структуру горно-шахтного оборудования, могут быть реализованы в специальных прикладных программах.

Разработка программного обеспечения включала ряд подготовительных этапов:

- анализ фактической структуры горно-шахтного оборудования;
- построение графов;
- формализация графов и построение сетевых моделей.

В результате выполнения первого и второго этапов были построены универсальные альтернативные графы выбора альтернатив очистного оборудования для пластов мощностью 0,90 – 2,60 м, с шагом 0,20 м.

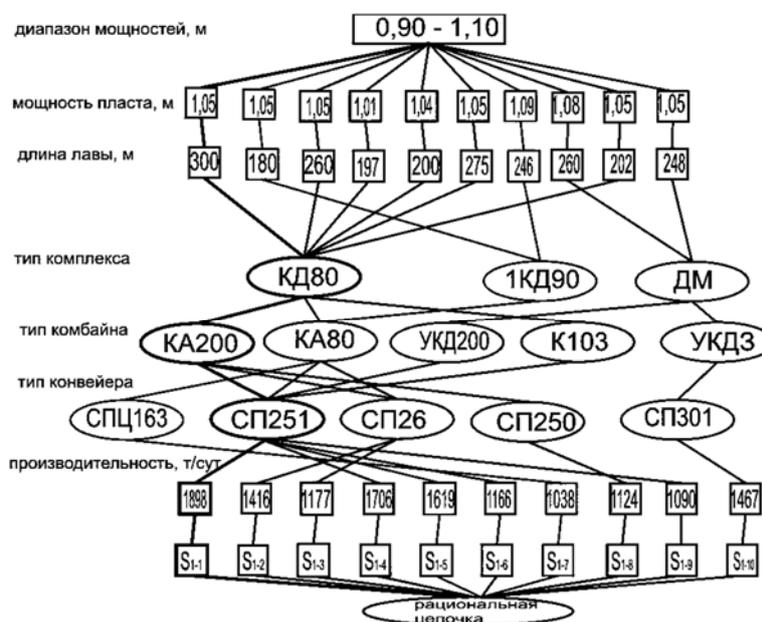


Рисунок 1 – Универсальный граф выбора альтернатив очистного оборудования для пластов мощностью 0,90 – 1,10 м

Представление результатов в виде графов позволяет в компактном и наглядном виде отобразить информацию о длине очистного забоя, мощ-



ности пласта, типах очистного оборудования, фактической производительности комплектаций.

Оптимизация структуры механизированного комплекса выполняется в следующей последовательности:

- в зависимости от вынимаемой мощности пласта выбирается универсальный граф выбора альтернатив;
- формализация универсального графа и представление в виде сетевой модели;
- исключаются из сетевой модели те типы оборудования, которые не удовлетворяют требованиям;
- на основе алгоритмов оптимизации находится оптимальное сочетание.

В работах [14–18] описана методология выбора очистного оборудования и практическая реализация.

Для широкой реализации методов дискретной математики, применительно к выбору горно-шахтного оборудования, было разработано программное обеспечение. Программа включает следующие модули:

- выбор очистного оборудования на основе универсальных графов; пользователю предлагается найти оптимальное сочетание типов очистного оборудования из предложенных альтернатив;
- оптимизация технологических цепочек на основе алгоритмов Дейкстры и Флойда; можно оптимизировать не только существующие сочетания, но и задать произвольную комплектацию.

К программному обеспечению предъявлялся ряд требований:

- наличие прикладной библиотеки, это позволит пользователю в произвольном порядке анализировать комплектации очистного оборудования;
- взаимодействие программы и пользователя должно быть сведено к минимуму, т.е. количество требуемой для реализации программы информации должно быть минимальным;
- наличие возможности формировать отчетность, программа должна автоматически формировать отчеты об анализе комплектаций;
- вариативность задания массива информации.

На рис. 2 представлена структура программы.



Рисунок 2 – Структурная схема программы

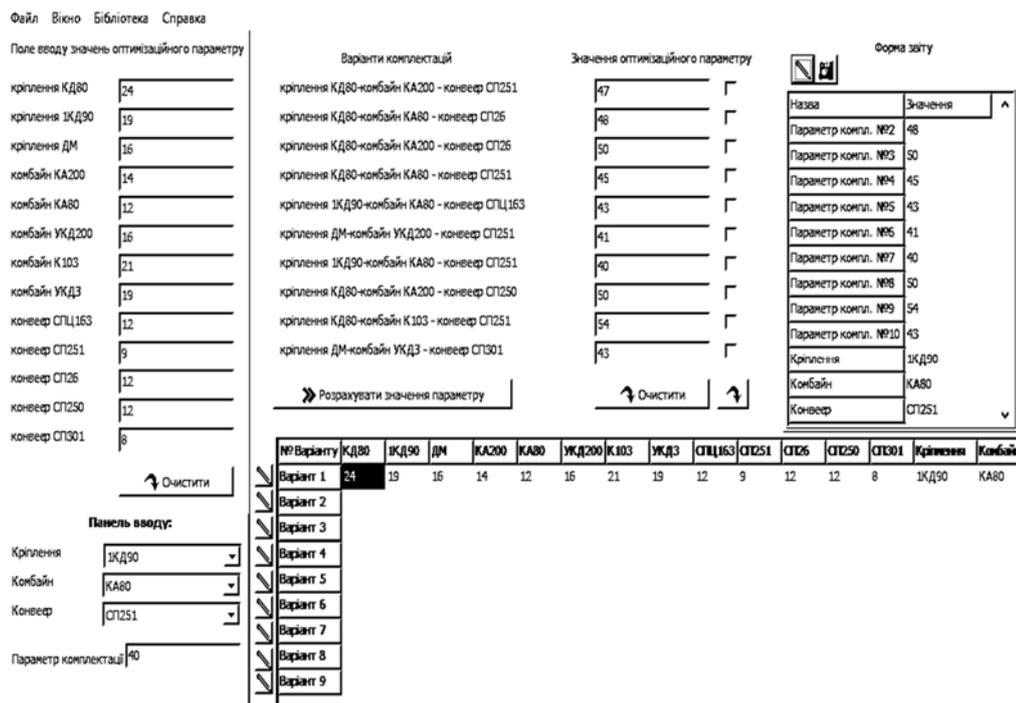
Как видно из рис. 2 программа содержит в себе библиотеки графов, формы для составления отчетности, справочную систему, исполнительные модули.

Для оптимизации технологических цепочек «крепь-комбайн-конвейер» необходимо выбрать мощность пласта. Взаимодействие программы и пользователя осуществляется посредством ввода значений оптимизационных параметров для каждого типа очистного оборудования.

Данный модуль позволяет выбрать наиболее оптимальное сочетание очистного оборудования среди предложенных комплектаций.

Задача поиска оптимальной комплектации очистного оборудования, применительно к теории графов может быть сформирована как поиск кратчайшего маршрута от начальной до конечной вершины сети.

Существует потребность определить не только кратчайший маршрут между начальной и конечной вершинами сети, но и между вершиной и всеми точками. Для реализации поставленной задачи может быть использован алгоритм Дейкстры [19,20].



Файл Вікно Бібліотека Справка

Поле вводу значень оптимізаційного параметру

Варианти комплектацій

Значення оптимізаційного параметру

Форма заступу

Кріплення КД80: 24
 Кріплення 1КД90: 19
 Кріплення ДМ: 16
 комбайн КА200: 14
 комбайн КА80: 12
 комбайн УКД200: 16
 комбайн К103: 21
 комбайн УКД3: 19
 конвеєр СПЦ163: 12
 конвеєр СП251: 9
 конвеєр СП26: 12
 конвеєр СП250: 12
 конвеєр СП301: 8

Кріплення КД80-комбайн КА200 - конвеєр СП251
 Кріплення КД80-комбайн КА80 - конвеєр СП26
 Кріплення КД80-комбайн КА200 - конвеєр СП26
 Кріплення КД80-комбайн КА80 - конвеєр СП251
 Кріплення 1КД90-комбайн КА80 - конвеєр СПЦ163
 Кріплення ДМ-комбайн УКД200 - конвеєр СП251
 Кріплення 1КД90-комбайн КА80 - конвеєр СП251
 Кріплення КД80-комбайн КА200 - конвеєр СП250
 Кріплення КД80-комбайн К103 - конвеєр СП251
 Кріплення ДМ-комбайн УКД3 - конвеєр СП301

47
48
50
45
43
41
40
50
54
43

Назва Значення
 Параметр компл. №92 46
 Параметр компл. №93 50
 Параметр компл. №94 45
 Параметр компл. №95 43
 Параметр компл. №96 41
 Параметр компл. №97 40
 Параметр компл. №98 50
 Параметр компл. №99 54
 Параметр компл. №10 43
 Кріплення 1КД90
 Комбайн КА80
 Конвеєр СП251

Розрахувати значення параметру

Очистити

№ Варіанту	КД80	1КД90	ДМ	КА200	КА80	УКД200	К103	УКД3	СПЦ163	СП251	СП26	СП250	СП301	Кріплення	Комбайн
Варіант 1	24	19	16	14	12	16	21	19	12	9	12	12	8	1КД90	КА80
Варіант 2															
Варіант 3															
Варіант 4															
Варіант 5															
Варіант 6															
Варіант 7															
Варіант 8															
Варіант 9															

Панель вводу:

Кріплення: 1КД90
 Комбайн: КА80
 Конвеєр: СП251
 Параметр комплектації: 40

Рисунок 3 – Рабочая форма программы

В качестве данных задается величина оптимизационного параметра для каждого типа очистного оборудования.

Программная реализация алгоритма Дейкстры может быть выполнена несколькими способами:

- при помощи задания матрицы смежности [21,22];
- при помощи построения сети и задания длин между вершинами сетевой модели [23].

Если анализ производится для существующих структур очистного оборудования, то более целесообразно задать сетевую модель в виде матрицы смежности. Если производится анализ произвольной комплектации, то в графическом представлении.

Как видно из рис. 4 для реализации алгоритма Дейкстры необходимо задать значения оптимизационного параметра (для предложенных типов очистного оборудования). В результате выполнения программы будут предложены пары вершин. В рассматриваемом примере это (1-3), (3-6), (6-9), что соответствует маршруту «1-3-6-9» и комплектации «крепь ДМ – комбайн РКУ10 – конвейер СП326».

Ввод данных и построение сетевой модели можно осуществлять графическим методом. В работах [24,25] описан алгоритм визуализации графов. Для оптимизации технологической цепочки необходимо за вершины принять типы очистного оборудования, а за длины ребер значения оптимизационного параметра.

Файл Вікно Бібліотека Справка

Введіть кількість вершин: 13

Створити матрицю відстаней

Визначити найкоротший (оптимальний) маршрут

Перейти до інструкції із заповнення

Роздрукувати форму

Видалити матрицю відстаней

Переглянути карту заповнення маршрутів

Перейти до бібліотеки графів

Перейти до головного меню

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	-	18	14	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	8	19	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	7	12	-	13	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Введіть значення параметру для:

- кріплення 1КД90: 18
- кріплення ДМ: 14
- кріплення ЗКД90: 17
- комбайн 1ПШ68: 12
- комбайн РКУ10: 8
- комбайн МВ450: 19
- конвеєр СП326: 9
- конвеєр СП251: 7
- конвеєр СПЦ271: 12
- конвеєр СЗК228: 16
- конвеєр СП26: 13
- Фіктивне значення: 1

Програма визначення оптимальної комплектації за допомогою алгоритму Дейкстри

- Вхід*
- Кріплення 1КД90
- Кріплення ДМ
- Кріплення ЗКД90
- Комбайн 1ПШ68
- Комбайн РКУ10
- Комбайн МВ12-450
- Конвеєр СП326
- Конвеєр СП251
- Конвеєр СПЦ271
- Конвеєр СЗК228
- Конвеєр СП26
- Вихід*

Рациональна комплектація:
кріплення
комбайн
конвеєр

Позначити обладнання Очистити

Розрахувати параметр: 31

(1;3)(3;6)(6;9)(9;13)(6;10)(6;12)(1;4)(4;5)(5;8)(1;2)(3;7)(7;11) 146

Рисунок 4 – Программная реализация алгоритма Дейкстры (при помощи матрицы смежности)

В качестве примера продолжим исследовать универсальный граф выбора альтернатив очистного оборудования для пластов мощностью 1,31 – 1,50 м. В качестве оптимизационного параметра примем значение удельной себестоимости. В результате установлено, что оптимальной, с позиции минимизации удельной себестоимости, является комплектация «крепь ДМ – комбайн РКУ10 – конвейер СП326», что соответствует маршруту «1-3-6-9».

Сравнение методов задания сетевых моделей позволило установить, что независимо от способа задания результаты будут идентичны.

В процессе выполнения работы было установлено:

- в качестве базового инструмента для выбора и анализа альтернатив очистного оборудования могут быть использованы методы дискретной математики;

- целесообразность применения сетей и графов подтверждается достоверностью, универсальностью (для различных условий эксплуатации), возможностью программной реализации.

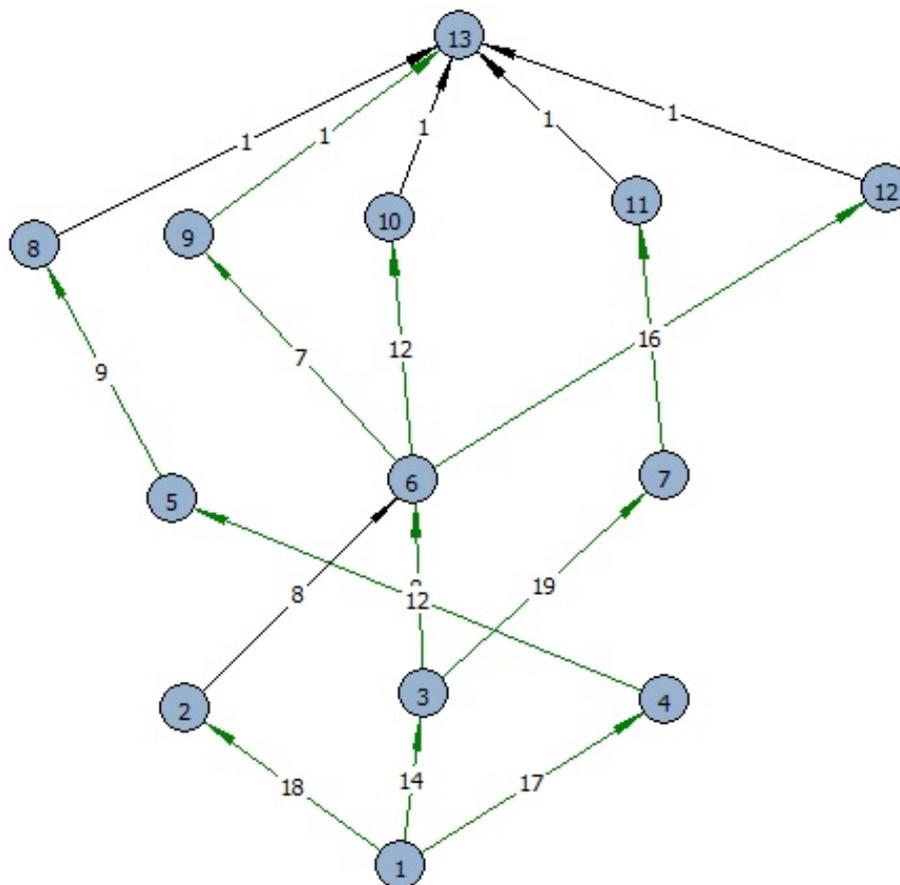


Рисунок 5 – Программная реализация алгоритма Дейкстры (графическим методом)

Выводы. Для широкой реализации методов дискретной математики было разработано специальное программное обеспечение. Для реализации алгоритмов оптимизации были проанализированы существующие технологические цепочки забойного оборудования. На основе оценки фактического уровня производительности были построены универсальные графы выбора альтернатив очистного оборудования. Полученный материал может быть использован для программной реализации, а также для экспресс-анализа возможных вариантов комплектаций на стадии проектирования выемочного участка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Серета Л.О. Роль вугілля як головного енергоносія при забезпеченні економічної стабільності України / Л.О. Серета // Економіка промисловості. — 2009. — № 3. — С. 53–57.
2. Coal Matters: Coal in the Global Energy Supply [Електронний ресурс] World coal association // Режим доступу: <http://www.worldcoal.org/coal-matters-coal-global-energy-supply>. (дата звернення 05.07.16).

3. Полтавец В. И. Альтернативы реформирования угольной промышленности Украины / В. И. Полтавец, Б. А. Грядущий, Г. Л. Майдуков // Уголь. – 2008. – № 7. – С. 10–16.
4. Отраслевой обзор. Уголь Украины. [Электронный ресурс] / Baker Tilly International [London, 2015] / URL: http://www.bakertilly.ua/media/Baker%20Tilly%20-%20Report_coal_industry_rus.pdf (дата звернення: 01.02.2017).
5. Coal in the global energy mix. Current role and future perspectives [Электронный ресурс] World coal association // Режим доступа: <http://www.worldcoal.org/coal-global-energy-mix>. (дата звернення 05.07.16).
6. BP Statistical Review of World Energy June 2016. [Электронный ресурс] BP Global // Режим доступа: <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/coal/coal-production.html>. (дата звернення 05.07.16).
7. Енергетична стратегія розвитку України до 2035 року (Проект). Міністерство палива та енергетики України. [Електрон. ресурс] Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=244979237> – Загол. з екрану. (дата звернення 15.02.17).
8. Нова Енергетична стратегія України: безпека, енергоефективність, конкуренція (Проект) Міністерство палива та енергетики України. [Електрон. ресурс] Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245032412>. (дата звернення 05.07.16).
9. Маркевич К. (укладач) Енергетична галузь України: Підсумки 2015 року / К. Маркевич. – Київ: Центр Розумкова. – 71 с.
10. Гордиенко М.В. Об эффективности переоснащения шахт механизированными комплексами / М.В. Гордиенко // Геотехнологии и управление производством XXI века. – Донецк : ДонНТУ, 2006. – Т. 2. – С. 158–163.
11. Гринев В.Г. Приложение теории графов для эффективного выбора очистного оборудования на шахтах Донбасса / В.Г. Гринев, П.П. Николаев // Физико-технические проблемы горного производства. – Донецк. – 2011. – №14. – С. 166 – 172.
12. Гринев В.Г. Алгоритмы оптимизации сетевых моделей для выбора рациональных технологических цепочек очистного оборудования / В.Г. Гринев, П.П. Николаев // материалы 3-й межд. науч.-техн. конф. «Техногенные катастрофы: модели, прогноз, предупреждение». – Днепропетровск. – 2013. – НГУ – С. 90 – 95.
13. Гринев В.Г. Обоснование рациональных параметров добычи угля на шахтах с крутым падением пластов / В.Г. Гринев, П.В. Череповский, П.П. Николаев // Физико-технические проблемы горного производства. – Донецк. – 2010. - №13. – С. 142 – 149.
14. Гринев В. Г. Технологические аспекты физики горных процес сов / В.Г. Гринев, П.П. Николаев, А.И. Деуленко, П.В. Череповский // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – Донецк – 2013. – №13. С.197–208.
15. Гринев В.Г. Оценка перспектив повышения эффективности получения конечной продукции из угля // Физико-технические проблемы горного производства. – №11. – 2008. – С.126–135.
16. Гринев В. Г. [моногр.] Графы и сети для выбора горно-шахтного оборудования / В. Г. Гринев. – Днепро: Пороги, 2016. – 247 с.
17. Гринев В.Г. Обоснование рациональных параметров механизированной добычи угля на пластах пологого падения / В.Г. Гринев, А.А. Хорольский // Физико – технические проблемы горного производства: сб. науч. трудов. — 2016. — № 18. — С.145 – 152.



18. Хорольский А.А. Совершенствование технологии механизированной добычи угля на основе рационального выбора комплектаций очистного оборудования / А.А. Хорольский, В.Г. Гринев, В.Г. Сынков // Материалы международной конференции «Форум горняков – 2016», 5 октября – 8 октября 2016г., Днепропетровск. – Д.: Национальный горный университет, Т2. – С.158–167.
19. Dijkstra E. W. A Note on Two Problems in Connexion with Graphs / Numerische Mathematik. – 1959. – 269–271 pp.
20. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах.: Пер. с англ.— М.: Мир, 1981.— 323 с.
21. Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн. Алгоритмы: построение и анализ (Introduction to Algorithms). — 2-е изд. — М.: «Вильямс», 2006. — 1296 с.
22. Бакнелл Джулиан М. Фундаментальные алгоритмы и структура данных в Delphi : Пер. с англ. / Джулиан М. Бакнелл. — СПб.: ООО «ДипСофтЮП», 2003. — 560 с.
23. Графічне представлення графа засобами Delphi. Режим доступу: <http://www.mathros.net.ua/grafichne-predstavlennya-grafa-zasobami-delphi.html>.— Загол. з екрану.
24. Графічне представлення орієнтованого графа засобами Delphi. Режим доступу: <http://www.mathros.net.ua/grafichne-predstavlennja-orijentovanogo-grafa-zasobamy-delphi.html>. — Загол. з екрану.
25. Стивене Р. Delphi. Готовые алгоритмы / Род Стивенс : Пер. с англ. — 2-е изд. — М.: ДМК Пресс, СПб: Питер, 2004. — 384 с.

УДК 622.271.1:622.236.73

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МИКРОЧАСТИЦ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ГРАВИТАЦИОННЫМ СПОСОБОМ

Н.П. Хрунина

кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории разработки россыпных месторождений, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск, Россия, e-mail: npetx@mail.ru

Аннотация. Анализируются динамические системы, моделирующие гидроимпульсные эффекты, для развития системного подхода к решению проблемы дезинтеграции минерального сырья. Отмечается, что углубление аналитических и экспериментальных исследований гидроактивации песков, инициирующих кавитационные эффекты, позволит решить важную проблему дезинтеграции минеральной составляющей гидросмесей месторождений рудного и россыпного типа.

Ключевые слова: гидродинамическая микродезинтеграция, гидроимпульсные эффекты, кавитация.

