АКАДЕМИЯ НАУК СССР
Сектор физико-технических горных проблем
ордена Ленина Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта

УКАЗАНИЯ

ПО ПОЭТАПНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ШАХТ

(Инструкция по поэтапному проектированию технологических схем и параметров угольных шахт)

Москва
1973

gost.e-ecolog.ru

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СЕКТОР ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПРОБЛЕМ
ОРДЕНА ЛЕНИНА ИНСТИТУТА ФИЗИКИ ЗЕМЛИ им. О.Ю.ШМИДТА

У К А З А Н И Я

ПО ПОЭТАПНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ШАХТ

(Инструкция по поэтапному проектированию технологических схем и параметров угольных шахт)

МОСКВА

1973

АННОТАЦИЯ

Методические указания касаются только особенностей проектирования угольных шахт в связи с введением понятия поэтапности. В частности, в работе приведены определение понятия этапа, методика расчета длительности этапа с учетом влияния отдельных факторов, результаты исследований по конкретной оценке этапов в развитии шахт Донбасса и Кузбасса. Изложены особенности принятия технологических решений и оптимизации их при поэтапном проектировании, предлагаются критерий оптимальности и целевая функция с учетом развития шахт по этапам. Даны методические указания по новому интегральному способу оценки технико-экономической эффективности проектов угольных шахт.

Методические указания предназначаются проектным и исследовательским институтам, шахтам, занимающимся проектированием и перспективным планированием.

Методические указания разрабатывались под руководством академика Мельникова Н.В. при участии следующих научных сотрудников: д.т.н. Бурчакова А.С., к.э.н. Коковякиной В.Ф., к.т.н. Бишеле И.В., горн. инж. Паринова А.С. (СФТТП ИФЗ АН СССР), д.т.н. Харченко В.А., д.т.н. Малкина А.С. (МГИ).

I. ОБОСНОВАНИЕ ПОЭТАПНОГО ПОДХОДА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Существующая практика проектирования угольных шахт основывается на длительно детерминированной информации, исходит из представления о параметрах шахт (схема вскрытия и подготовки, схема вентиляции и транспорта, подъем и технологический комплекс на поверхности, производственная мощность шахты и пропускные способности околоствольных дворов, подъемов и т.д.) как неизменных в течение всего срока службы шахты, т.е. 40-60 и более лет. Между тем изменение горногеологических условий с переходом горных работ на последующие участки месторождений, развитие технического прогресса приходят в противоречие с указанными статическими предпосылками. В результате еще на стадии строительства шахты приходится пересматривать ряд ранее принятых решений, что нередко требует выполнения дополнительных объемов работ. В Московском горном институте, Институте физики Земли АН СССР (СФТГП) исследована динамика изменения основных количественных параметров на действующих и проектируемых шахтах, разрабатывающих пласты пологого падения Кузнецкого и Донецкого бассейнов. Результаты исследований свидетельствуют, что за последние 10 лет производственная мощность одной шахты в среднем выросла в Кузбассе на 25%, длина лавы по Украинскому Донбассу выросла на 18%, скорость подвигания очистных забоев увеличилась на 13%. Более значительно возрастала нагрузка на очистные забои, которая в 1970 г. составила на шахтах мощностью более 0,9 млн.т/год 76 тыс.м^2/год против 50 тыс.м^2/год в 1958 г.

Указанные параметры существенно влияют на выбор схемных решений по технологической схеме, а также на выбор параметров стационарных технологических узлов шахты, машин и установок. Поэтому моральное старение уровня основных параметров шахты влечет за собой необходимость пересмотра многих решений, переоборудования и реконструкции технологических узлов, тем более, что соответствующие этим узлам средства механизации имеют не меньшие темпы совершенствования. За каждые 10 лет техническая производительность средств выемки и доставки возрастала на 40-50%, подъемных машин на 40% и т.д.

В этих условиях оказывается одинаково необоснованным, нерациональным и, как правило, невыгодным как проектирование заниженного и недостаточно прогрессивного уровня параметров шахты, так и проектирование и расчет их, исходя из условий работы шахты в слишком отдаленном будущем. В частности, нельзя считать оправданным проектирование параметров системы проветривания, вскрывающих выработок и др. с расчетом их соответствия в период работы шахты через 30-50 лет.

Отрицательные последствия противоречий статического подхода к проектированию и оптимизации параметров шахты с их динамикой в значительной мере устраняются при использовании концепции поэтапности проектирования и развития шахты. Принципиальные моменты этой концепции можно сформулировать следующим образом:

- раз установленные качественные и количественные параметры шахты не считаются обязательными на весь срок существования предприятия;

- существуют некоторые интервалы времени - этапы, в пределах

которых основные параметры технологии (элементы схемы вскрытия, вентиляции, подъема, технологического комплекса на поверхности, мощность шахты, размеры отрабатываемых полей и т.д.) могут оставаться неизменными, не оказывая при этом отрицательного влияния на эффективность работы шахты;

- обоснование параметров технологии производится в единстве интересов каждого отдельного этапа и дальнейшего развития шахты на последующих этапах;

- установление и обоснование параметров шахты на каждом этапе производится на базе прогрессивных тенденций развития техники, технологии и организации производства на шахтах, тенденций народнохозяйственных потреблений.

Эти положения отражают требования динамичности проектирования, дискретности и вместе с тем непрерывной связности отдельных этапов развития шахты, прогрессивности параметров и актуальности целей развития шахты.

Любой проект шахты ориентирован в своей реализации в будущее, проект всегда - предприятие будущего. Поэтому решения проекта должны всегда отличаться достаточной устойчивостью к старению, соответствовать обстоятельствам и требованиям будущего. В противном случае становится правилом появление на только что построенных шахтах непрогрессивных технологических звеньев, "узких" мест, сдерживающих работу всей технологической цепочки, которые в конце концов вынудят сравнительно скорую реконструкцию. Огромное экономическое значение имеет частичное или полное устранение такой необходимости. По существу поэтапный подход в проектировании позволяет рассматривать планируемым, упорядоченным процесс совершенствования

технологии шахты, обновления и развития организационно-технической базы предприятия, исключает случайные переходы к реконструкции. Уже в техническом проекте шахты устанавливается длительность эффективной эксплуатации основных элементов технологии, предполагаются сроки начала перехода на более прогрессивные параметры (схемы и средства механизации производственных процессов, нагрузка на очистные забои, мощность шахты, параметры горных машин и т.д.). Это обуславливает возможность выбора наиболее приемлемого момента в развитии горных работ на шахте:переход к отработке нового горизонта,угольного пласта,панели и т.д.

Своевременная разработка проекта на переходный период и предстоящий этап, заказ нового оборудования, создание необходимого объема материалов, согласование заявок и т.д. обеспечивают в этом случае минимальную продолжительность горно-строительных и монтажных работ, не оказывая отрицательного воздействия на текущую работу шахты.

Таким образом проблема устойчивой стабилизации основных проектных решений, качественных и количественных параметров проектируемой шахты на уровне оптимальных с позиций любого периода ее эксплуатации может быть реализована с помощью идеи поэтапного проектирования.

П. ПОНЯТИЕ ЭТАПА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕННОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РАЗМЕРНОСТИ ЭТАПА

Метод поэтапного проектирования предусматривает конструирование технологической схемы угольной шахты, как развивающейся системы с оптимальным управлением в течение всего срока службы. Идея

создания данного метода проектирования заключается в возможности выбора наилучших сочетаний основных технологических параметров угольных шахт, которые бы характеризовали поведение системы в будущем, а более конкретно в течение некоторых научно обоснованных этапов жизни угольного предприятия в условиях влияния постоянного изменения природных, технологических и экономических факторов.

Исходным моментом поэтапного проектирования является обоснование временной и пространственной размерностей этапа.

Под этапом проектирования угольных шахт понимается интервал времени, соответствующий отработке значительного количества запасов месторождения полезных ископаемых и регламентирующий деятельность шахты на достаточно длительный период, в течение которого не происходят существенные коренные изменения в методах ведения горных работ, схемах и способах вскрытия, подготовки, системах разработки, структуре комплексной механизации и компановке генерального плана шахты.

А) Определение временной размерности этапа

На длительность этапа проектирования конкретное влияния оказывают следующие факторы:

а) время эффективной эксплуатации $T_{э.э.}$ основных (базовых) элементов технологической схемы, таких, как схема вскрытия шахтного поля, схема и способы подготовки, схема вентиляции, схема транспорта, подъема и др;

б) периодичность реконструкции угольных шахт, являющаяся функцией многих технических и социально-экономических факторов отрасли и всего народного хозяйства;

в) обоснованная глубина прогнозирования проектной информации и технического прогресса в отрасли.

а) Определение времени эффективной эксплуатации $T_{э.э}$.

В основе определения сроков эффективной эксплуатации основных (базовых) элементов технологической схемы лежат статистические исследования. Эти исследования базируются на данных работы отечественных шахт в течение длительного времени, включая периоды неоднократных реконструкций. По некоторым шахтам материалы анализируются за весь срок службы, по другим за меньший период.

В общих чертах методика этих исследований заключается в следующих действиях:

- все технологические элементы шахты разбиваются на две группы:

I. Определяющая роль в обосновании длительности этапа отводится "долгожитию" основных базовых параметров шахты: элементов схемы вскрытия и подготовки, схем и средств общешахтного транспорта, схем технологического комплекса на поверхности, средств подъема, вентиляции, водоотлива и др. Поэтому прежде всего выделяются сведения, характеризующие эти основные технологические элементы шахты.

2. Вторая группа образуется из более частных и мобильных элементов технологических схем, в которую входят параметры систем разработки, средства и структуры механизации очистных и подготовительных работ и т.д.

- фиксируются фактические сроки начала эксплуатации $T_{н.э.}$ технологических схем шахты, ее элементов, оборудования, машин, установок и т.д., т.е. сроки начала промышленного использования проек-

тных решений. Эти сроки определяются, например, моментов сдачи шахты, горизонта, пласта, очистного забоя, линии транспорта и т.д. в работу;

одновременно устанавливаются причины, вызывающие те или иные мероприятия в ходе развития шахты и соответствующие им проектные решения, преимущества их перед другими альтернативными вариантами, анализируется фактическое соответствие реализуемых проектных решений поставленным целям.

По сведениям планово-статистических отделов шахт, диспетчерских отчетов выявляется степень освоения параметров технологических узлов шахты, средств механизации производственных процессов в части производительности, пропускной способности, трудоемкости и т.д;

- устанавливаются сроки технологического (функционального), физического или морального выбывания $T_в$ отдельных элементов технологической схемы на и с с л е дуемой шахте, изменения компановки технологической схемы, выбытия средств механизации и др. Одновременно устанавливаются моменты, когда стали наблюдаться случаи явного несоответствия параметров отдельных элементов технологичес - ких схем и средств механизации условиям дальнейшей эксплуатации и требованиям эффективной работы шахты. Эти разнообразные сведения, касающиеся, например, изменения схем транспорта, вентиляции, замены средств подъема, изменения функционального назначения горных выработок (транспорт угля - транспорт породы - вентиляция), изменения параметров горных выработок (сечение, пропускная способность, вид крепления) и др., выявляются из маркшейдерских и бухгалтерс - ких документов, из материалов по списанию оборудования, из материалов технических планов внедрения новой техники и развития шахты;

определяется фактическая продолжительность эффективной эк-

сплуатации реализуемых проектных решении $T_{э.э.}$:

$$T_{э.э.} = T_{в} - T_{н.э.}, \qquad (1)$$

где $T_{в}$ – время выбытия из эксплуатации конкретного технологического звена, тэхнического средства, технологической схемы на данной шахте, год;

$T_{н.э.}$ – время начала практической эксплуатации соответствующего проектного решения на данной шахте, год.

Период времени между $T_{н.э.}$ – началом эксплуатации отдельных элементов технологии и $T_{в.}$ – моментом осуществления мероприятий, вызвавших изменения, принимается за период стабильной и эффективной эксплуатации, названной "долгожитием" элемента – $T_{д}$.

– Полученные материалы группируются по однородным элементам технологических схем, видам средств механизации, типам машин и установок, по причинам выбытия их, по параметрам и требованиям условий эксплуатации, являющихся поводом отказа от дальнейшего использования элементов схем в неизменном виде и средств механизации.

– Вычисляются средние показатели "долгожития" реализуемых проектных решений, элементов технологических схем, технических средств по каждой группе элементов схем, шахт, средств механизации и т.д.

$$\overline{T}_{д.э.э} = \frac{\sum_{i=1} T_{э.э.}}{n}. \qquad (2)$$

– Производится вероятностный анализ полученных оценок "долгожития" по всей статистической совокупности, включающей в себя временные оценки по отдельным группам базовых элементов технологической схемы с целью определения надежности и достоверности этих оценок.

Вероятностный анализ производится по следующей методике:

I. По всей статистической совокупности, включающей все исследуемые группы элементов технологических схем шахт, строится вариационный ряд распределения оценок "долгожития".

2. Определяются основные эмпирические характеристики вариационного ряда.

3. Производится выравнивание эмпирической кривой распределения теоретической.

4. Определяется доверительный интервал полученного среднего значения"долгожития" в условиях всей совокупности.

Исследованиями, проведенными в МГИ и ИФЗ АН СССР, определены сроки "долгожития" отдельных элементов технологических схем шахт Кузнецкого, Донецкого бассейнов.

Результаты исследования "долгожития" элементов технологических схем шахт Кузбасса приведены в таблице I.

На оценку "долгожития" базовых элементов технологиии значительное влияние оказывает производственная мощность шахты и степень ее освоенности.

Это влияние должно учитываться при определении периодов эффективной эксплуатации исследуемых элементов и при определении доверительных интервалов величины математического ожидания $\bar{T}_д$ отдельно для групп шахт с производственной мощностью до I млн.т в год и свыше I млн.т в год.

Для шахт Кузбасса рекомендуются следующие оценки доверительных интервалов:

- по группе основных элементов технологической схемы: схема вскрытия (стволы, схема подъема, квершлаги, гезенки, наклонные выработки), схема подготовки (панельная схема и ее параметры, этаж-

ная и ее параметры, столбы по падению-восстанию и ее параметры, схема вентиляции (вентиляторная установка, генеральная схема горных выработок), технологический комплекс на поверхности, схема транспорта (общая компоновка транспортных магистралей шахты) и др.:

а) на крупных шахтах свыше I млн.т.год при среднем значении $\overline{T}_д$ = 2I,5 лет доверительный интервал составляет

$$20,3 < \overline{T}_д < 22,7 \text{ лет}; \qquad (3)$$

б) на шахтах с производственной мощностью до I млн.т.год при среднем значении $\overline{T}_д$ = I8,2 г. доверительный интервал составляет

$$I6,7 < \overline{T}_д < I9,7 \text{ лет}; \qquad (4)$$

- по группе более частных элементов технологических схем шахты, их параметрам, средствам механизации, их структурам и схемам: системы разработки (параметры систем, длина лавы, нагрузка на забой, подвигание очистного забоя, способы охраны штреков, средства механизации очистных работ и др.),способы и схемы проведения выработок (темпы, сечения выработок, средства механизации, крепления и др.), схемы подготовки (параметры панелей,выемочных столбов,этажей, порядок отработки выемочных участков), схема транспорта и приемно-отправительных операций на поверхности (средства механизации и организация работ) и др. Средняя оценка "долгожития" составляет

$$\overline{T}_д = 9 \text{ лет}. \qquad (5)$$

По материалам 58 шахт Донецкого бассейна установлены сроки "долгожития" схем вскрытия и подготовки, технологического комплекса на поверхности, шахтного подъема, центрального водоотлива и системы энергоснабжения шахт.

Средняя длительность периода "долгожития" по вышеуказанным технологическим звеньям шахт заключена в интервале I7 - I9 лет.

Таблица I

№ п/п	Наименование элементов технологической схемы шахты, средств механизации	К-во учтенных случаев	Пределы изменения величины "долгожития" по эффективной эксплуатации $T_д$	Среднее значение $T_д$	
I	2	3	4	5	6
I	Шахты, разрабатывающие пласты пологого падения с производственной мощностью>I,0 млн.т/год				
	А. Базовые элементы и параметры технологической схемы				
I	Вертикальные вскрывающие выработки	I2	I6-40	25	
2	Наклонные вскрывающие выработки	8	I5-28	24	В среднем по всем элементам осн. $\overline{T}_д$ = 22г
3	Горизонтальные вскрывающие и основные откаточные и вентиляционные магистральные выработки	I4	9-3I	I7	
4	Схемы подготовки и схемы транспорта	I0	I0-25	I8	
5	Околоствольные дворы	7	I8-34	24	
6	Технологический комплекс на поверхности	7	I8-36	26	
7	Стационарные установки и средства механизации подъема, водоотлива, вентиляции, транспорта	I4	I5-35	22	
П	Шахты, разрабатывающие пласты пологого падения с производственной мощностью < I,0 млн.т/год				

I	2	3	4	5	6
	А. Базовые элементы и параметры технологической схемы				
I	Вертикальные вскрывающие выработки	I4	I6-28	20	
2	Наклонные вскрывающие выработки	II	I0-28	I8	
3	Горизонтальные вскрывающие и основные откаточные и вентиляционные магистральные выработки	I6	8-24	I7	В среднем по всем элементам осн.
4	Схемы подготовки и схемы транспорта	I5	I2-25	I5	$T_д$=I9л.
5	Околоствольные дворы	8	I3-28	20	
6	Технологический комплекс на поверхности	8	I0-30	22	
7	Стационарные установки и средства механизации подъема, водоотлива, вентиляции, транспорта	I9	I2-28	I9	
	Г. Элементы схем подготовки, вентиляции, транспорта, систем разработки и средства механизации остальных производственных процессов (для всех групп шахт)				
I	Этажные и панельные капитальные выработки	I2	7-I2	9	В среднем по всем элементам осн. $T_д$=9 л.
2	Элементы систем разработки	I5	5-I2	8	
3	Средства транспорта	I6	8-25	9	
4	Средства механизации очистных и подготовительных забоев	I5	7-I5	I0	

Таблица 2

Наименование технологических звеньев	Аппроксимирующее уравнение	τ ср, лет
Схема вскрытия	$\tau = 4A\sqrt{A_ш} - 6,9A_ш - 0,667T\sqrt{T} + I,7T + 4,8\alpha + \frac{I3}{\alpha} - 2,I6\lambda\sqrt{\lambda} + 5,77$	I8
Схема подготовки	$\tau = 46 \cdot 2^{-0,I7t}$	I7
Технологический комплекс на поверхности	$\tau = 6,8A_ш - I,7A_ш^2 + 2,2T + \frac{7,2}{T} - I,45m + 8,8K_A - 2,2K_A^2 - 0,5$	I9
Подъем	$\tau = 4,5A_ш + I,3A_ш^2 + 5T - I,IT^2 + 4,2K_A - 0,9K_A^2 + 7,35lgH_p^к + I0,5$	I8
Водоотлив	$\tau = -I2,6A + 36IA^2 + 2,6H_p^к - 4,3n_{пл} + I,In_{пл}^2 + 2N_r - 0,9N_r + 27$	I8
Система энергоснабжения шахты	$\tau = -4,25A_ш + I,5A_ш^2 + 8,3T_ш - I,8T_ш^2 - 2K_A + 0,6K_A^2 + I3,5$	I7

В таблице 2 представлены корреляционные зависимости сроков "долгожития" ряда технологических звеньев шахт Донецкого бассейна от горногеологических и технических параметров шахты.

Принятые условные обозначения:

α – угол падения пластов, град;

m – мощность разрабатываемых пластов, м;

$n_{пл}$ – количество разрабатываемых ;

$N_г$ – количество горизонтов в шахтном поле;

$H_р^к$ – конечная глубина разработки, м;

λ – отношение размера шахтного поля по простиранию к размеру по падению;

$A_ш$ – проектная производственная мощность шахты, млн. т/год;

K_A – коэффициент прироста годовой производственной мощности шахты (по отношению к проектной);

T – проектный срок службы шахты, лет;

$$t = T_к - 1945, \text{ где} \qquad (6)$$

$T_к$ – календарный год ввода шахты в эксплуатацию.

б) Определение периодичности реконструкций угольных шахт.

Величина "долгожития" основных элементов технологических схем угольных шахт подверждается опытом реконструктивных работ на отечественных шахтах.

Период относительно стабильного развития шахт в существенной степени зависит от технического прогресса в области концентрации горных работ, в первую очередь нагрузки на шахты.

В период относительно стабильного развития шахт, фактический прирост нагрузки на шахту может превысить проектную мощность не

более чем на I5-20%, в основном за счет частичной модернизации отдельных технологических звеньев шахты, более высокого уровня использования оборудования.

Более существенному приросту фактической нагрузки должен предшествовать такой же прирост проектной мощности шахт с опережением на пятилетие.

Существенные изменения проектной мощности происходят редко, как следствие технического прогресса в отрасли.

Как показали исследования, циклы технического прогресса в целом по угольной промышленности повторяются через I5-20 лет, что собственно и определяет периодичность проведения реконструкций на шахтах.

Нарастание проектной мощности в такие периоды происходит скачкообразно, после проведения реконструкции.

Это и обуславливает проектирование шахт по этапам, динамическое развитие проектной мощности шахт.

Разработана методика по определению количества и длительности этапов на исследуемом отрезке времени существования шахт.

I. Исследуемая совокупность шахт определенного региона группируется в зависимости от сроков ввода их в эксплуатацию по пятилетиям (например; I956-I960гг., I96I-I965гг. и т.д.).

2. Группировку шахт по срокам ввода их в эксплуатацию следует производить с учетом размеров шахт по проектной мощности. Если шахты достаточно на много отличаются в оценке мощности, их следует разбить на подгруппы с $A_{пр}$ до I млн. т/год и $A_{пр} \geq$ I млн. т/год.

3. К исследованию принимаются шахты:

а) действующие и намечаемые к строительству в данном регио-

не в перспективе, но с утвержденными проектами;

б) действующие шахты за период своего развития должны иметь не менее одной реконструкции, крупной модернизации или вскрытие новых горизонтов (на базе новой технологии и техники выемки полезного ископаемого), существенно изменившиеся показатели эффективности работы шахты: проектную мощность, себестоимость, производительность труда.

4. Весь срок существования каждой шахты разбивается на условные этапы с оценкой их длительности: I этап-с момента ввода шахты в эксплуатацию до первой реконструкции, модернизации или вскрытия нового горизонта (пункт "б");II этап и последующие - отрезок времени (в годах) между двумя реконструкциями; длительность последнего этапа в развитии шахты, если этап не был ограничен вышеперечисленными проектными решениями или сроками окончания существования шахты, не определяется в виду неопределенности этих сроков.

5. По каждой группе шахт (или подгруппе) строятся ряды распределения и определяются основные статистические характеристики рядов распределений:

n_i^k - количество шахт в группе,

$\bar{\tau}_i^k$ - математическое ожидание продолжительности этапа,

$\pm\sigma_i^k$ - среднеквадратическая ошибка,

V_i^k - коэффициент вариации.

6. Строятся теоретические кривые распределения.

7. Производится качественный анализ полученных результатов, который позволяет увязать полученные оценки этапов с объективным ходом развития шахт и раскрыть причины возникновения этапов, той или иной длительности их.

Исследования, проведенные в Секторе ФТГП ИФЗ АН СССР, позво -

лили сделать ряд рекомендации по определению количества и длительности этапов в развитии шахт Донбасса.

Проведенный анализ по 109 шахтам Донбасса с сроками ввода в эксплуатацию в 1945-1985гг. позволил сделать следующие выводы:

1. Развитие шахт за этот период происходило по двум этапам, фиксированным крупными реконструкциями, по времени совпадающими с двумя циклами технического прогресса в угольной промышленности - 1950-1965гг. и 1965-1980гг.

2. Как показали исследования, длительность первых этапов по шахтам колеблется от 10 до 20 лет (таблица 3).

3. Длительность вторых этапов короче первых, но в сумме время протекания первого и второго этапов не выходят за рамки первого и второго циклов технического прогресса.

4. Длительность этапов, или периода между реконструкциями шахт, различная в зависимости от горногеологических факторов, технологических, в первую очередь - первоначальной проектной мощности шахт, и фактора времени.

5. В значительной степени определяющим фактором в оценке длительности этапов, как показали статистические исследования, является срок ввода шахт в эксплуатацию.

6. В зависимости от того, в какой момент времени вводится шахта в эксплуатацию - в начале цикла технического прогресса отрасли, в середине или в конце, длительность этапа сокращается либо совпадает с длительностью цикла.

7. Как правило, за один цикл технического прогресса проводится одна реконструкция.

8. Наблюдается тенденция к сокращению длительности этапов по шахтам, вводимым в эксплуатацию в более поздние десятилетия. Дли-

Таблица 3

Группы шахт	№ этапа	Основные статистические характеристики рядов распределений			
		n_i^x	$\bar{t}_i^x$	$\pm\sigma_i^x$	v_i^x
1945-1950 гг.	I	56	16,0	4,0	25,0
	II	48	12,0	3,0	25,0
1950-1955 гг.	I	23	11,0	2,2	22,0
	II	21	10,0	3,0	30,0
1955-1960 гг.	I	36	15,0	2,4	16,0
	II	5	9,0	1,3	15,0
1960-1965 гг.	I	7	13,0	-	-
1965-1970 гг.	II	11	10,0	-	-
Вся выборка	I	109	14,0	3,3	23,0
	II	72	11,0	3,2	28,0
	III	8	9,0	3,1	35,0

тельность первых этапов в 20 лет в основном наблюдается на шахтах, введенных в эксплуатацию до 1955 года, длительность вторых этапов на этих же шахтах составляет около 15 лет.

9. С увеличением проектной мощност шахт длительность этапа возрастает, наиболее интенсивно на шахтах с $A_{пр}$ - 900,0 тыс.т. (τ_i = 19-20 лет).

Получены корреляционные зависимости, позволяющие определить длительность I этапа в зависимости от первоначальной проектной мощности шахты (угла падения и мощности пласта).

$\bar{\tau}_1 = 12{,}0 + 0{,}006A^0_{пр}$ (7) $\alpha \leq 20^0$ $m < 0{,}9$ м

$\bar{\tau}_1 = 10{,}1 + 0{,}0056\ A^0_{пр}$ (8) $\alpha < 25^0$ $m > 0{,}9$ м

$\bar{\tau}_1 = 13{,}54 + 0{,}002A^0_{пр}$ (9) $\alpha \geq 25^0$ $m < 0{,}9$ м

10. Длительность этапа возрастает на шахтах с худшими горно-геологическими условиями, т.е. с $\alpha > 25^0$ и $m < 0{,}9$ м. Этот анализ подверждает то положение, что уровень технического прогресса в угольной промышленности не везде одинаков.

11. По всем указанным выборкам оценка длительности этапов распределяется по нормальному закону.

в) Обоснование глубины прогнозирования. Длительность этапа проектирования

Одним из основных моментов, характеризующих длительность этапа проектирования, является обоснование глубины прогнозирования проектной информации и технического прогресса в отрасли - $T_{п.г.}$

Существующие методы прогнозирования позволяют получать вполне достоверные закономерности развития основных элементов техники, технологии и показателей работы в отрасли на глубины 10-15 лет. С

другой стороны, удается производить прогнозирование уровня основных параметров шахты в пределах 20-30 лет. Однако при увеличении глубины прогнозирования более 25 лет степень достоверности любых представлений о будущем снижается .

Проектирование шахты связано с оптимизацией и экономической оценкой альтернативных решений на базе разработанных стоимостных парметров на горные и строительные работы, на ведение производственных процессов, на обеспечение их энергией, материалами ,оборудованием. Практика показывает, что достаточная точность и надежность разрабатываемых стоимостных параметров сохраняется на отрезке времени не более I0-I5 лет,после чего они должны быть скорректированы или разработаны вновь.

С учетом сказанного следует принять глубину прогноза от разработки проекта до "завершения" периода эффективной эксплуатации в пределах I5-20 лет.

С учетом обоснованной величины глубины прогнозирования $T_{п.г.}$, фактического "долголетия" основных (базовых) элементов технологии шахты $T_{д}^{осн.}$, межреконструктивных циклов, с учетом периода времени надежного применения стационарных значений стоимостных параметров при оптимизации проектных решений, длительность этапа проектирования - $T_{э.п.}$ принимается:

$$I5 \leqslant T^{I}_{э.п.} = f(T_{п.г.}; T_{д}^{осн.}; T_{рек.}; T_{опт.}) \leqslant 20 \text{ лет.} \quad (10)$$

Б) Обоснование пространственной размерности этапа

Под этапом проектирования понимается период времени I5-20лет, в течение которого отрабатывается достаточно большая часть шахтно-

го поля группы пластов, пласт, блок, крыло, панель, этаж), имеющая естественные или условные границы и характеризующаяся определенными запасами и горногеологическими условиями залегания угольных пластов.

Особенности разработки плана горных работ при поэтапном проектировании шахт

План развития горных работ играет доминирующую роль в определении пространственных технологических параметров этапа, топологии горных выработок, последовательности их проведения и т.д.

Перспективный план развития горных работ регламентирует деятельность шахты на длительный период, в течение которого не могут произойти существенные, коренные изменения в методах ведения горных работ, схеме вскрытия, подготовки, а следовательно, и в результативности производства.

Для разработки перспективного плана развития горных работ, в результате которого выделяются запасы, отрабатываемые за этап, необходимо знать (предположительно) основные параметры шахты: мощность шахты, длину лавы, схемы вскрытия и подготовки и др. Эти сведения на стадии определения пространственных параметров этапа устанавливаются с помощью ряда математических методов, позволяющих предварительно определить прогрессивный и экономичный уровень указанных параметров.

Предварительно первый этап в развитии шахты представляется частью шахтного поля с объемом промышленных запасов:

$$Z_{\text{пр.эп.}} = A^{\text{прг}}_{\text{г.ш.}} \cdot T_{\text{эп.}}, \qquad (11)$$

где $A^{\text{прг.}}_{\text{г.ш.}}$ – прогрессивный уровень производственной мощности шахты, млн.т/год.

С большей условностью, чем для первого этапа, подобным образом определяются запасы для второго и третьего этапов. Отнесение к тому или иному этапу конкретных угольных пластов дает возможность наметить основные проектные решения, определяющие технологическую схему шахты.

Любой этап эксплуатации шахты можно определенно характеризовать как развитие горных работ лишь вместе с другими необходимыми технологическими процессами: подземный транспорт, вентиляция, подъем, технологические процессы на поверхности шахты, водоотлив, очистные работы и др. Лишь во взаимодействии этих и других технологических процессов реализуется тот или иной план развития горных работ.

Выделение в качестве этапа проектирования какого-либо отрезка времени вместе с соответствующим пространственным эквивалентом шахтного поля позволяет в общем случае выполнить условие максимальной независимости между этапами в отношении горных работ и, следовательно, упростить оптимизацию показателей как на этапе, так и за весь срок службы шахты.

Однако это условие может быть выполнено только в результате технико-экономических расчетов и сравнений при оптимизации проектных решений за период, больший одного этапа (два, три).

Нельзя допускать экономически неоправданной автономности этапов. В задачу поэтапного проектирования развития горных работ входит обеспечение наилучших технико-экономических показателей как в планируемый период (в пределах рассматриваемой части шахтного поля, этапа), так и до конца отработки всех запасов поля, т.е. результаты работы в рассматриваемой части шахтного поля (этапе) не должны оказывать отрицательного влияния на результаты работы в после -

дующие периоды.

Перспективный план развития горных работ следует рассматривать как динамическую модель шахты, позволяющую учитывать результаты работы предприятия как на ближайшем этапе, так и за все оставшееся время деятельности шахты.

Ш. ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПОЭТАПНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Использование при поэтапном проектировании статистической информации по-иному ставит проблему оптимизации проектных решений и параметров шахты на каждом этапе развития.

В частности, несравнимо возрастает размерность (за счет данных, изменяющихся во времени) и особенно объем экономико-математической модели на каждом этапе. Количество просчетов модели возрастает пропорционально диапазону изменения каждого из количественных параметров, представляемых в модели статистически, и шагу изменения. Возникает потребность понижения размерности и объема модели особенно при проектировании шахт в условиях сложных свитообразных месторождений.

В этих случаях число принимаемых в сравнение технологических схем, обуславливаемое возможными вариантами вскрытия, подготовки, систем разработки, схем транспорта и вентиляции и т.д., а также стремлением надежно выбрать параметры шахты на длительный период времени, особенно велико.

а) Сущность метода последовательной оптимизации

Задача оптимизации модели поэтапного проектирования в целом

становится решаемой при расчленении ее на две связанные последовательные части. Первая часть задачи связана с преимущественным применением логических методов обоснования, с инженерным анализом большого числа конкурирующих комбинаций параметров, требует большого участия человека в подготовке исходных данных и в самих расчетах .

Вторая часть задачи характеризуется преимущественным использованием численных методов и требует использования достаточно мощной вычислительной машины, причем участие человека в расчетах незначительно.

Методика выбора рациональных схем и способов вскрытия и подготовки, принимаемых к оптимизации, предусматривает последовательный системно-структурный анализ всех качественно отличных вариантов.

Учитывая, что субъективные факторы (интуитивное мышление,опыт, индивидуальные способности исследователей) оказывают значительное влияние на выбор отдельных решений на стадии логического анализа и систематизации сохраняется возможно большее число вариантов для дальнейших исследований, а сокращаются только заведомо нецелесообразные варианты, по определенным критериям.

На следующей стадии на основе сгруппированных вариантов и принципиальной структуры модели разрабатываются экономико-математические модели шахты для выбора качественных параметров шахты при постоянных количественных параметрах - с т атические модели, позволяющие с позиций принятого экономического критерия оптимизации оценить и сравнить как технологические схемы между собой, так и возможные для них расчетные варианты при некоторых постоянных количественных параметрах шахты и элементах схемы.

Экономико-математическая модель технологической схемы шахты,

позволяющая экономически оценить расчетные варианты при переменных количественных параметрах шахты и элементах схемы, называется динамической моделью. При этом каждое сочетание количественно различающихся элементов технологической схемы или параметров шахты называется машинным вариантом.

На стадии экономических сравнений технологических схем с помощью статической модели (обсчета и сравнения) одновременно производится оптимизация проектных решений на отдельных элементах схем, т.е. оптимизация расчетных вариантов (полевая или пластовая подготовка; система разработки сплошная или столбовая, порядок отработки выемочных полей прямой или обратный и т.д.).

Таким образом, статическая модель является орудием экономически обоснованного сокращения расчетных вариантов и отбора технологических схем для дальнейшей детальной оптимизации с помощью *динамической модели и обсчета всех машинных вариантов.*

После обсчета технологических схем и определения для каждой из них целевой функции (приведенные затраты, разница между ценой и затратами и др.) выделяется группа неэффективных технологических схем (со всеми им присущими расчетными вариантами), которые дальнейшей количественной (с помощью динамической модели) оптимизации уже не подвергаются. Группа оставшихся схем, близких по эффективности к оптимальной, подлежит детальному техническому анализу. Из этой группы технологических схем выделяются наиболее эффективные и типичные, являющиеся базовыми в предстоящих исследованиях.

Анализ результатов исследований на ЭВМ позволяет установить оптимальные качественные параметры шахт (технологическая схема) с оптимальными ее количественными параметрами.

При этом представляется возможность сравнить разные техноло -

гическим схемы шахты во всем диапазоне изменения переменных параметров: мощность шахты, нагрузка на очистной забой, длина лавы, подвигание очистного забоя, размеры панелей и пр.

Порядок последовательной оптимизации проектных решений шахты представляется в следующем виде:

I. В условиях конкретного месторождения устанавливаются варианты технологических схем шахты (вскрытие- подготовка- система-разработки- схема вентиляции- схема и вид транспорта -подъема и т. д.).

2. На следующей стадии на базе ТЭТ и исходных технологичес - ких данных эскизно разрабатываются схемы и способы вскрытия,под - готовки, транспорта и вентиляци... Для каждой технологической схемы шахты в отдельности составляются блок-схема возможных и отве - чающих технико-экономическим требованиям проектных решений.

3. Производится сравнение целесообразности, прогрессивности и экономичности вариантов по отдельным элементам технологических схем, а также по отдельным производственным процессам (вскрытие , подготовка шахтного поля, способ подготовки, система разработки, механизация очистных работ, вид транспорта, вид подъема и т.д.).

4. На следующей стадии производится не только сокращение общего количества расчетных вариантов у каждой технологической схемы шахты, но и числа конкурирующих технологических схем. Эта стадия анализа осуществляется на базе ограничения количества вариантов технологических схем аналитическим методом выбора наиболее предпочтительных вариантов - методом теории принятия решений и затем статических моделей конкурирующих технологических схем.

5. Для каждой из отобранных технологических схем составляется "динамическая" экономико-математическая модель критерия оптимизации в функции от постоянных и переменных качественных и количественных параметров и аргументов.

6. Составляется алгоритм оптимизации модели и программа реализации этого алгоритма на электронно-вычислительной машине.

7. Производится анализ оптимальных вариантов для отдельных технологических схем, после чего отобранные оптимальные варианты конкурирующих технологических схем сравниваются между собой.

8. Оптимизация завершается выбором одного или двух вариантов технологических схем при оптимальных параметрах для дальнейшей проектной разработки и комплексной оценки готовых проектов.

Последовательная оптимизация проектных решений остается комплексной оптимизацией на стадии статистических обсчетов моделей технологических схем и на стадии обсчетов с варьированием численных значений параметров схем. Поэтому надежность выбора проектных решений в результате последовательной оптимизации не только не снижается, а повышается. Эти решения оказываются организационно и технически более обоснованными, более конкретными. Одновременно метод последовательной оптимизации экономико-математических моделей шахты позволяет избежать чрезвычайно большой подготовительной технической, вычислительной и логической работы, чрезвычайно громоздких алгоритмов и программ реализации моделей на машине. Если при условно оптимальных значениях параметров отдельных элементов технологической схемы она все же значительно уступает другим схемам при изменении параметров, вероятность получения некоторой комбинации значений этих параметров, улучшающей технологическую схему по сравнению с лучшими при статическом

обсчете, очень мала.

Особенно важным при последовательной оптимизации параметров шахты является то, что при этом переносится центр внимания на численные оценки на наиболее важные и дорогостоящие элементы технологических схем шахты; схемы вскрытия, схемы транспорта и вентиляции, схемы подготовки (горные выработки), технологический комплекс на поверхности (здания и сооружения и т.д.)

б) Критерий оптимальности проектных решений

Сопоставление вариантов технических решений для выбора оптимального сочетания основных параметров проектируемой шахты производится путем расчета сравнительной экономической эффективности *капитальных вложений*. В качестве основного критерия сравнительной экономической эффективности при оптимизации вариантов строительства шахты "Отраслевой методикой определения экономической эффективности капитальных вложений в угольную промышленность" рекомендуется принимать затраты с приведением во времени как капитальных, так и эксплуатационных затрат.

$$S_{пр} = C_i + E_н K_i \rightarrow min, \qquad (12)$$

где C_i – суммарные эксплуатационные затраты по себестоимости на единицу продукции (руб/т) или на годовой выпуск продукции по i-му варианту, руб.;

K_i – капитальные затраты на I т годовой добычи или суммарные по i-му варианту шахты, руб.;

$E_н$ – нормативный отраслевой коэффициент эффективности, при помощи которого капитальные вложения "приводятся" к сопоставимому виду с себестоимостью продукции $E_н = 0,1$.

Сравнение вариантов, в которых капитальные вложения осуществляются в разные сроки, а текущие затраты изменяются во времени, производится с учетом фактора времени.

Оценка сравнительной эффективности вариантов должна производится по сумме затрат за достаточно длительный расчетный период, путем приведения капитальных и эксплуатационных затрат каждого года строительства и эксплуатации шахты к единому моменту времени. В качестве периода суммирования затрат, т.е. периода оптимизации, целесообразно принимать величину длительности этапа в развитии шахты, т.е. $T_{э.пр.}$ = 15-20 лет, а за момент приведения - начало строительства шахты (по варианту, имеющему самый ранний срок строительства).

Формулы приведения имеют вид:

$$K_{пр} = K_I + \frac{K_2}{I + E_{нп}} + \ldots + \frac{K}{I+E_{нп}}, \qquad (13)$$

$$K_{пр} = \sum_{t=0}^{t=\tau} K \left(\frac{I}{I+ E_{нп}}\right)^t, \qquad (14)$$

$$C_{пр} = C_I + \frac{C_2}{I+E_{нп}} + \ldots + \frac{C_t}{(I + E_{нп})^t}, \qquad (15)$$

$$C_{пр} = \sum_{t=0}^{t=\tau} C \left(\frac{I}{I+ E_{нп}}\right)^t, \qquad (16)$$

где $K_{пр}$ и $C_{пр}$ - соответственно капитальные и эксплуатационные затраты, приведенные к началу строительства, тыс. руб.;

K_I, K_2,...,K_t - соответственно капитальные и эксплуатационные

C_1, C_2,..., C_t — затраты в I-ом, 2-ом... t-ом порядковых годах, тыс.руб.;

$E_{нп}$ — народнохозяйственный норматив для приведения разновременных затрат, $E_{нп} = 0{,}08$.

Оптимальный вариант выбирается по минимуму приведенных затрат

$$S_{пр.i} = \sum_{t=0}^{t=T} C_t \left(\frac{1}{1+E_{нп}}\right)^t + E_н \sum_{t=0}^{t=T} K_t \left(\frac{1}{1+E_{нп}}\right)^t. \qquad (17)$$

В случаях, когда рассматриваемые варианты различаются между собой по объему добычи и качеству угля, а также при попутной добыче и реализации угля в процессе строительства, в качестве критерия сравнительной оценки эффективности капитальных вложений (использования основных фондов) рекомендуется показатель, основанный на прибыли. Критерий, базирующийся на прибыли (в специальном широком толковании), не противоречит основному критерию приведенных затрат и имеет следующий общий вид:

$$П_i = Ц_i - (C_i + E_н K_i), \qquad (18)$$

где $П_i$ — прибыль по варианту (или экономический эффект) в расчете на единицу продукции или на годовой объем продукции;

$Ц_i$ — результат производства — цена единицы продукции или сумма реализации годового объема товарной продукции;

C_i — себестоимость единицы продукции или годового объема товарной продукции;

K_i — капиталовложения (или стоимость производственных фондов предприятия) по варианту в расчете на I т добычи или суммарный годовой объем добычи;

$E_н$ — норматив эффективности капвложений (норматив платы за производственные фонды);

$(C_i + E_н K_i)$ — полные производственные затраты на единицу или на го-

довой объем продукции.

Естественно, что данный показатель может быть рассчитан за период оптимизации простым суммированием цены и затрат с приведением во времени.

При наличии равноценных (по показателю приведенных затрат) вариантов, оценка их осуществляется по комплексу дополнительных критериев, в качестве которых могут быть приняты: производительность труда, объем капиталовложений, размер прибыли, уровень рентабельности производства, сроки ввода объекта в эксплуатацию, качество угля и другие в зависимости от постановки решаемой задачи.

Поэтапный подход в проектировании требует сопоставления конкурирующих управлений не только с точки зрения какого-либо момента работы шахты, но и с точки зрения одного-двух этапов. Это, естественно, относится лишь к выбору основных длительно действующих решений. Стоимостную оценку таких решений, т.е. проектных решений, определяющих в конечном счете длительную прогрессивность и эффективность проектов шахт, необходимо производить с позиций изменяющихся во времени стоимостных параметров.

в) Целевая функция экономико-математической модели при поэтапном проектировании.

Принципиально, экономико-математическая модель поэтапного проектирования развития шахты и планирования при этом горных работ представляется следующим образом. Весь срок службы шахты разбивается на N этапов длительностью 15-20 лет, каждому из которых соответствуют некоторые участки шахтного поля с некоторым количеством запасов.

Состояние шахты, с точки зрения целевой функции, на первом этапе развития характеризуется производственными фондами и эксплуатационными расходами, связанными с ведением разработки и использованием фондов. Переходное состояние (конец первого и начало второго этапа) шахты характеризуется созданными на шахте фондами к концу первого этапа и затратами на их эксплуатацию, а также вновь вкладываемыми капитальными средствами вместе с расходами на их использование в форме создаваемых фондов при работе шахты на втором этапе.

Целевая функция экономико-математической модели оптимизации качественных и количественных параметров шахты представляет собой сумму приведенных затрат на отработку всех запасов, разбитых на N этапов и имеет следующий вид.

На первом этапе целевая функция будет иметь вид:

$$S^{(1э.п.)} = \min \sum_{\substack{i=1 \\ j=1 \\ t=0}}^{\substack{i=m \\ j=n \\ t=\tau_1}} (C_{ijt}^{(I)} + E_н \cdot K_{ijt}^{(I)}) \frac{I}{(I + E_{нп})^t}. \qquad (19)$$

На первом и втором этапах:

$$S^{(1,2\,э.п.)} = \min \sum_{\substack{i=1 \\ j=1 \\ t=0}}^{\substack{i=m \\ j=n \\ t=\tau_2}} \left[E_н \Phi_{ij}^{K(Iэ.п.)} + (C_{ijt}^{(2)} + E_н \cdot K_{ijt}^{(2)}) \frac{I}{(I+E_{нп})^t} \right] \qquad (20)$$

где $C_{ijt}^{(2)} = C_{ijt}^{I(2)}(\Phi_{ij}^{K(Iэп)}) + C_{ijt}^{П(2)}(K_{ijt}^{(2)})$. (21)

На всех этапах:

$$S^{(1 \div N)} = \min \sum_{\substack{i=1 \\ j=1 \\ t=0}}^{\substack{i=m \\ j=n \\ t=\tau_n}} \left[E_н \Phi_{ij}^{K(N-Iэп)} + (C_{ijt}^{(N)} + E_н K_{ijt}^{(N)}) \frac{I}{(I+E_{нп})^t} \right], \qquad (22)$$

$$C^{IN}_{ijt} = C^{I(N)}_{ijt}\left(\Phi^{к(N-I)}_{ij}\right) + C^{П(N)}\left(K^{(N)}_{ijt}\right), \qquad (23)$$

где $C^{(N)}_{ijt}$ – эксплуатационные расходы на шахте на N-ом этапе развития, связанные с i-ом вариантом по j-ому элементу технологии шахты в t-ом году, руб/т;

$K^{(N)}_{ijt}$ – капитальные затраты N-го этапа, связанные с i-м вариантом по j-ому элементу технологии шахты в t-ом году, руб/т;

$\Phi^{к(N-Iэп)}_{ij}$ – производственные фонды шахты в конце $(N-I)$-го этапа;

$\Phi^{к(Iэп)}_{ij}$ – производственные фонды шахты в конце первого этапа в развитии шахты, руб/т;

$E_н$, $E_{нп}$ – соответственно нормативный коэффициент эффективности капвложений (фондов) и нормативный коэффициент приведения затрат во времени;

m – число альтернативных вариантов проектных решений по некоторому элементу технологии;

n – число элементов технологии, которые нашли свое отражение в модели;

$\tau_1, \ldots, \tau_N$ – соответственно длительность периода оптимизации I-го, ,....., N-го этапа развития шахты (I5-20лет).

Данная запись целевой функции и вытекающий из нее порядок оптимизации параметров развития шахты реализует технологическую и экономическую связь каждого последующего этапа с предыдущим и в результате связь последнего этапа со всеми предыдущими, устраняя одновременно трудности приведения затрат во времени, прогнозирования проектных данных на весь срок службы шахты и др. Использование метода поэтапного проектирования создает предпосылки и обеспечивает возможность закономерного и планомерного развития шахты на базе

поэтапного обновления параметров и технических средств, с одной стороны, и экономически обоснованных сроков использования созданных производственных фондов - с другой.

Следует обратить особое внимание на то, что при реализации в экономико-математической модели поэтапного развития шахты необходимо применять прямой порядок оптимизации этапов.

Прямой порядок оптимизации этапов связан с приведением затрат или прибыли лишь к началу каждого этапа. Прямой порядок позволяет производить оптимизацию не более чем на двух этапах. При этом отдаленные во времени решения на отдельных этапах можно будет принимать в будущем, т.е. более определенно, точно и надежно.

Прямой порядок оптимизации поэтапного проектирования позволяет с помощью экономико-математических моделей находить на каждом этапе разработки месторождения более достоверные решения, показатели, прогнозируя при этом пути развития и параметры технологии как внутри текущего, так и последующего этапа.

Однако прямой порядок оптимизации в условиях конкретной специфической задачи поэтапного проектирования не является задачей с условиями достаточно полной автономии этапов между собой.

Значительное количество важных элементов технологической схемы шахты и производственных сооружений (весьма дорогостоящих) проектируется в расчете обслуживания или обеспечения отработки всех запасов шахтного поля, а большинство из этих элементов строится и сооружается на первом этапе; каждый последующий этап не в полной мере автономен в тех или иных проектных решениях.

Таким образом, модель оптимизации параметров поэтапного развития шахты реализует связь каждого последующего этапа с предыдущим, чем достигается непрерывность оптимизации технологических парамет-

ров шахты во времени и динамическое решение задачи во времени.

г) Интегральная оценка технико-экономической эффективности проекта шахты

Завершающим этапом в проектировании шахт является анализ и экспертиза технико-экономической эффективности проекта строительства и эксплуатации шахты.

Сравнительная эффективность будущей шахты по отношению к передовым шахтам может быть выявлена сопоставлением целого ряда важнейших технико-экономических показателей: производственная мощность шахты, себестоимость, производительность труда, рентабельность, общая стоимость строительства шахты на момент освоения проектной мощности и т.д.

Задача интегральной оценки технико-экономической эффективности проекта шахты заключается в том, чтобы найти объективный и точный метод сведения к единому и обоснованному заключению противоположные группы оценок по разнородным технико-экономическим показателям. Основанием для такого заключения может явиться некоторый функционал, численно зависящий от степени отклонения (приближения) данного проекта шахты от базового, эталонного по всем технико-экономическим показателям.

Наряду с повышением степени объективности в оценке проекта шахты интегральные методы значительно облегчают его экспертизу и утверждение.

Интегральный показатель технико-экономической эффективности проекта шахты представляет собой суммарную величину среднеквадратичных относительных отклонений по всем важным дифференцированным

технико-экономическим показателям от их эталонных значений с учетом степени важности технико-экономических показателей с точки зрения народного хозяйства.

Интегральный показатель технико-экономической эффективности проекта шахты вычисляется по формуле:

$$K_{инт} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\delta_{ij} \lambda_{ij} \varphi_{ij})^2} \rightarrow min , \qquad (24)$$

где: δ_{ij} - относительное отклонение i-го показателя от эталонного значения;

λ_{ij} - коэффициент веса i-го показателя среди n у j-го проекта, учитывающий географические, социальные и экономические особенности данной шахты;

φ_i - коэффициент, учитывающий народно-хозяйственное значение i-го показателя эффективности предприятия.

Вычисление интегрального показателя производится по следующей схеме:

I. Выбирается эталон - лучший выполненный проект или действующая шахта. В тех случаях, когда эталонный проект не характеризуется более высокими показателями по отношению к сравниваемым проектам, в качестве эталонных используются наилучшие значения показателей у каких-либо из сравниваемых проектов.

2 Устанавливается перечень технико-экономических показателей, по которым производится сравнение рассматриваемых вариантов проекта с эталонным.

3. Составляются матричные модели показателей сравниваемых проектов шахт и условий и эталонного варианта:

$$\{J_{ij}\} = \begin{vmatrix} \boxed{J_{11}}, J_{12}, \dots, J_{1j}, \dots, J_{1m} \\ J_{21}, J_{22}, \dots, \boxed{J_{2j}}, \dots, J_{2m} \\ \dots \\ J_{i1}, \boxed{J_{i2}}, \dots, J_{ij}, \dots, J_{im} \\ \dots \\ J_{n1}, J_{n2}, \dots, J_{nj}, \dots, \boxed{J_{nm}} \end{vmatrix}, \quad \{J_{ij}^{эт}\} = \begin{vmatrix} J_{11}^{эт} \\ J_{2j}^{эт} \\ \dots \\ J_{i2}^{эт} \\ \dots \\ J_{nm}^{эт} \end{vmatrix} \qquad (25)$$

Эталонный вариант составляется из лучших значений (обведенных в рамку у каждого показателя) в каждой строке матрицы.

4. Определяются относительные отклонения значения i-го показателя от эталонного значения по формуле:

$$\delta_{ij} = \left| \frac{J_i^{эт} - J_{ij}}{J_i^{эт}} \right| = \left| \frac{\Delta_{ij}}{J_i^{эт}} \right|, \qquad (26)$$

где: $i = 1,2,3,\dots, n$ - количество критериев показателей;

$j = 1,2,3,\dots, k$ - количество сравниваемых проектов.

5. После вычисления относительных отклонений по формуле (26) матричная модель (25) натуральных значений показателей по проектам шахт заменяется матричной моделью относительных отклонений:

$$\{\delta_{ij}\} = \begin{vmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} \dots \delta_{1j} \dots \delta_{1m} \\ \delta_{21} & \delta_{22} \dots \delta_{2j} \dots \delta_{2m} \\ \dots \\ \delta_{i1} & \delta_{i2} \dots \delta_{ij} \dots \delta_{im} \\ \dots \\ \delta_{n1} & \delta_{n2} \dots \delta_{nj} \dots \delta_{nm} \end{vmatrix} \qquad (27)$$

6. Относительные отклонения технико-экономических показателей проектов сводятся к единому функционалу, в качестве которго рекомендуется квадратичная среднеарифметическая функция следующего вида:

$$K_{инт.j} = f\left(\{\delta_{ij}\}\right) = \sqrt{(\delta_1)^2 + (\delta_2)^2 + \dots + (\delta_{ij})^2 + \dots + (\delta_{nj})^2} \qquad (28)$$

$$K_{инт.j} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\delta_{ij})^2} \longrightarrow \min \qquad (29)$$

$$j = 1,2,\dots,m$$

7. Устанавливается степень важности технико-экономических показателей пректов с точки зрения народного хозяйства. С этой целью методом экспертных опросов и математической обработки ре - зультатов опроса по балльной системе определяются коэффициенты λ_{ij} и φ_i.

8. С учетом неодинаковой степени важности показателей по сравниваемым проектам матрица отклонений (27) составляется в следующем виде:

$$\{\delta_{ij}\} = \begin{vmatrix} \delta_{11}\lambda_{11} & \delta_{12}\lambda_{12} \dots \delta_{1j}\lambda_{1j} \dots \delta_{1m}\lambda_{1m} \\ \delta_{21}\lambda_{21} & \delta_{22}\lambda_{22} \dots \delta_{2j}\lambda_{2j} \dots \delta_{2m}\lambda_{2m} \\ \dots & \dots \\ \delta_{i1}\lambda_{i1} & \delta_{i2}\lambda_{i2} \dots \delta_{ij}\lambda_{ij} \dots \delta_{im}\lambda_{im} \\ \dots & \dots \\ \delta_{n1}\lambda_{n1} & \delta_{n2}\lambda_{n2} \dots \delta_{nj}\lambda_{nj} \dots \delta_{nm}\lambda_{nm} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \dots \\ \varphi_i \\ \dots \\ \varphi_n \end{vmatrix} \qquad (30)$$

9. На основе матрицы (30) по формуле (24) вычисляются интегральные показатели технико-экономической эффективности сравниваемых проектов $\bar{K}_{инт.j}$ Вариант проекта, имеющий минимальное значение $\bar{K}_{инт}$, является наиболее эффективным.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Стр.

I. Обоснование поэтапного подхода при проектировании угольных шахт 3

II. Понятие этапа. Определение временной и пространственной размерности этапа 6

А) Определение временной размерности этапа 7

а) Определение времени эффективной эксплуатации $T_{э.э.}$ 8

б) Определение периодичности реконструкций угольных шахт I6

в) Обоснование глубины прогнозирования. Длительность этапа прогнозирования 2I

Б) Обоснование пространственной размерности этапа 25

III. Особенности оптимизации проектных решений при поэтапном проектировании 25

а) Сущность метода последовательной оптимизации 25

б) Критерий оптимальности проектных решений. 30

в) Целевая функция экономико-математической модели при поэтапном проектировании 33

г) Интегральная оценка технико-экономической эффективности проекта шахты 37

УКАЗАНИЯ
ПО ПОЭТАПНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ШАХТ
(Инструкция по поэтапному проектированию технологических схем и параметров угольных шахт)

Т - I2744 от I9.9.73
Тираж 400
Заказ 223
Объем 2,75 п.л.
Цена I0 коп.

Ротапринт СФТТП ИФЗ АН СССР. Москва, Средне-Кисловский пер., д. 5/6

gost.e-ecolog.ru