

УДК 622:33.003.55:681.3

**В.Г. ГРИНЕВ** (д-р. техн. наук, проф.)

**А.А. ХОРОЛЬСКИЙ** (аспирант)

Институт физики горных процессов Национальной академии наук Украины, г. Днепр

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЫБОРА КОМПЛЕКТАЦИЙ ОЧИСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С УЧЕТОМ ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

В работе проведен анализ фактической области использования очистного оборудования на шахтах Донецкой и Днепропетровской областей. Анализ существующей структуры очистного оборудования позволил установить рациональные комплектации механизированных комплексов для различных условий эксплуатации.

Выбор комплектаций очистного оборудования предложено проводить на основе оценки уровня взаимосвязи. Предложенные рациональные комплектации очистного оборудования позволяют оптимизировать структуру механизированного комплекса. Базой для реализации алгоритмов оптимизации является представление технологических цепочек «крепь-комбайн-конвейер» в виде графов и сетей.

**Ключевые слова:** механизированный комплекс, мощность пласта, длина очистного забоя, алгоритмы оптимизации.

**Актуальность исследования.** Проблему выбора рациональных комплектаций очистного оборудования можно поставить на один ряд с экономическими, технологическими, организационными факторами, которые существенно влияют на уровень суточной нагрузки на очистной забой. Существующие на сегодняшний день методики выбора структуры механизированного комплекса учитывают паспортные (каталожные) характеристики очистного оборудования при этом не учитывается уровень взаимосвязи оборудования. Увеличение суточной нагрузки на очистной забой достигается при условии, когда рассмотренная комплектация очистного оборудования обладает высоким уровнем взаимосвязи, при этом горно-геологические условия эксплуатации являются рациональными. Проблема поиска рациональных комплектаций очистного обусловлена большой номенклатурой горно-шахтного оборудования, которое эксплуатируется в очистных забоях. Состоянием на 2010 г. в Донецкой и Днепропетровской областях существовало 56 вариантов комплектаций механизированных комплексов.

**Цель и задачи исследования.** Целью работы является обоснование параметров выбора механизированных комплексов очистного оборудования. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач, которые заключаются в анализе существующих комплектаций очистного оборудования и сопоставлении их с фактическим уровнем суточной нагрузки на очистной забой. Полученные данные необходимо представить в виде универсальных графов выбора альтернатив очистного оборудования. Применение универсальных графов позволяет выполнить программную реализацию процесса оптимизации технологических цепочек очистного оборудования, а также рекомендовать рациональные типы очистного оборудования применительно к условиям эксплуатации.

**Материалы и результаты исследований.** Проведенный анализ методик выбора очистного оборудования [1–3] свидетельствует о том, что каждая из рассмотренных методик позволяет решить отдельную задачу: выбор в соответствии с горно-геологическими условиями [1], выбор рационального режима работы очистного оборудования [2, 3]. В дополнение к существующим методикам выбора очистного оборудования было разработано ряд подходов, которые базируются на оценке уровня: энергозатрат [4], конструктивных параметров оборудования [5], гибкости управления производством [6], коэффициента машинного времени [7], удельных затрат на добычу [8]. В рассмотренных методиках и подходах есть ряд моментов, которые не учтены:

- не учитывается фактический уровень производительности от применения той или иной комплектации;

- не учтено рациональную область эксплуатации для рассмотренных типов очистного оборудования;

- количество комплектаций неограниченно; на первоначальном этапе выбора пользователю предлагается самостоятельно выбрать очистной комбайн, крепь, конвейер;

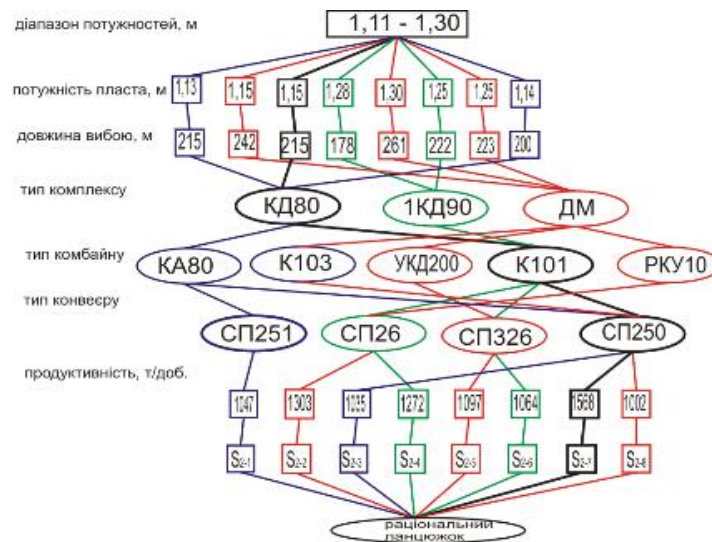
- процесс выбора достаточно трудоемок, необходимо задать большой массив данных.

Основными параметрами при выборе очистного оборудования являются: область рациональной эксплуатации, уровень взаимосвязи типов очистного оборудования. Под рациональной областью подразумевается совокупность технологических, горно-геологических факторов при которых уровень суточной нагрузки будет превышать 1000 т/сут. Оценка уровня взаимосвязи типов очистного оборудования осуществляется на сопоставлении фактического уровня суточной нагрузки на очистной забой с рассмотренными комплектациями.

Обоснованию параметров выбора очистного оборудования посвящены работы В.Г. Гринева [9–11], в работе [12] описана методология выбора очистного оборудования на основе применения сетевых моделей и графов.

На основе анализа показателей работы очистных забоев в Донецкой и Днепропетровской области за 2008 – 2010 гг. было исследовано фактическую структуру очистного оборудования, установлены рациональные типы очистного оборудования (для пластов мощностью 0,90 – 2,60 м), рекомендовано рациональную область эксплуатации для наиболее популярных механизированных комплексов.

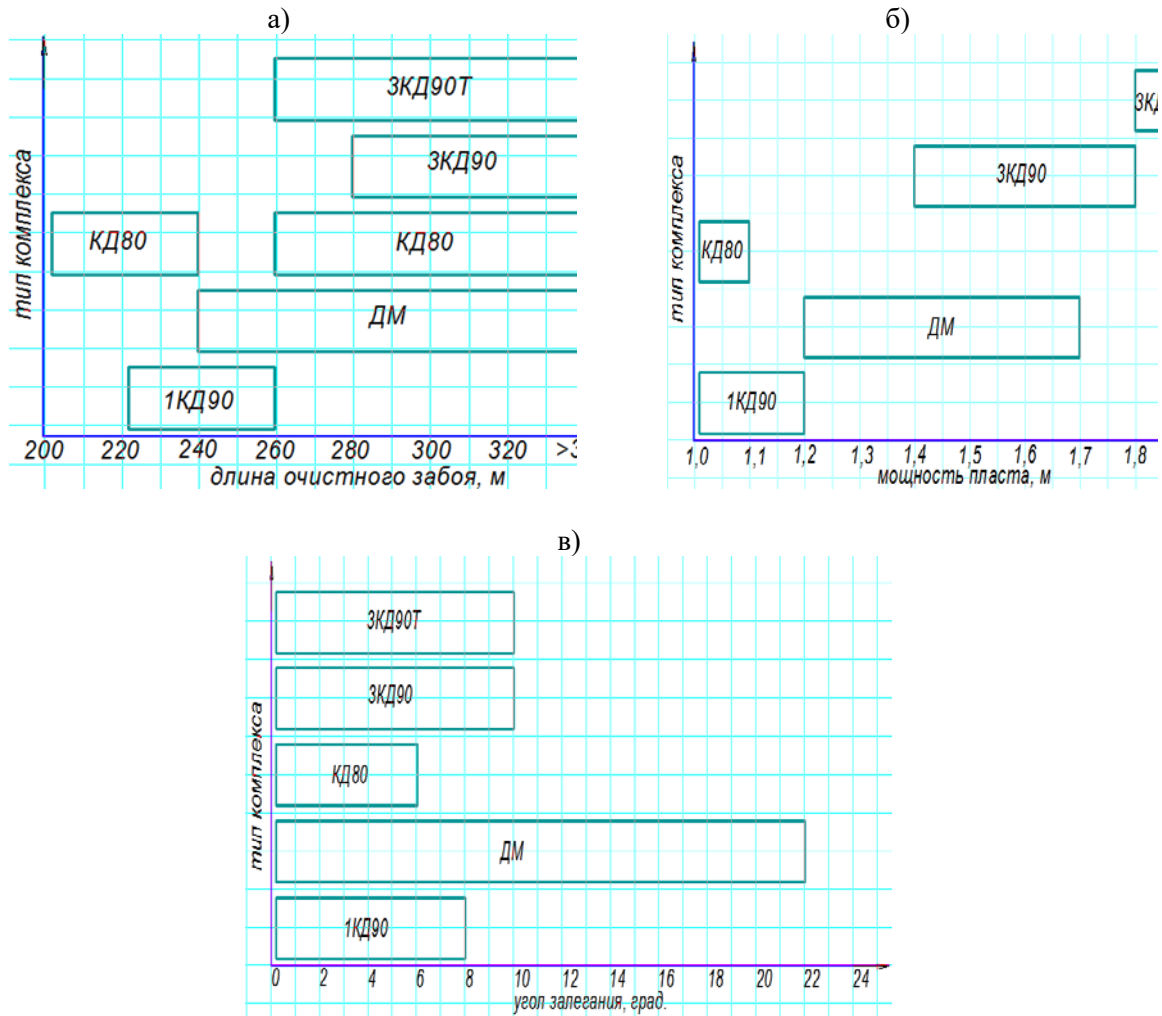
В зависимости от мощности пласта существует ряд рациональных альтернатив очистного оборудования, которые целесообразно представлять в виде графов очистных работ (рис. 1).



**Рис. 1.** Универсальный граф выбора альтернатив очистного оборудования для пластов мощностью 1,11 – 1,30 м

Аналогично построены универсальные графы для пластов мощностью 0,90 – 2,60 м с шагом 0,20 м. Применение графов позволяет в компактном и наглядном виде представить наиболее рациональные альтернативы очистного оборудования. Последующая формализация графовых моделей и представление их в виде сетевых моделей позволяет решить задачу оптимизации технологических цепочек збойного оборудования. В универсальных графах представлены альтернативы с постоянным, высоким уровнем производительности, при этом уровень суточной нагрузки идентичен для всех очистных забоев Донецкой и Днепропетровской областей.

Принципиальная позиция данной работы заключается в том, что существующая отечественная техника способна обеспечить высокий уровень нагрузки на очистной забой, задача состоит лишь в выборе рациональной области эксплуатации. Статистический анализ показателей работы очистных забоев позволил рекомендовать рациональную область эксплуатации очистного оборудования.



**Рис. 2.** Рациональная область эксплуатации очистного оборудования: а) – по длине очистного забоя, б) – по мощности пласта, в) – по углу падения пласта

Проведенный анализ позволил установить ряд закономерностей:

1) для каждого типа очистного оборудования существует рациональная область эксплуатации, которая характеризуется высоким уровнем суточной нагрузки на очистной забой (более 1000 т/сут.);

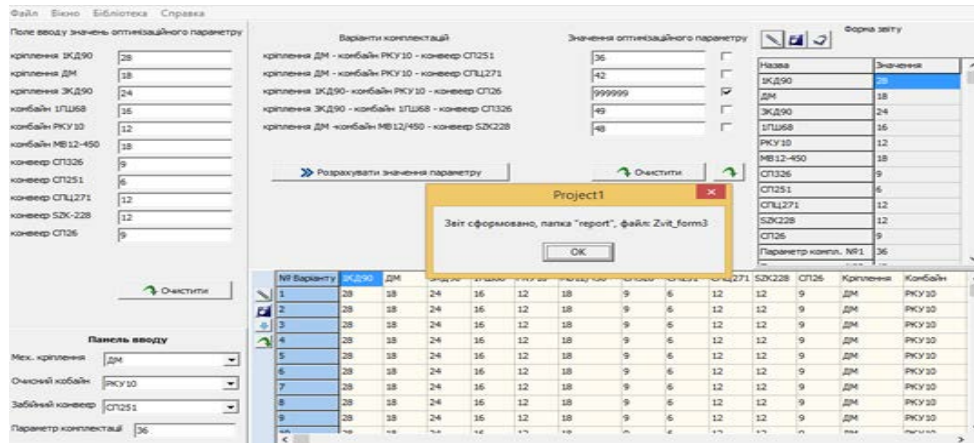
2) выпускаемое отечественное оборудование позволяет решить задачу, связанную с увеличением суточной нагрузки на очистной забой, при этом в рамках единого юридического лица решение задачи не требует привлечения дополнительных финансовых средств [13];

3) каждого набора горно-геологических условий, в условиях функционирования очистных забоев в Донецкой и Днепропетровской областях, существует ряд альтернатив очистного оборудования с высоким и постоянным уровнем суточной нагрузки на очистной забой.

Установив рациональную область эксплуатации очистного оборудования, определив комплектацию с высоким уровнем суточной нагрузки на очистной забой можно решить задачу выбора рациональных комплектаций очистного оборудования. Задача выбора оптимальной комплектаций очистного оборудования заключается в поиске технологической цепочки «крепь-комбайн-конвейер» с наименьшим значением оптимизационного параметра. В работе [12] описана методология выбора очистного оборудования с применением сетей и графов, в работах [13, 14] приведена практическая реализация. Для дальнейшей реализации методов дискретной математики на практике следует разработать соответствующее программное обеспече-

ние [12]. В Институте физики горных процессов НАН Украины ведутся исследования связанные с разработкой соответствующего программного обеспечения.

Для поиска оптимальной комплектации очистного оборудования была разработана программа (рис. 3), которая позволяет определять оптимальные технологические цепочки очистного оборудования в зависимости от мощности пласта.



**Рис. 3.** Інтерфейс програми вибору оптимальних технологічних цепочек очистного обладнання

Програма дозволяє визначати оптимальні технологічні ланки, формувати файли звітів, існує можливість багатокритеріального аналізу комплектацій очистного обладнання. Програма містить бібліотеки універсальних, альтернативних, маргінальних графів, графів максимальних, мінімальних варіантів. Наявність «форм користувача» дозволяє формувати, редагувати, переглядати звіти про багатокритеріальний аналіз очистного обладнання. Варто зауважити, що час пошуку оптимальної комплектації залежить лише від швидкості введення даних користувачем. Програма вибору оптимальних комплектацій дозволяє проводити експрес-аналіз альтернатив очистного обладнання, являється незамінною на стадії проектування виемочного участка. В роботах [15, 16] описана програмна реалізація і порядок роботи з програмою.

Як відзначалося раніше, основними параметрами вибору очистного обладнання є оцінка рівня взаємозв'язку очистного обладнання, яка виражається в величині суточної навантаження на лаву і відповідності очистного обладнання технологічним параметрам розробки. Сопоставлення рівня суточної навантаження з технологічними параметрами розробки дозволило розробити спеціалізований модуль вибору очистного обладнання. Для вибору раціональних типів очистного обладнання необхідно задати діапазон по виемочній потужності пласта, довжині очистного забою, куту залегання пласта. Програма працює в двох режимах:

- режим вибору очистного обладнання, застосовно до параметрів розробки;
- каталог очистного обладнання.

В режимі «каталог очистного обладнання» існує можливість сортування обладнання в залежності від потужності пласта, порівнювати типи вітчизняного обладнання з зарубіжними аналогами.

В програмі представлені характеристики очистного обладнання, наведено описання, існує можливість порівняння типів очистного обладнання; дані про порівняльний аналіз можна вносити в таблицю.

Таким чином, обґрунтування вибору комплектацій очистного обладнання полягає в урахуванні області раціональної експлуатації. Предложені підходи дозволяють рекомендувати раціональні альтернативи очистного обладнання. Даліше представлення універсальних графів в формі мережних моделей дозволяє програмно реалізувати процес пошуку оптимальної комплектації очистного обладнання.

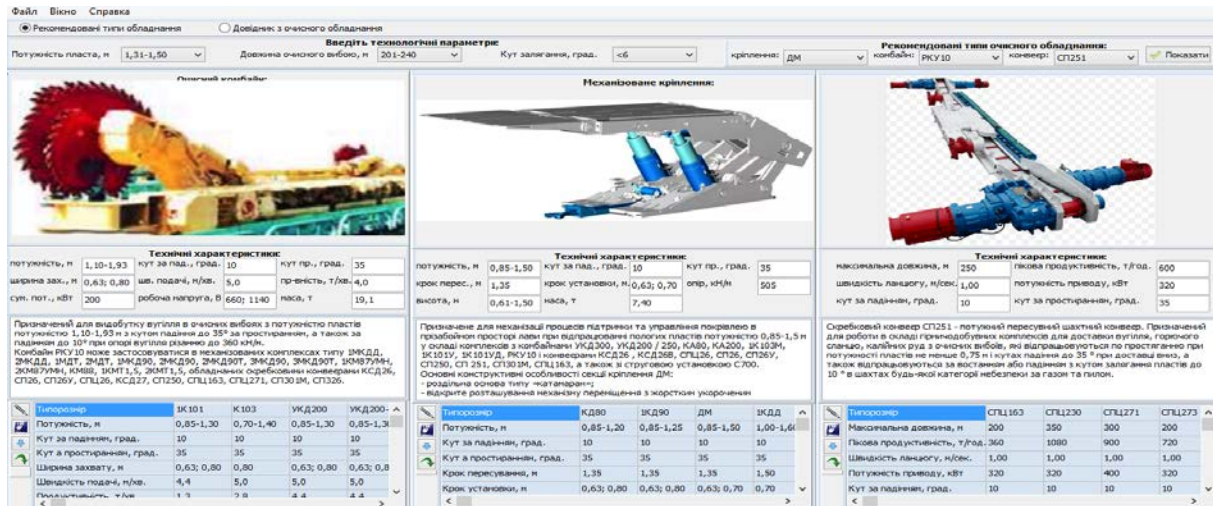


Рис. 4. Інтерфейс програми вибору очисного обладнання

**Висновки.** В роботі дано обґрунтування параметрів вибору комплектацій механізованих комплексів. Для рішення задачі вибору комплексів горно-шахтного обладнання було проведено дослідження структури технологічних ланцюжків забойного обладнання. Аналіз умов експлуатації і сопоставлення їх з рівнем суточної навантаження на очисний забій дозволило рекомендувати раціональну область експлуатації для найбільш популярних типів механізованих комплексів. Последуюча формалізація універсальних графів дозволила розробити програму вибору оптимального комплексу для вибору і оптимізації структури технологічних ланцюжків «кріп-комбайн-конвеєр».

### Бібліографічний список

1. Правила технічної експлуатації вугільних шахт (СОУ 10.1-00185790-002-2005). — [Чинний від 2007—01—01]. — Київ: Мінвуглепром України, 2006. — 353 с.
2. КД12.10.040-99. Изделия угольного машиностроения. Комбайны очистные. Методика выбора параметров и расчета сил резания и подачи на исполнительных органах (взамен ОСТ12.44.258-84). Введен с 01.01.2000.— Донецк: Минуглепром Украины, 1999.—75 с.
3. Хорин В.Н. К вопросу определения производительности выемочных машин и комплексов оборудования очистных забоев / В.Н. Хорин, Б.А. Верклов, В.Д. Иркилевский — Уголь. —№12. — 1973. — С. 4—8.
4. Бузило В. И. Анализ влияния технологии и элементов системы разработки на энергосбережение в угольных шахтах / В.И. Бузило, С.Н. Пойманов, В.П. Расстрига. // Разработка месторождений: — ежегодный научн.-техн. сборник. — 2013. — С. 115—120.
5. Литвинский Г. Г. О методике и критериях оценки технического уровня горной техники / Г. Г. Литвинский. // Вестник академии строительства Украины. — 2003. — С. 62—67.
6. Kazakidis V.N. Planning for flexibility in underground mine production systems. —Technical papers.— Advances in Futures and Options Research, JAI Press Inc., Vol. 4, pp. 153-164.
7. S. H. Hoseinie Assessment of Reliability-Related Measures for Drum Shearer Machine, a Case Study — Mining Equipment Reliability, Maintainability and Safety. Springer, pp. 55—62, 2008.
8. Линник В.Ю. Методологические основы прогнозирования подземной разработки угольных месторождений с учетом показателей сырьевой базы: автореф. дис. на соискание научн. степени доктора экономических наук: спец. 08.00.05 — «Экономика и управление народным хозяйством» / В.Ю. Линник — М., 2012. — 39 с.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. Гринев В. Г. [моногр.] Графы и сети для выбора горно-шахтного оборудования / В. Г. Гринев. — Днепро: Пороги, 2016. — 247 с.
13. Гринев В. Г. Технологические аспекты физики горных процессов / В.Г. Гринев, П.П. Николаев, А.И. Деуленко, П.В. Череповский // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. — Донецк — 2013. — №13. С.197—208.

14.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» – Д.: Национальный горный университет, Т2. – С.158–167.

15.Сынков В.Г. Применение базовых алгоритмов оптимизации для выбора очистного оборудования / В.Г. Сынков, В.Г. Гринев, А.А. Хорольский // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия: Информатика, кибернетика, вычислительная техника. — 2016. — № 2. — С.115 – 123.

16.Хорольский А.А. Исследование структуры горно-шахтного оборудования с применением графов и сетевых моделей / А.А. Хорольский, В.Г. Гринев // Материалы международной конференции «Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2017», Д.: – Национальный горный университет, С. 72–82.

*Надійшла до редакції 11.05.2017*

**В.Г. Грінюв, А.О. Хорольський**

Інститут фізики гірничих процесів Національної академії наук України, м. Дніпро

#### ОБґРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИБОРУ КОМПЛЕКТАЦІЙ ОЧИСНОГО ОБЛАДНАННЯ З УРАХУВАННЯМ ОБЛАСТІ РАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В роботі проведено аналіз фактичної області застосування очисного обладнання на шахтах Донецької та Дніпропетровської областей. Аналіз існуючої структури очисного обладнання дозволив встановити раціональні комплектації механізованих комплексів для різних умов експлуатації.

Вибір комплектацій очисного обладнання запропоновано проводити на основі оцінки рівня взаємозв'язку. Запропоновані раціональні комплектації очисного обладнання дозволяють оптимізувати структуру механізованого комплексу. Базою для реалізації алгоритмів оптимізації є представлення технологічних ланцюжків «кріплення-комбайн-конвеєр» у вигляді графів і мереж.

**Ключові слова:** механізований комплекс, потужність пласта, довжина очисного забою, алгоритми оптимізації.

**V. Grinyov, A. Khorolskiy**

Institute for physics of mining processes the National academy of sciences of Ukraine, Dnipro

#### GROUND OF RATIONAL PARAMETERS OF THE MECHANIZED MINING EQUIPMENT TAKING INTO ACCOUNT REGION OF THE RATIONAL EXPLOITATION

The article deals with solving the scientific problem of select mining equipment for selection longwall faces western Donbass. The main goal of the paper is to study technology of coal extraction in Donbass. The present paper describes new method for selection of mining equipment based on theory graph. Special attention is given to technological aspects; they are length longwall faces, depth of coal stratum. Predictions obtained for daily production of mining equipment are compared with design outputs. The present paper describes new method for selection of mining equipment based on theory graph. Conclusions regarding the main reason of instability of longwall faces workings are made.

**Key words:** the area for the management; statistical analysis; graph theory; network model; the algorithm optimization.