

Раздел 4. Техничко-экономические проблемы горного производства

УДК 622: 33.003.55: 681.3

В.Г. Гринев¹, П.П. Николаев²

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ТИПОВ ОЧИСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО АЛГОРИТМАМ ОПТИМИЗАЦИИ НА СЕТЯХ И ГРАФАХ

¹ИФГП НАН Украины

²Донецкая облгосадминистрация

В статье показан алгоритм поиска кратчайшего пути между двумя выделенными вершинами на примере сети отредактированного в необходимом формате компонента несвязного исходного графа выбора рациональных цепочек разработки угольных пластов мощностью от 0.8 до 2.2 м.

Ключевые слова: граф, сетевая модель, алгоритм оптимизации, взаимосвязь, рациональная эксплуатация.

Современный уровень угледобычи предъявляет высокие требования к инженерному обеспечению подземных горных работ и обоснованности принимаемых инженерных решений. Если по определению параметр – это величина, характеризующая какое-либо свойство процесса, явления или системы, машины, прибора, то технологических параметров, имеющих отношение к добыче угля, насчитывается не менее двух десятков.

Область, которая определяется всеми проектными параметрами, – это пространство проектирования. Оно не так велико, как может показаться, поскольку обычно ограничено рядом условий, связанных с физической сущностью задачи. Ограничения могут быть такими значительными, что задача не будет иметь ни одного удовлетворительного решения.

Для горных задач еще в 90-е годы прошлого столетия введено понятие области рационального проектирования [1]. Как пример деятельности вне области рационального проектирования можно назвать результаты оснащения шахт новыми комплексами с техническими характеристиками по суточной нагрузке до 1500 т. Предполагалось, что создание техники позволит обеспечить стабильно высокие нагрузки в сложных горно-геологических условиях. Однако, несмотря на явный прогресс в нашей стране в создании такой техники, наблюдается падение добычи угля [2].

Изучение области фактического применения комплексов на шахтах Донбаса показывает, что задача выбора области рациональной эксплуатации горно-

шахтного оборудования характеризуется линейной целевой функцией и линейными ограничениями. Для решения таких задач успешно могли бы применяться известные методы линейного программирования. Однако характерной особенностью задач выбора горно-шахтного оборудования для конкретных условий является большая размерность, обуславливающая необходимость поиска более эффективных алгоритмов оптимизации. О значительном количестве вариантов выбора оборудования в настоящее время говорит факт существования в Украине большого разнообразия типов очистного оборудования [3].

Общеизвестно, что основополагающими конструкционными принципами увязки механизированного очистного комплекса являются параметрические, функциональные и конструктивные связи составных частей комплекса – крепи, комбайна, конвейера, которые должны учитывать конкретные горно-геологические условия и требования безопасности. Фактические данные совместной работы разных типов очистного оборудования показывают, что конечный результат в виде безопасной нагрузки на очистной забой в значительной степени зависит от взаимной обусловленности типов такого оборудования друг другом (философская категория – взаимосвязь) [4]. Если рассматривать проблему рациональной эксплуатации оборудования при добыче угля под углом зрения решения задач комбинаторики, то плодотворной основой для построения вычислительных алгоритмов выбора рациональной эксплуатации оборудования может служить их представление на сетях и графах. Этот раздел математики имеет широкое практическое приложение, поскольку довольно хорошо разработаны алгоритмы оптимизации на сетях и графах [5–7].

Сложная прикладная задача выбора технологической цепочки горного очистного оборудования для конкретных горно-геологических и горно-технических условий, которая не решается традиционными методами, может быть сформулирована как задача теории графов. Для этого необходимо продвигаться от физического смысла задачи к алгоритмическим построениям.

В результате графоаналитической экспертной оценки области рациональной эксплуатации отечественного очистного оборудования был построен граф выбора рациональных технологических цепочек (рис. 1), на котором представлены варианты эффективной разработки угольных пластов для диапазона мощности пласта от 0.8 до 2.2 м с разбивкой на 7 отдельных областей.

Данный граф G является не связным, поскольку число его компонент связности равно $c(G) = 7$. Вершина диапазона мощности $m_2 = (1.01–1.2)$ м имеет наибольшую степень $\delta(m_2) = 6$. Для вершины $m_1 = (0.81–1.0)$ м $\delta(m_1) = 5$, а для $m_4 = (1.41–1.6)$ м $\delta(m_4) = 4$. Для $m_5 = (1.61–1.8)$ м имеется только две альтернативы, а для остальных трех областей диапазона мощности угольного пласта соответствующие вершины имеют единичную степень.

Несвязный ориентированный граф G с семью компонентами, в которых начальная и конечная вершины связаны между собой отношением достижимости, имеет в каждом подграфе (компоненте) цепь: $\langle m_1, g_1 \rangle$; $\langle m_2, g_2 \rangle$; $\langle m_3, g_3 \rangle$; $\langle m_4, g_4 \rangle$; $\langle m_5, g_5 \rangle$; $\langle m_6, g_6 \rangle$; $\langle m_7, g_7 \rangle$.

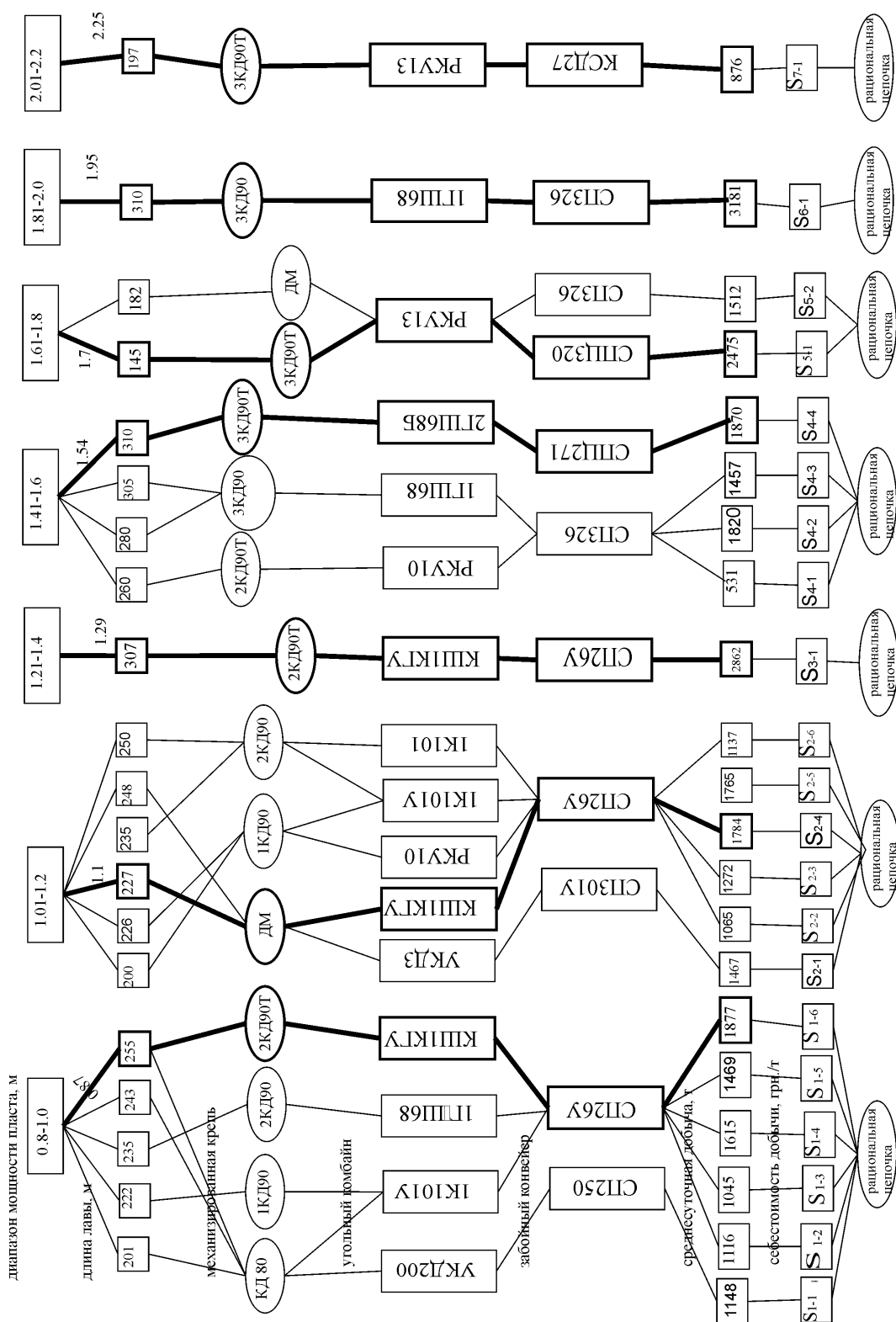


Рис. 1. Граф выбора рациональных технологических цепочек разработки угольных пластов мощностью от 0,8 до 2,2 м

Поиск минимальных затрат в цепях заключается в определении радиуса или наименьшего расстояния между вершинами. Для выяснения максимального результата по добыче угля необходимо рассчитать диаметр цепи или наибольшее расстояния между начальной и конечной вершинами маршрута.

Для каждой области эксплуатации построен свой компонент исходного графа [8]. Проведенная экспертная оценка области рациональной эксплуатации очистного оборудования показала, что для мощностей пласта 1,21–1,4, 1,81–2,0 и 2,01–2,2 м существует только по одному варианту цепочки крепь-комбайн-конвейер, которые показывают максимальный вариант. В рассматриваемых условиях Донбасса конкурентов среди отечественных механизированных крепей нет. В остальных компонентах графа присутствует довольно много альтернатив для выбора комплектов оборудования. Компонент исходного графа для мощности 0,8–1,0 м и его сетевая модель подробно описаны в [8].

В настоящей работе на примере этой сети показан алгоритм оптимизации модели выбора очистного оборудования путем поиска кратчайшего пути между двумя выделенными вершинами.

Прежде чем представлять алгоритм, необходимо ввести некоторые обозначения и произвести правки. Вершины графа выбора рациональных технологических цепочек (см. рис. 1), которые имеют отношение к мощности угольного пласта m_i и длине лавы l_i , относятся к параметрам, определяющим выбор рабочего компонента исходного графа G , и не принимают участия в алгоритме оптимизации.

Вершины v_i , которые фиксируют конечный результат эксплуатации комплекса оборудования по достигаемой суточной нагрузке очистного забоя, также не участвуют в алгоритме поиска кратчайшего пути, поскольку они участвуют в выборе варианта технологической цепочки по критерию максимальной добычи графо-аналитическим способом.

В качестве исходного графа продолжаем исследовать первый компонент $c_1(G)$ исходного графа G [8]. На рис. 2 представлена сеть отредактированного в необходимом формате первого компонента несвязного исходного графа.

Каждой дуге (x, y) сети исходного графа G поставим в соответствие число $a(x, y)$. Если в сети отсутствует некоторая дуга (x, y) , положим $a(x, y) = \infty$. Будем называть число $a(x, y)$ длиной дуги (x, y) и интерпретировать его как соответствующие затраты при добыче угля. Определим длину пути как сумму длин отдельных дуг, составляющих этот путь. Для любых двух вершин s и t сети графа G могут существовать несколько путей, соединяющих вершину s с вершиной t . Рассмотрим алгоритм, который определяет такой путь, ведущий от вершины s к вершине t и имеющий минимально возможную длину. Этот путь называется кратчайшим путем между вершинами s и t .

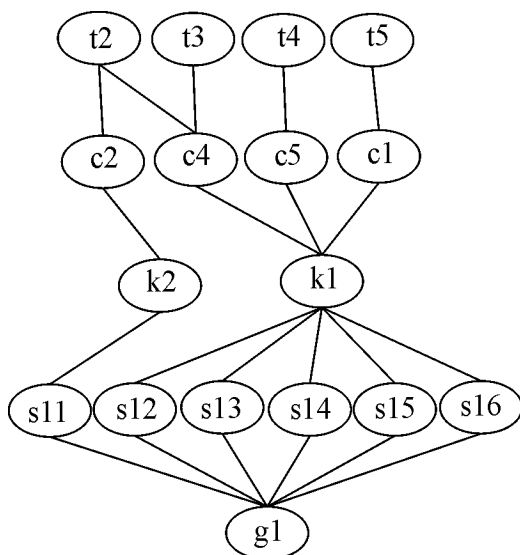


Рис. 2. Отредактированная модель выбора очистного оборудования для диапазона мощности 0,8–1,0 м в условиях шахт Донбасса

Описываемый в работе [9] алгоритм позволяет находить в сети кратчайший путь между двумя выделенными вершинами и при положительных длинах дуг. Данный алгоритм, предложенный в 1959 г. Дейкстрой [10], считается одним из наиболее эффективных алгоритмов решения задачи.

Главная идея, лежащая в основе алгоритма Дейкстры, предельно проста. Предположим, что нам известны m вершин, ближайших к вершине s (близость любой вершины x к вершине s определяется длиной кратчайшего пути, ведущего от s к x). Пусть также известны сами кратчайшие пути, соединяющие вершину s с выделенными m вершинами (длина пути, не содержащего дуги, принимается равной нулю).

Покажем теперь, как может быть определена $(m + 1)$ -я ближайшая к s вершина. Окрасим вершину s и m ближайших к ней вершин (в данном алгоритме необходимо выделять вершины и дуги только одной категории, поэтому цвета окраски не указываются). Построим для каждой неокрашенной вершины y пути, непосредственно соединяющие с помощью дуг (x, y) каждую окрашенную вершину x с y . Выберем из этих путей кратчайший и будем считать его условно кратчайшим путем от вершины s к вершине y .

Какая же из неокрашенных вершин является $(m + 1)$ -й ближайшей к s вершиной? Та, для которой условно кратчайший путь имеет наименьшую длину. Это обуславливается тем, что кратчайший путь от вершины s к $(m + 1)$ -й ближайшей вершине при положительном значении длин всех дуг должен содержать в качестве промежуточных лишь окрашенные вершины, т.е. вершины, входящие в число m вершин, ближайших к вершине s .

Итак, если известны m ближайших к s вершин, то $(m + 1)$ -я ближайшая к s вершина может быть найдена так, как это описано выше. Начиная с $m = 0$, описанная процедура может повторяться до тех пор, пока не будет получен кратчайший путь, ведущий от s -вершины к вершине t . Формально алгоритм Дейкстры описан в работе [11].

Таким образом, впервые для рационального выбора очистного оборудования на угольных шахтах Донбасса построены сетевые модели и обоснованы классические алгоритмы оптимизации графов: для нахождения кратчайшего пути между двумя выделенными вершинами – алгоритм Дейкстры, а для кратчайшего пути между каждой парой вершин – алгоритм Флойда [12].

Направление, связанное с приложением теории графов к решению горных проблем, может иметь большую перспективу для решения фундаментальной проблемы высвобождения метана из угольного массива. Идея представления углегазовой структуры в виде графа может оказаться результативной, так как в свое время значительный скачок в развитии теории графов был связан именно с распространением представления о молекулярном строении вещества.

1. *Гринева В.Г.* Решение горных задач на ЭВМ при освоении рудных месторождений / В.Г. Гринева, В.П. Зубков, В.Ю. Изаксон, С.П. Шкулев. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999. – С. 215.
2. *Николаев П.П.* Исследование области рациональной эксплуатации очистного оборудования на шахтах Донбасса с помощью теории графов и программы STATISTICA / П.П. Николаев // Материалы Межд. конф. «Форум горняков 2012». – Днепропетровск, 2012. – С. 56.
3. *Гринева В.Г.* Обоснование технологических параметров выемки угля на углегазовых месторождениях / В.Г. Гринева, Г.П. Стариков, С.Е. Дегтярь, П.П. Николаев // Материалы II Межд. конф. «Подземные катастрофы: модели, прогноз, предупреждение». – Днепропетровск: НГУ. – 2011. – С. 24–30.
4. *Советский энциклопедический словарь* / М.: Советская энциклопедия, 1998. – Изд. 4-е. – 1599 с.
5. *Аляев Ю.А.* Дискретная математика и математическая логика: учебник / Ю.А. Аляев, С.Ф. Тюрин. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 368 с.
6. *Алексеев В.Б.* Дискретная математика / Московский государственный университет им. Ломоносова. – М., 2002. – 44 с.
7. *Ахо А.* Построение и анализ вычислительных алгоритмов / А. Ахо, Дж. Хопкроф. – М.: Мир, 1979. – 536 с.
8. *Гринева В.Г.* Приложение теории графов для эффективного выбора очистного оборудования на шахтах Донбасса / В.Г. Гринева, П.П. Николаев // Физико-технические проблемы горного производства. – 2011. – №14. – С. 166–172.
9. *Майника Э.* Алгоритмы оптимизации на сетях и графах / Э. Майника: Пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 323 с.
10. *Dijkstra E.W.* A note on two problems in connexion with graphs / E.W. Dijkstra // Numer Math. – 1959. – V. 1. – P. 269–271.
11. *Гринева В.Г.* Алгоритмы оптимизации сетевых моделей для выбора рациональных технологических цепочек очистного оборудования / В.Г. Гринева, П.П. Николаев // Материалы 3-й Межд. науч.-техн. конф. «Техногенные катастрофы: модели, прогноз, предупреждение». – Днепропетровск: НГУ, 2013. – С. 90–95.
12. *Floyd R.Z.* Algorithm 97, Shortest Path, Comm. ACM, 5, p. 345, 1962.

В.Г. Гриньов, П.П. Николаев

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ТИПІВ ОЧИСНОГО ОБЛАДНАННЯ ПО АЛГОРИТМАХ ОПТИМІЗАЦІЇ НА МЕРЕЖАХ І ГРАФАХ

У статті показано алгоритм пошуку найкоротшого шляху між двома виділеними вершинами на прикладі мережі відредагованого в необхідному форматі компонента незв'язного початкового графа вибору раціональних ланцюжків розробки вугільних пластів потужністю від 0.8 до 2.2 м.

Ключові слова: граф, мережева модель, алгоритм оптимізації, взаємозв'язок, раціональна експлуатація

V. Grinyov, P. Nikolaev

RESEARCH OF INTERCOMMUNICATION OF TYPES OF CLEANSING EQUIPMENT ON ALGORITHMS OF OPTIMIZATION ON NETWORKS AND COLUMNS

In the article on the example of network of edited in a necessary format component of incoherent initial count of choice of rational chainlets of development of coal layers by power from 0.8 to 2.2 m is shown algorithm of search of short cut between two selected tops.

Keywords: graph, the network model, an algorithm optimization, interaction, rational exploitation