

ВДОСКОНАЛЕННЯ СТРУКТУРИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛАНЦЮЖКІВ ОЧИСНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ОСНОВІ ОПТИМІЗАЦІЇ МЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ

*А.О. Хорольський, В.Г. Гріньов, О.П. Каліущенко, Інститут фізики гірничих процесів
Національної академії наук України, Україна*

В даній роботі запропоновано новий підхід до вдосконалення структури очисного обладнання в складі механізованого комплексу. Впорядкування технологічних ланцюжків слід проводити на основі оптимізації мережеских моделей відповідних їм графів. Окрім методологічних аспектів значну увагу приділено програмній реалізації відомих алгоритмів оптимізації на мережах та графах. Застосування розробленого програмного забезпечення дозволяє запровадити методи дискретної математики для вирішення задач гірничого виробництва.

Проблему вибору очисного обладнання у відповідності до заданих гірничо-геологічних умов родовища можна поставити на один ряд з економічними, технологічними, організаційними чинниками, які істотно впливають на рівень добового навантаження на вибій. Можна вважати, що проблема вибору раціональних комплектацій очисного обладнання є ключовою на всіх стадіях функціонування гірничого підприємства. Успішне вирішення поставленої задачі є основою для оптимізації технологічних процесів в очисному вибої. Процес вибору раціональних комплектацій очисного обладнання потребує постійного удосконалення методик, це не можливо здійснити без застосування сучасних інформаційних технологій. При проектуванні виймальної дільниці необхідно вирішити ряд локальних задач пов'язаних з вибором засобів механізації, встановленням раціональних технологічних параметрів розробки, зниженням собівартості готової продукції – всі ці аспекти входять до класу задач, які можуть бути вирішені з використанням засобів дискретної математики – за допомогою універсальних графів, мережеских моделей.

Вдосконалення структури передбачає раціональний вибір очисного обладнання до заданих гірничо-геологічних умов та технологічних параметрів виймальної дільниці. На передній план виступають задачі пов'язані з оптимізацією структури, тобто необхідно знайти технологічний ланцюжок «кріплення-комбайн-конвеєр» з найменшим значенням параметру. Існуючі методики та підходи до вибору технологічних ланцюжків не завжди можуть гарантувати правильний вибір. Пошук комплектацій очисного обладнання ускладнений великою номенклатурою гірничо-шахтного обладнання, відсутністю фактичних даних про рівень продуктивності для тої чи іншої комплектації, недостатньою обізнаністю про область раціональної експлуатації.

Значний внесок для вирішення даних задач та проблем пов'язаних з інтенсифікацією процесів гірничого виробництва внесли вчені Інституту фізики гірничих процесів НАН України. В.Г. Гріньовим розроблено наукові основи та підходи до вибору очисного обладнання, керування процесами зміни стану мінеральних ресурсів вугільного родовища, оцінки та стабілізації стану вугільної та суміжних галузей. Подальші дослідження, пов'язані з пошуком раціональної області експлуатації, дослідженням фактичної номенклатури обладнання, розробкою відповідних рекомендацій відбиті в працях співробітників інституту: П.П. Ніколаєва, П.В. Череповського, О.П. Каліущенко, О.І. Деуленко, В.Г. Синкова, А.О. Хорольського.

Підсумовуючи результати попередніх досліджень, проведених інститутом, встановлено ряд закономірностей, які дозволили створити методологію вдосконалення технологічних ланцюжків очисного обладнання на основі оптимізації мережеских моделей відповідних їм графів [1]:

- для кожного типу механізованого комплексу існує раціональна область експлуатації, під нею розуміють сукупність технологічних параметрів дільниці, які можуть забезпечити добове навантаження на рівні 1000 т/доб.;

- в залежності від виймальної потужності пласта та технологічних параметрів очисного вибою можна рекомендувати раціональні технологічні ланцюжки «кріплення-комбайн-конвеєр»;

- оптимізація параметрів експлуатації вугільних родовищ може бути здійснена на основі представлення сукупності взаємозв'язків типів очисного обладнання, виробничих процесів у вигляді мережових моделей; застосування алгоритмів Дейкстри та Флойду дозволяє визначити найкоротший маршрут в мережі, який відповідає оптимальному рішення.

Пошук найбільш раціональної комплектації реалізується в наступній послідовності [2]:

- на першому етапі аналізується фактична структура гірничо-шахтного обладнання, яка представлена у вигляді альтернативного графу; аналіз маршрутів альтернативного графу дозволяє рекомендувати найбільш раціональні поєднання очисного обладнання для кожного механізованого комплексу;

- на другому етапі будується універсальний альтернативний граф для всіх механізованих комплексів, при цьому для кожного діапазону за потужністю пласта побудовані окремо універсальні альтернативні графи;

- на третьому етапі, у залежності від виймальною потужності пласта, універсальний граф перетворюється на мережову модель, яка включає технологічні параметри розробки (потужність пласта, довжина вибою), дані про структуру технологічного ланцюгу «кріплення – комбайн – конвеєр», показники фактичного добового видобутку;

- на четвертому етапі з мережової моделі видаляються показники, які не можуть бути оптимізаційними: потужність пласта, довжина вибою, дані про продуктивність вибою;

- на п'ятому етапі визначається оптимізаційний параметр;

- на шостому етапі, аналізуючи універсальні графи, знаходимо оптимальний технологічний ланцюжок з позиції мінімізації оптимізаційного параметру.

З усього вищенаведеного можна зробити висновки про те, що застосування графів та мереж дозволяє знаходити раціональні комплектації, оптимізувати та впорядковувати структуру механізованого комплексу.



Рис. 1. Методологія вибору, оптимізації, впорядкування комплектацій очисного обладнання з використанням графів та мереж

В запропонованій роботі основну увагу приділено програмній реалізації відомих алгоритмів та методів дискретної математики для вирішення задач гірництва. Зокрема, процес вибору раціональних комплектацій запропоновано здійснювати на основі представлення універсальних графів у вигляді масивів [3, 4]; вдосконалення структури проводити з використанням алгоритмів оптимізації [5, 6]. Також необхідно було розробити способи вводу та виводу інформації.

Основою для реалізації є універсальні графи вибору альтернатив очисного обладнання. На основі проведених досліджень [7, 8] було побудовано універсальні графи для пластів потужністю 0,9 – 2,6 м, з кроком 0,2 м.

Першочергово необхідно вирішити задачі пов'язані з пошуком найбільш раціональних комплектацій очисного обладнання. Значення оптимізаційного параметру можна знайти як добуток вектору – стовпця на вектор – строку. У нашому випадку вектором – стовпцем є масив значень оптимізаційного параметру. Заповнення даного масиву виконується користувачем, через форму вводу.

Вектор-стовпець є незмінним і заповнюється користувачем, вектор-строка це масив відповідності типу обладнання даній комплектації. Вектор стовпець приймає значення оптимізаційного параметру. Вектор – строка приймає булеві значення «0» та «1». Програмна реалізація передбачає наявність бібліотек масивів для розглянутих графів.

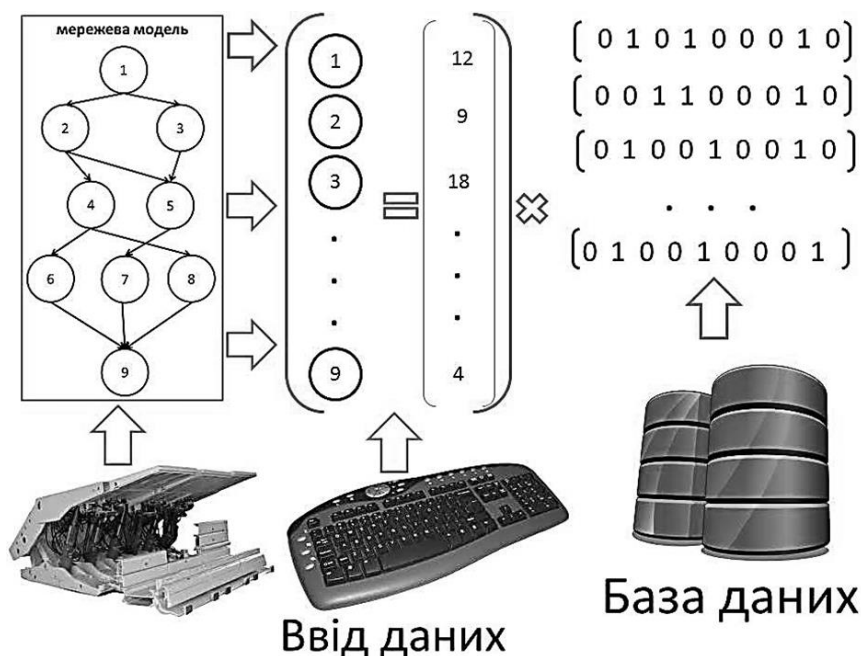


Рис. 2. Програмна реалізація алгоритму пошуку раціонального технологічного ланцюжку очисного обладнання на основі універсальних графів

Користувачу слід вводити лише дані оптимізаційного параметру для запропонованих типів очисного обладнання. Дані про наявні комплектації зберігаються в пам'яті програми. За бажанням можна комплектації, які не задовольняють потребам виключати із розрахунків. Програма містить форми користувача, наявність даних форм дозволяє проводити багатофакторний аналіз комплектацій, порівнювати різні типи очисного обладнання. Результати аналізу зберігаються в типізованому файлі, в процесі роботи користувач може завантажити дані. Форми користувача існують трьох видів:

- користувач сам вносить дані, порівнює комплектації;
- користувач, порівнює запропоновані комплектації і на основі аналізу формує файли звітів;
- користувач може переглянути дані порівняльного аналізу, перейти до бібліотеки графів та ін.

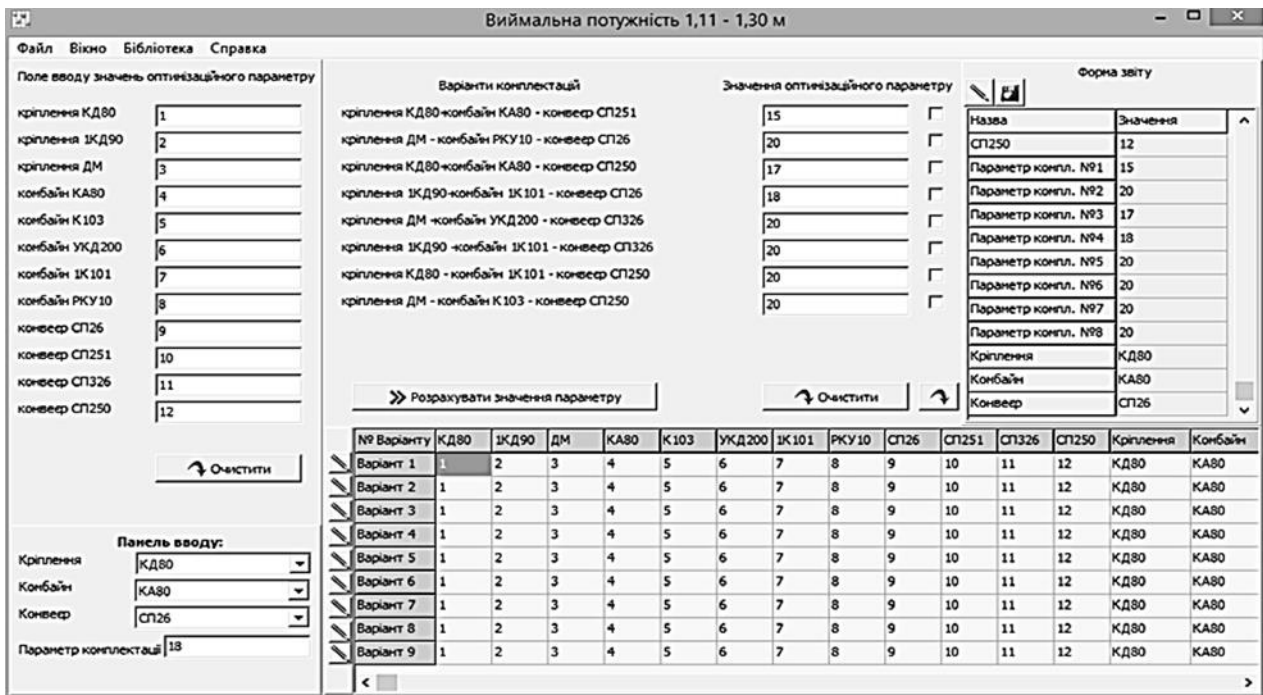


Рис. 3. Робоче вікно програми вибору раціональних комплектацій очисного обладнання на основі універсальних графів

Окрім задачі пошуку найкращого технологічного ланцюжку серед запропонованих необхідно також оптимізувати технологічний ланцюжок. Любий універсальний граф можна представити у вигляді мережевої моделі. В якості вершин прийняті типи очисного обладнання, в якості довжин ребер – значення оптимізаційного параметру.

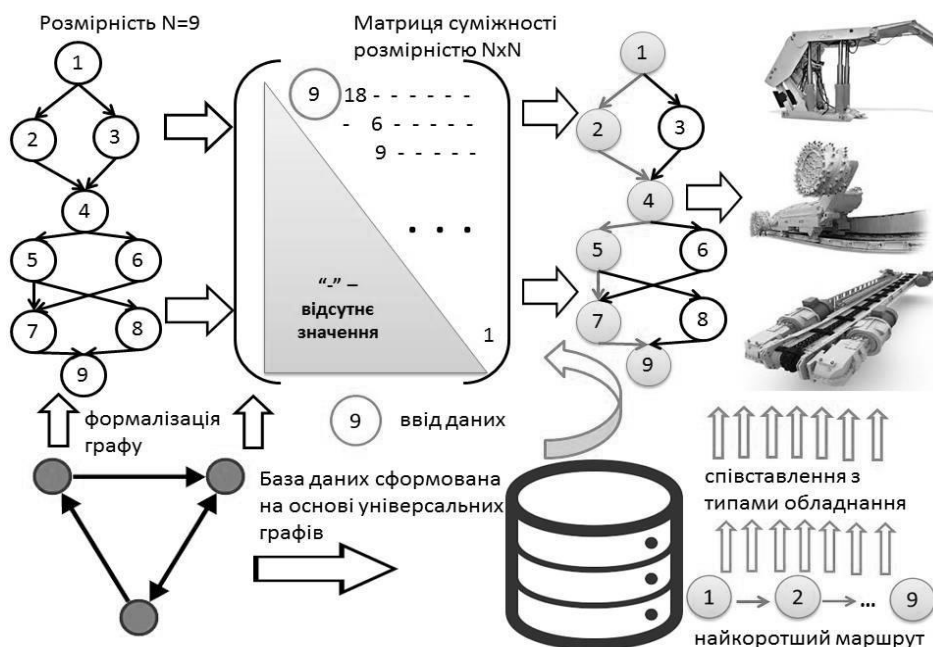


Рис. 4. Програмна реалізація алгоритму Дейкстри при матричному способі вводу

Якщо кількість вершин в графі понад 20 або існує потреба оптимізувати виробничий процес доцільно реалізувати алгоритм Дейкстри в графічному представленні.

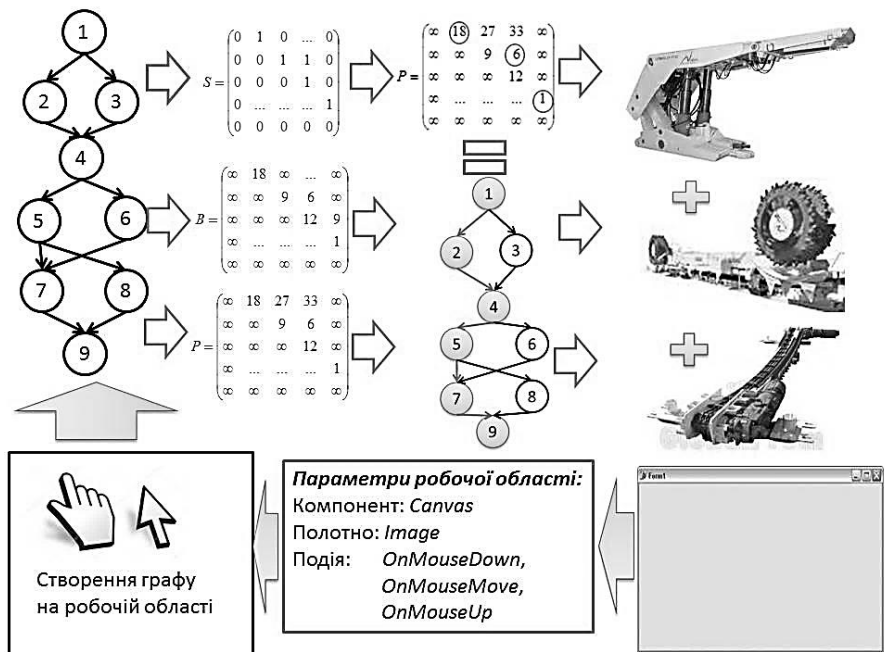


Рис. 5. Програмна реалізація алгоритму Дейкстри в графічному представленні

Слід зазначити, що матричне представлення графів більш доцільно використовувати для оптимізації технологічних ланцюжків очисного обладнання, графічне – для оптимізації технологічних процесів, взаємозв’язків.

В разі якщо необхідно впорядкувати технологічний ланцюжок на рівнях «кріплення-комбайн», «комбайн-конвеєр» доцільно реалізувати алгоритм Флойду.



Рис. 6 Програмна реалізація алгоритму Флойду

Для впорядкування структури технологічного ланцюжку користувачу слід ввести значення оптимізаційного параметру, на основі даних буде побудовано матрицю суміжності {P}. В

результаті виконання програми впорядкована структура технологічних ланцюжків і взаємозв'язків буде представлена в масиві $\{P\}^*$.

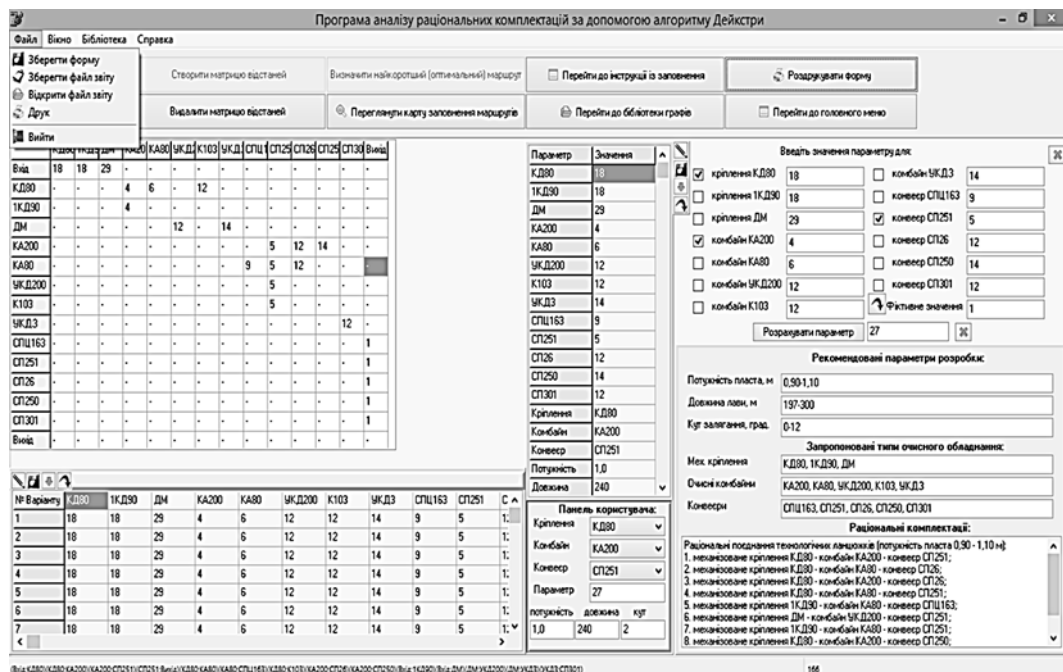


Рис. 7. Робоче вікно програми при матричному представленні графів

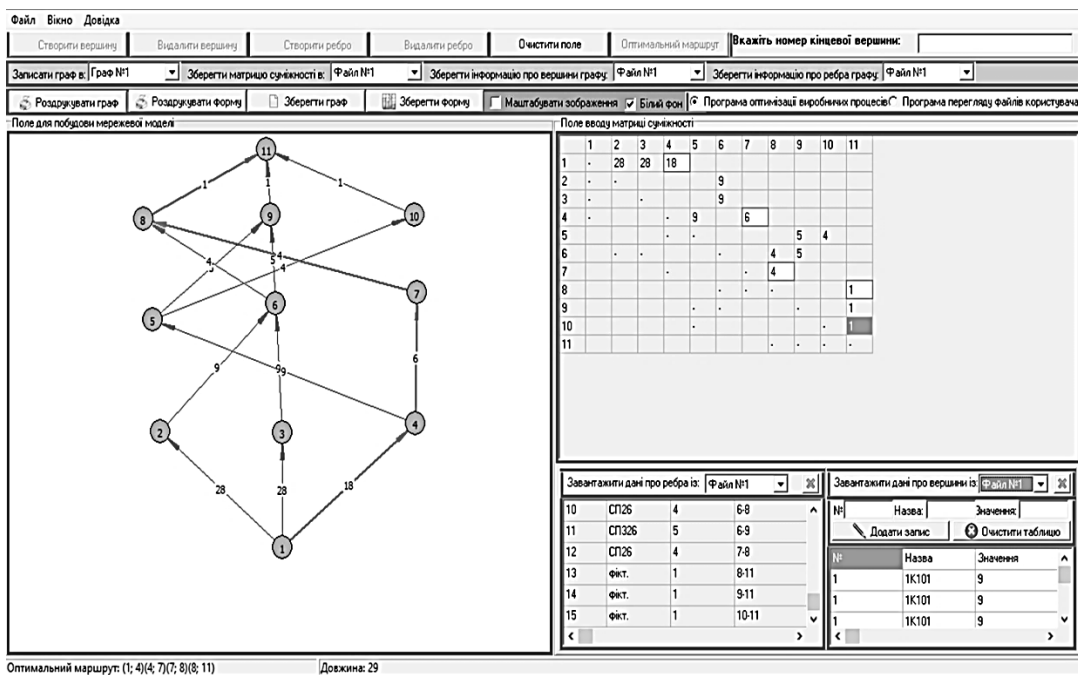


Рис. 8. Робоче вікно програми при графічному представленні графів

Слід зауважити, що окрім оптимізації та упорядкування структури технологічних ланцюжків існує можливість переглянути в процесі роботи з програмою раціональні параметри виймальної дільниці. Рекомендовані умови експлуатації вугільних родовищ визначені на основі аналізу фактичних показників роботи очисних вибоїв Донецької та Дніпропетровської областей.

Як видно із рис. 8 робоча область вікна розділена на поле побудови орієнтованого графу та поле побудови матриці суміжності. При побудові орієнтованого графу матриця суміжності

автоматично заповнюється. Дана процедура можлива і в зворотній послідовності, це дозволяє користувачу самому обирати зручний спосіб вводу інформації [9].

В результаті програмної реалізації користувачу будуть запропоновані пари вершин з найменшим значенням оптимізаційного параметру, а найкоротші маршрути будуть виділені іншим кольором.

Незалежно від способу завдання матриці суміжності результати будуть однакові [10].

В результаті програмної реалізації відпала необхідність в постійному редагуванні та побудові мережевих моделей, процедура заповнення матриці суміжності обмежується заповненням полів значень оптимізаційного параметру.

Враховуючи все вищенаведене можна прийти до наступних висновків:

- вдосконалення структури технологічних ланцюжків очисного обладнання можна проводити з використанням мережевих моделей і відповідних їм графів;
- основою для застосування методів дискретної математики є застосування універсальних графів вибору альтернатив очисного обладнання;
- програмна реалізація дозволяє швидко, без здійснення додаткових ресурсів визначити найбільш раціональні поєднання «кріплення-комбайн-конвеєр»;
- оптимізація структури відбувається за рахунок формалізації та представлення графових моделей у вигляді мереж, за вершини графу приймаються типи очисного обладнання, за довжину дуг (ребер) значення параметру;
- область застосування графів та мереж не обмежується пошуком раціональних типів очисного обладнання, запропоновані підходи дозволяють оптимізувати ряд виробничих процесів та взаємозв'язків не тільки в гірництві але і в суміжних галузях.

Список літератури

1. 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.
2. 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.
3. Groos L. Jhonathan. Handbook of graph theory. / Jhonathan L. Groos, Jay Yellen, Ping Chang. — Taylor & Francis Group, LLC, CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business. — 2014. — 1610 pp.
4. Even Sh. Graph algorithms. / Shimon Even, Guy Even. — Cambridge University Press, New York. — 2012. — 189 pp.
5. Dijkstra E. W. A Note on Two Problems in Connexion with Graphs / Numerische Mathematik. – 1959. – 269–271 pp.
6. Floyd R.Z., Algorithm 97, Shortest Path, Comm. ACM, 5, p.345, 1962.
7. 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 2016 г., Днепропетровск. – Д.: Национальный горный университет, Т2. – С.158–167.
8. Хорольский А.А. Обоснование возможности применения классической теории графов для выбора комплексов горного оборудования / А.А. Хорольский, В.Г. Гринев, В.Г. Сынков // Материалы международной конференции «Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2016», 26–27 мая 2016 г., Днепропетровск. – Национальный горный университет, С. 57–64.
9. Хорольский А.А. Выбор комплексов горно-шахтного оборудования на основе теории графов / А.А. Хорольский, В.Г. Гринев, В.Г. Сынков // Научный вестник НТУУ «КПИ». Серия: «Горное дело». — 2016. — № 31. — С.57 – 64.
10. 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», 17–18 апреля 2017 г., Днепр. – Национальный горный университет, С. 72–82.