

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОЧИСТНЫХ И ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Организация и управление как элементы менеджмента на угледобывающем предприятии непрерывно развиваются и в своем современном состоянии отличаются высоким уровнем сложности и взаимозависимостью составных элементов. Множество повседневно возникающих задач планирования объединены в общую цель организации, которая может быть достигнута только при условии системного подхода [1]. Проблемы угледобывающего предприятия, независимо от того, являются ли они социальными, экономическими или технологическими, не существуют изолированно друг от друга. Они не могут быть выделены из целого, а затем интегрированы для его объяснения.

В работах [2; 3] отмечается, что среда, в которой возникают проблемы, сама по себе не является статической целостностью. Она динамична, поскольку непрерывно изменяется, подвергаясь воздействию как внешних, так и внутренних факторов [4]. В результате выполнения технологического процесса изменяется и структура взаимодействия между ними. Такая система производства обладает всеми признаками сложности. Г. Саймон определяет сложность как совокупность большого числа различных объектов, взаимодействующих определенным образом [5, 64]. Данная концепция является основой методики выбора целесообразных технологических схем очистных и подготовительных

работ. Сложность является взаимодействием и, более того, взаимозависимостью, то есть поведение одного или нескольких элементов системы определенным образом воздействует на поведение других элементов.

С учетом изложенного выбор технологических схем очистных и подготовительных работ необходимо рассматривать как реализацию сложной технико-экономической задачи. Ее решением на шахте занимаются ответственные должностные лица и специалисты высокой квалификации. На принятие управленческого решения по использованию какой-либо конкретной технологической схемы оказывает влияние множество факторов, поэтому данная задача является многокритериальной.

Разные технологические схемы имеют различные горно-геологические и горнотехнические области использования. Однако среди них существуют и такие варианты технологических схем, каждый из которых может использоваться в заданных условиях работы шахты. Такие схемы являются альтернативными, они обеспечивают разные текущие, эксплуатационные, приведенные и другие виды затрат, разную производительность труда, темпы проведения выработок или отработки очистных забоев и прочие характеристики. Поэтому эффективность использования какой-либо конкретной схемы должна быть обоснована и оценена. Некоторые факторы (например,

ремонтпригодность и пр.) трудно оценить количественно, однако они, несомненно, оказывают сильное воздействие на мнение аналитиков, принимающих решение об использовании конкретной технологической схемы.

Целью статьи является разработка методики выбора оптимальных технологических схем очистных и подготовительных работ.

Важной задачей для повышения эффективности инвестиционных проектов является выбор целесообразных технологических схем очистных и подготовительных работ. Выбор среди них экономически наиболее обоснованных позволит создать предпосылки для повышения эффективности реализации новых инвестиционных проектов.

Выбор целесообразных технологических схем разработки месторождений подземным способом заключается в решении трех основных задач:

конструирование вариантов технологических схем по качественным параметрам;

оценка значимости характеристик качественных параметров и критериев оптимальности;

выбор расчетных вариантов технологических схем шахт.

В работе [6, 9] К. Сапицким и В. Тангом установлено, что, рассматривая способ вскрытия, подготовки шахтного поля и систем разработки как составные части технологических схем шахты, в целом по качественным параметрам при различных их сочетаниях можно образовать около 8×10^{12} расчетных вариантов. В этих условиях представляется целесообразным проведение предварительной оценки эффективности технологических схем с последующим отбором наиболее

представительных вариантов с целью оптимизации параметров инвестиционных проектов.

Методика, предложенная исследователями, учитывает десять факторов, влияющих на выбор технологических схем, и позволяет однозначно определить некоторые качественные параметры. Учитывая многокритериальность характера оптимизации вариантов, целесообразность их трудно установить даже по оставшимся характеристикам.

Важным преимуществом данного метода над большинством существующих методов оценивания альтернатив является его вклад в анализ структуры проблемы и отчетливое выражение суждений специалистов. Данный метод впервые был разработан американским математиком Т. Саати и описан в работе [7]. Он может быть успешно реализован при решении многих практических задач многокритериальной оптимизации, которые возникают при анализе задач организации горного производства и угледобычи, планировании развития предприятия и пр.

В результате анализа факторов, рекомендуемых при выборе технологических схем ДонУГИ, анализа научных источников и высказанных мнений специалистов аппарата управления угледобывающих предприятий был установлен круг факторов, которые учитываются при выборе технологических схем проведения горных выработок:

1. Финансовое состояние (шахты).
2. Первоначальные затраты (на приобретение комплекта оборудования).
3. Соответствие проекту (по показателям).
4. Обеспечиваемые схемой темпы проходки выработки.
5. Техническое состояние (оборудования).

6. Эксплуатационные затраты (при применении технологической схемы).

7. Обеспечение безопасности.

8. Соответствие горно-геологическим условиям (в которых проводится выработка).

9. Производительность оборудования.

10. Опыт работы бригады.

11. Сложность монтажа-демонтажа (оборудования).

12. Приведенные затраты.

13. Потери угля в недрах.

14. Возможность изменения схем отработки пласта.

15. Возможность модернизации оборудования.

16. Перспективность.

17. Экологичность.

На первом этапе реализации методики выбора рациональной технологической схемы должна быть сформирована экспертная группа, ответственная за принимаемое управленческое решение по окончательному выбору технологической схемы. В ее составе наиболее целесообразным представляется участие следующих должностных лиц: главного инженера, главного экономиста и начальника проходческого участка.

Из перечисленных выше показателей комиссия может принять решение об исключении части факторов ввиду их меньшей значимости для предприятия в сравнении с другими. Выполненный анализ на основе экспертного опроса соответствующих специалистов позволил установить, что из приведенных факторов наибольшую значимость имеют факторы под номерами 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 и 9. Остальные шесть факторов целесообразно исключить из дальнейшего рассмотрения ввиду их меньшей относительной значимости.

После представления проблемы выбора технологической схемы в иерархическом виде, исходя из

окончательной цели первого уровня, составляется матрица сравнения относительной важности критериев на втором уровне иерархии. Указанные матрицы должны быть заполнены для парных сравнений каждой рассматриваемой альтернативной технологической схемы третьего уровня по отношению ко второму уровню иерархии. Для составления матрицы сравнения необходимо записать каждый анализируемый фактор в верхней части матрицы, а также перечислить сравниваемые факторы слева. Применительно к задаче выбора технологических схем проведения горных выработок необходимо составить девять таких матриц: одна – для второго уровня иерархии и восемь – для третьего уровня. Результаты составления данных матриц представлены в табл. 1 и 2.

Клетки данных матриц (табл. 1 и 2) являются незаполненными, они оставлены для оценок относительной значимости сравниваемых отдельных характеристик каждой альтернативной технологической схемы по отношению к конечной цели высшего уровня иерархии. Если существует шкала измерений, т. е. имеется возможность использования фактических данных, то можно выполнить сравнение анализируемых альтернативных схем и выбрать среди них целесообразную для условий данного предприятия.

При определении относительной оценки влияния факторов на ту или иную технологическую схему может возникнуть ситуация, когда существует основная шкала значимости. Суждения в этом случае представляются как измерения на данной шкале. Например, в случае сравнения первоначальных или эксплуатационных затрат их предварительно необходимо отдельно рассчитать по каждой сравниваемой технологической схеме. В качестве отношения затрат по технологической

схеме А к затратам по технологической схеме Б в матрицу парных сравнений следует записать значение W_A / W_B (здесь W_A – эксплуатационные затраты по технологической схеме А; W_B – эксплуатационные затраты по технологической схеме Б).

последовательно с левого верхнего элемента. При этом дается ответ на вопрос: насколько элемент, записанный в левой части матрицы, важнее элемента вверху? При сравнении элемента с самим собой в клетку записывается единица. Если первый

Матрица заполняется

Таблица 1. Матрица парных сравнений значимости факторов для второго уровня иерархии

Факторы	Финансовое состояние	Первоначальные затраты	Соответствие проекту	Техническое состояние	Эксплуатационные затраты	Обеспечение безопасности	Соответствие условиям применения	Производительность
Финансовое состояние								
Первоначальные затраты								
Соответствие проекту								
Техническое состояние								
Эксплуатационные затраты								
Обеспечение безопасности								
Соответствие условиям применения								
Производительность								

Таблица 2. Матрица парных сравнений значимости факторов для третьего уровня иерархии

Финансовое состояние	А Б В	Эксплуатационные затраты	А Б В
А		А	
Б		Б	
В		В	
Первоначальные затраты	А Б В	Обеспечение безопасности	А Б В
А		А	
Б		Б	
В		В	
Соответствие проекту	А Б В	Соответствие условиям применения	А Б В
А		А	
Б		Б	
В		В	
Техническое состояние	А Б В	Производительность	А Б В
А		А	
Б		Б	

В		В	
---	--	---	--

элемент важнее, чем второй, то используется целое число применяемой системы шкалирования, в противном случае в клетке записывается обратная величина. В любом случае обратные друг к другу отношения заполняются в

симметричные клетки матрицы.

Заполненная матрица сравнений значимости факторов, влияющих на выбор целесообразных технологических схем подготовительных работ, представлена в табл. 3.

Таблица 3. Заполненная матрица парных сравнений значимости факторов для второго уровня иерархии

Факторы	Финансовое состояние	Первоначальные затраты	Соответствие проекту	Техническое состояние	Эксплуатационные затраты	Обеспечение безопасности	Соответствие условиям применения	Производительность
Финансовое состояние	1,000	5,000	3,000	0,333	2,000	0,143	0,333	0,250
Первоначальные затраты	0,200	1,000	0,333	0,200	0,500	0,200	0,125	0,200
Соответствие проекту	0,333	3,000	1,000	6,000	3,000	0,333	2,000	0,200
Техническое состояние	3,000	5,000	0,167	1,000	0,333	0,250	0,143	0,125
Эксплуатационные затраты	0,500	2,000	0,333	3,000	1,000	0,500	0,200	0,500
Обеспечение безопасности	7,000	5,000	3,000	4,000	2,000	1,000	3,000	2,000
Соответствие условиям применения	3,000	8,000	0,500	7,000	5,000	0,333	1,000	2,000
Производительность	4,000	5,000	5,000	8,000	5,000	0,500	0,500	1,000

Данная матрица заполнена в соответствии с субъективными суждениями экспертной группы, сформированной из специалистов арендного предприятия «Шахта им. А.Ф. Засядько»: начальника отдела плановой работы и ценообразования, начальника и механика участка горноподготовительных работ, которому предстояло принимать участие в реализации инвестиционного проекта. При ее заполнении использовалась указанная шкала от 1 до 9. К примеру, отвечая на вопрос: «Какова значимость первоначальных затрат в сравнении с техническим состоянием предполагаемой к использованию технологической схемы?», аналитики группы пришли к соглашению, что первоначальные затраты существенно важнее, и поэтому в соответствующей

клетке матрицы стоит «5». Поскольку данная матрица всегда является обратносимметричной, то в соответствующую симметричную относительно главной диагонали клетку занесено значение «1/5». В случае, если в ходе обсуждения значимости тех или иных факторов имеются существенные расхождения, различные мнения должны быть сгруппированы и использованы для получения необходимых оценок. Те суждения, в группе которых последовательно прослеживается наибольшая согласованность, обычно получают большую значимость.

После заполнения матрицы парных сравнений значимости факторов для второго уровня иерархии переходят к сравнению элементов на нижнем уровне. Дальнейший выполненный анализ и

приведенные расчеты были сделаны применительно к условиям реализации инвестиционного проекта по подготовке новых лав к эксплуатации на арендном предприятии «Шахта им. А.Ф. Засядько». Согласно реализуемому инвестиционному проекту требовалось выбрать привлекательную технологическую схему проходки 13-го восточного конвейерного штрека пласта l_1 . Отдельные рекомендации по ее выбору были сделаны согласно работе [8].

Его условия проведения: угол наклона $\alpha = 0^\circ$; площадь поперечного сечения в свету $13,8 \text{ м}^2$, в проходке $16,4 \text{ м}^2$; штрек проводится по пласту угля l_1 мощностью 1,91 м (геологической) и 1,58-1,89 (вынимаемой); пласт опасен по газу и внезапным выбросам угля; в кровле пласта залегает песчаник с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протоdjяконова $f=6$, в почве – глинистый сланец ($f=4$); коэффициент присечки пород $K_{II}=0,35$, штрек крепится металлической арочной крепью КМПА3-13,8. В данных условиях между собой сравнивались три альтернативных варианта технологических схем

проведения выработки со следующими комплектами оборудования.

Схема А: проходческий комбайн КСП-32, ленточный перегружатель КВТ, ленточный конвейер 2ЛТП-1000, напочвенная дорога ДНК, маневровая лебедка ЛВ-25, вентилятор местного проветривания ВМ-6.

Схема Б: проходческий комбайн П-110, ленточный перегружатель ППЛ-1, скребковый конвейер СП-202, маневровая лебедка ЛМ-6, два спаренных вентилятора местного проветривания ВМЭ-8.

Схема В: породопогрузочная машина ПНБЗД, бурильная установка УБШ-313, ручное электросверло СЭР-1М, 2 ручных маневровых лебедки ЛВШ-01, вентилятор местного проветривания ВМ-6, погрузка горной массы осуществляется в большегрузные вагонетки емкостью $3,3 \text{ м}^3$.

В таблице 4 приведены результаты парных сравнений элементов, которые представлены различными альтернативными вариантами технологических схем проведения выработок.

Таблица 4. Матрица парных сравнений значимости факторов для третьего уровня иерархии

Финансовое состояние	А	Б	В	Эксплуатационные затраты	А	Б	В
А	1,000	5,000	8,000	А	1,000	0,250	0,500
Б	0,200	1,000	2,000	Б	4,000	1,000	2,000
В	0,125	0,500	1,000	В	2,000	0,500	1,000
Первоначальные затраты	А	Б	В	Обеспечение безопасности	А	Б	В
А	1,000	4,000	8,000	А	1,000	0,500	0,333
Б	0,250	1,000	2,000	Б	2,000	1,000	0,500
В	0,125	0,500	1,000	В	3,000	2,000	1,000
Соответствие проекту	А	Б	В	Соответствие условиям применения	А	Б	В
А	1,000	2,000	3,000	А	1,000	3,000	2,000
Б	0,500	1,000	2,000	Б	0,333	1,000	2,000

В	0,333	0,500	1,000	В	0,500	0,500	1,000
Техническое состояние	А	Б	В	Производительность	А	Б	В
А	1,000	0,500	2,000	А	1,000	2,000	4,000
Б	2,000	1,000	2,000	Б	0,500	1,000	2,000
В	0,500	0,500	1,000	В	0,250	0,500	1,000

В приведенной матрице парных сравнений для третьего уровня иерархии сравниваемые элементы представляют собой возможные варианты выбора той или иной технологической схемы. В данной матрице сравнивается, насколько более предпочтительно применение какой-либо технологической схемы по определенному фактору, то есть для удовлетворения второго уровня. Поскольку для анализа было выделено восемь критериев, в данной таблице получаем столько же матриц суждений для сравнения альтернативных схем. Они имеют размерность 3×3 , поскольку выполняется сравнение применения трех возможных схем. Этот этап является завершающим в работе аналитической группы предприятия и далее выполняются расчетные действия, позволяющие определить, какая схема является наиболее приемлемой для проведения данной выработки.

Сущность расчетных действий заключается в математическом преобразовании данных и определении наиболее целесообразной технологической схемы проведения горных выработок для заданных условий [9]. На первом этапе реализации расчетов определяется матрица парных сравнений, она имеет вид

$$W = \begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \Lambda & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \Lambda & \frac{w_2}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \Lambda & \frac{w_n}{w_n} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где w_1, w_2, \dots, w_n – весовые оценки или интенсивности, определяющие степень приоритета одного элемента над другим;

n – число сравниваемых элементов.

Далее по каждой строке матрицы парных сравнений W определяются оценки компонент d_i собственного вектора, они находятся из выражения

$$d_i = \sqrt[n]{\frac{w_i}{w_1} \times \frac{w_i}{w_2} \times \dots \times \frac{w_i}{w_n}}. \quad (2)$$

После того, как найдены оценки собственного вектора по строкам, находится их сумма и на ее основании нормализуются полученные значения. Нормализация результата для получения оценки вектора приоритетов выполняется согласно выражению

$$x_i = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i}. \quad (3)$$

Следующим этапом методики выбора наиболее целесообразных технологических схем очистных и подготовительных работ является проверка надежности полученных результатов. Следует отметить, что до настоящего времени еще не разработано строгих методов оценки, которые могли бы сказать, насколько хорошо данные

суждения соответствуют реальности. Иногда для этого используется среднеквадратическое или медианное абсолютное отклонение. Однако такие измерения эффективнее использовать при проведении межшкальных или межличностных сравнений в суждениях, а не при абсолютных измерениях качества соответствия. К неэффективным для данной методики следует отнести критерий χ^2 . Поэтому для проверки надежности полученных результатов были использованы показатели индекса согласованности и отношения согласованности. Их характеристики подробно описаны в работах [10; 11].

Индекс согласованности дает информацию о степени нарушения численной (кардинальной) и транзитивной (порядковой) согласованности. В случае недостаточной согласованности для ее улучшения следует провести поиск дополнительной информации или пересмотр данных, использованных при построении шкалы. Важно отметить, что отсутствие согласованности может быть серьезным ограничивающим фактором для исследования целесообразности применения той или иной технологической схемы.

Для определения индекса согласованности первоначально матрица парных сравнений умножается на полученный вектор приоритетов. В

результате получаем вектор Y

$$Y = \begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \Lambda & \frac{w_1}{w_n} \\ w_1 & w_2 & & w_n \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \Lambda & \frac{w_2}{w_n} \\ M & M & & M \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \Lambda & \frac{w_n}{w_n} \\ w_1 & w_2 & & w_n \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ x_n \end{pmatrix}. \quad (4)$$

На его основании определяется наибольшее собственное значение λ_{\max} матрицы суждений W .

Индекс согласованности IS определяется из выражения

$$IS = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (5)$$

где λ_{\max} – наибольшее собственное значение матрицы суждений.

Для обратносимметричной матрицы всегда выполняется условие $\lambda_{\max} \geq n$.

Отношение согласия определяется из выражения

$$OS = \frac{IS}{CS}, \quad (6)$$

где CS – случайная согласованность.

Случайная согласованность является табличной величиной и зависит от количества сравниваемых элементов. Ее значения приведены в табл. 5.

Таблица 5. Значения случайной согласованности для разных размеров матрицы согласий

Размер матрицы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Случайная согласованность	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Величина отношения согласованности не должна превышать 10 – 20 %, если данное значение выходит за указанные границы, участникам аналитической группы целесообразно исследовать задачу повторно и проверить

свои суждения.

После проведения указанных расчетов по всем уровням иерархии необходимо выполнить их синтез, то есть определить рейтинг каждой альтернативной технологической схемы.

Для этого приоритеты синтезируются, начиная со второго уровня иерархии. Локальные приоритеты перемножаются на приоритет соответствующего критерия на вышестоящем уровне и суммируются по каждому элементу в соответствии с критериями, на которые воздействует этот элемент. Каждый элемент второго уровня умножается на единицу, то есть на вес единственной цели самого верхнего уровня. Это дает составной (глобальный) приоритет того элемента, который затем используется для взвешивания локальных приоритетов элементов, сравниваемых по отношению к нему как к критерию и расположенных уровнем ниже. Данная процедура продолжается до самого нижнего уровня иерархии.

В таблице 6 представлена матрица

Таблица 6. Заполненная матрица парных сравнений значимости факторов для второго уровня иерархии

Факторы	Финансовое состояние	Первоначальные затраты	Соответствие проекту	Техническое состояние	Эксплуатационные затраты	Обеспечение безопасности	Соответствие условиям применения	Производительность	Вектор приоритетов
Финансовое состояние	1,000	5,000	3,000	0,333	2,000	0,143	0,333	0,250	0,074
Первоначальные затраты	0,200	1,000	0,333	0,200	0,500	0,200	0,125	0,200	0,027
Соответствие проекту	0,333	3,000	1,000	6,000	3,000	0,333	2,000	0,200	0,107
Техническое состояние	3,000	5,000	0,167	1,000	0,333	0,250	0,143	0,125	0,048
Эксплуатационные затраты	0,500	2,000	0,333	3,000	1,000	0,500	0,200	0,500	0,066
Обеспечение безопасности	7,000	5,000	3,000	4,000	2,000	1,000	3,000	2,000	0,280
Соответствие условиям применения	3,000	8,000	0,500	7,000	5,000	0,333	1,000	2,000	0,195
Производительность	4,000	5,000	5,000	8,000	2,000	0,500	0,500	1,000	0,204
Собственное значение									$\lambda_{\max} = 9,815$
Индекс согласованности									ИС = 0,259
Отношение согласованности									ОС = 0,184

Таблица 7. Результаты сравнения альтернативных технологических схем проведения горных выработок по выбранным факторам

Финансовое состояние	А Б В			Вектор приоритетов	Эксплуатационные затраты	А Б В			Вектор приоритетов
	А	Б	В			А	Б	В	
А	1,00	5,00	8,00		А	1,00	0,25	0,50	
Б	0,20	1,00	2,00		Б	4,00	1,00	2,00	
В	0,13	0,50	1,00		В	2,00	0,50	1,00	

парных сравнений для второго уровня иерархии, которая содержит восемь факторов, влияющих на выбор технологической схемы, а также результаты выполненных расчетов: значений вектора приоритетов, наибольшего собственного значения матрицы суждений (λ_{\max}), индекса согласованности (ИС) и отношения согласованности (ОС).

Результаты расчетов векторов приоритетов, собственных значений матрицы суждений, индекса согласованности и отношения согласованности для третьего уровня иерархии приведены в табл. 7.

			$\lambda_{max} = 3,006$ $ИС = 0,003$ $ОС = 0,005$			$\lambda_{max} = 3,000$ $ИС = 0,000$ $ОС = 0,000$
Первоначальные затраты	А Б В	Вектор приоритетов	Обеспечение безопасности	А Б В	Вектор приоритетов	
А Б В	1,00 4,00 8,00 0,25 1,00 2,00 0,13 0,50 1,00	$\lambda_{max} = 3,000$ $ИС = 0,000$ $ОС = 0,000$	А Б В	1,00 0,50 0,33 2,00 1,00 0,50 3,00 2,00 1,00	$\lambda_{max} = 3,009$ $ИС = 0,005$ $ОС = 0,008$	
Соответствие проекту	А Б В	Вектор приоритетов	Соответствие условиям применения	А Б В	Вектор приоритетов	
А Б В	1,00 2,00 3,00 0,50 1,00 2,00 0,33 0,50 1,00	$\lambda_{max} = 3,009$ $ИС = 0,005$ $ОС = 0,008$	А Б В	1,00 3,00 2,00 0,33 1,00 2,00 0,50 0,50 1,00	$\lambda_{max} = 3,136$ $ИС = 0,068$ $ОС = 0,117$	

Окончание табл. 7

Техническое состояние	А Б В	Вектор приоритетов	Производительность	А Б В	Вектор приоритетов
А Б В	1,00 0,50 2,00 2,00 1,00 2,00 0,50 0,50 1,00	$\lambda_{max} = 3,054$ $ИС = 0,027$ $ОС = 0,046$	А Б В	1,00 2,00 4,00 0,50 1,00 2,00 0,25 0,50 1,00	$\lambda_{max} = 3,000$ $ИС = 0,000$ $ОС = 0,000$

Перемножая значимости факторов на соответствующие компоненты векторов приоритетов сравниваемых технологических схем и суммируя их, получаем количественные значения обобщенных приоритетов. Они характеризуют в окончательном виде значимость каждой альтернативной технологической схемы. Результаты

расчетов обобщенных приоритетов сравнения альтернативных технологических схем проведения горных выработок, из которых виден окончательный результат реализации предложенной в работе методики выбора наиболее целесообразной технологической схемы, представлены в табл. 8.

Таблица 8. Результаты расчетов обобщенных приоритетов сравнения альтернативных технологических схем проведения горных выработок

Технологическая схема	Значимость фактора								Обобщенные приоритеты
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8	
	0,074	0,027	0,107	0,048	0,066	0,280	0,195	0,204	
Приоритеты технологических схем									
А	0,055	0,019	0,058	0,015	0,009	0,046	0,107	0,116	0,426

Б	0,012	0,005	0,032	0,024	0,038	0,083	0,051	0,058	0,303
В	0,006	0,002	0,018	0,009	0,019	0,151	0,037	0,029	0,272

Как следует из последнего столбца табл. 8, наибольший обобщенный приоритет имеет технологическая схема «А». То есть при заданных горно-геологических, горнотехнических и экономических условиях проходки штрека (угол наклона $\alpha = 0^\circ$, площадь поперечного сечения выработки $S_{св} = 13,8 \text{ м}^2$, коэффициент присечки пород $K_n = 0,35$, коэффициент крепости пород по шкале проф. М.М. Протодьяконова $f = 6$) и сложившемся экономическом положении шахты наиболее рационально применять технологическую схему «А», которая предусматривает использование следующего горнопроходческого оборудования: проходческого комбайна КСП-32, ленточного перегружателя КВТ, ленточного конвейера ЛТП-1000, напочвенной дороги ДНК, маневровой лебедки ЛВ-25, вентилятора местного проветривания ВМ-6. Таким образом, предложенная в работе методика позволяет выбрать целесообразную технологическую схему из числа альтернативных.

Выводы. Подводя итог выполненному исследованию, следует отметить, что анализ значимости каждого из определяющих факторов по отношению к анализируемой технологической схеме производится с целью формирования альтернативных вариантов инвестиционных проектов для дальнейшей оптимизации их параметров. Предложенная методика позволяет однозначно установить, какой вариант технологической схемы наиболее эффективен при заданных условиях воспроизводства мощности угледобывающего предприятия, для которого разрабатывается инвестиционный проект. Методика выбора рациональных технологических

схем, основанная на системном подходе, позволяет обоснованно учитывать оценки специалистов-аналитиков, основанные на их знаниях и производственном опыте. Кроме того, она позволяет учесть влияние на принятие эффективного решения всего разнообразия факторов: экономических, организационных, социальных, горнотехнических и горно-геологических. Она полезна как для угледобывающих предприятий, финансовые возможности которых позволяют приобретать современное технологическое оборудование, так и для предприятий, использующих для производства очистных и горнопроходческих работ только имеющееся в их распоряжении оборудование.

Отметим, что на основе анализа экспертного опроса о значимости критериев оптимальности может быть сделан вывод о том, что один критерий оптимальности является определяющим для одного или нескольких искомых параметров и одновременно окажется незначимым для других. В целом каждой альтернативной технологической схеме соответствуют разные оценки в зависимости от конкретного критерия. В связи с отмеченным представляется целесообразным поиск способа отсева второстепенных (заранее не рациональных) вариантов технологических схем. Но эта задача является скорее чисто технологической, чем экономической.

Литература

1. Губени Ю., Грон Я., Сватош М. Современные методы анализа среды и их использование в стратегическом менеджменте // Экономика Украины. – 1999. – № 10. – С. 90–94.

2. Saaty Thomas L., Luis G., Vargas A. Note on Estimating Technological Coefficients by Hierarchical Measurement. *Socio-Economic Planning Science*. 13, 1979.

—
P. 333-336.

3. Saaty Thomas L. *Decision Making for Leaders*. Belmont. CA: Wadsworth. — 1982. — 143 p.

4. Саати Т.Л. Математические модели конфликтных ситуаций: Пер. с англ. / Под ред. И. А. Ушакова. — М.: Сов. радио, 1977. — 304 с.

5. Simon H. The Architecture of Complexity, in *Yearbook of the Society for General Systems Research*, Ludwig von Bertalanffy and Anatol Rappoport (eds.), 1965. — P. 63-76.

6. Сапицкий К.Ф., Танг В.Т. Методика выбора целесообразных технологических схем разработки угольных месторождений бассейна Куанг-Нинь (Вьетнам) // *Известия Донецкого горного института*. — №1(7). — 1998. — С. 9-13.

7. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1991. — 224 с.

8. Воспроизводство вскрытых и подготовка новых запасов угля на шахтах / М.И. Устинов, В.П. Федоров, А.И. Шор и др. / Под ред. Н.К. Гринько. — М.: Недра, 1990. — 352 с.

9. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. — М.: Статистика, 1980. — 263 с.

10. Saaty Thomas L. (1977) *The Sudan Transport Study*. *Interfaces*, 8. — № 1. — P. 37-57.

11. Saaty T., Mariano K. *Rationing Energy to Industries: Priorities and Input-Output Dependence*. *Energy Systems and Policy*. — 8. — 1979. — P. 85-111.

