

УДК622:33.003.55:681.3

В.Г. Сынков¹, д-р. техн. наук, проф.,
В.Г. Гринев², д-р. техн. наук, проф.,
А.А. Хорольский², аспирант¹Красноармейский индустриальный институт ДонНТУ, г. Красноармейск, Украина²Институт физики горных процессов НАН Украины, Днепропетровск, Украина
e.mail: andrey.khorolskiy@mail.ru

Применение базовых алгоритмов оптимизации для выбора очистного оборудования

В данной работе предложено производить выбор очистного оборудования на основе классических алгоритмов оптимизации: алгоритмов Дейкстры, Флойда, а также при помощи построения и формализации графовых моделей. Построение альтернативных графов и анализ их маршрутов на начальном этапе позволяет установить наиболее рациональное сочетание оборудования в составе механизированного комплекса. Использование теории графов может служить альтернативой уже существующим методикам выбора оборудования. Применение сетевых моделей позволило выбрать наиболее рациональные комплектации очистного оборудования с позиции минимизации себестоимости, уровня энергозатрат, уровня капитальных затрат.

Ключевые слова: рациональная область эксплуатации, статистическая обработка результатов, альтернативный граф, сетевая модель, алгоритм Дейкстры, алгоритм Флойда, рациональная комплектация оборудования.

Актуальность исследования

В настоящее время существует ряд методик для выбора очистного оборудования [1–4]. При этом ни одна из методик не позволяет с достаточной долей вероятности обеспечить рациональный выбор очистного оборудования. Очистное оборудование в составе технологической цепочки «крепь-комбайн-конвейер» должно удовлетворять ряду требований: обеспечивать суточную нагрузку на очистной забой более 1000т/сут., уровень энергозатрат на выемку не должен превышать 0,8 кВт·ч/м³, себестоимость добытого угля и капитальные затраты должны быть минимизированы. Трудность состоит в том, что номенклатура горно-шахтного оборудования достаточно разнообразна; так в 2010 году в 53 очистных забоях эксплуатировалось 11 типов механизированных крепей, 15 типов комбайнов, 13 типоразмеров конвейеров. Применение существующих методик не позволяет в процессе проектирования выбрать едино правильный вариант комплектации оборудования в составе механизированного комплекса.

Как показала статистическая обработка результатов мощность пласта, длина очистной забоя и суточная нагрузка на очистной забой не коррелируются [5]. Поэтому возникла необходимость в разработке альтернативных подходов к выбору очистного оборудования.

При выборе горно-шахтного оборудования следует учитывать ряд моментов:

1) для каждого типа очистного оборудования существует рациональная область эксплуатации, под рациональной областью следует подразумевать такие горно-геологические условия при которых суточная нагрузка на очистной забой будет максимальна;

2) совершенствование технологии механизированной добычи угля достигается за счет оценки уровня взаимосвязи в составе механизированного комплекса; под взаимосвязью следует подразумевать наличие множества связей и одновременных процессов (выемка, передвижка, транспортировка, поддержание выработанного пространства) в процессе работы.

Как альтернатива существующим методикам может быть использована теория графов [6].

Постановка задачи

Применение теории графов и базовых алгоритмов оптимизации позволяет рекомендовать рациональные сочетания оборудования в составе механизированного комплекса. В статье был проведен анализ работы угледобывающих предприятий Западного Донбасса, обработаны статистические данные за 2010г (по данным Донецкой областной государственной администрации), предложена методология решения задачи. Выбор оборудования осуществляется последовательной реализацией этапов (построение альтернативного графа, создание сетевой модели, оптимизация по заданному параметру с использованием алгоритмов Дейкстры и Флойда). Применение фактических данных по работе лав, оснащенных комплексами горно-шахтного оборудования,

являются материалом для экспертизы эффективной работы их различных вариантов и разработки рекомендаций по рациональной области применения конкретного оборудования [7].

Анализ исследований

В настоящее время существует ряд подходов направленных на анализ эффективности очистного оборудования в составе комплекса. Помимо стандартных подходов (на основе оценок, критериев) [8-12] появились методы имитационного моделирования [13-15].

В.И. Бузило [8] предлагает в качестве оптимизационного параметра использовать уровень энергозатрат. Это обосновано тем, что при применении узкозахватных комбайнов, увеличение скорости подачи на 1% приводит к снижению удельных затрат электроэнергии в среднем на 0,44-0,67%, а реальные резервы для энергосбережения в комплексно-механизированной лаве составляют 13-19%. На процесс выемки приходится около 16% от общего потребления энергии угольного предприятия. Предложенный подход имеет ряд недостатков: множество расчетов, недостаток информации о современном оборудовании, расчет производится только для очистного комбайна.

Г.Г. Литвинский [9] считает, что при сравнении типов очистного оборудования следует руководствоваться не только величиной суточной, минутной производительностей, но и конструктивными параметрами. Обобщенный критерий эффективности прежде всего характеризует, ценой каких затрат энергии и материалоемкости достигается конечный результат, отраженный в производительности очистной техники. Наряду с преимуществами есть и недостаток – не учитывается уровень взаимосвязи оборудования в составе комплекса.

М. Мышковский [Michael Myszkowski] [10] предлагает использовать при оценке очистного оборудования ряд эксплуатационных (коэффициент использования, коэффициент машинного времени), технических (суточное продвижение линии очистного забоя, площадь выемки, скорость выемки), экономических показателей (себестоимость оборудования). Существенным недостатком методики является то, что на данный момент не существует нормативов для современного очистного оборудования.

В.Н. Казакидис [V.N. Kazakidis] [11] предлагает при оценке возможных комплектаций очистного оборудования использовать коэффициент гибкости производства, т.е. возможность реагирования системы на изменение производственного процесса.

С. Х. Хосеиние [S. H. Hosenie] [12] предложил производить оценку очистного

оборудования на основе сравнительного анализа коэффициентов машинного времени.

Как альтернатива существующим подходом используется имитационное моделирование.

В.Л. Конюхом [13] предложен метод компоновки оборудования очистного забоя, заключающийся в имитации вариантов выемки на компьютере. Модель выемки составляется из модулей работы очистного комбайна, передвижки крепи и передвижки конвейера, которые представлены в виде сетей Петри. Для практического применения на шахтах был разработан программный продукт. Несмотря на все преимущества данного метода, есть и недостатки – выбор оборудования и расчет производительности осуществляется на основе стандартных линейных зависимостей и требует ввода большого массива данных.

В.П. Гречишкин [14] предлагает использовать динамическое моделирование для определения технико-организационных вариантов работы очистного забоя. Разработанные модели описывают характер взаимодействия типов очистного оборудования во время цикла. Метод имеет те же недостатки, что и в работе В.Л. Конюха [14].

Д. Цай [D Cai] [15] использует для исследования производственного процесса средства 3D моделирования, в результате моделирования были получены данные по производительности очистного забоя. В исследовании отмечено, что рост производительности наблюдается при увеличении мощности пласта, длине очистного забоя. Однако, как отмечалось ранее производительность и технологические параметры не коррелируются.

Как показал анализ работ [8-15] существующие подходы не учитывают уровень взаимосвязи очистного оборудования в составе комплекса, достаточно трудоемки, тяжело реализуются на практике.

Поэтому был разработан альтернативный метод выбора оборудования – на основе сетей и графов.

Постановка цели и задач исследования

Цель работы - оптимизировать технологические параметры эксплуатации угольных месторождений Западного Донбасса. Идея работы состоит в решении задачи выбора рациональных комплектаций очистного оборудования на основе классических алгоритмов оптимизации: сетевых моделей и графов.

Для решения поставленной задачи было решено ряд задач: проанализирована существующая структура горно-шахтного оборудования, которое эксплуатируется в очистных забоях Западного Донбасса, построены сетевые модели, используя алгоритмы

оптимизации были найдены рациональные цепочки очистного оборудования.

Использование алгоритмов оптимизации для выбора очистного оборудования

В качестве объекта исследования была рассмотрена работа 53 очистных забоев Западного Донбасса. Основная задача, которую необходимо решить, состоит в выборе наиболее рациональной

цепочки «крепь-комбайн-конвейер». Рациональной будем считать ту цепочку, при которой уровень суточной нагрузки на очистной забой максимален. Как отмечалось ранее, задача выбора усложнена тем, что номенклатура оборудования достаточно разнообразна. На рис.1 продемонстрирован альтернативный граф фактических взаимосвязей.

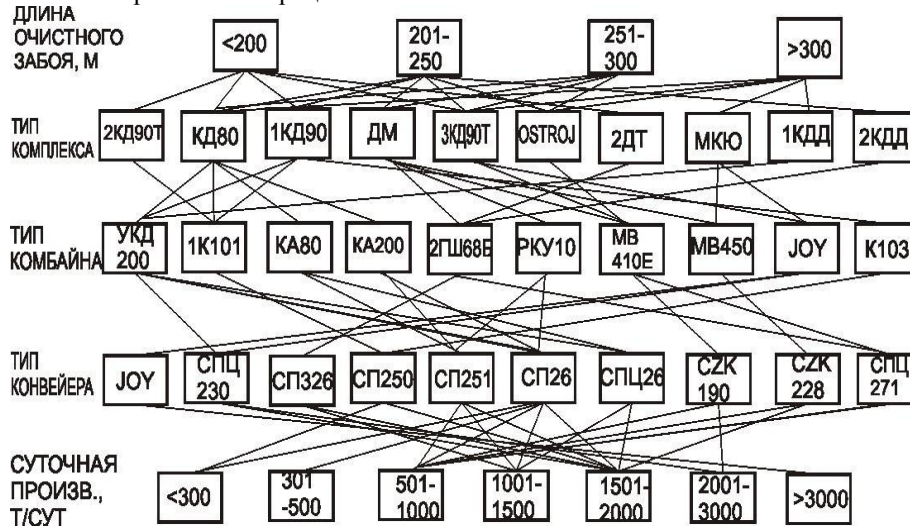


Рисунок 1 – Универсальный граф

Универсальный граф на рис.1. отображает множество существующих технологических цепочек «крепь – комбайн-конвейер». На

первоначальном этапе необходимо отобрать наиболее рациональные цепочки с максимальным уровнем производительности. На рис.2 представлен граф максимальных результатов.

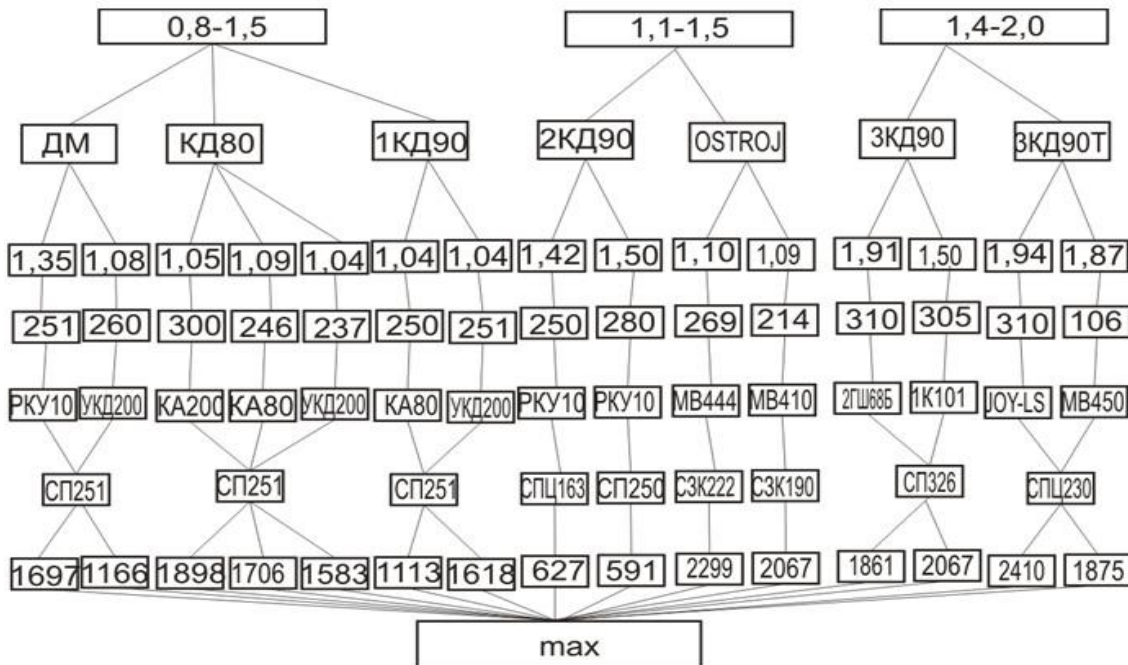


Рисунок 2 – Граф максимальных вариантов

Как видно из рис.2 несмотря на то, что существует 53 возможных варианта комплектации на практике решение сводится к поиску наиболее оптимального сочетания из 15 возможных.

Дальнейшая работа сводится к построению универсальных графов для различных диапазонов по мощности пласта. Полученный материал может служить рекомендацией при выборе

очистного оборудования на стадии проектирования горного предприятия. На рис. 3 представлено граф альтернативных технологических цепочек.

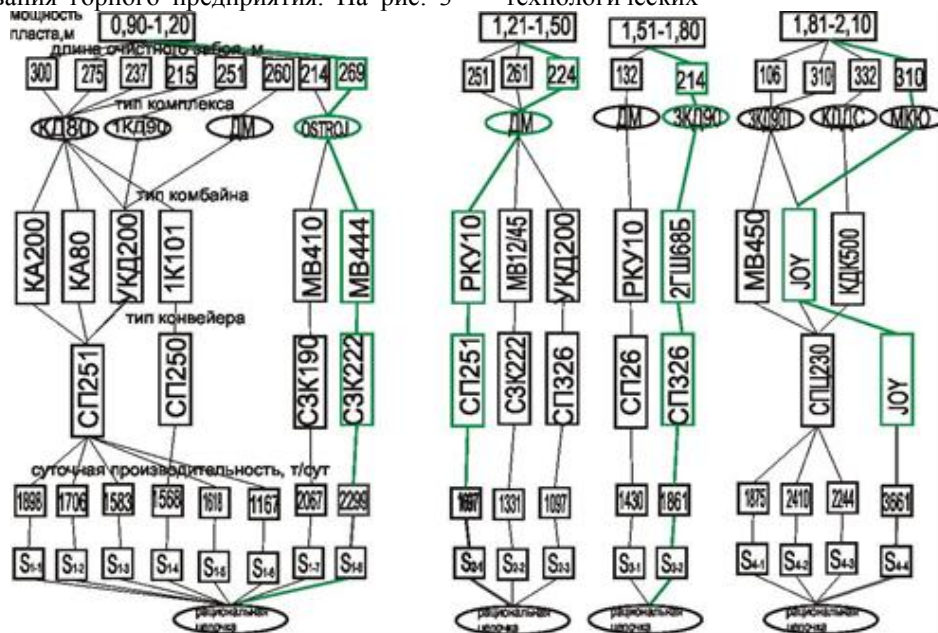


Рисунок 3 – Граф альтернативных технологических цепочек

Построение и анализ альтернативных графов на начальном этапе позволяет определить наиболее рациональные варианты комплектации оборудования в составе механизированного комплекса.

Второй этап исследования это формализация графовых моделей. Задача выбора горного оборудования для конкретных условий может быть решена на базе исследования компонент графа G. Формализация такого графа может быть сведена к процедуре перевода его в определенную сеть.

В качестве примера рассмотрим работу 8 очистных забоев ШУ «Покровское» [16]. Т.к. 1 очистной забой был укомплектован стругом – расчет производится для оставшихся 7. Задача состоит в выборе рациональной технологической цепочки, которая должна удовлетворять ряду требований:

- 1) суточная производительность должна быть более 1000т/сут.;
- 2) минимальная себестоимость комплекса;
- 3) минимальное количество сборочных единиц (секций крепи);

Выбор очистного оборудования сводится к задаче поиска кратчайшего пути в графе.

Исходными условиями для поиска кратчайшего пути являются: $m=1,3-1,9$ м – мощность пласта, $\ell = 257$ м – средняя длина очистного забоя; $C_{уд.к}$, - удельная себестоимость добычи очистным комбайном грн./т, $C_{уд.кр}$ – удельная себестоимость добычи для механизированной крепи, грн./т., $C_{уд.конв}$ – удельная себестоимость добычи для конвейера, грн./т. Расчет себестоимости для комбайна и

конвейера производится в соответствии с рекомендациями В.Ю. Линника [17]. Учитывая то, что механизированная крепь взаимодействует с массивом, то себестоимость и ресурс следует рассчитать по методике Б.К. Мышляева [18].

В табл. 1 приведены данные о номенклатуре ГШО ШУ «Покровское».

Таблица 1 – Номенклатура горношахтного оборудования ШУ «Покровское»

№ забоя	Тип мех. крепи	Тип очистного комбайна	Тип забойного конвейера
1	ДМ	МВ410Е	СЗК190
2	МКЮ0423	МВ450Е	СЗК228
3	МКЮ0423	JOY	JOY
4	ЗКД90Т	JOY	СПЦ230
5	ЗКД90Т	МВ410Е	СЗК190
6	ЗКД90Т	МВ450Е	СПЦ230
7	ДМ	МВ12/45	СЗК228

В качестве вершин будут выступать технологические параметры: тик крепи, комбайна, конвейера; в качестве веса ребер примем значение удельной себестоимости. Данные по себестоимости сведем в таблицу 2.

Таблица 2 – Себестоимость добычи

Тип оборудования	Типоразмер	Себестоимость, грн./т.
крепь	ДМ	15,95
	МКЮ0423	37,03
	ЗКД90Т	27,36
очистной комбайн	МВ12/45	5,56
	МВ410Е	6,47

Тип оборудования	Типоразмер	Себестоимость, грн/т.
	МВ450Е	6,47
	JOY	5,29
конвейер	СЗК190	12,91
	СЗК228	12,95
	СПЦ230	13,34
	JOY	8,35

На рис.4 представлена сетевая модель поиска кратчайшего пути. Вершина 1 – начальная точка ей присваивается вес 0. Вершинам 2 – 4 соответствуют типы механизированных крепей, 5-8 – очистные комбайны; 9-12 – забойные конвейеры. Необходимо найти значение путей 13-18.

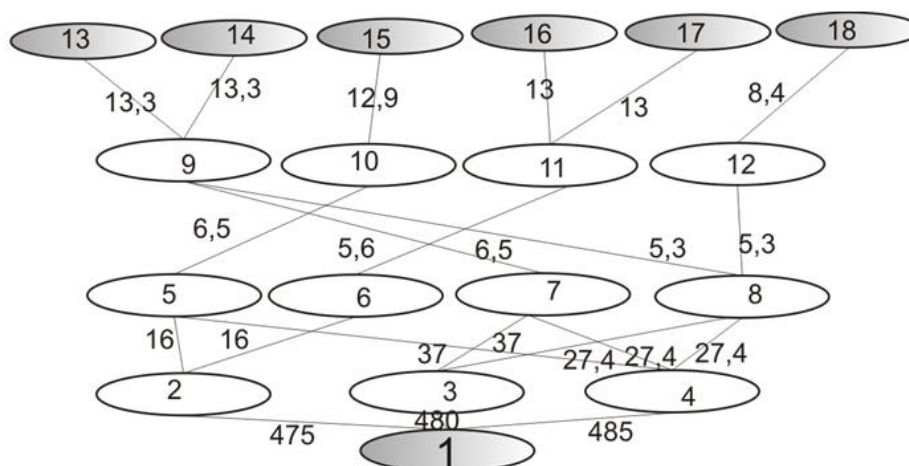


Рисунок 4 – Сетевая модель поиска кратчайшего пути (с использованием алгоритма Дейкстры)

Метка самой вершины a полагается равной 0, метки остальных вершин — бесконечности. Это отражает то, что расстояния от a до других вершин пока неизвестны. Все вершины графа помечаются как непосещённые.

Если все вершины посещены, алгоритм завершается. В противном случае, из ещё не посещённых вершин выбирается вершина u , имеющая минимальную метку. Рассматриваются всевозможные маршруты, в которых u является предпоследним пунктом. Вершины, в которые ведут рёбра из u , назовем соседями этой вершины. Для каждого соседа вершины u , кроме отмеченных как посещённые, рассмотрим новую длину пути, равную сумме значений текущей метки u и длины ребра, соединяющего u с этим соседом. Если полученное значение длины меньше значения метки соседа, заменим значение метки полученным значением длины. Рассмотрев всех соседей, пометим вершину u как посещённую и повторим шаг алгоритма.

Алгоритм работает пошагово — на каждом шаге он «посещает» одну вершину и пытается уменьшить метки. Работа алгоритма завершается, когда все вершины посещены и определен кратчайший путь из a в b [19,20]. Используя, алгоритм Дейкстры были вычислены кратчайшие пути. Учитывая что мощность пласта находилась в пределах 1,3-2,0м — необходимо указать несколько кратчайших путей в зависимости от мощности пласта. Для диапазона по мощности пласта 0,9–1,3м кратчайший путь b14 с длиной 509,9 (наихудший вариант 536,8); в диапазоне 1,5 – 1,9м кратчайший путь b15

(наихудший вариант 536,4); в диапазоне более 1,9м – кратчайший путь b18 (наихудший вариант 536,6).

Таблица 3 – Рациональные сочетания оборудования в составе комплекса

Мощность пласта, м	Рациональная цепочка			Длина пути
	крепь	комбайн	конвейер	
0,9-1,5	ДМ	МВ12/4	СЗК228	509,9
1,5-1,9	ЗКД 90Т	МВ410Е	СПЦ230	526,4
1,9-2,1	ЗКД 90Т	JOY	СПЦ230	526,1

Применение алгоритма Дейкстры позволило установить наиболее рациональные цепочки очистного оборудования для предприятия.

Помимо алгоритма Дейкстры задачи оптимизации можно решать при помощи алгоритма Флойда. Алгоритм Флойда позволяет найти кратчайшие пути между любыми двумя узлами сети. В этом алгоритме сеть представлена в виде квадратной матрицы с n строками и n столбцами. Элемент (i, j) равен расстоянию d_{ij} от узла i к узлу j , которое имеет конечное значение, если существует дуга (i, j) , и равен бесконечности в противном случае.

Основная идея алгоритма Флойда заключается в следующем. Пусть есть три узла i, j, k и заданы расстояния между ними (в нашем случае расстояние – оптимизационный параметр, который необходимо минимизировать). Если выполняется неравенство $d_{ij} + d_{jk} < d_{ik}$, то

целесообразно заменить путь $i \rightarrow k$ путем $i \rightarrow j \rightarrow k$. Такая замена выполняется систематически в процессе выполнения алгоритма Флойда. Алгоритм реализуется следующим образом.

1. Необходимо пронумеровать вершины исходного графа целыми числами от 1 до N . После этого определим D^0 , задав величину каждого ее элемента (i,j) равной длине кратчайшей дуги, соединяющей вершину i с вершиной j . Если в исходном графе указанные вершины не соединяются дугами, положить $d_{ij}^0 = \infty$. Кроме того, для всех i положить $d_{ii}^0 = 0$.

2. Для целого m , последовательно принимающего значения 1, 2, ..., N , определить по величинам элементов матрицы D^{m-1} величины элементов матрицы D^m , используя соотношение $d_{ij}^m = \min \{ d_{im}^{m-1} + d_{mj}^{m-1}, d_{ij}^{m-1} \}$.

При определении величины каждого элемента матрицы D^m фиксировать соответствующий кратчайший путь.

По окончании данной процедуры величина элементам (i,j) матрицы определяет длину кратчайшего пути, ведущего из вершины i в вершину j .

При этом для всех i и m должно быть $d_{ii}^m = 0$. Кроме того, для всех $i=1, 2, \dots, N$ имеют место соотношения $d_{im}^{m-1} = d_{jm}^m$ и $d_{mi}^{m-1} = d_{mi}^m$ [21,22].

Была сформирована задача найти оптимальный путь в сети. В качестве примера рассмотрен диапазон мощности пласта 1,8-2,1м. Всего возможно 3 варианта комплектации, необходимо определить оптимальный.

На основе сетевой модели (рис.4) и стоимостных параметров (табл. 2) формируем матрицу длин кратчайших дуг D^0 .

$D^0 =$	0	485	480	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
	∞	0	∞	37	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
	∞	∞	0	∞	27.4	27.4	∞	∞	∞	∞	∞
	∞	∞	∞	0	∞	∞	5.3	∞	∞	∞	∞
	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	6.5	∞	∞	∞
	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	6.5	∞	∞	∞
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	8.4	∞	∞
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	12.9	∞
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	13.3
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0

Рисунок 5 – Матрица длин кратчайших дуг

На основании матрицы D^0 , вычислим последовательно все элементы матрицы D^1 . Для этого мы используем рекуррентное соотношение $d_{ij}^1 = \min \{ d_{i,1}^0 + d_{1,j}^0; d_{ij}^0 \}$. На рис. 6 представлена матрица длин кратчайших дуг.

$D^1 =$	0	485	480	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
	∞	0	∞	37	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
	∞	∞	0	∞	27.4	27.4	∞	∞	∞	∞	∞
	∞	∞	∞	0	∞	∞	5.3	∞	∞	∞	∞
	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	6.5	∞	∞	∞
	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	6.5	∞	∞
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	8.4	∞
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	12.9
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	13.3
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0

Рисунок 6 – Матрица D^1 кратчайших длин дуг

Аналогично строятся матрицы $D^2 \dots D^{12}$. На рис. 7 представим матрицу D^{12} , т.е. матрицу длин кратчайших путей между каждой парой вершин графа.

$D^{12} =$	0	485	480	522	507.4	507.4	527.3	513.9	513.9	535.7	526.8	527.2
	∞	0	∞	37	∞	∞	42.3	∞	∞	50.7	∞	∞
	∞	∞	0	∞	27.4	27.4	∞	33.9	33.9	∞	46.8	47.2
	∞	∞	∞	0	∞	∞	5.3	∞	∞	13.7	∞	∞
	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	6.5	∞	∞	19.4	∞
	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	6.5	∞	∞	19.8
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	8.4	∞	∞
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	12.9	∞
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	13.3
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0

Рисунок 7 – Матрица длин кратчайших путей между парой вершин

На основе матрицы длин кратчайших путей между каждой парой вершин можно прийти к выводу о том, что кратчайший маршрут проходит через точки 1-3-5-8-11. Использование алгоритма Флойда позволило определить наиболее рациональную цепочку оборудования состоящую из механизированной крепи ЗКД90Т, комбайна МВ410Е и конвейера СЗК190. Данная цепочка является альтернативой фактической состоящей из крепи ЗКД90Т, комбайна JOY и конвейера СПЦ230.

Использование алгоритмов Дейкстры и Флойда позволило для предприятия установить наиболее рациональную цепочку из уже существующих вариантов, а также рекомендовать альтернативный вариант замены более дорогого оборудования.

Выводы

В результате проведенного исследования было установлено:

- существующие методики выбора очистного оборудования не могут в достаточной мере удовлетворить требованиям с позиции минимизации уровня капитальных затрат, себестоимости, эксплуатационных затрат;

- оборудование в составе механизированного комплекса обладает взаимосвязью, уровень которой можно оценить величиной суточной нагрузки на очистной забой;

- для каждого типа очистного оборудования существует рациональная область эксплуатации;

- предложено проводить выбор оборудования на основе построения и формализации графовых моделей;

- построение сетевых моделей и применение алгоритмов Дейкстры и Флойда позволяет минимизировать себестоимость продукции, уменьшить капитальные затраты и др.

Дальнейшие исследования следует направить на разработку программного обеспечения для автоматизированного подбора очистного оборудования в зависимости от заданной целевой функции.

Список литературы

1. 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.—75с.
2. Хорин В.Н., Верклов Б.А., Иркиевский В.Д. К вопросу определения производительности выемочных машин и комплексов оборудования очистных забоев. —Уголь, 1973, 12, с. 4—8.
3. Плотников В.П. Вывод формулы для расчета производительности очистных комбайнов со шнековыми, барабанными или корончатым исполнительным органом.//Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал).—2010.—№9.—С48–51.
4. Бурчаков А.С. Технология и механизация подземной разработки пластовых месторождений / А.С. Бурчаков, Ю.А. Жежелевский, С.А. Ярунин. — М.: Недра, 1989.-431 с.
5. Хорольский А.А. Рациональный выбор состава механизированных комплексов в условиях эксплуатации забоев Донбасса/ Хорольский А.А., Гринев В.Г., Сынков В.Г.// Материалы международной конференции «Форум горняков – 2015», 30 сентября – 3 октября 2015г., Днепропетровск. – Д.: Национальный горный университет, Т1 — С58–68.
6. Хорольский А.А. Совершенствование технологии механизированной добычи угля на основе оценки уровня взаимосвязи типов очистного оборудования/ А.А. Хорольский, В.Г. Гринев, В.Г. Сынков// Известия Донецкого горного института. — №1–2—2015—С90–98.
7. Хорольский А.А. Оценка уровня взаимосвязи очистного оборудования в составе механизированного комплекса/ А.А. Хорольский, В.Г. Гринев, В.Г. Сынков// Научный вестник ДонНТУ. Серия «Информатика, кибернетика, вычислительная техника». — №1.—2016.—С127—135.
8. Бузило В.И. Анализ влияния технологии и элементов системы разработки на энергосбережение в угольных шахтах/ В.И. Бузило, С.Н. Пойманов, В.П. Расстрига// Розробка родовищ 2013: щорічний наук.-техн. збірник. — Дніпропетровськ. — 2013.—С.115–120.
9. Литвинский Г.Г. О методике и критериях оценки технического уровня горной техники/ Г.Г. Литвинский// — В сб.: Технология проектирования подземного строительства/ — Вестник академии строительства Украины. — Донецк: Норд-Пресс, 2003, с. 62–67.
10. Michael Myszkowski, Uli Paschedag. Longwall mining in seams of medium thickness comparison of plow and shearer performance under comparable conditions. — Caterpillar Inc.—2013.—50p.
11. V.N. Kazakidis. Planning for flexibility in underground mine production systems. —Technical papers.— *Advances in Futures and Options Research*, JAI Press Inc., Vol. 4, pp. 153-164.
12. S. H. Hoseinie, B. Ghodrati & U. Kumar Assessment of Reliability-Related Measures for Drum Shearer Machine, a Case Study. — *Mining Equipment Reliability, Maintainability and Safety*. Springer, pp.55—62, 2008.
13. Конюх В.Л. Компонировка оборудования очистного забоя методом имитационного моделирования/ В.Л. Конюх, П.В. Гречишкин// Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2004.—№2.—С77—81.
14. Гречишкин В.П. Динамическое моделирование технико-организационных вариантов работы очистного забоя/ В.П. Гречишкин// Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). —2008.—№7.—С271–276.
15. Cai, D., Baafi, E. & Porter, I. (2012). Modelling a longwall production system using flexsim 3D simulation software. In R. Singhal, E. Topal, K. Fytas, M. Yellishetty & A. Mehrotra (Eds.), *Mine planning and equipment selection* (pp. 107-114). Irvine, California, USA: The reading matrix Inc.

16. Хорольский А.А. Рациональный выбор оборудования для шахт Донбасса/ А.А. Хорольский, В.Г. Гринев, В.Г. Сынков// Известия Донецкого горного института. — №1–2—2014—С133–142.
17. Линник В.Ю. Сравнительный анализ технического уровня и эффективности применения очистного оборудования угольных шахт. — Горное оборудование и электромеханика. — М.: Новые технологии, 2012. № 1. С. 2—8.
18. Мышляев Б.К., Титов И.В. Технично-экономический анализ современных механизированных крепей // Горное оборудование и электромеханика, 2008 №12, с.20—25
19. Шуп Т. Решение инженерных задач на ЭВМ: Практическое руководство. Пер. с англ. — М.: Мир, 1982. — 238 с.
20. Асельдоров М., Донец Г.А. Представление и восстановление графов. — Киев: Наукова думка, 1991. — 96 с.
21. Зыков А.А. Основы теории графов. — М. Наука, 1987. — 384 с.
22. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах.: Пер. С англ.— М.: Мир, 1981.— 323 с.

Надійшла до редакції 15.07.2016

В.Г. СИНКОВ¹, В.Г. ГРИНЬОВ², А.О. ХОРОЛЬСЬКИЙ²

¹Красноармейский индустриальный институт ДонНТУ

²Институт физики горных процессов НАН Украины

ЗАСТОСУВАННЯ БАЗОВИХ АЛГОРИТМІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ВИБОРУ ОЧИСНОГО ОБЛАДНАННЯ

В статті запропоновано проводити вибір очисного обладнання на основі класичних алгоритмів оптимізації: алгоритмів Дейкстри та Флойда, а також за допомогою побудови та формалізації графових моделей. Побудова альтернативних графів та аналіз їх маршрутів на початковому етапі дозволяє встановити найбільш раціональне поєднання обладнання в складі механізованого комплексу. Використання теорії графів може бути альтернативою вже існуючим методам вибору обладнання. Застосування мережевих моделей дозволило вибрати найбільш раціональні комплектації очисного обладнання з позиції мінімізації собівартості, рівня енерговитрат, рівня капітальних витрат.

Ключові слова: *раціональна область експлуатації, статистична обробка результатів, альтернативний граф, мережева модель, алгоритм Дейкстри, алгоритм Флойда, раціональна комплектація обладнання.*

V.G. SYNKOV¹, V. GRINYOV², A.O. KHOROLSKIY²

¹Krasnoarmeysk Industrial Institute Donetsk National Technical University (KII DonNTU)

²Institute of Physics of Rock Processes of under the National Academy of Sciences of Ukraine (IFGP NAS of Ukraine)

THE USE OF BASIC ALGORITHMS OF OPTIMIZATION FOR SELECTION OF MINING EQUIPMENT

The present paper proposes a new approach to solve a problem of mining equipment selection for longwall faces in western Donbass. The main goal of the paper is to study technology of coal extraction in western Donbass. The authors described the methods for selecting mining equipment and experiences of mining thin and very thin coal seams in Ukraine. A study of equipment range of coal is essential for coal mines. This study compares daily production of shearer, powered roof support, face conveyors that were designed in USA, Ukraine, Russia, Poland. The data on experimental researches over of equipment operation in longwall faces. Aspects of select mining equipment are discussed. Special attention is given to technological aspects, they are length longwall faces, depth of coal stratum. Prediction obtained for daily production of mining equipment is compared with design outputs. The present paper describes a new method for selection of mining equipment based on theory graph. Experimental data and analytical results are found to be in good results. Conclusions regarding the utilization efficiency are made. In this approach, the author tried to conduct a comprehensive comparison of both longwall extraction methods. Special attention is given to economics aspects. The studies of technical and economic aspects also indicate that daily production for modern equipment are higher than they are for a domestic mining equipment. The results of experimental researches for "Pokrovskoe" mine are made. Conclusions regarding the main reason of instability of longwall faces workings are made. The authors developed effective and appropriate variants for the mine development for different coal deposits of western Donbass. Experimental data and analytical results are found to be in good agreement. The authors developed effective and appropriate variants for selection mining equipment.

Keywords: *area for the management, statistical analysis, graph theory, network model, Dijkstra's algorithm, Floyd's algorithm.*