

6  
А 66

Л. 109

Министерство высшего и среднего специального образования СССР  
МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

---

*На правах рукописи*

Горный инженер И. В. ПЛАВЕЛЬСКИЙ

**ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ШАХТ И КОНДИЦИЙ УГОЛЬНЫХ  
ПЛАСТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА**

Диссертация выполнена на русском языке

Специальность 05.311 — «Подземная разработка  
и эксплуатация угольных, рудных и нерудных месторождений»

Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва—1971

+

## Введение

В решениях XXIV съезда КПСС намечены пути дальнейшего развития промышленности на основе ускорения научно-технического прогресса, широкого развития научных исследований и быстрого использования их результатов в производстве.

В осуществлении этой проблемы большое значение должна сыграть наука оптимального проектирования горных предприятий, одной из задач которой является определение основных параметров шахт (производственной мощности, срока службы, размеров и запасов шахтного поля) и кондиций угольных пластов. Малоизученность этих вопросов в комплексной их постановке, недостаточный методологический задел и отсутствие в ряде случаев (в частности, для условий Восточного Донбасса) конструктивных рекомендаций в данной области послужили основанием к выбору темы настоящей диссертационной работы.

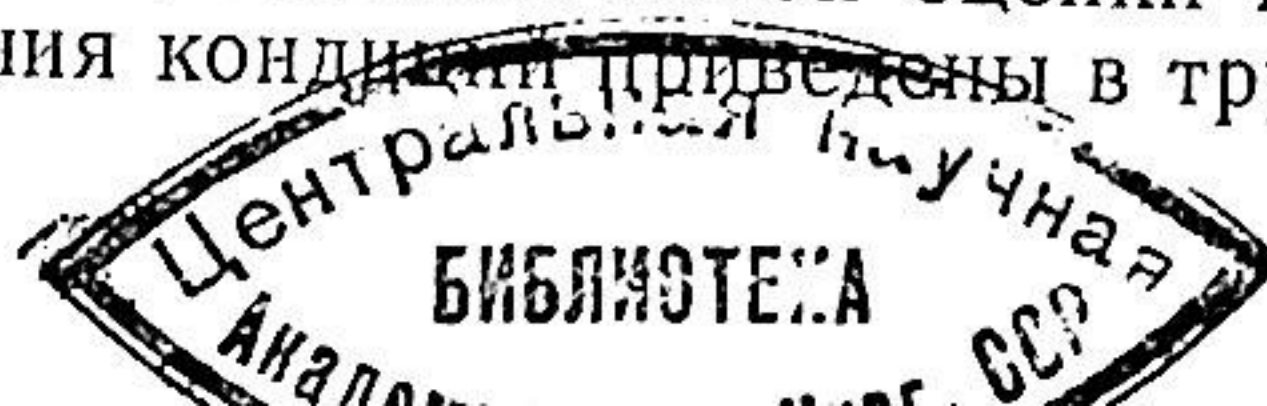
Целью работы является разработка методики совместной оптимизации основных параметров шахты и кондиций угольных пластов с учетом погрешностей исходных геологических параметров, исследование влияния их на технико-экономические показатели, основные параметры шахты и кондиции угольных пластов в условиях месторождений с непостоянными геологическими показателями и обоснование целесообразности разработки тонких и высокозольных угольных пластов Восточного Донбасса.

При выполнении диссертационной работы использованы методы статистического анализа, экономико-математического моделирования и научного обобщения.

Логическая схема исследований представлена на рис. 1.

### Глава I. Современное состояние теории оптимизации проектных решений по угольным шахтам

Классические исследования проблемы определения основных параметров шахт, экономической оценки потерь угля в недрах и обоснования кондиций приведены в трудах Л. Д. Ше-



вякова, А. С. Попова, Д. Ф. Борисова, О. Б. Бокия З. И. Голломолзина, П. З. Звягина, А. П. Судоплатова и др. Научные разработки новых методов проектирования выполнены А. С. Астаховым, А. С. Бурчаковым, Б. М. Воробьевым, Н. И. Ивановым, Н. Г. Капустиным, С. С. Квоном, А. М. Курносовым, К. К. Кузнецовым, К. И. Татомиром, С. В. Цоем, Л. Л. Майзелем, А. И. Митейко, В. Л. Покрассом, М. И. Устиновым и др.

Анализ научно-методических работ по обоснованию основных параметров шахт и кондиций угольных пластов свидетельствует:

— известные в горной науке классические методы определения основных параметров угольных шахт не позволяют в достаточной степени учесть всего многообразия естественно-геологических, горнотехнических и социально-экономических факторов в их взаимосвязи. Использование в практике конкретного проектирования этих методов приводит в ряде случаев к противоречивым результатам;

— несмотря на явную взаимозависимость геологических параметров угольных месторождений, качественных и количественных характеристик проектируемых предприятий, они, как правило, устанавливались локально, без учета данной взаимосвязи;

— в современных теоретических работах экономико-математические модели угольных шахт в большинстве своем идеализируют природные показатели, базируются на усредненных горнотехнических условиях и не могут учесть возможных изменений кондиций пластов и качественных характеристик угля;

— существующие экономико-математические модели конкретных проектов угольных шахт весьма статичны, не позволяют учесть специфические особенности шахт Восточного Донбасса, горно-геологические условия которых характеризуются низкой угленасыщенностью промышленных свит, преобладанием тонких и весьма тонких пластов, тектонической нарушенностью, наличием безугольных площадей и угольных пластов сложного строения, некондиционных, невыдержанных по мощности и зольности, а также изменчивостью ряда показателей;

— действующая методика проектного обоснования кондиций, основанная на сравнении издержек производства и ущерба от потерь угля в недрах, из-за усреднения геологических и горнотехнических условий в ряде случаев приводила к далеко не прогрессивным решениям;

— как показали исследования, из рассмотренных и проанализированных экономических критериев оптимальности ни один не может быть принят самостоятельно для оценки эф-

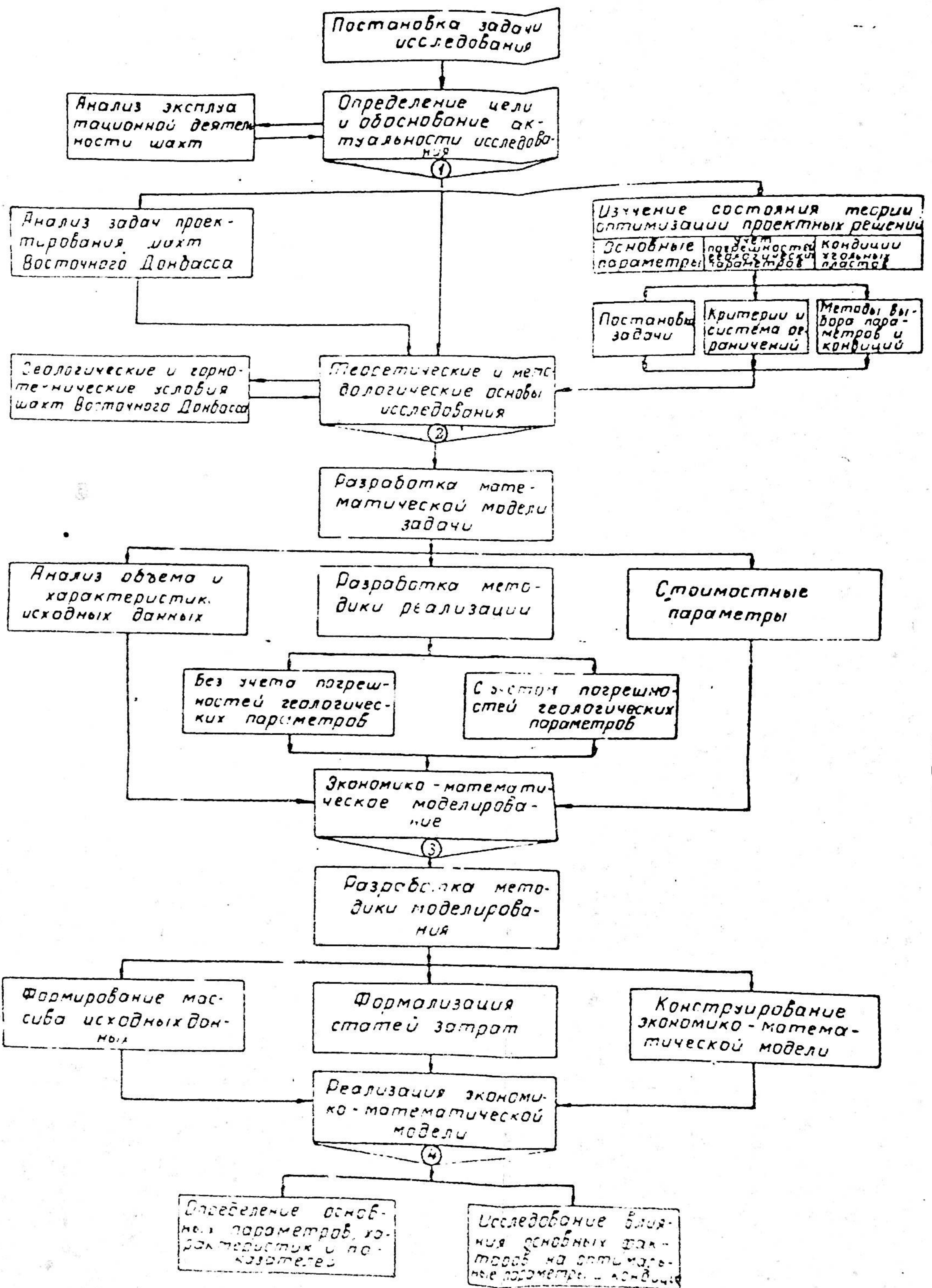


Рис. 1

эффективности разработки угольных пластов и определения основных параметров шахт.

Для оценки эффективности результатов проведенных исследований и ориентировочных расчетов в работе проанализированы факториальные зависимости мощности шахты ( $A$ ) от промзапасов ( $Z$ ), угла падения ( $\alpha$ ), количества рабочих пластов ( $n$ ), глубины разработки ( $H_r$ ), размеров шахтного поля ( $L_{пр}$ ,  $L_n$ ) и мощности пластов ( $m$ ) по 119 проектам шахт. Наиболее достоверную связь имеет:

$$A = \frac{0,0716 Z^{0,756} \alpha^{0,0473} n^{0,0269} H_r^{0,0036}}{L_{пр}^{0,0738} L_n^{0,06789} m^{0,01239}}.$$

С учетом изложенного, в диссертации сформулированы основные методологические положения проводимых исследований и намечены пути их конкретной реализации.

## Глава II. Теоретические и методологические основы исследования

Методологические основы исследований по оптимизации основных параметров шахт и кондиций пластов базируются на следующих основных положениях и предпосылках:

— системном анализе процессов разведки, добычи и переработки (обогащения) угля с учетом природных условий и всех существенных связей между производственными процессами, формирующими моделируемую систему — угольную шахту, возможной неточности исходной информации (параметров внешней среды), а также основных влияющих и ограничивающих природных, горнотехнических, экономических и других факторов;

— недостоверности прогноза геологических данных, используемых при разработке проектов угольных шахт, и необходимости количественной оценки погрешностей исходной информации на стадии принятия проектного решения;

— совместном определении основных параметров шахты и кондиций пластов в пределах шахтного поля, понимая под оптимальными кондициями экстремальные качественные показатели (в данном случае, минимальную мощность пласта и максимальную зольность угля), при которых уровень рентабельности отработки запасов отдельных участков поля (блок, панель) не превышает нормативного (для района или месторождения) уровня. В такой формулировке кондиции могут быть различными в пределах отдельных участков шахтных полей и должны определяться при конкретном проектировании. При проведении же геологоразведочных работ кондиции могут определяться по усредненным данным по месторождению или бассейну в целом.

В основе методологии системного анализа — операция разработки и количественного сравнения альтернативных технических решений и выбора наилучшего из них по принятому критерию оптимальности при вариантных ограничениях по условиям угольных пластов. Если требование равнокачественности альтернатив выполнено, то количественные оценки их оказываются решающими. Первый этап решения — выбор качественной гипотезы управляемой системы, критериев оценок, системы ограничений, объема необходимой и доступной информации. Второй этап — построение количественной модели, алгоритма принятия решения и реализация модели с учетом и без учета погрешностей исходных геологических показателей.

Качественная сторона проблемы связана с необходимостью оценки степени влияния состояний природы на поведение моделируемой системы, трудностью прогнозирования в пространстве и во времени этих состояний, а также возможных изменений качественных составляющих системы и в первую очередь технологических схем и технических решений.

При выборе критериев оптимальности для оценки принимаемых решений учтены следующие требования: критерии оптимальности должны измерять эффективность системы, быть количественными, эффективными в статистическом отношении (не иметь большой дисперсии), быть достаточно полными, относительно простыми, чувствительными и иметь физический (экономический) смысл. Как показали исследования, этим требованиям наиболее полно удовлетворяет система критериев: приведенные затраты с учетом прибыли (в дальнейшем именуемые «приведенные затраты» ( $C_{пт}$ ), которые измеряют сравнительную эффективность системы, и уровень рентабельности по капитальным затратам ( $P$ ) или балансовая прибыль ( $\Pi$ ), которые измеряют абсолютную эффективность системы. Первый из них может быть принят в качестве основного, второй (третий) — дополнительного.

Неопределенность исходной геологической информации обусловлена: природной изменчивостью показателей в пределах шахтного поля (погрешности аналогий) и техническими ошибками измерения самого показателя. На этапе принятия проектного решения наиболее простым и достаточно надежным способом оценки природной изменчивости геологических показателей является их дифференцированное (усредненное) определение в пределах отдельных технологических блоков (участков). При оценке технических ошибок показателя за истинное принимается состояние природы, полученное на основании сопоставления прогнозируемых показателей с фактическими по отработанным шахтным полям. Предлагаемая в работе методика количественной оценки проектных решений с учетом возможных погрешностей геологических данных сво-

дится к определению для каждого конкретного состояния природы совокупности технических решений, параметров и соответствующих им значений критериев оптимальности. При учете погрешностей геологических параметров, данная оценка определяет возможную нижнюю (верхнюю) грань по качественным показателям месторождения (мощность пласта и зольность угля), при которых гарантируется положительная рентабельность (прибыль).

В общей постановке задачи оценка проектных решений производится в два этапа: на первом выявляются экономически равноценные (по минимальному значению основного критерия —  $C_{пт}$ ) варианты, на втором — в области минимума по значению дополнительного критерия устанавливается оптимальное проектное решение ( $P_{\tau} \geq P_{н}$ , где  $P_{н}$  — средненормативный уровень рентабельности). При учете погрешностей геологических параметров варианты зоны оптимума оцениваются по критерию балансовой прибыли ( $\Pi_{\tau} > 0$ ), после чего по  $\max \Pi_{\tau}$  выбирается оптимальное решение. Математически задача оптимизации основных параметров шахт и условий угольных пластов сводится к комбинаторной задаче нелинейного программирования, в процессе решения которой для каждого состояния природы, описываемого вектором  $B[\vec{B}]$ , определяется оптимальное проектное решение  $\vec{x}_0$  при условии:

$$C_{пт} = \Phi(\vec{B}[\vec{B}], \vec{x}_{\tau}) \rightarrow \min, \quad \tau \in U$$

$$\vec{x}_{\tau} = (A_{\tau}; m_{1 \min}, \dots, m_{p \min}; A_{1 \max}^c, \dots, A_{p \max}^c; z_1', \dots, z_p'; a_{1\tau}, \dots, a_{p\tau})$$

в области оптимального решения, т. е.  $0,95C_{пт0} \leq C_{пт\tau} \leq 1,05C_{пт0}$

$$P_{\tau} = F(\vec{B}, \vec{x}_{\tau}) \rightarrow \max, \quad P_{\tau} \geq P_{н} \quad \text{при} \quad \tau \in U$$

$$B = (m_1, \dots, m_p; A_1^c, \dots, A_p^c; z_1, \dots, z_p; b_1, b_2; b_3, \dots, b_k)$$

$$\Pi_{\tau} = \psi([\vec{B}], \vec{x}_{\tau}) \rightarrow \max, \quad \Pi_{\tau} \geq 0 \quad \text{при} \quad \tau \in U$$

$$[\vec{B}] = ([m_1], \dots, [m_p]; [A_1^c], \dots, [A_p^c]; [z_1], \dots, [z_p]; [b_1], [b_2]; b_3, \dots, b_p).$$

Система технических ограничений включает:

$$\begin{cases} m' \leq m_{1 \min} \leq m'' \\ m' \leq m_{2 \min} \leq m'' \\ \dots \\ m' \leq m_{p \min} \leq m'' \end{cases} \quad \begin{cases} A^c \leq A_{1 \max}^c \leq A^{c''} \\ A^c \leq A_{2 \max}^c \leq A^{c''} \\ \dots \\ A^c \leq A_{p \max}^c \leq A^{c''} \end{cases}$$

$$A_{\min} \leq A_{\tau} \leq A_{\max},$$

где  $\vec{B}[\vec{B}]$  состояние природы, описываемое (соответственно без учета и с учетом погрешностей) мощностью пласта  $m_1, \dots, m_p$ ;

( $[m_1], \dots, [m_p]$ ); зольностью угля  $A_1^c, \dots, A_p^c$  ( $[A_1^c], \dots, [A_p^c]$ ) микро- и макронарушенностью месторождения  $b_1$  ( $[b_1]$ ),  $b_2$  ( $[b_2]$ ), запасами пласта  $Z_1, \dots, Z_p$ ; ( $[Z_1], \dots, [Z_p]$ ); остальными геологическими показателями  $b_3, \dots, b_k$ ;  $U$  — множество альтернативных решений;  $a_{\text{тг}}$  — управляемый технологический параметр или оптимизируемая технологическая схема;  $m', m''$  — пределы рассматриваемой мощности пласта при кондиции  $m_{\lambda \text{ min}}$ ;  $A^c, A^{c'}$  — пределы рассматриваемой зольности угля при кондиции  $A_{\lambda \text{ max}}^c$ ;  $Z_1', \dots, Z_p'$  — промышленные запасы 1-го, ...,  $P$ -го пластов при соответствующих кондициях по мощности ( $m_{1 \text{ min}}, \dots, m_{p \text{ min}}$ ) и зольности ( $A_{1 \text{ max}}^c, \dots, A_{p \text{ max}}^c$ );  $Z_1, \dots, Z_p$  — промышленные запасы при заданных значениях  $m_1, \dots, m_p$  и  $A_1^c, \dots, A_p^c$ .

Количественную оценку погрешностей перечисленных геологических параметров предложено осуществлять следующим образом.

**Мощность пласта.** Оценка погрешности мощности пласта производится по величине средней относительной ошибки  $\mu - k_m = 1 - \mu$  (где по данным исследований Донбасс-НИЛа  $\mu = 0,135$  при мощности пласта  $m = 0,45 - 0,6$  м,  $\mu = 0,125$  при  $m = 0,6 - 1,0$  м и  $\mu = 0,072$  при  $m \geq 1,0$  м).

Непосредственно связанное с ней изменение площади распространения пласта с нерабочей мощностью учитывается изменением промышленных запасов шахтного поля.

**Нарушенность пласта.** Оценка погрешности производится при переходимых очистными забоями и непереходимых нарушениях. Влияние переходимых нарушений учитывается уменьшением нагрузки на забой по формуле:  $Y = 77,54 - 58H$ .

Ущерб от непереходимых нарушений при расположении их параллельно линии очистного забоя или под некоторым углом определяется по формуле

$$C_{\text{н}} = L \cos \psi \left[ \frac{H}{L_{\text{л}} \sin(\beta - \alpha)} (k_{1ij} S_{ij} + k_{2ij}) + k_{1ij} S_{ij} + C_{\text{дм}} \right],$$

$$i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, p_i$$

где  $H$  — амплитуда нарушения, м;

$L$  — длина нарушения, м;

$\psi$  — угол между линиями забоя лавы и нарушения, град;

$L_{\text{л}}$  — длина очистного забоя, м;

$\beta$  и  $\alpha$  — углы наклона соответственно выработки и пласта, град;

$S_{ij}$  — сечения выработок (ходов, печь), м<sup>2</sup>;

$k_{1ij}; k_{2ij}$  — расчетные стоимостные коэффициенты;

$C_{\text{дм}}$  — стоимость демонтажа и монтажа очистного оборудования, руб.;

$P_i$  — количество горных выработок в  $i$ -ом технологическом блоке.

При расположении нарушения перпендикулярно линии забоя оценка ущерба производится по величине потерь угля у нарушения.

В процессе решения задачи определяется способ отработки запасов у каждого нарушения (пересечение нарушения подготовительными выработками или оставление целиков) и оценивается ущерб от этих нарушений.

**Зольность угля.** Оценка погрешности зольности и реализационной стоимости производится по величине средней относительной ошибки:  $\Delta A^c = 0,12 A_k^c + 2,5$ , где  $A_k^c$  — зольность угля по данным геологической разведки. При этом процент занижения зольности равен: при  $A^c = 0 - 12\%$  — 0,43; 12 — 25% — 0,735; 25 — 36% — 0,939 (по данным Донбасс НИЛа). Непосредственно связанное с ней изменение площади распространения пласта с некондиционной зольностью учитывается изменением промышленных запасов шахтного поля.

**Запасы шахтного поля.** Оценка ошибки производится с учетом коэффициента достоверности запасов по синтезированному показателю разведанности: для категории  $A$  — 0,938;  $B$  — 0,932;  $C_1$  — 0,895.

Рациональная полнота выемки запасов угля в недрах устанавливается по всей совокупности влияющих природных факторов и на этой основе предусматривается дифференцированная оценка рентабельности отработки пластов и блоков шахтного поля.

В изложенной постановке задача решается методом экономико-математического моделирования с реализацией модели на ЭВМ. Экономико-математические модели приняты детерминированными с аналитическим заданием информационно-геологических параметров и погрешностей их прогноза, а изменение во времени и пространстве горнотехнических параметров и технико-экономических показателей моделируемого объекта учитывается при его разбиении на группы технологических блоков (горизонтов) по временным этапам их существования. При формировании моделей выделяются процессы разведки, добычи и обогащения; угольная шахта, как система, расчленяется на отдельные производственные процессы: очистные и подготовительные работы, поддержание выработок, подземный транспорт, подъем по стволам, процессы на поверхности шахты и т. д. Перечисленные процессы в свою очередь подразделяются на элементы. При моделировании параметры шахты подразделяются на: входные информационные — неуправляемые (природные и организационно-технические) и управляемые (постоянные и переменные) и выходные. Оптимизируемые параметры определяются на основании анализа критериальных функций.

### Глава III. Экономико-математическая модель для выбора основных параметров шахты и кондиций угольных пластов

В главе изложены принципы формирования экономико-математической модели шахты, учитывающие возможность изменения во времени и пространстве параметров месторождения и собственно технических параметров предприятия.

В соответствии с поставленной целью разработка модели осуществляется в следующей последовательности.

1. Анализ природных и технических условий разработки шахт Восточного Донбасса (Раздорское месторождение — шахта «Раздорская» № 1, Гуково-Зверевский район — шахта «Лиховская» и др.).

2. Инженерная проработка и экспертная оценка альтернативных вариантов технологических схем добычи и переработки угля (тип шахты, схемы вскрытия, системы разработки, схемы подготовки шахтного поля, транспорта, вентиляции, глубины обогащения), определение номенклатуры постоянных и переменных параметров. В соответствии с принятой в работе классификацией параметров моделируемой системы на основании инженерного опыта проектирования, анализа горно-геологических условий и т. д., для исследуемых объектов в качестве постоянных приняты следующие технические решения: тип шахты — блоковый; вскрытие — центрально-сдвоенными вертикальными стволами; способ подготовки и система разработки — этажный и длинные столбы (полосы) по падению (восстанию) при угле падения до  $12^\circ$ , панельный и длинные столбы по простиранию при угле падения свыше  $12^\circ$ ; порядок отработки шахтного поля — прямой; подъем по стволам угля и породы — скиповый, людей и материалов — клетевой; механизация очистных работ (с учетом области рационального применения) — комплексами типов КМ-87, КМ-101Т, КМ-97 с комбайнами типов БК-52М, БКТ, М-101Т, «Старт» и комбайном типа УК с индивидуальной крепью; проведение выработок — узким ходом; транспорт по главным выработкам — электровозный в большегрузных вагонетках, по наклонным выработкам — конвейерный (тип и типоразмер средств транспорта устанавливается расчетом), депрессия — 300 и 450 кг/м<sup>2</sup>; обогащение крупных классов +25 (13) мм — в тяжелых средах, мелких 0,5 (6) мм — в отсадочных машинах, глубина обогащения — 0,5 и 6 мм.

По каждому варианту намечаются: параметры технологических схем, балансы продуктов обогащения и выход товарной продукции. Выходными параметрами и характеристиками моделей шахт являются: запасы шахтного поля, мощность шахты, схема подготовки и проветривания, кондиции, а также технико-экономические показатели: приведенные затраты, уровень рентабельности и балансовая прибыль.

Перечисленные технические параметры и характеристики исследованы в заданном диапазоне значений. Приняты следующие значения производственной мощности ( $A_\tau$ ) по шахте «Раздорская» № 1 — 1,5; 1,8; 2,1; 2,4 и 3,0 млн. т/год и по шахте «Лиховская» — 0,6; 0,9; 1,2; 1,5 и 1,8 млн. т/год; способ отработки пластом ( $a_\tau$ ) — самостоятельный или групповой; кондиции по мощности ( $m_{\min}$ ) — 0,45; 0,50; 0,55; 0,60 и 0,90; по зольности ( $A_{\max}^c$ ) — 30; 35; 40; 45 и 50%.

Построение вариантов основано на ограничении мощности пласта «снизу» и зольности угля «сверху». Например, в варианте с  $m \geq 0,6$  м принимаются запасы с минимальной мощностью 0,6 м, а в варианте с  $A^c \leq 35\%$  принимаются запасы с максимальной зольностью 35%.

3. Формализация статей затрат и конструирование экономико-математических моделей шахты.

Экономико-математическая модель формируется по основному критерию:

$$C_{\text{пт}\tau} = E \sum_{i=1}^{n_6} \sum_{j=1}^{m_3'} \frac{K_{ij\tau}}{\eta_{i\tau}} + \sum_{i=1}^{n_6} \sum_{j=1}^{m_3''} \frac{C_{ij\tau}}{\eta_{i\tau}} - \sum_{i=1}^{n_6} \sum_{j=1}^{m_3'''} \Pi_{ij\tau} \Rightarrow \max. \quad \tau \in U$$

При анализе экономически равноценных по первому критерию вариантов (зона оптимума) учитываются дополнительные критерии:

при решении без учета погрешностей исходных геологических параметров

$$P_\tau = \frac{\sum_{i=1}^{n_6} \sum_{j=1}^{m_3'''} \Pi_{ij\tau}}{\sum_{i=1}^{n_6} \sum_{j=1}^{m_3'} \frac{K_{ij\tau}}{\eta_{i\tau}}} \cdot 100 \Rightarrow \max \text{ при } P_\tau \geq P_{\text{н}}$$

при решении задачи с учетом погрешностей исходных геологических параметров

$$\Pi_\tau = \sum_{i=1}^{n_6} \sum_{j=1}^{m_3'''} u_{i\tau} - \sum_{i=1}^{n_6} \sum_{j=1}^{m_3''} \frac{C_{ij\tau}}{\eta_{i\tau}} \Rightarrow \max \text{ при } \Pi_\tau \geq 0,$$

где  $K_{ij\tau}$  — приведенные капитальные затраты на 1 т годовой производственной мощности шахты;

$C_{ij\tau}$  — себестоимость добычи и обогащения 1 т рядового угля;

$\eta_{i\tau}$  — коэффициент выхода товарной продукции;



$E$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных затрат;  
 $c_{it}$  — цена 1 т товарной продукции;  
 $n_0$  — количество блоков;  
 $m_3', m_3'', m_3'''$  — количество учитываемых в модели элементов соответственно по капитальным затратам, эксплуатационным расходам и реализационной стоимости.

Разработка модели осуществляется по блочному принципу, в соответствии с которым построение модели начинается с дезагрегирования производства на отдельные технологические процессы, а последних на элементы. Далее предусматривается последовательное их математическое описание, синтез и конструирование модели по пластам и технологическим блокам. Последующий этап предусматривает разработку системы общешахтных ограничений и синтез локальных моделей, в процессе которого выделяется подсистема «вентиляция» с программой расчета оптимальных сечений выработок вентиляционной сети по комбинированному методу ДонУГИ—«Центрогипрошахта» (с некоторыми изменениями). При оптимизации результаты решения этой подсистемы являются исходной информацией для реализации модели. Расчет составляющих целевой функции осуществляется по разработанным стоимостным параметрам. Учитываются капитальные затраты на геологоразведочные работы, по добыче и обогащению; реализационная стоимость товарной продукции; эксплуатационные расходы по обогащению и добыче: общешахтные — подъем по стволам, ремонт зданий и сооружений, породный комплекс, теплофикация, условно-постоянный штат трудящихся; по блокам — очистные работы, проведение и поддержание выработок, подземный транспорт и т. д.

В соответствии с вышеизложенным порядком применительно к каждой конкретной шахте составляются рабочие экономико-математические модели.

4. Составление алгоритма и программы решения модели на ЭВМ. При выборе способа реализации экономико-математической модели на ЭВМ возникает необходимость в создании алгоритма наименее громоздкого и удобного как для машинного, так и поверочного «ручного счета». Способ реализации, как и сама экономико-математическая модель, должны допускать возможность изменения программы при изменении отдельных составляющих модели, что дает возможность неоднократного ее использования. В наибольшей степени этим требованиям отвечает алгоритм, расчлененный на отдельные вычислительные блоки, включая блоки: оптимальные сечения выработок, стоимость горных работ, околовольные двory, очистные работы, подземный транспорт, подъем, водоотлив, поверхность, условно-постоянный штат трудящихся, обогащение, реализационная стоимость и др.

## Глава IV. Технико-экономический анализ результатов реализации экономико-математических моделей

Изложенные выше основные методологические положения по обоснованию параметров шахт и кондиций реализованы при конкретном проектировании ряда шахт Восточного Донбасса. Результаты реализации позволили оценить степень влияния моделируемых природных условий (мощности пластов, зольности угля, нарушенности месторождения, запасов шахтного поля) на исследуемые основные параметры шахт и их технико-экономические показатели, а также дать конкретные рекомендации: по кондициям, основным параметрам и технологическим схемам для шахт «Раздорская» № 1, «Лиховская», «Бессергеновская»; по кондициям для шахты «Аютинская-Западная»; по основным параметрам для шахт «Краснодонская» и «Гуковская» № 25. Применительно к условиям этих шахт построены графики и установлены корреляционные зависимости критериальных показателей (приведенных затрат и уровня рентабельности) от кондиций угольных пластов по мощности и зольности, погрешностей их определения, мощности шахт и запасов шахтного поля, а также основных параметров шахт от кондиций. В качестве примера на рис. 2 и 3 приведены изменения критериальных показателей от мощности шахты и кондиций по мощности и зольности.

Анализ влияния природных факторов, основных параметров шахт и параметров обогащения на критериальные показатели свидетельствует:

— с увеличением средней мощности пласта на 1 см и уменьшением средней зольности угля на 1%, приведенные затраты уменьшаются в среднем на 0,2 и 0,68 руб/т, а уровень рентабельности увеличивается на 0,2 и 0,7%;

— при увеличении выхода штыба (класса 0—6 мм) на 1% (что связано с уменьшением механической прочности угля) реализационная стоимость и балансовая прибыль уменьшаются на величину  $\Delta = 0,026—0,004 A^c$ , руб/т. При увеличении выхода штыба на 1% кондиции по мощности пласта возрастают соответственно на 0,01 м — при  $A_{cp}^c = 20\%$  и  $m_{cp} = 0,58$  м; 0,02 м — при  $A_{cp}^c = 25\%$  и  $m_{cp} = 0,72$  м; 0,03 м — при  $A_{cp}^c = 30\%$  и  $m_{cp} = 0,84$  м;

— при принятых схемах механизации очистных работ (БКТ, КУ, «Старт», БК-52М) и диапазонах варьирования зольности рядового угля выход товарной продукции ниже, а реализационная стоимость и стоимость обогащения выше при глубине обогащения 0,5 м по сравнению с 6 мм (табл.).

Как показали результаты обработки фактических данных, зольность штыба, примерно, на 5% ниже зольности рядового

Таблица

Тип комбайна	Глубина обогащения, мм	Выход товарной продукции, %	Реализационная стоимость угля, руб/т
БКТ, КУ	0,5	1,082—0,012А <sup>с</sup>	20,34—0,18А <sup>с</sup>
	6	1,084—0,009А <sup>с</sup>	20,18—0,23А <sup>с</sup>
„Старт“, БК-52М	0,5	1,04—0,01А <sup>с</sup>	20,98—0,18А <sup>с</sup>
	6	1,133—0,012А <sup>с</sup>	19,37—0,19А <sup>с</sup>

угля, поэтому при глубине обогащения 6 мм зольность рядового угля не должна превышать 36,5%;

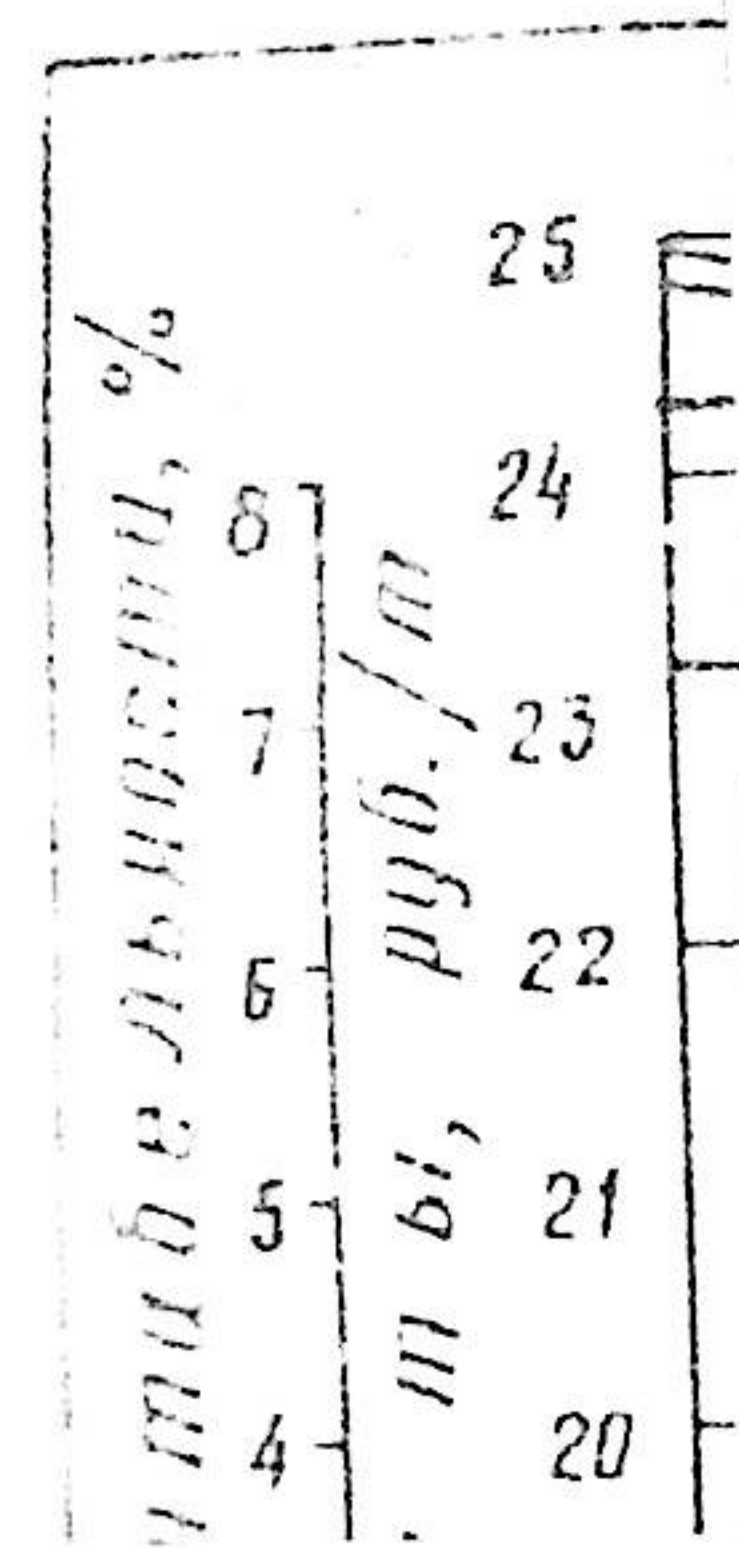
— при учете погрешностей исходных геологических параметров приведенные затраты увеличиваются, а рентабельность уменьшается. Так, по шахтам «Раздорская» № 1 и «Лиховская» приведенные затраты соответственно увеличиваются на 27,6—35,5 и 26,8—30,5%, в том числе при учете погрешностей только мощности пласта — на 6,3—8,4 и 3,2—3%, зольности угля — на 14,5—18,7 и 4—5%, переходимых нарушений — на 11,1—13,2% (в пределах всего шахтного поля «Лиховская») и на 3—4,2% (в пределах восточной части данного шахтного поля), запасов — на 6,5—7,9 и 8,5—10%. Положительная прибыль ( $P=11,2m-0,322A^c-4,28$ , руб/т) по указанным шахтам может быть получена при  $A_{ср}^c=20\%$  и  $m_{ср}=0,99$  м,  $A_{ср}^c=25\%$  и  $m_{ср}=1,11$  м,  $A_{ср}^c=30\%$  и  $m_{ср}=1,27$  м. При этом кондиции по мощности пласта увеличиваются на 65—68% по сравнению с данным показателем, рассчитанным без учета погрешностей геологических параметров (при неизменных кондициях по зольности).

Исследование влияния кондиций, параметров обогащения и глубины разработки на основные параметры шахты (при фиксированных затратах) свидетельствует:

— уменьшение мощности пласта на 1 см, увеличение зольности угля на 1% и промышленных запасов на 1 млн. т вызывает рост производственной мощности шахты соответственно на 55, 180 и 3,6 тыс. т/год;

— углубление горных работ на каждые 100 м приводит к увеличению кондиций по мощности пласта на 2 см или уменьшению их по зольности угля на 0,5%, при этом, себестоимость 1 т рядового угля изменяется по формуле  $C_p = 12,24 + 0,00127H_r$ , руб/т (где  $H_r$  — глубина разработки).

В результате математической обработки расчетных данных и проверки на существенность влияющих факторов выведены эмпирические зависимости приведенных затрат и уровня рентабельности от средних значений мощности пласта и средней зольности угля, промышленных запасов шахтного поля, произ-



Тип  
 —  
 Б1  
 „С  
 Бк  
 угля  
 го у  
 —  
 метр  
 умен  
 прив  
 35,5  
 мощи  
 на 1  
 13,2%  
 3—4,  
 ля),  
 были  
 там  
 $A_{ср}^c =$   
 конди  
 сравне  
 погреш  
 конди  
 Исс  
 и глуб  
 фиксир  
 — у  
 ности у  
 вает ро  
 на 55, 1  
 — у  
 увеличе  
 шению  
 стоимос  
 = 12,24  
 В рез  
 и провер  
 эмпирич  
 табельно  
 зольност

водственной мощности шахты и количества пластов применительно к шахте «Раздорская» № 1.

$$C_{пн} = 33,795 - 20,146 m_{ср} + 0,679 A_{ср}^c - 0,0000175 Z - \\ - 0,0036 A + 0,485 n, \text{ руб/т,}$$

$$P = - 10,942 + 21,004 m_{ср} - 0,639 A_{ср}^c + 0,000007 Z - \\ - 0,359 n + 0,00432 A, \%$$

Анализ расчетных данных свидетельствует, что основными затратами, влияющими на выбор мощности и срока служб шахты, размеров и запасов шахтного поля, а также кондиций пластов, являются эксплуатационные (72,3—76,6%), в том числе на очистные работы (30,4—37%), проведение выработок (6,1—7%), условно-постоянный штат трудящихся (5,1—7,8%) и подземный транспорт (3,2—4,4%), долевое участие удельных капитальных затрат (с учетом  $E$ ) не превышает 25%.

Проведенные исследования позволили также разработать конкретные рекомендации по кондициям пластов в пределах технологических блоков исследуемых шахт, по их основным параметрам и целесообразности отработки отдельных блоков. Экономически целесообразным оказалось:

— по шахте «Раздорская» № 1 исключить из разработки запасы блоков № 3, 9 и 12 по всем пластам и № 4 и 5 по пластам  $K_5''$  и  $K_4^2$ , принять  $A=3$  млн. т/год при дифференцированных кондициях по блокам ( $m \geq 0,5-0,6$  м  $A^c \leq 35-40\%$ );

— по шахте «Лиховская» исключить из разработки запасы восточной части шахтного поля (блоки № 7, 8, 9 и 10) и соответственно скорректировать его размеры, приняв  $A=1,5$  млн. т/год,  $m \geq 0,9$  м,  $A^c \leq 45\%$ ;

— по шахте «Аютинская-Западная» исключить из разработки пласт  $i_3^b$ , по пласту  $i_3''$  принять  $m \geq 0,5$  м  $A^c \leq 40\%$ , по пласту  $i_2^b - i_2^2 - m \geq 0,5$  м,  $A^c \leq 35\%$ ;

— по шахте «Бессергеновская» принять  $A=1,8$  млн. т/год,  $m \geq 0,6$  м,  $A^c \leq 30\%$ ;

— по шахте «Краснодонская» принять  $A=0,6$  млн. т/год и срок службы 20 лет;

— по шахте «Гуковская» № 25 принять вариант объединения шахт № 25 и 3 с  $A=1,5$  млн. т/год и сроком службы 35 лет.

#### Выводы и рекомендации

Основное теоретическое и практическое значение проведенных исследований сводится к следующему:

— на основании анализа существующих методов выбора основных параметров шахт, экономической оценки потерь за-

пасов угля в недрах и обоснования кондиций угольных пластов разработана методика совместной оптимизации основных параметров шахты и кондиций, основанная на системном анализе процессов разведки, добычи и переработки угля и учете затрат по этим процессам;

— разработана методика экономико-математического моделирования угольных шахт в условиях месторождений с непостоянными геологическими параметрами, предусматривающая определение основных параметров шахт и технологических схем в увязке с кондициями пластов по мощности и зольности, а также возможность количественной оценки погрешностей геологических параметров;

— конкретизировано понятие кондиций угольных пластов и исследовано влияние ряда факторов (геологических, горно-технических, погрешностей геологических показателей на параметры шахты и кондиции угольных пластов. Установлены и проанализированы корреляционные зависимости между приведенными затратами, рентабельностью и основными факторами — аргументами, позволяющие определять основные параметры шахты и кондиции в аналогичных условиях;

— предложенные методики использованы при технико-экономических обоснованиях основных параметров шахт «Раздорская» № 1, «Лиховская», «Аютинская-Западная» и кондиций угольных пластов по участкам данных шахт.

ТЭО указанных шахт рассмотрены и утверждены, а методика рекомендована Государственной комиссией по запасам при Совете Министров СССР (ГКЗ) для применения в проектах кондиций угольных месторождений СССР. Методика использована также для выбора основных параметров в технических проектах шахт «Краснодонская» и «Гуковская» № 25. Исследования показали, что мощность шахт «Раздорская» № 1 и «Лиховская» следует увеличить в 1,33—1,65 раза, при этом минимальная мощность пластов может быть понижена до 0,55 м (в благоприятных условиях до 0,5 м), а максимальная зольность увеличена до 35—45%.

Внедрение предлагаемых рекомендаций позволит только по трем шахтам («Раздорская» № 1, «Лиховская» и «Аютинская-Западная») увеличить промышленные запасы на 33 млн. т, а полную балансовую прибыль — на 269 млн. руб.

Основные методические положения и практические рекомендации, изложенные в работе, докладывались в институтах «Центрогипрошахт», «Ростовгипрошахт», ГКЗ, Волго-Донском территориальном геологическом управлении, Шахтопроекте МУП СССР, отделе экспертизы МУП СССР.

Основные положения диссертации изложены в следующих работах автора:

1. Определение оптимальных параметров реконструкции шахты средствами электронно-вычислительной техники. Сб. «Проектирование и строительство угольных предприятий», 1968, № 7 (соавтор В. Г. Сирозидинов).

2. Определение оптимальных параметров реконструкции шахты «Гуковская» № 25 с использованием электронно-вычислительной техники. «Уголь Украины», 1970, № 10 (соавтор В. Г. Сирозидинов).

3. Определение кондиций по мощности и зольности угольных пластов шахты «Бессергеновская» комбината «Ростовуголь». «Разведка и охрана недр», 1969, № 2 (соавторы Н. М. Шумин, А. Е. Озолс).

4. Определение кондиций по мощности и зольности угольных пластов шахты «Шерловская» комбината «Ростовуголь». «Уголь Украины», 1969, № 11 (соавторы Н. М. Шумин, А. Е. Озолс).

5. Применение групповых откаточных штреков при разработке пологопадающих пластов угля. Труды ИГД АН Каз. ССР, том 3, 1958.

В диссертации также использованы следующие работы автора:

1. Определение длины выемочного участка и длины панели по простиранию при разработке пологопадающих пластов Карагандинского бассейна. «Уголь», 1956, № 1.

2. Выбор способов подготовки шахтного поля при разработке одиночного тонкого и средней мощности пласта в Карагандинском бассейне. «Уголь», 1958, № 1.

3. Определение температуры рудничного воздуха с применением ЭЦВМ. Сб. «Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело», 1969, № 9(27) (соавторы А. А. Голубенко, И. П. Третьяков).

4. Новые технические решения в проектах шахт «Ростовгипрошахта». Сб. «Проектирование и строительство угольных предприятий», 1969, № 10.

5. Основные технические решения подземного транспорта в проектах института «Ростовгипрошахта». Сб. «Проектирование и строительство угольных предприятий», 1969, № 11—12 (соавторы В. В. Дунаев, А. А. Ермолович).