Министерство угольной промышленности СССР
Ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
Институт горного дела им. А. А. Скочинского
Всесоюзный научно-исследовательский и проектный
институт угольной промышленности
(ЦЕНТРОГИПРОШАХТ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ПРОЕКТАХ ШАХТ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Москва
1985

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР
Ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
Институт горного дела им. А. А. Скочинского
Всесоюзный научно-исследовательский и проектный
институт угольной промышленности
(ЦЕНТРОГИПРОШАХТ)

Утверждены
главным инженером ВО
„Союзшахтопроект"
Н. В. Захаровым
29 ноября 1984 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ПРОЕКТАХ ШАХТ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ



Москва
1985

УДК 622.33:5I.00I.57 (047.3)

Методические положения выбора оптимальных технологических решений в проектах шахт с учетом изменчивости горно-геологических факторов. – М., ИГД им. А.А.Скочинского, I985.

В работе приведены методические положения выбора оптимальных технологических решений при проектировании шахт в обычных и сложных условиях. Приведены алгоритмы обработки исходной информации для изменчивых горно-геологических факторов, определения вида и параметров разведанных значений этих факторов, а также погрешностей определения их средних значений. Даны рекомендации по математическому моделированию объема работ и затрат на их производство, а также способа выбора оптимального технологического решения.

В разработке методических положений принимали участие: Л.А.Ликальтер (научный руководитель), М.М.Смиренский (отв.исполнитель), М.З.Хургина, А.И.Митейко.

КС: МЕТОДИЧЕСКИЙ, УКАЗАНИЕ, ИСХОДНЫЙ, ИНФОРМАЦИЯ, МАТЕМАТИЧЕСКИЙ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОПТИМАЛЬНЫЙ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ, РЕШЕНИЕ, ИЗМЕНЧИВОСТЬ.

© Институт горного дела им. А. А. Скочинского (ИГД им. А. А. Скочинского), 1985

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические положения разработаны взамен "Временных методических положений по применению экономико-математического моделирования для выбора оптимальных технологических решений при проектировании угольных шахт" [I].

Часть положений, которая относится к проектированию шахт-новостроек в обычных условиях, использована при разработке принятой в эксплуатацию первой очереди САПРуголь. Методические положения, относящиеся к проектированию шахт в сложных горно-геологических условиях, предназначены для использования при разработке методического обеспечения второй и последующих очередей подсистемы "ОПП-шахта" САПРуголь.

Методические положения включают следующие вопросы:

обоснование перечня и методов обработки исходных данных, характеризующих горно-геологические, технические и социальные условия работы предприятия, которые могут оказать влияние на результат решения;

выбор номенклатуры и разнообразия оптимизируемых технологических решений;

выбор критерия оптимальности, отражающего экономическое содержание задачи;

правила разработки целевой функции экономико-математической модели затрат, необходимых для реализации намеченных технологических решений;

установление ограничивающих условий;

выбор математического метода исследования экстремальных свойств целевой функции при соблюдении ограничивающих условий (численного метода решения оптимизационной задачи);

правила разработки алгоритма и типового пакета программ решения задачи на ЭВМ;

правила анализа результатов и выбора оптимального варианта проекта шахты.

I. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

I.I. Проектирование угольных шахт заключается в принятии совокупности технологических решений и выполнении расчетов по определению различных характеристик предприятия. Под принятием решения понимается выбор наилучшего из множества возможных решений на основе использования некоторого критерия оценки. Решение, наилучшее по принятому критерию оптимальности, называется оптимальным технологическим решением (ОТР).

I.2. Принятие технологических решений требует учета как стоимостных, так и нестоимостных (технических, социальных и др.) критериев. Настоящие методические положения предназначены для решения тех задач выбора решений, в которых используются стоимостные критериальные показатели. Поэтому оптимальный проект новой или реконструируемой угольной шахты представляет такую совокупность решений, которая обеспечивает в конкретных горно-геологических условиях достижение заданного эффекта (количества добываемого угля в единицу времени) с минимальной затратой средств при соблюдении ограничений, накладываемых уровнем развития техники и социальными условиями работы будущего предприятия.

I.3. Величину заданного эффекта следует определять в процессе оптимизации системы более высокого иерархического уровня (ПО, бассейн, отрасль). Поэтому необходимость осуществления и сроки начала строительства (реконструкции), границы шахтного поля и производственную мощность шахты устанавливают в процессе оптимизации планов развития отрасли или бассейна (генеральной схемы развития бассейна), а производительность производственных процессов – в результате оптимизации параметров предприятия.

I.4. Проектирование простого воспроизводства мощностей на новых горизонтах без существенной перестройки производственных элементов шахты рассматривается как частный случай задачи проектирования реконструкции шахты. В этом случае методические правила выбора оптимальных технологических решений описываются лишь тогда, когда отличаются чем-либо от общих правил. Это положение относится и к реконструкции действующих шахт с объединением их в одну техническую единицу.

I.5. Особенности выбора ОТР в сложных условиях обусловлены изменчивостью горно-геологических факторов, под которой понимается наличие разницы в значениях этих факторов в различных

точках шахтопласта. Изменчивость факторов подлежит учету, если коэффициент вариации фактора превышает 15%. Изменчивость горно-геологических факторов является основным источником погрешностей определения их средних значений, которые используются в проектных и оптимизационных расчетах. Поэтому эти погрешности должны учитываться в тех же случаях, что и изменчивость факторов.

I.6. Задача выбора оптимальных технологических решений в обычных условиях (при разработке угольных пластов с выдержанными элементами залегания) состоит в следующем: найти упорядоченное множество оптимальных решений $Y^* = \{ J_{ij} \}$, которое является подмножеством допустимых в данных горно-геологических условиях решений $J^* \in Y$ и соответствует минимуму целевой функции $K = f(X, Y, Z) \rightarrow min$ (K – критерий оптимальности; X – множество горно-геологических факторов; Y – множество допустимых оптимизируемых решений; Z – множество неоптимизируемых технических решений) при обеспечении заданной потребности в угле и соблюдении ограничений на различные аспекты деятельности предприятия в виде системы балансовых уравнений (неравенств):

$$X_{ij} \in X \geq 0;\ Y_{ij} \in Y \geq 0;\ Z_{ij} \in Z \geq 0;\ \Phi(Y) < K_r.$$

Здесь i, j – соответственно индексы фактора и его текущего значения; $i = 1, 2, \ldots, n$; $j = 1, 2, \ldots, m$.

При учете изменчивости и погрешностей определения средних значений горно-геологических факторов задача формулируется так же. Но в этом случае минимизируется математическое ожидание критерия оптимальности $M(K)$, которое является функцией параметров распределения значений самих факторов и погрешностей вычисления их средних значений:

$$M(K) = f\big(M(x, \Delta x),\ G(x, \Delta x),\ Y^*, Z\big) \rightarrow min$$

при тех же ограничениях.

Здесь $M(x, \Delta x)$, $G(x, \Delta x)$ – соответственно математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение множества возможных значений горно-геологических факторов и погрешностей их определения.

I.7. В зависимости от вида капитальных работ (строительство, реконструкция шахты или вскрытие и подготовка нового горизонта) отдельные этапы решения задачи (номенклатура исходных условий и оптимизируемых характеристик, число и содержание ограничений,

критерий оптимальности, структура целевой функции и др.) имеют особенности, о которых говорится в соответствующих разделах настоящих методических положений.

2. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ

2.I. Оптимальная совокупность технологических решений при проектировании шахты выбирается на основе сведений о горно-геологических условиях разработки угольных пластов, о современном состоянии технологии разработки пластов и планируемых на заданную перспективу достижениях в этой области, а также о социально-экономических условиях работы проектируемого предприятия, называемых исходной информацией. Большая часть этой информации (геологическая и социально-экономическая применяется в оптимизационных расчетах непосредственно в виде детерминированных или случайных величин. Другая ее часть (технологическая) используется для назначения разнообразия допустимых значений по каждому из оптимизируемых технологических решений.

2.2. Исходная информация должна содержать следующие сведения:

о месторождении или шахтном поле (размеры по простиранию и падению, промышленные запасы угля в шахтном поле, число разрабатываемых и нерабочих угольных пластов, глубина верхней границы шахтного поля, приток воды в шахту, наличие и конфигурация охранных целиков);

об угольных пластах (мощность, угол падения, марка угля, расстояние до соседних пластов, природная газоносность, водоносность, выбросоопасность, пожароопасность, опасность по пыли, тектоническая нарушенность, зольность, выход летучих, запасы угля, объемный вес угля, сопротивляемость угля резанию);

о физико-механических свойствах и выбросоопасности пород непосредственной и основной кровли и почвы угольных пластов;

о горных выработках (типовые сечения, сечения разрезных печей, периметры выработок, сечения лав, свободные для прохода воздуха, типы крепи, формы сечения, способы проведения, скорости проведения, способы охраны и поддержания и их параметры, коэффициенты аэродинамического сопротивления, расположение существу-

щих выработок, нормы утечек воздуха, назначение и применяемое оборудование, относительная метанообильность, предельная общешахтная депрессия, пропускные способности технологических звеньев);

о средствах механизации производственных процессов и их технических характеристиках;

о социально-экономических условиях работы шахты (годовой и суточный режимы работ, стоимостные показатели на объекты и производственные процессы разработки шахтного поля, остаточная стоимость основных производственных фондов реконструируемой шахты);

о различных действующих нормативах.

2.3. Источник данных о горно-геологических условиях участка месторождения - результаты выполнения геологоразведочных работ, приведенные в геологическом отчете, геологическом очерке или заключении, утвержденном вышестоящими геологическими организациями.

Источником данных о будущих достижениях в области технологии являются прогнозы технического прогресса, основные направления развития отрасли, действующие нормативные источники типа "Прогрессивных технологических схем разработки угольных пластов", "Норм технологического проектирования" и т.п., а также специальные рекомендации научно-исследовательских институтов.

Сведения о техническом состоянии реконструируемого предприятия содержатся в отчете, составляемом совместно проектной организацией и шахтой.

Источники сведений о социально-экономических условиях работы проектируемого предприятия - директивные и нормативные документы как отраслевого, так и общегосударственного значения.

2.4. Математическая форма представления исходных данных зависит от их изменчивости. Изменчивость факторов оценивается средним квадратическим отклонением (стандартом) $\sigma(x)$ и коэффициентом вариации V.

Эти показатели определяются по следующим формулам:

$$\sigma(x) = \sqrt{\sum_i \left(x_i - M(x)\right)^2};$$

$$V = \sigma(x) / M(x),$$

где x_i – измеренное значение горно-геологического фактора; i – текущий индекс значения фактора, $i = 1,2,\ldots,n$; $M(x) = \sum_i x_i/n$ – математическое ожидание значения горно-геологического фактора.

2.5. Используемые в оптимизационных расчетах горно-геологические факторы по величине и характеру изменчивости в пределах шахтопласта и, следовательно, по математической форме представления и методам обработки исходной информации о них можно разделить на три группы:

неизменчивые, имеющие в пределах шахтопласта практически постоянное значение, когда коэффициент вариации не превышает 15%;

условно-неизменчивые, коэффициент вариации которых превышает 15%, но имеет постоянное значение как для всего шахтопласта, так и для каждой выделенной его части (яруса, панели и т.п.); значения этих факторов имеют радиус автокорреляции, меньший расстояния между точками замера;

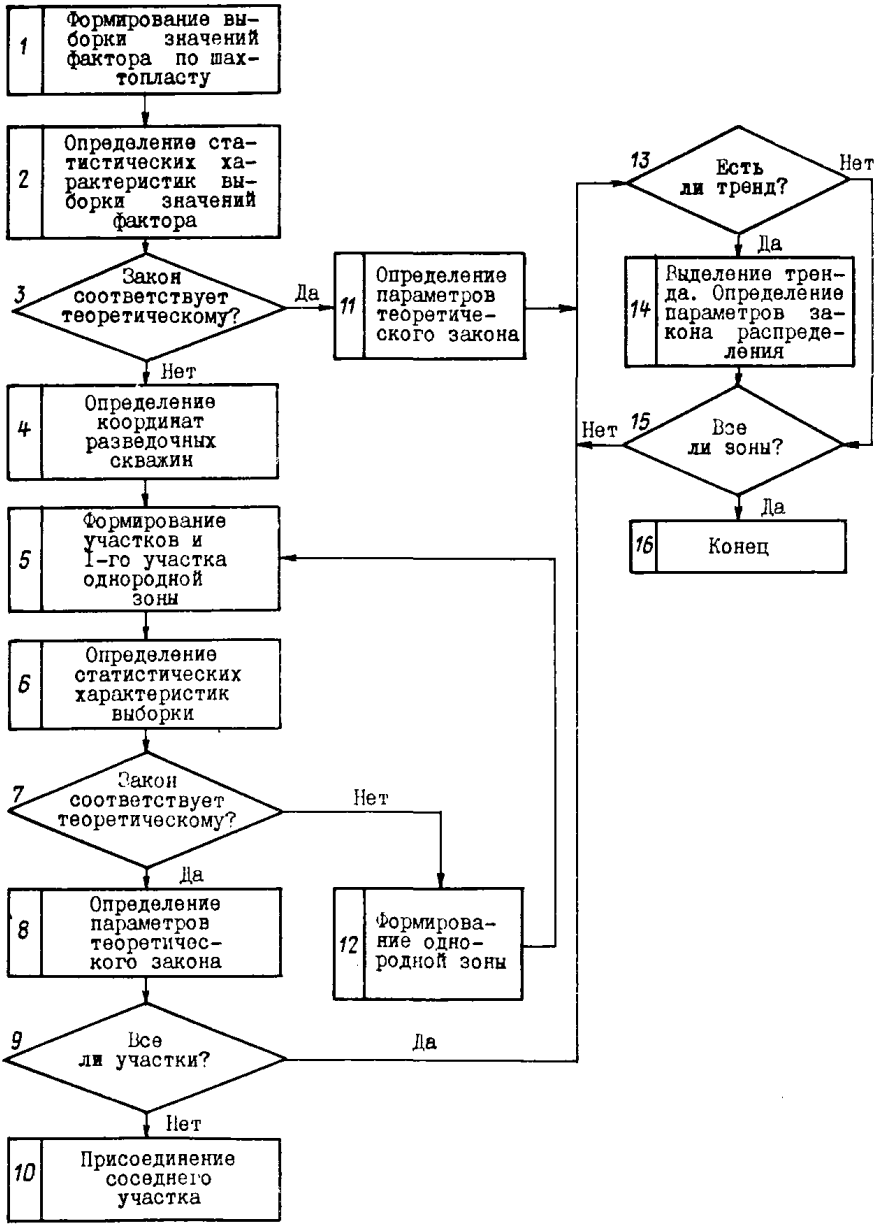
изменчивые, коэффициент вариации которых в пределах шахтопласта превышает 15%, непостоянен и зависит от расстояния между соседними точками наблюдений.

2.6. Погрешности определения значений горно-геологических факторов можно разделить на два типа: технические ошибки измерения в точке замера (скважине) и ошибки аналогии или распространения на пространство между скважинами значений, установленных по разведочным скважинам. Ошибки первого типа присущи всем значениям, а второго – только используемым в проектных расчетах средним значениям изменчивых факторов.

2.7. Неизменчивые факторы представляются в виде детерминированных величин – средних арифметических значений факторов по шахтопласту. Изменчивые и условно-неизменчивые факторы представляются как случайные величины, т.е. видом и параметрами законов их распределения, например, математическим ожиданием и стандартом при нормальном законе распределения.

2.8. Вид и параметры законов распределения условно-неизменчивых факторов могут быть определены известными методами математической статистики по представительной выборке данных, полученных в любой, даже самой малой, части шахтопласта.

2.9. Вид и параметры закона распределения изменчивых факторов, если они не приведены в геологическом отчете, определяются с помощью известных методов математической статистики по алгоритму, приведенному на рисунке.



Блок-схема определения вида и параметров закона распределения изменчивых факторов

Формирование выборки значений каждого фактора в пределах шахтопласта (блок I) заключается в составлении таблиц этих значений по геологоразведочным данным. Выборка обрабатывается с целью определения вида и параметров закона распределения значений фактора (блоки 2 и 6) по стандартным программам.

При определении местоположения разведочных скважин (блок 4) принимают, что начало системы координат расположено в левом нижнем углу гипсометрического плана, а направление осей совпадает с преобладающими направлениями линий падения и простирания. В том случае, если закон распределения фактора в пределах шахтопласта подобрать не удается, шахтопласт делят на участки, а выборки значений фактора - на соответствующие этим участкам группы. Эта операция (блок 5) выполняется так, чтобы границы участков проходили по линиям падения (посередине между разведочными линиями).

Присоединение соседнего участка (блок I0) заключается в объединении выборок значений фактора по предыдущему и последующему участкам.

Формирование однородной зоны (блок I2) состоит в выделении одного или объединении соседних участков, в которых совокупность значений фактора может быть описана одним теоретическим законом распределения. Таких зон в пределах шахтопласта может быть несколько.

Выделение закономерной составляющей (блоки I3 и I4) производится по стандартным программам регрессионного анализа. При наличии такой составляющей в значениях фактора в качестве меры его изменчивости принимается остаточная дисперсия, т.е. дисперсия разностей между измеренными значениями и значениями закономерной составляющей.

2.I0. Вид и параметры закона распределения погрешностей измеренных и средних значений каждого изменчивого горно-геологического фактора определяются по следующему алгоритму.

2.I0.I. Формирование выборок разведанных значений горно-геологического фактора по каждому геологическому разрезу - составление таблиц, содержащих значения фактора, соответствующие порядку номеров разведочных скважин. Если число элементов в выборке (скважин в разрезе) меньше I5, ее следует присоединить к соседней выборке. Это присоединение допустимо лишь в том случае, если объединенная выборка будет статистически однородной. Проверка однородности выборки производится известными методами

математической статистики. Присоединение конца одного разреза к началу другого производится совмещением последней скважины первого и первой скважины второго разрезов. При этом значение фактора по первой скважине присоединяемого разреза z_1 исключается из рассмотрения, а значения по остальным скважинам этого разреза корректируются на величину разности $z_n - z_1$, где z_n – значение фактора в последней скважине первого разреза. Значения фактора по соединенным разрезам составляют объединенную выборку.

2.10.2. Выделение закономерной составляющей значений фактора – линейного тренда. Выборку делят на группы так, чтобы в каждой было по шесть рядом расположенных элементов и последний элемент предыдущей группы был первым в следующей. Затем вычисляют соотношения $i_j = \frac{z_{nj} - z_{1j}}{\ell}$, где j – целое число, номер группы, $j = 1, 2, \ldots, \left[\frac{n}{6}\right]$; n – число скважин в разрезе; ℓ – расстояние между скважинами. Если в двух или более последовательно рассматриваемых группах абсолютная величина значения фактора и знак соотношений одинаковы, то группы объединяются. Считается, что значения фактора в этих группах содержат закономерную составляющую, которая может быть описана как общий линейный тренд с помощью регрессионной зависимости между значениями фактора (элементами выборок) и расстоянием между скважинами. Подбор конкретного вида зависимости производится с помощью известных методов. Затем вычисляется максимальное отрицательное отклонение значений фактора от линии тренда и устанавливается новое уравнение тренда путем вычитания величины отклонения из первого уравнения. В результате оказывается выделенной линейная закономерная составляющая значений фактора.

Элементы выборок с линейным трендом корректируются путем вычитания из них закономерной составляющей фактора.

2.10.3. Вычисление по каждому разрезу значений остаточной дисперсии фактора – показателя его волновой изменчивости – при различных расстояниях между скважинами $\ell = m\ell_0$ (ℓ_0 – минимальное расстояние между геологоразведочными скважинами):

$$D_{вфт} = \frac{1}{4n}\left[\sum_{i=1}^{n-m}(z_i - z_{i+m})^2 + \sum_{i=1}^{m}(z_{n-m+i} - z_i)^2\right],$$

где $D_{вфт}$ – дисперсия фактора, обусловленная его волновой изменчивостью при m-ом значении расстояния между скважинами; n – число

скважин в разрезе (элементов в выборке), n – целое число, n = = I, 2,..., n – I; Z – значение фактора за вычетом закономерной составляющей; i – порядковый номер скважины-элемента выборки, i = I, 2,..., n.

2.I0.4. Вычисление по каждому разрезу дисперсии фактора, обусловленной техническими ошибками измерительных приборов:

$$D_{т\phi} = (1+\alpha) D_{в\phi 1} - \alpha D_{в\phi\, max},$$

где α – коэффициент изменения дисперсии, значения которого зависят от числа скважин в разрезе; при n = 2, 3, 4, 5, 6 соответствующие значения α = 0,93; 0,34; 0,I9; 0,II; 0,09; $D_{в\phi 1}$ – дисперсия фактора, обусловленная его волновой изменчивостью, при исходном расстоянии между скважинами $\ell = \ell_0$ (см. п.2.I0.3); $D_{в\phi\, max}$ – максимальное значение дисперсии фактора из числа вычисленных по формуле п.2.I0.3.

2.I0.5. Вычисление погрешности среднего значения фактора по каждому разрезу:

$$\Delta_{т\phi} = 1,34 D_{т\phi};$$

$$\Delta_{в\phi} = k D_{в\phi\, max};$$

$$\Delta_{л\phi} = 0,011 \frac{\ell_0^2}{n-1} \sum_{j=1}^{n/6} (i_j - i_{j+1})^2;$$

$$\Delta_{р\phi} = \sqrt{\Delta_{т\phi} + \Delta_{в\phi} + \Delta_{л\phi}};$$

где $\Delta_{т\phi}$, $\Delta_{в\phi}$, $\Delta_{л\phi}$ – погрешности среднего значения фактора, обусловленные соответственно ошибками измерительных приборов, волновой и линейной изменчивостью фактора; k – коэффициент, зависящий от отношения расстояния между скважинами к длине разреза: k = 0,0I–I,98 при ℓ/L = 0,0I–I; i_j – тангенс угла наклона линейного тренда в j-ой группе; $\Delta_{р\phi}$ – общая погрешность среднего значения фактора по разрезу.

2.I0.6. Определение знака погрешности по разрезу. Находят уравнение прямой линии, проходящей через измеренные значения фактора в первой и последней скважинах разреза, и вычисляют значения фактора в остальных скважинах, лежащих на этой линии. Затем вычисляется сумма разностей между измеренными значениями

фактора по скважинам и соответствующими им значениями, лежащими на прямой линии. Знак этой суммы приписывается общей погрешности по разрезу $\Delta_{p\phi}$.

2.I0.7. Определение вида и параметров закона распределения погрешностей горно-геологического фактора. Математическое ожидание $M(\Delta_\phi)$ и стандарт $\sigma(\Delta_\phi)$ погрешности использования среднего значения горно-геологического фактора в оптимизационных расчетах определяются известными методами математической статистики. Расчеты производятся для каждой однородной зоны. Исходной информацией для расчетов является совокупность значений погрешностей по всем разрезам $\Delta_{p\phi}$ (см. пп. 2.I0.5 и 2.I0.6).

Погрешности определения средних размеров шахтного поля по простиранию и падению устанавливаются по этому же алгоритму. При этом исходным материалом являются измеренные значения соответственно длины изогипс и линий падения в пределах границ каждого шахтопласта.

2.II. Таким образом, каждый изменчивый горно-геологический фактор представляется с помощью параметров закона распределения его разведанных значений (см. п.2.9) с учетом допущенных погрешностей (см. п.2.I0), вычисленных либо для всего шахтопласта, либо для каждой однородной зоны этого шахтопласта.

Например, математическое ожидание мощности пласта (в пределах однородной зоны)

$$M(m) = M(m_u) + M(\Delta m);$$

среднее квадратическое отклонение мощности пласта

$$\sigma(m) = \sigma(m_u) + \sigma(\Delta m),$$

где $M(m_u)$, $\sigma(m_u)$ – математическое ожидание и остаточное, после выделения закономерной составляющей, среднее квадратическое отклонение измеренной геологами мощности пласта, м; $M(\Delta m)$, $\sigma(\Delta m)$ – математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение погрешности измерения и вычисления среднего по однородной зоне мощности пласта, м.

2.I2. Определение общего числа разрывных нарушений производится по следующему алгоритму, исходной информацией в котором являются данные геологоразведочных работ о числе, длине и амплитуде выявленных разрывных нарушений в каждой однородной зоне (n_i, ℓ_i и a_i).

2.I2.I. Вычисляются логарифмы минимальной и максимальной длины выявленных нарушений $\ell g\, \ell_{min}$ и $\ell g\, \ell_{max}$.

2.I2.2. Диапазон логарифмов $\ell g\, \ell_{max} \div \ell g\, \ell_{min}$ разбивается на интервалы через 0,25. В каждом интервале устанавливается среднее значение $\overline{\ell g\, \ell_j}$, где j – номер интервала, и соответствующее ему значение длины нарушения.

2.I2.3. Определяются логарифмы амплитуд $\overline{\ell g\, a_j}$, соответствующие $\overline{\ell g\, \ell_j}$, и затем средние амплитуды и их горизонтальные проекции a'_j в j-ом интервале:

$$\ell g\, a_j = \frac{\overline{\ell g\, \ell_j}}{0{,}57} - 0{,}84; \quad a'_j = a_j \cos\alpha,$$

где α – угол падения пласта.

2.I2.4. Вычисляется вероятность подсечения разведочными скважинами нарушений с параметрами a_j, a'_j, ℓ_j:

$$P_j = \pi r_j^2, \quad \text{если} \quad 0 \leqslant r_j \leqslant 0{,}5;$$

$$P_j = \pi r_j^2 - 8 r_j^2 \arccos\frac{1}{2r_j} + 2\sqrt{4r_j^2 - 1},$$

если $0{,}5 \leqslant r \leqslant 0{,}707$;

$$P_j = 4 - 2r_j^2 - 2\sqrt{2r_j^2 - 1} - (1 - \sqrt{2r_j^2 - 1})\sqrt{2r_j^2 + 2\sqrt{2r_j^2 - 1}} -$$

$$- 4 r_j^2 \arcsin\frac{1 - \sqrt{2r_j^2 - 1}}{2r_j},$$

если $0{,}707 < r \leqslant$ I.

Здесь r_j – коэффициент, вычисляемый по формуле

$$r_j = a'_j \sqrt{\frac{n_j\, \ell_j}{AB\, a'_j}};$$

n_j – число нарушений, выявленных сетью разведочных скважин длиной в пределах j-го интервала; A – расстояние между скважинами в разведочной линии, м; B – расстояние между разведочными линиями, м.

2.I2.5. Определяется число невыявленных разведочными скважинами и общее число нарушений с параметрами a_j, ℓ_j :

$$k_j = \frac{n_j}{P_j}; \quad N_j = n_j + k_j .$$

2.I2.6. Вычисляются коэффициенты c и b уравнения связи $\ell g N = c - b \ell g \ell$ методом наименьших квадратов.

2.I2.7. Последовательно уменьшается логарифм минимальной длины нарушения $\ell g \ell_{min}$, выявленной разведочной сетью, на 0,25 до тех пор, пока $\ell g \ell_{min} \leqslant -I,5$, и определяется среднее значение логарифма длины нарушения в каждом вновь полученном интервале $\overline{\ell g \ell_j}$ ($\ell g \ell_{min} = -I,5$ соответствует нарушению с параметрами $\ell \approx 30$ м и $a \approx 0,3$ м).

2.I2.8. Определяется число невыявленных мелкоамплитудных нарушений из уравнения связи (см. п.2.I2.6) путем подстановки в него полученных значений $\overline{\ell g \ell_j}$ (см. п.2.I2.7).

3. НОМЕНКЛАТУРА И ОБЛАСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ОПТИМИЗИРУЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

3.I. Технологические решения, принимаемые в проекте строительства или реконструкции шахты, а также вскрытия и подготовки нового горизонта, являются качественными и количественными характеристиками шахты.

3.2. Качественными называются технологические решения, которые определяют существенные особенности предприятия и могут быть выражены только с помощью словесных описаний, логических символов, схем или чертежей. К качественным характеристикам относятся:

тип шахты (индивидуальная или объединенная);

способ реконструкции шахты;

способы вскрытия шахтного поля и его частей, вид и расположение вскрывающих выработок и промышленных площадок;

способы подготовки шахтного поля и его частей;

системы разработки пластов;

средства механизации очистных и подготовительных работ, транспорта, а также других производственных процессов;

способы проветривания шахтного поля и его частей;

типы крепи и формы сечения выработок;

способы охраны выработок;

способ разбиения свиты на группы одновременно разрабатываемых пластов;

способы и средства водоотлива, дегазации, кондиционирования;

тип подъемных установок;

способы и средства размещения и транспортирования породы на поверхность;

способы и средства закладочных работ и т.п.

3.3. Количественными параметрами шахты называются технологические решения, которые могут быть выражены с помощью чисел. К количественным характеристикам относятся:

число горизонтов и блоков в шахтном поле;

число панелей, этажей и подэтажей на шахтопласте;

число ярусов в панели;

число внемочных полей в этаже, разделенном на подэтажи;

размеры шахтного и внемочного полей, а также блоков по простиранию;

расстояние между горизонтами;

число действующих лав в панели или внемочном поле;

число действующих панелей;

число действующих блоков;

мощность шахты;

сечения выработок и т.п.

3.4. Качественные и количественные характеристики шахты могут быть оптимизируемыми и неоптимизируемыми. Характеристики относят к числу оптимизируемых в том случае, если в конкретных условиях допустимы различные их значения и если эти значения могут быть количественно оценены по принятому критерию оптимальности, а результаты этой оценки невозможно предсказать заранее. В противном случае характеристики следует относить к неоптимизируемым, а их численные или качественные значения использовать в оптимизационных расчетах в виде констант. К неоптимизируемым следует относить также такие характеристики шахты, решения о значениях которых принимаются при разработке генеральных схем развития бассейнов и отрасли.

3.5. Оптимизируемые технологические решения являются переменными экономико-математической модели (ЭММ). Они задаются множеством допустимых альтернативных значений, из числа которых на основании оптимизационных расчетов выбираются оптимальные. Переменные ЭММ должны быть независимы друг от друга. Например, не следует одновременно относить к оптимизируемым решениям число блоков в шахтном поле, а также размер каждого блока и шахтного поля по простиранию, так как каждый из этих параметров является функцией двух других.

3.6. Число независимых переменных ЭММ характеризует ее размерность. Рост размерности приводит к увеличению длительности, а необоснованное сокращение - к снижению точности оптимизационных расчетов.

Не следует включать в число переменных ЭММ шахты такие технологические решения, которые могут быть оптимизированы с помощью локальных моделей меньшей размерности. Локальная оптимизация технологического решения возможна, если ее результаты не зависят от значений других оптимизируемых решений. Такое решение рекомендуется оптимизировать при фиксированных значениях остальных, а затем выбирать оптимальные значения этих остальных при фиксированном оптимальном значении первого (метод Гаусса-Зейделя). С помощью локальных моделей, как правило, могут быть выбраны такие технологические решения, как средства механизации производственных процессов, способ проветривания; тип копра и подъемной машины; способы и средства водоотлива, вентиляции, системы энергоснабжения, освещения; длина лавы; система разработки; наклонное расстояние между горизонтами.

3.7. Для каждого оптимизируемого технологического решения назначаются область изменения и сравниваемые варианты (допустимые альтернативные значения) в пределах этой области.

Областью изменения количественной характеристики шахты называется интервал между допустимыми минимальным и максимальным значениями, а областью изменения качественной характеристики - набор ее альтернативных вариантов. Она устанавливается с учетом конкретных горно-геологических условий, рекомендаций отраслевого прогноза технического прогресса и других действующих директивных и нормативных документов [2-I5]. При составлении перечня сравниваемых альтернатив необходимо учитывать отечественный и зарубежный опыт разработки угольных пластов на шахтах с аналогичными горно-геологическими условиями.

3.8. При назначении разнообразия сравниваемых вариантов количественных характеристик шахты необходимо проверять выполнение ограничений, связанных с минимальностью, максимальностью, целочисленностью и кратностью их значений, а также совместимость в одном проекте оптимизируемых элементов технологии.

3.9. Разнообразие альтернатив такой переменной, как "проектная мощность шахты", зависит от разнообразия значений переменных: "число действующих лав", "число действующих панелей", "число действующих блоков" и "число одновременно разрабатываемых пластов". Поэтому сначала устанавливаются нагрузки на очистные забои по каждому пласту свиты. На следующем этапе назначаются возможные варианты числа действующих лав на каждом пласте с учетом ограничения на сроки отработки объединяемых в группу пластов. Установив разнообразие сравниваемых альтернатив переменных, формирующих мощность шахты, необходимо оценить интервал изменения мощности шахты и скорректировать его в соответствии с рекомендациями генеральной схемы развития бассейна, потребностью в данных марках угля и типовым рядом мощностей шахт.

При проектировании вскрытия и подготовки нового горизонта увеличение мощности шахты можно признать допустимым до значений, исчерпывающих резервы существующих технологических звеньев шахты без капитальной реконструкции.

3.10. Если горно-геологические факторы в пределах шахтопласта изменчивы, то номенклатура и области изменения оптимизируемых технологических характеристик проектируемой шахты (горизонта) устанавливаются так же, как указано в пп. 3.1-3.10, т.е. оптимизируемые характеристики задаются вариантами детерминированных значений. При этом вместо геометрических размеров тех или иных частей шахтного поля (блоков, панелей, ярусов и т.п.), которые являются распределенными величинами, рекомендуется оптимизировать число таких частей, которое всегда является детерминированным. Параметры распределения размеров частей шахтного поля в каждой из однородных зон рекомендуется определять в процессе оптимизационных расчетов как функции параметров распределения размеров шахтного поля и детерминированного числа этих частей.

4. ЭСКИЗНАЯ РАЗРАБОТКА СРАВНИВАЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ

4.I. Первый этап эскизной разработки заключается в вычерчивании технологических схем на основе принятого разнообразия значений таких оптимизируемых и неоптимизируемых характеристик проектируемой шахты, как вскрытие, подготовка, очистная выемка и т.п. При этом одновременно устанавливаются способы расположения и охраны выработок, проверяется возможность подработки или надработки пластов при принятом соотношении во времени и пространстве очистных работ на соседних пластах свиты, составляются укрупненные календарные планы разработки частей шахтного поля и др. Каждая схема должна содержать только необходимый для моделирования минимум информации. Проработка вспомогательных производственных процессов: вентиляции, транспорта, водоотлива, дегазации, закладочных работ и др. - производится для каждой схемы.

4.2. На технологических схемах указываются размеры частей шахтного поля, направление движения воздуха и грузов, средства механизации производственных процессов и т.п.

4.3. Технологические схемы составляются для каждого сочетания качественных характеристик проектируемой шахты.

4.4. На схемах выделяются выработки, которые финансируются за счет капитальных вложений, осуществляемых в период строительства или реконструкции шахты и вскрытия нового горизонта.

4.5. Эскизы технологических вариантов используются в качестве исходного материала при экономико-математическом моделировании объемов работ и затрат.

4.6. Если горно-геологические факторы в пределах шахтопласта изменчивы, то шахтное поле следует делить на части (блоки, горизонты и т.п.) так, чтобы они имели, по возможности, одинаковые характеристики изменчивости размеров, а границы частей шахтного поля совпадали бы с границами зон однородных значений горно-геологических факторов.

5. КРИТЕРИЙ ОПТИМАЛЬНОСТИ И ПЕРИОД ОПТИМИЗАЦИИ

5.I. Критерий оптимальности принимается в соответствии с рекомендациями "Отраслевой инструкции определения экономической эффективности капитальных вложений в угольной промышленности" [I6]

5.2. Динамику капитальных затрат в период строительства шахты рекомендуется принимать в соответствии со строительными нормами и правилами, а также укрупненными сметными нормативами.

Динамика капитальных и эксплуатационных затрат в период работы шахты не поддается достаточно точному прогнозированию. Поэтому затраты рекомендуется определять как средние за период отработки отдельных частей шахтного поля (ярусов, панелей, блоков, шахтопластов и др.) с однородными горно-геологическими условиями.

5.3. Как показала практика оптимизационных расчетов и анализ экономического и технологического содержания оптимизационных задач, критерии оптимальности, рекомендованные отраслевой инструкцией, иногда не позволяют отдать явное предпочтение одному из рассматриваемых сочетаний технологических решений. Для выбора оптимального технологического варианта в этих случаях следует использовать следующие вспомогательные критериальные показатели:

а) при проектировании шахт-новостроек - удельные капиталовложения; рентабельность производства;

б) при проектировании реконструкции действующих шахт - удельные капиталовложения на прирост мощности реконструируемой шахты; рентабельность производства; степень использования действующих основных фондов;

в) при проектировании новых горизонтов на действующих шахтах - рентабельность производства.

Если в сравниваемых вариантах имеются технологические особенности, не поддающиеся стоимостной оценке, то они должны быть использованы в качестве вспомогательных показателей для выбора наилучшего варианта из числа равноценных по основному критерию.

5.4. Если горно-геологические факторы изменчивы, то экономическое содержание критерия оптимальности и основные положения его расчета остаются неизменными. Изменяется только математическая форма критериального показателя, которая становится распределенной. В этом случае для каждого из сравниваемых вариантов необходимо определять математическое ожидание критерия оптимальности в зависимости от заданных в исходной информации видов и параметров законов распределения изменчивых горно-геологических факторов и погрешностей определения их средних значений.

5.5. Длительность периода оптимизации должна обеспечивать достаточную достоверность определения затрат, связанных с реализацией этих решений, и возможность учета технологических особенностей сравниваемых вариантов.

Период оптимизации рекомендуется принимать равным времени строительства (реконструкции или вскрытия и подготовки нового горизонта) и сроку службы (извлечения запасов) какой-либо части шахтного поля, например горизонта, но не более 20 лет. Если срок службы горизонта значительно превышает 20 лет, следует ограничиваться сроком извлечения части запасов горизонта.

6. СТОИМОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ РАСЧЕТОВ

6.I. Стоимостные показатели - это используемые при разработке целевой функции экономико-математической модели функциональные или корреляционные зависимости затрат от горно-геологических условий, качественных и количественных технологических характеристик шахты.

6.2. Стоимостные показатели разрабатываются на основе фактических данных о работе шахт (поддержание горных выработок), статистической обработки результатов расчетов с использованием "Единых районных единичных расценок" или "Укрупненных показателей сметной стоимости (проведение горных выработок)", а также результатов проектных и научно-исследовательских работ (все остальные стоимостные показатели) [I7-I9].

6.3. Для новых способов производства и средств механизации необходимо разрабатывать новые стоимостные параметры. Если содержание (перечень работ) производственного процесса изменяется незначительно, то допускается корректировка существующих стоимостных показателей с учетом прогноза изменения цен на машины и материалы (на время сдачи шахты в эксплуатацию), а также прогноза изменения производительности труда по соответствующим видам работ. Если горно-геологические факторы изменчивы, то стоимостные показатели, упомянутые в п.6.I, преобразуются из детерминированной формы в вероятностную. В этом случае вместо детерминированных значений горно-геологических факторов используются параметры их распределения, установленные в соответствии с указаниями пп.3.9 и 3.I0.

Если вариация какого-либо стоимостного показателя, вызываемая изменчивостью одного из горно-геологических факторов, не превышает предельной погрешности вычисления данного стоимостного показателя, то при его расчете этот фактор можно считать условно неизменчивым и задавать средневзвешенным значением, игнорируя дисперсию.

7. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕМОВ РАБОТ И ЗАТРАТ

7.1. Экономико-математическая модель шахты состоит из целевой функции и ограничений.

7.2. Целевая функция представляет собой минимизируемую алгебраическую сумму затрат (экономического эффекта) в форме принятого критерия оптимальности на реализацию сравниваемых технологических вариантов строительства (реконструкции, вскрытия нового горизонта) за период оптимизации.

7.3. Математическая форма целевой функции определяется математической формой исходной информации, формой принятого критерия оптимальности, формой зависимостей учитываемых статей затрат от горно-геологических условий, а также оптимизируемых и неоптимизируемых технологических решений.

Если горно-геологические факторы неизменчивы, по каждому варианту вычисляется детерминированное значение критерия оптимальности (целевой функции), соответствующее средним арифметическим значениям этих факторов.

Если горно-геологические факторы изменчивы, то вычисляется математическое ожидание критерия оптимальности (случайной целевой функции).

7.4. Затраты моделируются за время, равное периоду оптимизации. Номенклатура статей моделируемых затрат зависит от технологических различий между сравниваемыми вариантами, а их структура - от структуры принятого критерия оптимальности. Например, при использовании динамического критерия народнохозяйственной эффективности выделяются капитальные и эксплуатационные затраты, а также амортизационные отчисления. Все затраты в период строительства или реконструкции шахты относятся к капитальным. На действующей шахте затраты относятся к указанным категориям

в соответствии с инструкцией о порядке планирования, учета и финансирования работ по проведению капитальных горных выработок на действующих угольных шахтах и карьерах.

7.5. Если горно-геологические факторы неизменчивы, то при математическом моделировании достаточно описать объем работ и затраты на разработку одной из одноименных частей шахтного поля (например, одного из ярусов, одной из панелей и т.п.), а затем суммировать их с учетом разновременности. Если же горно-геологические факторы изменчивы, то необходимо описывать и суммировать (с учетом разновременности) объем работ и затраты на разработку каждой части шахтного поля с различающимися условиями, т.е. каждой однородной зоны, а в пределах зоны поступать так же, как для неизменчивых условий.

7.6. Затраты на поддержание выработок зависят от устойчивости вмещающих пород, которая характеризуется пределом прочности на сжатие, а в стоимостных параметрах – коэффициентом устойчивости. Если в шахтном поле встречаются породы различной устойчивости, то средневзвешенный коэффициент устойчивости вычисляют по формуле

$$K_y = K_{y1} p_1 + K_{y2} p_2 + K_{y3} p_3,$$

где K_{y1}, K_{y2}, K_{y3} – значения коэффициента устойчивости соответственно для неустойчивых, средней устойчивости и устойчивых пород; p_1, p_2, p_3 – вероятности попадания измеренных геологами значений предела прочности пород на сжатие с учетом погрешностей в интервалы до 600, 600-900 и более 900 кг/см^2, вычисленные по известным формулам математической статистики для законов распределения, приведенных в пп.2.9 и 2.10.

7.7. До начала моделирования затрат на основании эскизной проработки и анализа сравниваемых технологических вариантов устанавливаются:

перечень учитываемых производственных процессов и объектов;

время проведения работ (на действующей или строящейся шахте) и их отдаленность от момента проведения;

номенклатура оптимизируемых и неоптимизируемых характеристик шахты;

технические характеристики процессов и объектов.

7.8. В модель затрат и в стоимостные показатели по производственным процессам и объектам в качестве аргументов входит ряд характеристик: длина и сечение выработок, число объектов, сроки

их службы, нагрузка на отдельные части шахтного поля и проектная мощность шахты, количество воздуха, проходящего по выработкам, коэффициенты приведения затрат, запасы угля в отдельных частях шахтного поля, пропускная способность действующих основных фондов и др. Эти характеристики должны быть представлены в форме зависимостей от оптимизируемых параметров шахты.

7.9. При неизменчивых размерах шахтного поля и углах падения пластов длина всех выработок является детерминированной и задается в виде числовой исходной информации, либо моделируется, а затем рассчитывается с помощью алгебраических выражений в зависимости от размеров шахтного поля и его частей, а также элементов залегания угольных пластов в пространстве. При изменчивых размерах шахтного поля и углах падения пластов длина выработок определяется следующим образом. Длина стволов и квершлагов представляется в ЭММ шахты детерминированной величиной и определяется как и в предыдущем случае. Длину остальных, многократно проводимых за период оптимизации выработок, рекомендуется моделировать как случайную величину, используя параметры распределения размеров шахтного поля и его частей, а также параметры распределения погрешностей средних значений этих размеров. При этом следует учитывать, что соотношение математических ожиданий погрешностей вычисления средних размеров шахтного поля и любой его части, обусловленных ошибками измерительных приборов, прямо пропорционально соотношению математических ожиданий их размеров.

7.10. Нагрузки на очистные забои следует определять по утвержденным Минуглепромом СССР "Методическим документам по определению нагрузок на очистные забои угольных шахт" [20].

Если горно-геологические факторы изменчивы, то в пределах однородной зоны вместо детерминированных значений нагрузок на лаву следует определять их математические ожидания и стандарты с учетом погрешностей определения средних значений.

Вычисление средней по шахтопласту (если горно-геологические факторы неизменчивы) или средней по однородной зоне (если горно-геологические факторы изменчивы) нагрузок на лаву с учетом геологических нарушений производится следующим образом.

7.10.1. По "Методическим документам..." определяются нагрузки на лаву в ненарушенной части шахтопласта $A_{л.нн}$ и при переходе геологических нарушений с различными параметрами $A_{л.нj}$, значения которых установлены в соответствии с правилами п.2.12.

7.10.2. Определяются площади ненарушенной $S_{нн}$ и нарушенных $S_{нj}$ разными типами нарушений частей шахтопласта (или однородной зоны).

$$S_{нj} = \ell_j a_j N_j ,$$

$$S_{нн} = S_{шп} - \sum_{j=1}^{g} S_{нj} ,$$

где $S_{шп}$ – площадь шахтопласта (однородной зоны) или ее математическое ожидание, км^2; g – число групп нарушений с разными параметрами в пределах шахтопласта (однородной зоны).

7.10.3. Вычисляется средняя по шахтопласту нагрузка на лаву или вид и параметры закона ее распределения в каждой однородной зоне при наличии изменчивых факторов:

$$A_л = \frac{A_{л.нн} S_{нн} + \sum_{j=1}^{g} A_{л.нj} S_{нj}}{S_{шп}} .$$

7.11. Мощность шахты и нагрузки на отдельные части шахтного поля моделируются в виде зависимости от нагрузки на очистные забои отдельных пластов и таких оптимизируемых параметров, как число действующих очистных забоев на пласте, в панели или блоке и число одновременно разрабатываемых пластов и блоков (панелей).

При проектировании шахты на участке месторождения с изменчивыми горно-геологическими факторами грузопоток по выработкам и мощность шахты рекомендуется представлять в виде математического ожидания $M(A)$ и стандарта $\sigma(A)$, которые определяются как функции от параметров распределения нагрузок на действующие очистные и подготовительные забои с учетом погрешностей средних значений этих нагрузок.

Необходимую производительность подъема, транспорта и других общешахтных процессов, сечения соответствующих выработок (стволов, квершлагов и т.п.), а также капитальные затраты на строительство соответствующих объектов следует определять, исходя из грузопотоков, численно равных максимальному значению мощности шахты, по следующей формуле:

$$A_{max} = M(A_u) + 3\sigma(A_u) + M(\Delta A) + 3\sigma(\Delta A),$$

где $M(\Delta A)$ и $\sigma(\Delta A)$ – соответственно математическое ожидание и стандарт погрешности определения средней мощности шахты.

Необходимые для прохождения грузопотоков сечения многократно проводимых выработок и зависящие от сечений затраты следует моделировать в виде случайных функций от параметров распределения этих потоков и погрешностей определения их средних значений.

7.12. Проектирование вентиляции производится в соответствии с указаниями "Руководства" и дополнений к нему [6, 7]. Однако при изменчивых горно-геологических факторах количество воздуха, необходимое для проветривания шахты и выработок, рекомендуется представлять в виде математического ожидания и стандарта, которые определяются как функция от параметров распределения изменчивой газообильности выработок с учетом погрешностей. Поэтому и сечения выработок, необходимые для пропуска требуемого количества воздуха, рассчитываются аналогично сечениям, необходимым для прохождения грузопотоков (см. п.7.11).

Если сечения боковых или погоризонтных квершлагов оптимизируются, то их можно считать неизменными по всей длине квершлага, независимо от изменения количества воздуха, проходящего по его отдельным участкам.

7.13. Запасы угля в шахтном поле (горизонте) и по каждому шахтопласту при неизменчивых горно-геологических факторах принимаются, как правило, по геологическим данным и являются исходной информацией оптимизационной задачи. Запасы отдельных частей шахтного поля (блоков, панелей, ярусов и др.) подлежат моделированию, если данные о них не приведены в геологических отчетах и если размеры этих частей оптимизируются. Для этого запасы угля по каждому пласту, подсчитанные в пределах границ шахтного поля, делят на расстояние между границами по падению или простиранию и умножают на оптимизируемый параметр – наклонное расстояние между горизонтами, размер блока или панели по простиранию. Запасы угля в горизонте шахтного поля или блока равны сумме запасов по всем пластам. Аналогичным образом моделируются запасы угля и в остальных частях шахтного поля. Если пласт в той или иной части шахтного поля не подлежит разработке (выклинивается, имеет некондиционные характеристики и т.п.), то соответствующие запасы принимаются равными нулю.

При изменчивых горно-геологических факторах запасы угля в шахтном поле и по шахтопластам также принимаются по данным государственной комиссии запасов (ГКЗ), но с учетом погрешностей, и моделируются с помощью математического ожидания $M(Z)$ и стандарта $\sigma(Z)$:

$$M(Z) = Z_p + M(\Delta Z);$$

$$\sigma(Z) = \sigma(\Delta Z),$$

где Z_p – разведанные и утвержденные ГКЗ промышленные запасы в шахтном поле, млн.т; $M(\Delta Z)$, $\sigma(\Delta Z)$ – соответственно математическое ожидание и стандарт погрешности подсчета запасов, млн.т.

Параметры распределения погрешности подсчета запасов $M(\Delta Z)$ и $\sigma(\Delta Z)$ определяются как функции от математических ожиданий и стандартов погрешностей определения средних значений мощности $M(\Delta m)$, $\sigma(\Delta m)$ и объемной массы $M(\Delta\gamma)$, $\sigma(\Delta\gamma)$ пласта, а также среднего значения площади шахтного поля $M(\Delta S)$, $\sigma(\Delta S)$

$$M(\Delta Z) = M(\Delta m)\, M(\Delta\gamma)\, M(\Delta S);$$

$$\sigma(\Delta Z) = \frac{\sqrt{\dfrac{M^2(\Delta m)}{\sigma^2(\Delta m)} + \dfrac{M^2(\Delta\gamma)}{\sigma^2(\Delta\gamma)} + \dfrac{M^2(\Delta S)}{\sigma^2(\Delta S)}}}{M(\Delta Z)}.$$

Запасы угля в каждой части шахтного поля рекомендуется моделировать как случайную функцию от параметров распределения площади этой части, мощности и объемной массы угля с учетом погрешностей определения средних значений этих факторов. Моделирование и подсчет запасов в каждой части шахтного поля следует производить столько раз, сколько в шахтном поле однородных зон по мощности пласта, размерам поля и объемной массе угля.

7.14. Сроки службы частей шахтного поля, выработок и других объектов моделируются с помощью зависимостей, аргументами которых являются запасы угля и интенсивность их разработки (то есть нагрузка на ту или иную часть шахтного поля в единицу времени), либо длина выработки и скорость подвигания очистного забоя. Длительность, а также сроки начала и конца подготовки и отра-

ботки шахтного поля и его частей используются в качестве пределов суммирования годовых капитальных затрат и эксплуатационных издержек, учитываемых за период оптимизации.

При изменчивых горно-геологических факторах сроки службы являются случайными величинами, параметры распределений которых определяются в зависимости от параметров распределения запасов (см. п.7.I3) и интенсивности их разработки (см. пп.7.I0 и 7.II).

7.I5. При проектировании реконструкции шахт моделирование пропускной способности действующих и используемых технологических звеньев осуществляется в соответствии с рекомендациями "Инструкции по расчету мощностей действующих шахт, разрезов и обогатительных (брикетных) фабрик Министерства угольной промышленности СССР", а учет остаточной стоимости и стоимости ликвидируемых основных промышленно-производственных фондов - в соответствии с рекомендациями "Отраслевой методики определения экономической эффективности новой техники и совершенствования производства в угольной промышленности" [2I].

В тех вариантах реконструкции шахты, где предусматривается использование действующих объектов поверхности шахты или горных выработок, математическое моделирование объемов работ и соответствующих затрат производится в виде зависимости от разности фактических и необходимых производственных возможностей используемых объектов. Если фактические возможности объекта не меньше необходимых, то работ по реконструкции и капитальных затрат не потребуется. В тех вариантах реконструкции шахты, где не предусматривается использование действующих объектов поверхности или горных выработок, в целевую функцию модели включается оставшаяся недоамортизированной часть стоимости этих объектов или выработок в соответствии с рекомендациями отраслевой "Методики определения экономической эффективности капитальных вложений" [I6].

8. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ АЛГОРИТМИЗАЦИИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

8.I. Алгоритм выбора оптимальных проектных решений - это однозначная последовательность арифметических и логических операций, позволяющая с помощью принятого математического метода численного решения задачи рассчитать величину (распределение)

критерия оптимальности (вспомогательных показателей) для всех сочетаний оптимизируемых проектных решений и выбрать наилучший вариант.

8.2. Как правило, целевая функция и ограничения экономико-математической модели, используемые для оптимизации основных параметров шахты, нелинейны. Характер их изменения в пространстве переменных и, в частности, число локальных экстремумов заранее неизвестны. Поэтому в настоящее время в качестве численного метода решения подобной задачи рекомендуется использовать метод сплошного перебора варианта. Если целевая функция и ограничения экономико-математической модели приведены к линейному виду, то можно применять симплекс - метод линейного программирования.

Если известно, что изменение значений некоторых переменных не влияет на выбор оптимального сочетания остальных, рекомендуется последовательно оптимизировать значения этих переменных при фиксированных значениях остальных. Данный метод предлагается применять для выбора длины лавы, системы разработки, наклонного расстояния между горизонтами. Допускается применение этого же метода для выбора способа вскрытия шахтного поля, средств механизации очистной выемки и проведения выработок, способа проветривания, типа копра и подъемной машины, средств транспортирования грузов на поверхность, способа вентиляции, систем водоотлива, энергоснабжения, освещения и др.

8.3. Оптимизационные расчеты рекомендуется производить в такой последовательности.

8.3.I. Производится идентификация и кодирование исходной информации, переменных модели, промежуточных расчетных значений и др.

8.3.2. Определяются вид и параметры законов распределения изменчивых горно-геологических факторов и их погрешностей.

8.3.3. Формируются и описываются массивы числовой информации, используемой в расчетах.

8.3.4. Устанавливается последовательность рассмотрения допустимых сочетаний переменных модели с учетом разнообразия состояний каждой из них.

8.3.5. Вычисляются значения логических переменных, определяющих порядок обращения к отдельным частям алгоритма и принимающих целочисленные значения 0 или I в зависимости от значений оптимизируемых качественных характеристик шахты.

8.3.6. Определяются значения вспомогательных величин, многократно используемых в расчетах.

8.3.7. Организуется цикл расчетов по блокам или группам одновременно действующих блоков (пп. 8.3.8–8.3.20), если шахтное поле разделено на блоки.

8.3.8. Определяются запасы угля в блоке и его частях, нагрузки на пласты и сроки отработки пластов в блоке.

8.3.9. Определяется количество воздуха, проходящего по стволам, квершлагам и групповым выработкам блока.

8.3.10. Определяются сечения блоковых стволов, квершлагов и групповых выработок, удовлетворяющие требованиям "Правил безопасности" по скорости движения воздуха и габаритам транспортных сосудов, длина и депрессия этих выработок.

8.3.11. Организуется цикл расчетов затрат по группам одновременно разрабатываемых пластов (пп.8.3.12–8.3.17) и формируется информация об одной из этих групп.

8.3.12. Определяются запасы угля в пластах группы, нагрузка на блок при разработке группы и сроки ее отработки.

8.3.13. Определяются коэффициенты приведения затрат.

8.3.14. Организуется цикл расчетов затрат в пределах пласта, входящего в группу (пп. 8.3.15–8.3.17).

8.3.15. Организуются циклы расчетов по перебору значений переменных, выбор которых зависит только от затрат на отработку пластов (например, длина лавы).

8.3.16. Определяются длина и сечение пластовых выработок.

8.3.17. Определяются затраты на разработку пластов (очистные работы, проведение и поддержание пластовых выработок, транспортирование грузов по ним и др.).

8.3.18. Повторяются операторы пп. 8.3.16–8.3.17 до окончательного рассмотрения всех значений переменных, предусмотренных в п. 8.3.15.

8.3.19. Повторяются операторы пп. 8.3.12–8.3.18 по всем пластам и группам, если число групп и пластов в группе больше одного.

8.3.20. Определяются общеблоковые затраты (проведение и поддержание блоковых выработок, транспортирование грузов по ним и др.).

8.3.21. Повторяются операторы пп. 8.3.8–8.3.20, если число блоков больше одного.

8.3.22. Определяются общешахтные, а при необходимости и замыкающие затраты.

8.3.23. Определяются значения целевой функции и вспомогательных показателей.

8.3.24. Результаты расчетов выдаются на печать.

8.3.25. Повторяются операторы пп. 8.3.5–8.3.24 для всех технологических вариантов.

8.4. Описанный алгоритм является укрупненным. При решении конкретных задач его следует детализировать.

Программы оптимизационных расчетов рекомендуется составлять по модульному принципу. Содержание, число и размеры модулей определяются алгоритмом решения задачи.

9. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ РАСЧЕТОВ И УСТАНОВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОЧЕТАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

9.I. Анализ результатов оптимизационных расчетов включает выбор наилучшего сочетания оптимизируемых технологических решений и установление причин, определяющих его преимущества.

9.2. Наилучшее сочетание решений принимается по минимальному значению критерия оптимальности. Причины преимуществ оптимального варианта выявляются путем сопоставления вариантов по статьям затрат и инженерного анализа вызывающих эти затраты технологических особенностей.

9.3. Если оптимальное значение какого-либо параметра совпадает с границей рассмотренной области его изменения и эта граница не обусловлена существенными факторами, необходимо продолжить расчеты, расширив область изменения параметра.

9.4. Если в результате анализа выявлен не один, а несколько равноценных вариантов, выбор наилучшего из них производится по вспомогательным показателям, указанным в п.5.3.

I0.5. Не рекомендуется отступать от оптимального варианта, руководствуясь причинами, поддающимися стоимостной оценке или связанными с невозможностью его реализации. Первые должны быть учтены в экономико-математической модели, а вторые – при выборе разнообразия значений оптимизируемых технологических решений.

9.6. Если в сравниваемых вариантах имеются технологические особенности, не поддающиеся стоимостной оценке, то они должны быть использованы в качестве вспомогательных показателей для выбора наилучшего варианта из числа равноценных по основному критерию.

ЛИТЕРАТУРА

I. Временные методические положения по применению экономико-математического моделирования для выбора оптимальных технологических решений при проектировании угольных шахт. – М., ИГД им. А.А.Скочинского, I98I. – 25 с.

2. Прогрессивные технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах. – М., ИГД им. А.А.Скочинского,I979. – 247 с.

3. Нормы технологического проектирования угольных и сланцевых шахт, разрезов и обогатительных фабрик. ВНТП 22-8I. – М., Центрогипрошахт, I98I.

4. Основные направления технического развития угольной промышленности на I98I-I985 гг. и до I990 г. – М., ИГД им. А.А.Скочинского, I977. – I74 с.

5.Основные положения по проектированию подземного транспорта новых и действующих угольных шахт. – М., ИГД им. А.А.Скочинского, I977. – I74 с.

6. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – М., Недра, I975. – 238 с.

7. Дополнения к руководству по проектированию вентиляции угольных шахт. – М., Недра, I98I. – 79 с.

8. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. – Л., Минуглепром СССР, ВНИМИ, I977. – I74 с.

9. Инструкция по расчету производственных мощностей действующих промышленных предприятий Министерства угольной промышленности СССР. – М., ЦНИЭИуголь, I979. – 7I с.

I0. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. – М., Недра, I976. – 400 с.

II. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. – М., Недра, I976. – 309 с.

I2.Требования к составлению и оформлению календарных планов развития горных работ по угольным и сланцевым шахтам и разрезам. – М., Минуглепрмм СССР, I980. – I7 с.

I3. Временные методические указания по расчету технико-экономических показателей для выбора вариантов перспективного развития действующих шахт. – М., Центрогипрошахт, I978. – 28 с.

I4. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа. – М., Недра, I977. – I59 с.

15. Технологические схемы подготовительных и очистных работ на угольных пластах, склонных к внезапным выбросам угля и газа. – М., ИГД им. А.А.Скочинского, 1982. – 255 с.

16. Отраслевая инструкция определения экономической эффективности капитальных вложений в угольной промышленности. – М., ЦНИЭИуголь, 1985. – 52 с.

17. Укрупненные стоимостные показатели для выбора технических решений по вскрытию, подготовке и системам разработки новых шахт Донбасса. – М., Центрогипрошахт, 1981. – 221 с.

18. Стоимостные показатели для проектирования шахт в Кузбассе. – М., ИГД им. А.А.Скочинского, 1973. – 120 с.

19. Стоимостные параметры для проектирования шахт Печорского и Карагандинского бассейнов. – М., Центрогипрошахт,1975. – 113 с.

20. Методические документы по определению нагрузок на очистные забои угольных шахт. – М., ИГД им. А.А.Скочинского, 1980. – 140 с.

21. Отраслевая методика определения экономической эффективности новой техники и совершенствования производства в угольной промышленности. – М., ЦНИЭИуголь, 1973. – 43 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
I. Постановка задачи выбора оптимальных технологических решений 4
2. Исходная информация для решения оптимизационных задач 6
3. Номенклатура и область изменения оптимизируемых технологических решений I5
4. Эскизная разработка сравниваемых технологических вариантов I9
5. Критерий оптимальности и период оптимизации I9
6. Стоимостные показатели для оптимизационных расчетов . . 2I
7. Математическое моделирование объемов работ и затрат . . 22
8. Основные положения алгоритмизации выбора оптимальных технологических решений 28
9. Анализ результатов оптимизационных расчетов и установление оптимального сочетания технологических решений 3I
Литература. 33

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
В ПРОЕКТАХ ШАХТ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЧИВОСТИ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Редактор З.П.Глазкова.
Художественный редактор Л.Н.Захарьящева.
Подписано в печать 10.10.85 Т 20726
Формат 62х84 1/16. Бум. множ. аппаратов
Печать офсетная
Уч.-изд.л. 2,2. Тираж 250.
Изд. № 9175. Тип. зак. 2248
Цена 24 к.

Институт горного дела им. А.А.Скочинского,
140004, г. Люберцы Моск. обл.

Типография Минуглепрома СССР,
140004, г. Люберцы Моск. обл.

gost.e-ecolog.ru