

**Д О Н Е Ц К И Й
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

ВОРОПАЕВА ВИКТОРИЯ ЯКОВЛЕНА

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
ДОБЫЧНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

**Специальность 05.13.07 "Автоматизация технологических
процессов и производств"**

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Донецк - 1995

621.31

ДВ 33.340



Диссертация является рукописью
 Работа выполнена в Донецком государственном университете на кафедре "Автоматика и

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Борисов Алексей Андреевич.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Ульшин Виталий Александрович; кандидат технических наук, доцент Ярошенко Николай Александрович.

Ведущая организация - производственное объединение по добыче угля "Красноармейскуголь" (г. Димитрово, Донецкая обл.)

Защита состоится 21 декабря 1995 г. в 14 часов на заседании специализированного совета К. 06.04.01 в Донецком государственном техническом университете по адресу: г. Донецк, ул. Артема, 58, корп. 1, ауд. 201).

Отзывы на автореферат направлять по адресу: 340000, г. Донецк, ул. Артема, 58, ученому секретарю ДГТУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ДГТУ.

Автореферат разослан 21 ноября 1995 г.

ЛНБ им. В. Стефанюка
 АН Украины

Ученый секретарь
 специализированного совета,
 кандидат технических наук,
 доцент

Г.В.Мокрый

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и степень исследованности тематики диссертации.

Эффективность работы угольных предприятий характеризуется не только требуемым объемом добычи, но также зольностью, серностью и себестоимостью добываемого угля, значения которых в настоящее время постоянно возрастают в следствие ухудшения горно-геологических и технических условий ведения очистных работ. Превышение нормативных показателей по себестоимости и качеству сжигаемого угля приводит к росту затрат и увеличению вредных выбросов в атмосферу и отходов, загрязняющих окружающую среду.

Одним из наиболее целесообразных путей повышения эффективности является автоматизированное управление очистными работами путем перераспределения нагрузок по добыче между очистными забоями с различными горно-геологическими условиями, зольностью, серностью и себестоимостью добычи так, чтобы общий объем добычи равнялся требуемому, показатели качества не превышали нормативы, а себестоимость очистных работ по шахте была минимально возможной. Другой не менее важной задачей является поддержание заданных нагрузок (объемов добычи участков) в условиях складывающихся ситуаций и возмущений.

Известные способы и системы автоматизированного управления процессами добычи более пригодны для оптимального проектирования и управления по среднестатистическим данным, так как не учитывают конкретные горно-геологические условия на участках в данный момент, организационно-технические ситуации и их влияние на формирование реальной себестоимости угля по участкам, что не позволяет с достаточной оперативностью принимать управляющие решения по распределению нагрузки на очистные забои и компенсации возмущающих факторов.

Проведенные исследования выполнялись в рамках х/т 91-448 "Подсистема оптимального планирования и управления загрузкой добычных участков шахты им. А.Г.Стаханова", проводимой в 1991 - 1993 гг. по заказу ПО "Красноармейскуголь" под руководством автора.

Целью работы является разработка принципа и системы автоматизированного управления технологическими процессами добычных участков угольных шахт для повышения оперативности управления и снижения себестоимости добычи путем оптимизации распределения нагрузки на очистные забои с учетом горно-геологических и технических условий и оперативного управления добычей в реальных ситуациях.

Идея работы состоит в использовании принципа дуальности в управлении при построении системы путем совмещения в ней процессов прогнозирования изменений, происходящих в объектах, и непрерывного корректирования модели и алгоритма управления с учетом этих изменений.

Для реализации идеи и достижения цели поставлены следующие основные задачи:

разработать базовую математическую модель технологических процессов добычных участков для исследования характеристик процессов, влияния горно-геологических факторов на себестоимость добычи и определения структуры оперативной прогнозной модели для ее оценки;

разработать и исследовать упрощенную оперативную модель прогнозирования и оценки себестоимости добычи;

разработать методiku параметрической и структурной идентификации оперативных моделей в условиях изменения структуры и параметров добычных процессов;

разработать принцип, критерии и алгоритм оптимизации распределения нагрузок между очистными забоями;

разработать принцип построения и структуру системы оптимизации распределения нагрузки и оперативного ситуационного управления для поддержания оптимальных нагрузок, провести исследование и внедрение системы.

Методология и методы исследования.

В основу при разработке моделей и идентификации их структуры и параметров положен модульно-иерархический принцип представления сложных систем, существующие закономерности развития горных процессов, обобщение данных функционирования крупных шахт Донбасса. Принципы формирования упрощенных оперативных моделей и построения системы базируются на теории самоорганизации и прогнозирования, методе группового учета аргументов (МГУА), методах оптимального выбора стратегий и ситуационного управления, данных вычислительного эксперимента и промышленных исследований.

Основные научные положения и результаты, выносимые на защиту и их новизна.

Положения.

1. В отличие от известных, сепарабельная целевая функция оптимизации процесса добычи формируется путем индивидуального учета влияния горно-геологических и организационно-технических факторов на себестоимость добычи по участкам, что обеспечивает оптимальное распределение нагрузок для получения минимума себе-

стоимости очистных работ при заданных показателях качества.

2. Принцип оптимизации и оперативного управления отличается функционально-временной декомпозицией оптимизационной задачи и разделением частот решения по этапам моделирования, оптимизации и управления так, что предыдущий этап обрабатывает и готовит информацию для упрощения моделей и алгоритмов на последующем этапе с целью повышения оперативности и точности решения от этапа к этапу.

3. Эффективность ситуационного управления достигается комбинацией методов ассоциативного выбора управлений и статистического моделирования путем проигрывания ситуаций, экспертной оценки и отбора вариантов с накоплением данных.

Результаты:

1. Разработана новая модель технологических процессов добычных участков угольных шахт, обеспечивающая прогнозирование как пространственных координат, так и качественных характеристик обрабатываемого пласта в функции его координат.

2. Предложена модель оценки эффективности очистных работ добычных участков и новые критерии оптимизации, учитывающие влияние на себестоимость добычи и качество угля горно-геологических и организационно-технических факторов.

3. Предложен новый принцип оптимизации и ситуационного управления процессами очистных работ, позволяющий повысить оперативность и точность решения задачи.

4. Разработаны методологические основы построения и внедрения иерархической системы с оптимизацией распределения нагрузки и ситуационным управлением по ее поддержанию.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается: корректным использованием математического аппарата, адекватностью разработанных моделей, проверенной в ходе вычислительного эксперимента, совпадением результатов моделирования и данных испытаний с погрешностью до 10%, апробацией работы на научных конференциях, положительными результатами внедрения.

Научное значение работы состоит в развитии принципов модульного моделирования сложных многосвязных промышленных объектов с получением оперативных моделей в автоматизированном режиме непосредственно на объекте, разработке новых критериев и принципа оптимизации распределения нагрузки с учетом влияния реальных горно-геологических условий, разработке нового принципа управления очистными процессами с разделением частот решения

задачи по этапам, позволяющих сформулировать и решить задачу создания иерархических систем оптимизации и управления очистными процессами добычных участков угольных шахт, способных корректировать модель и алгоритм в процессе управления в зависимости от конкретных условий.

Практическая значимость работы заключается в разработке:

математических моделей технологических процессов добычи, учитывающих влияние реальных возмущений и ситуаций;

оперативных моделей оценки эффективности добычного участка, используемых для прогноза себестоимости добычи, с самоорганизационной структурой и идентификацией параметров;

алгоритма управления и прикладных программ оптимизации распределения нагрузок между очистными забоями;

структуры системы автоматизированного управления технологическими процессами, позволяющей компоновать технические средства иерархической системы компьютеризации шахты.

Декларация личного вклада. Автором лично разработаны базовая модель очистных процессов, критерии и алгоритм оптимизации распределения нагрузки, система ситуационного управления.

Реализация выводов и рекомендаций работы

Разработанная система автоматизированного управления технологическими процессами добычных участков угольных шахт внедрена на шахтах им. Стаханова, Краснолиманская, Красноармейская-Западная ПО "Красноармейскуголь" (1991 - 1995 гг.). Годовой экономический эффект составил 0,75 % себестоимости очистных работ.

Научные положения диссертации, в том числе математическая модель процесса добычи, критерии, принцип и алгоритм ситуационного управления, использованы в техническом задании на создание системы компьютеризированного управления шахтой им. Абакумова и пакете прикладных программ по управлению очистными забоями.

Методика моделирования и исследования на ЭВМ сложных объектов управления используется в курсе "Программирование и вычислительные методы", НИРС, курсовом проектировании в ДГТУ.

Апробация работы. Результаты диссертационных исследований доложены, обсуждены и получили одобрение на кафедре автоматики и телемеханики Донецкого государственного технического университета (1994 - 1995 гг.); на III Всероссийской (с участием стран СНГ) конференции "Качество информации" (Москва, МИИТ, 1992 г.); на VI Международной научно-технической конференции "Экология промышленного региона" (Донецк, 1995 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов и заключения, изложенных на 148 страницах машинописного текста, иллюстрированного 32 рисунками. Работа содержит 8 таблиц, список использованной литературы из 112 наименований и 5 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель, идея и основные задачи исследований, определены научная новизна и практическая ценность работы, приведены сведения о реализации и апробации результатов работы.

В первой главе проведен анализ технологических процессов добычных участков шахт. В качестве базового объекта исследований выделен обобщенный участок с наиболее прогрессивной технологией и уровнем механизации, наибольшим количеством перестраиваемых элементов и функций, с возможностью индивидуальной оценки эффективности функционирования. Анализ показал, что в настоящее время в основном преобладают статистические методы управления, когда корректирующие воздействия вырабатываются по статистическим данным прошлого функционирования, что мало эффективно. Поставлена задача управления с упреждением возмущений по прогнозам параметров состояния на будущий период в следующем виде.

1. Для совокупности добычных участков $ДУ_i$ (рис. 1) с выходными величинами реальной добычи D_i , зольности A_i^c и себестоимости C_i , зависящими от влияющих факторов $\Phi(\alpha, \beta, \gamma)$ и формирующими суммарную добычу шахты D_{Σ} , ее зольность A_{Σ}^c и себестоимость очистных работ C_{Σ} , путем измерения факторов $\Phi_i(\alpha, \beta, \gamma)$ на интервале упреждения T прогнозировать участковые себестоимости $C_{\Sigma i}$ (БПС $_i$) и с учетом участковых ограничений Ψ_i распределять нагрузки D_{0i} так, чтобы суммарная добыча D_{Σ} равнялась заданной $D_{\Sigma 0}$, качество угля A_{Σ}^c соответствовало нормативному $A_{\Sigma 0}^c$, а себестоимость очистных работ C_{Σ} была минимальной $C_{\Sigma 0}$.

2. Для добычного участка $ДУ_i$ на интервале T по оценкам (СОИ) реальных ситуаций и возмущений F_i ассоциативно вырабатывать (ССУ) ситуационные управления в виде совета лицу, принимающему решения (ЛПР), для поддержания добычи участка D_i на уровне оптимальной D_{0i} путем перераспределения ресурсов \bar{U}_i .

Решение задачи предполагает создание полной (базовой) модели технологического процесса для исследования влияния факторов $\Phi_i(\alpha, \beta, \gamma)$ на себестоимость C_i и формирования структуры оперативной модели ее прогнозирования, разработку методов формирования и обеспечения адекватности прогнозной модели, принципа и критериев

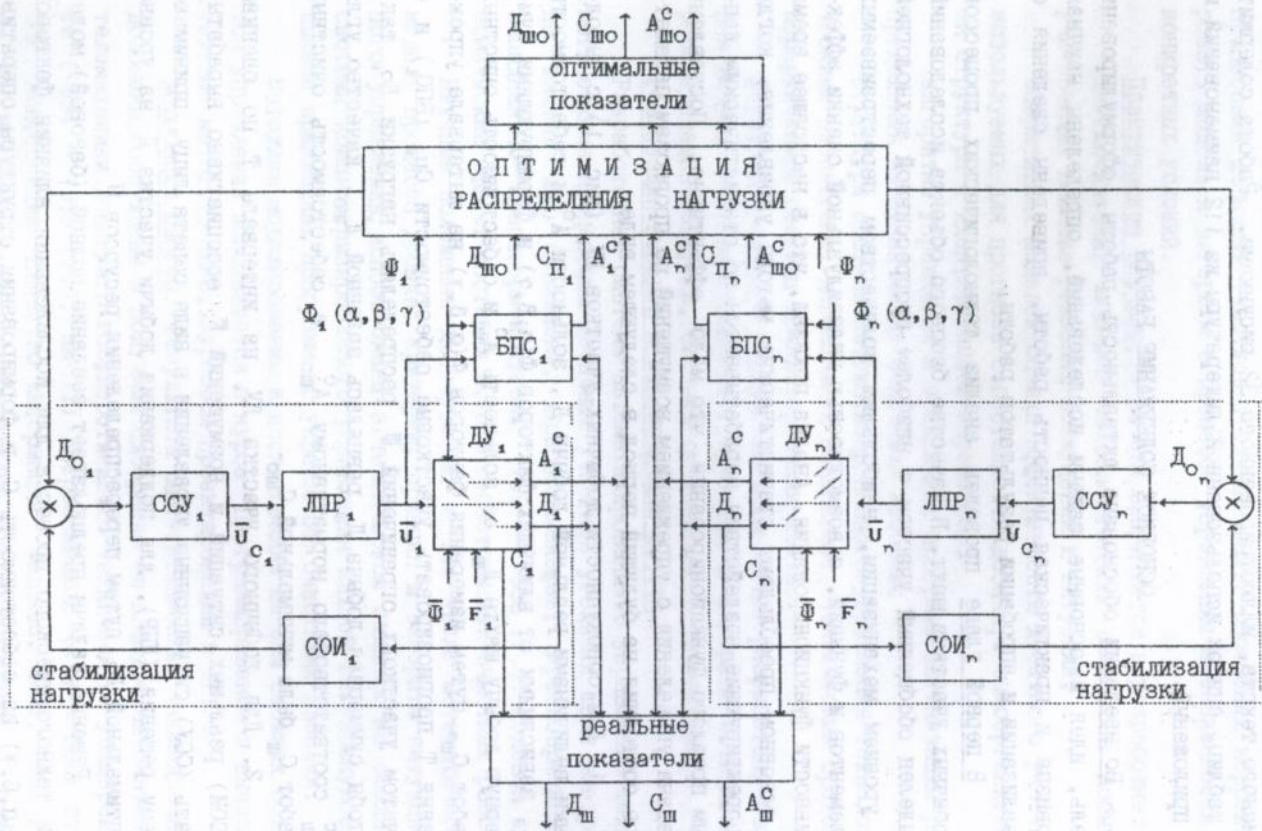


Рис. 1. Общая структура двухуровневой системы

оптимизации распределения нагрузки и системы ситуационного управления для поддержания ее на заданном уровне.

Во второй главе разработана новая модель технологических процессов очистного забоя для исследования влияния факторов на объем добычи, качество и себестоимость угля по участкам и формированию структуры оперативной модели прогнозирования себестоимости. Модель построена на базе модульно-иерархического принципа, сочетающего физические процессы в элементах системы и аддитивные помехи, отражающие случайные изменения характеристик пласта и нарушения в работе механизмов. Модель включает основные технологические модули (комбайн, крепь, конвейер) и модуль угольного пласта как физическую среду с переменными характеристиками. Входы технологических модулей дополнены блоками (О) и (В), посредством которых моделируются отказы, восстановления и длительность ремонта соответствующего оборудования. Случайные изменения параметров пласта моделируются в соответствующем блоке.

Физические процессы в модулях приняты детерминированными с наложением аддитивных помех, отражающих реальные нарушения в модулях. Основное соотношение для мгновенной скорости подачи комбайна имеет вид:

$$V_{\Pi} = (0,6 z_p v_p n_z) / (k_{\text{пр}} A_{\text{уг}} \pi D_{\text{ш}}), \text{ м/мин}, \quad (1)$$

где z_p - усилие резания, v_p - скорость резания, n_z - число резцов в линии резания, $D_{\text{ш}}$ - диаметр шнека, $k_{\text{пр}}$ - коэффициент, учитывающий наличие породных прослоек пласта, $A_{\text{уг}}$ - удельное сопротивление угля резанию. При остановках комбайна $V_{\Pi} = 0$.

В соответствии с (1) текущий углеток Q_{T} определяется:

$$Q_{\text{T}} = B \pi V_{\Pi} \rho, \text{ т/мин}, \quad (2)$$

где B - ширина захвата, π , ρ - текущая мощность пласта и плотность угля. Производительность модуля комбайна согласована по пропускной способности с характеристиками забойного конвейера:

$$Q_{\text{зк}} = S_{\text{рш}} k_{\text{зп}} \rho k_y v_d, \text{ т/мин}, \quad (3)$$

где $S_{\text{рш}}$ - площадь решетчатого става, $k_{\text{зп}} = 0,04 + 0,08$ - коэффициент заполнения желоба, $k_y = 0,7 + 1,5$ - коэффициент влияния угла наклона, v_d - скорость движения конвейера. Скорость подачи комбайна согласовывается также со скоростью передвижения крепи, определяемой выражением:

$$v_{\text{кр}} = v_{\text{кр}} k_{\text{сх}} k_{\text{уп}} k_{\text{уст}}, \text{ м/мин}, \quad (4)$$

где $v_{\text{кр}}$ - скорость крепления при последовательной передвижке крепи и устойчивых боковых породах, $k_{\text{уп}}$ - коэффициент снижения

скорости крепления с увеличением угла падения пласта α :

$k_{\text{уп}} = 1$ при $0 \leq \alpha \leq 9^\circ$, $k_{\text{уп}} = 1 - 0,013(\alpha - 9^\circ)$ при $9^\circ < \alpha < 15^\circ$;

$k_{\text{уст}}$, $k_{\text{ох}}$ - коэффициенты, учитывающие устойчивость боковых пород и схему передвижки крепи.

При разработке модулей принято, что структура законов распределения нарушений в модулях за период оптимизации сохраняется, параметры характеристик пласта периодически корректируются по данным горно-геологических карт, а периоды моделирования, прогноза и управления значительно меньше периодов изменения горно-геологических условий.

На базе технологических модулей и установления логических связей между ними разработан обобщенный граф (рис. 2) взаимосвязей элементов системы, который позволяет формировать технологическое состояние добычного участка путем смены ряда состояний забоя S_k и оборудования P_m . Рассмотрены состояния забоя: в работе ($k=1+4$), не готов ($k=5,6$), в резерве ($k=8,9$), в подготовке ($k=10,11$), в процессе ремонта ($k=12$), выбыл ($k=0$). Состояния оборудования: в работе ($m=1+3$), в подготовке ($m=4+6$), резерве ($m=7$), ремонте ($m=8$), списано ($m=9$).

Обобщенная (базовая) технологическая модель очистных работ (рис. 3), входами которой являются усредненные характеристики пласта, скорость подачи комбайна, случайные возмущения, обеспечивает на выходе прогнозирование пространственных координат отработки, величины, качества добычи, а также характеристик пласта в функции его координат: $D = D(L)$, $A^C = A^C(L)$, $S = S(L)$, $W = W(L)$, $m = m(L)$, $\rho = \rho(L)$, где S и W - серность и влажность.

В третьей главе разработана структура комплексной модели (рис. 4) для исследования влияния факторов Φ (α, β, γ), оценки эффективности функционирования добычного участка и формирования критериев управления. Модель включает базовую модель и блоки оценки: затрат (БОЗ) с учетом влияния факторов (ПТФС₁, ОТМ, СВ₁), условной (БОД) и реальной с учетом качества добычи (БОРД), себестоимости добычи угля на участке (БОСУ) и блок оперативного управления участком (БОУ).

Оптимальная нагрузка на входе модели нормируется в соответствии с принятой структурой затрат по k -м видам забойного оборудования на амортизацию категории затрат T_0 , по j -м видам материалов (МЭО) и по зарплате s -й группы рабочих (ОФО):

$$C_H = \sum_{k=1}^p C_{a_k} + \sum_{j=1}^m C_{M_j} + \sum_{s=1}^l C_{\text{зп}_s} \quad (5)$$

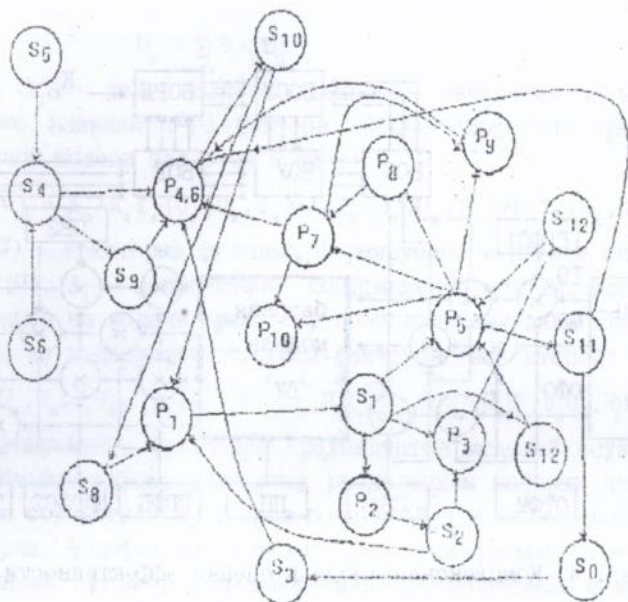


Рис. 2. Граф состояний добычного участка

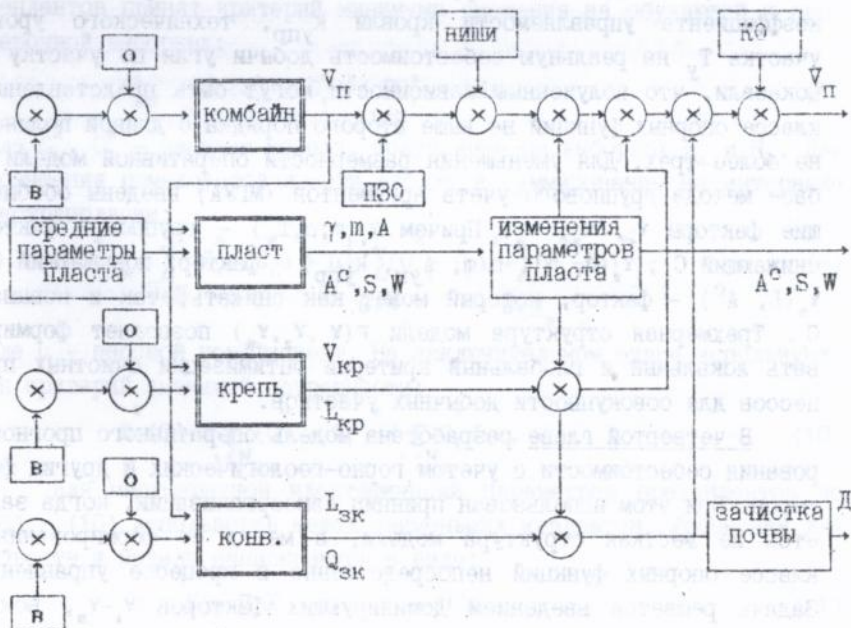


Рис. 3. Базовая модель очистных процессов

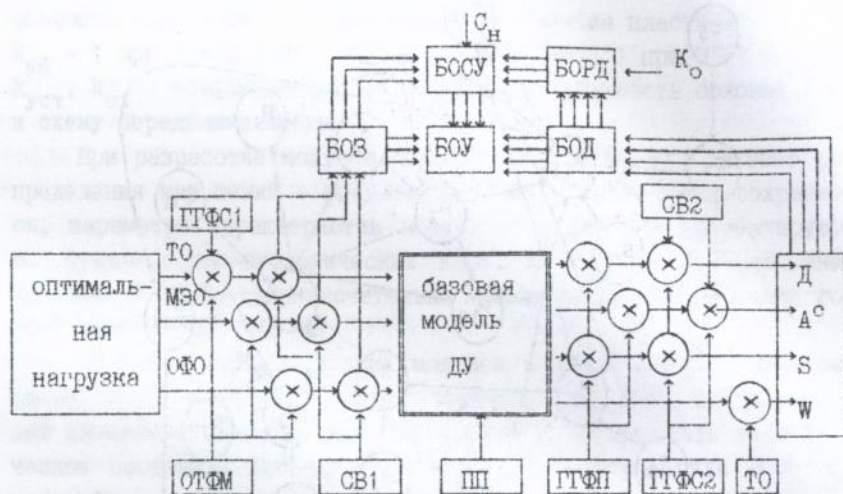


Рис. 4. Комплексная модель оценки эффективности ДУ

Исследования влияния мощности пласта m , плотности угля ρ , длины лавы L , сопротивляемости угля резанию $A_{уг}$, угла падения пласта α , тектонической нарушенности h/m , гипсометрии пласта γ' , коэффициента управляемости кровли $k_{упр}$, технического уровня участка T_y на реальную себестоимость добычи угля по участку C_1 показали, что полученные зависимости могут быть представлены в классе опорных функций не выше второго порядка с длиной полинома не более трех. Для уменьшения размерности оперативной модели на базе метода группового учета аргументов (МГУА) введены обобщающие факторы y_1, y_2, y_3 . Причем $y_1(m, \rho, T_y)$ – групповой фактор, снижающий C_1 ; $y_2(\alpha, \gamma', h/m, A_{уг}, k_{упр})$ – фактор, повышающий C_1 ; $y_3(L, A^C)$ – фактор, который может как снижать, так и повышать C_1 . Трехмерная структура модели $F(y_1, y_2, y_3)$ позволяет формировать локальный и глобальный критерии оптимизации очистных процессов для совокупности добычных участков.

В четвертой главе разработана модель оперативного прогнозирования себестоимости с учетом горно-геологических и других факторов. При этом использован принцип самоорганизации, когда задается не жесткая структура модели, а метод ее формирования в классе опорных функций непосредственно в процессе управления. Задача решается введением доминирующих факторов $y_1 - y_3$, вокруг которых с определенными весами группируются частные факторы, определяющие обобщенные переменные

$$U_j = \sum_{i=1}^n \beta_i k_i y_i, \quad (6)$$

где β_i , k_i - доля полного диапазона изменения и коэффициент удельного влияния i -го фактора. Общая структура трехмерной прогнозной модели задается в виде:

$$C(\bar{U}) = A_0 + A_1 f_1(U_1, U_2, U_3) + A_2 f_2(U_1, U_2, U_3) + A_3 f_3(U_1, U_2, U_3) \quad (7)$$

где $f_i(\bar{U})$ - некоторые функции, формируемые в классе опорных функций $F(\bar{U})$. A_i - неизвестные коэффициенты модели. Исследования, проведенные на модели (рис. 4), позволили выделить класс опорных функций, не содержащих степеней факторов выше второй:

$$U_1, U_2, U_3; U_1 U_2, U_1 U_3, U_2 U_3; U_1^2, U_2^2, U_3^2; U_1^2 U_2, U_1^2 U_3, U_2^2 U_1, U_2^2 U_3, U_1 U_3^2, U_2 U_3^2$$

Формирование структуры претендентов моделей осуществляется по модифицированному алгоритму разделением выборки данных измерений на обучающую (N_A), проверочную (N_B) и экзаменационную (N_C) подвыборки. Модификация комбинаторных алгоритмов перебора опорных функций путем формирования вначале полиномов с минимальным числом аргументов (первый ряд) и последующим добавлением недостающих аргументов в многорядных структурах значительно сокращает число претендентов моделей. В качестве критерия отбора претендентов принят критерий минимума смещения на обучающей и проверочной выборках:

$$\delta_{CM}^2 = \frac{\sum_{i \in N} (C_i^A - C_i^B)^2}{\sum_{i \in N} C_i^2} \rightarrow \min, \quad (8)$$

где C_i^A , C_i^B - частные модели, полученные на выборках N_A и N_B . Для повышения помехоустойчивости вводится суммирование на интервале экстраполяции:

$$\delta_{CMK}^2 = \sum_{\bar{U} \in N} (C_i^A - C_i^B)^2 + \mu \left[\sum_{\bar{U} \in N_A} (C_i^A - C_i)^2 + \sum_{\bar{U} \in N_B} (C_i^B - C_i)^2 \right], \quad (9)$$

где μ - весовой коэффициент. На заключительном этапе используется критерий значимой погрешности:

$$\delta^2(C) = \frac{\sum_{i \in N_C} (C_i^m - C_i)^2}{\sum_{i \in N_C} C_i^2} \leq \varepsilon. \quad (10)$$

Для многократной идентификации параметров претендентов по (8) - (10) использован метод наименьших квадратов. Уравнения для объекта и модели записываются в виде:

$$\bar{Y} = \bar{U} \bar{A} \quad \text{и} \quad \hat{Y} = \hat{U} \hat{A}, \quad (11)$$

где \hat{Y} , \hat{A} - оценки вектора выходов и параметров. С учетом (11) наилучшая в смысле наименьших квадратов оценка \hat{A}^* вектора параметров определяется из выражения:

$$\hat{A}^* = (\bar{U}^T \bar{U})^{-1} \bar{U}^T \bar{Y}, \quad (12)$$

где $\bar{Y} = [C_{(1)}, C_{(2)}, \dots, C_{(n)}]$ – вектор выходов (реализаций),
 $\hat{A}^* = [\hat{A}_1^*, \hat{A}_2^*, \dots, \hat{A}_m^*]$ – вектор коэффициентов модели,
 m – число оцениваемых параметров.

В результате вычислительных экспериментов установлены зависимости ошибки прогноза от степени полинома и диапазона отклонения факторов от точки идентификации. Ошибка собственно прогноза не превышает 2,75% при отклонениях режимов от базового до 30%, а суммарная ошибка с учетом измерения данных не превышает 10%, что является достаточным для использования модели при оптимизации и оперативном управлении.

В пятой главе разработаны критерии оптимизации, принцип построения и структура иерархической системы с ситуационным управлением. Для совокупности добычных участков в качестве критерия оптимизации распределения нагрузки принят минимум себестоимости очистных работ:

$$F = \sum_{i=1}^n (C_i D_i) \rightarrow \min. \quad (13)$$

Поскольку критерий (13) не учитывает реальные дополнительные затраты, зависящие от факторов $\Phi_i(\alpha, \beta, \gamma)$ и изменяющиеся от участка к участку, в критерий введены дополнительные затраты $A_i f_i(\bar{U})$, прогнозируемые на оперативных моделях (7) по данным индивидуального учета реальных значений этих факторов для каждого участка. Сепарабельная целевая функция с учетом реальных влияний факторов на себестоимость по каждому участку представлена в виде:

$$F = \sum_{i=1}^n [C_{H_i} + A_1 f_1(\bar{U}) + A_2 f_2(\bar{U}) + A_3 f_3(\bar{U})] \cdot X_i \quad (14)$$

где X_i – нагрузка на забой, C_{H_i} – нормативная себестоимость, n – число добычных участков.

При решении задачи оптимизации приняты следующие ограничения: – по объемам добычи

$$X_{i, \min} \leq X_i \leq \tilde{X}_{i, \max}, \quad \tilde{X}_{i, \max} = \min(X_{i, \max}, z_i, \xi_i) \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i \geq D_{\text{шО}}, \quad \sum_{j=1}^m X_{kj} = D_k, \quad k = 1, 2, \dots$$

z_i, ξ_i – промышленный запас угля и пропускная способность выработки 1-го забоя, D_k – объем добычи угля k -й марки;

– по геометрическим параметрам очистных забоев смежных пластов

$$(l_i + v_i) - (l'_i + v'_i) \geq I_{D_i}, \quad (16)$$

где l_i, l'_i – длины отработанных участков на смежных пластах,

v_i, v'_i - планируемые скорости продвижения забоев на смежных пластах, I_d - допустимая величина подработки (надработки);

- по качеству добываемого угля $\sum_{i=1}^n A_i^C X_i \leq A_{\text{шо}}^C D_{\text{шо}}$. (17)

Наряду с общепринятыми ограничениями для задач такого типа в работе учтено условие дискретности

$$X_i \in A_i = \{A_{i,1}, A_{i,2}, A_{i,3}\}, \quad (18)$$

предполагающее при необходимости только дискретное снижение плановой нагрузки на участок с кратностью, равной рабочей смене, что сводит рассматриваемую задачу к задаче линейно-дискретного программирования и позволяет применить для ее решения метод последовательного анализа вариантов (алгоритм Ленд и Дойг) с использованием на каждом шаге ветвления симплекс-метода. При этом, если в оптимальном решении $X^* = (X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*)$ задачи (14) - (17) некоторая координата X_k^* не удовлетворяет условию (18), она должна быть либо уменьшена до $A_{k,r-1}$, либо увеличена до $A_{k,r}$:

$$\begin{aligned} G_1 &= \{X \mid X \in G_0, X_k \leq A_{k,r-1}\}, \\ G_2 &= \{X \mid X \in G_0, X_k \geq A_{k,r}\}, r = 2, 3, \\ G_0 &= \bigcup_j G_j, \quad \bigcap_j G_j = \emptyset. \end{aligned} \quad (19)$$

Моделирование и исследование оптимизации распределения нагрузки для различных сочетаний A_i^C и C_i по участкам показало, что наибольший эффект по снижению себестоимости (от 5 до 7,9% от $C_{\text{ш}}$) система дает при благоприятных условиях добычи, т. е. при сравнительно низких C_n и $A_i^C \leq A_{\text{шо}}^C$ для всех $i=1+n$. При средних значениях влияющих факторов получаемый эффект колеблется в пределах от 3 до 6,5%. При дальнейшем ухудшении условий добычи эффект уменьшается до 0,75 - 3,5% $C_{\text{ш}}$.

Предложен новый принцип построения системы оптимизации и ситуационного управления очистными работами, базирующийся на разделении частот решения задачи по этапам моделирования, оптимизации и управления таким образом, что на предыдущем этапе обрабатывается и готовится информация для упрощения моделей последующего этапа с целью повышения оперативности и точности решения. В качестве критерия для нижнего (ситуационного уровня) принят минимум отклонения реальной добычи D от оптимальной D_0 за период управления T :

$$E_i(T) = \Delta D_i(T) = \int_0^T |D_0(t) - D_i(t)| dt \rightarrow \min, \quad (20)$$

при $C_i(D_0, \Phi, \bar{U}_i) \leq C_{\text{пн}}$,

где $C_{\text{пн}}$ - прогнозная себестоимость, \bar{U}_i - вектор ситуационных

управлений. Сформированы классификаторы, идентификаторы для распознавания ситуаций и матрицы ассоциативного выбора альтернативных управлений в виде совета лицу, принимающему решение. Предложен принцип ситуационного управления в виде комбинации методов ассоциативного выбора управлений по ситуационным матрицам и "проигрывания" ситуаций на упрощенных моделях эффективности управления в случае, если ЛПР отклоняет выработанные ассоциативные управления. Предусмотрена возможность экспертной оценки управления, занесения накопленных данных в базу знаний для усовершенствования системы. Приведена оценка результатов промышленных испытаний и внедрения разработанной системы автоматизированного управления технологическими процессами добычных участков угольных шахт. Выделены источники экономической эффективности эксплуатации системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе дано новое решение актуальной задачи создания систем автоматизированного управления технологическими процессами добычных участков угольных шахт, включающей математическое описание, принципы автоматизированного формирования, самоорганизации и параметрической идентификации моделей на объектах, критерии и алгоритмы оптимизации, способ и структуру иерархической системы ситуационного управления. Научное значение работы заключается в разработке новых моделей, критериев, принципов оптимизации распределения нагрузки и систем управления процессами добычи с самоорганизацией оптимизационной модели и алгоритма управления.

По работе можно сделать следующие основные выводы:

1. Разработана и исследована новая технологическая модель очистных процессов добычного участка угольной шахты, позволяющая прогнозировать как пространственные координаты отработанного пласта, так и характеристики пласта в функции этих координат.
2. Для повышения оперативности и синхронизации экономической оценки функционирования добычного участка с технологическими процессами, протекающими в них, предложено комплексное сочетание технологической базовой модели, воспроизводящей реальные процессы, с экономической моделью оценки эффективности очистных работ.
3. Исследовано влияние горно-геологических и технических факторов на объем добычи и себестоимость, установлен класс опорных функций и общая структура оперативной модели прогнозирования эффективности очистных работ.
4. Разработан принцип автоматизированного формирования и иден-

тификации оперативной модели на объекте генерированием претендентов моделей, оценкой их на обучающей и проверочной выборках и отбором по критериям несмещенности и заданной точности.

5. Для оценки и оптимизации процессов добычных участков разработан новый критерий с учетом индивидуального влияния горно-геологических условий, качества и объема участковой добычи на общую себестоимость очистных работ.
6. Предложен новый принцип оптимизации и управления распределением нагрузки по участкам, отличающийся разделением частот решения задачи по этапам так, что на предыдущем этапе обрабатывается и готовится информация для упрощения моделей последующего этапа с целью повышения оперативности и точности решения.
7. Разработан принцип и структура комбинированной системы ситуационного управления добычей путем идентификации, оценивания ситуаций, ассоциативного выбора альтернативных решений и статистического моделирования вариантов с экспертной оценкой, отбором и накоплением данных.
8. Разработаны методологические основы построения и внедрения иерархической системы с оптимизацией распределения нагрузки и ситуационным управлением по ее поддержанию.
9. Разработанная система внедрена на шахтах им. Стаханова, Краснолиманская, Красноармейская-Западная ПО "Красноармейскуголь", что подтверждено соответствующими актами о внедрении. Научные положения диссертации, в том числе математическая модель процесса добычи, принцип и алгоритм ситуационного управления, использованы в техническом задании на создание системы компьютеризированного управления шахтой им. Абакумова и пакете прикладных программ по управлению очистными забоями. Методика моделирования и исследования на ЭВМ сложных объектов управления со стохастическими возмущающими воздействиями используется в курсе "Программирование и вычислительные методы", НИРС в ДГТУ.

Основные положения и результаты работы содержатся в следующих публикациях:

1. Борисов А.А., Воропаева В.Я. и др. Модульно-иерархический принцип построения систем управления добычными процессами угольных шахт // Известия ВУЗов. Горный журнал. - 1994, N 3.
2. Борисов А.А., Воропаева В.Я. и др. Новые принципы моделирования добычных процессов угольных шахт // Известия ВУЗов. Горный журнал. - 1994, N 3.
3. Воропаева В.Я., Борисов А.А., Стариковский А.Г. Подсистема АСУ оптимизации энергетических затрат угольных шахт // Уголь

Украины. - 1992, N 12.

4. Комплексная модель оценки эффективности функционирования добычных участков угольных шахт / Борисов А.А., Воропаева В.Я., Цапенко С.Г. - Донецк, 1992. - 8 с. - Деп. в УкрИНТЭИ, N 855-УК92, 09.06.92.

5. Прогнозирующие адаптивные модели для оценки себестоимости угля добычных участков угольных шахт / Борисов А.А., Воропаева В.Я., Цапенко С.Г. - Донецк, 1992. - 6 с. - Деп. в УкрИНТЭИ, N 856-УК92, 09.06.92.

6. Оптимальное планирование и управление добычными участками угольных шахт / Воропаева В.Я. и др. - Донецк, 1992. - 15 с. - Деп. в УкрИНТЭИ, N 857-УК92, 09.06.92.

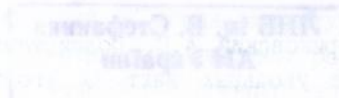
7. Борисов А.А., Воропаева В.Я. и др. Компьютерная технология в управлении очистными забоями угольных шахт / Экология промышленного региона: Материалы докладов Международной научно-технической конференции. - Донецк, 1995г. ЭКОТЕХ, 120 с.

8. Борисов А.А., Воропаева В.Я. и др. Принципы безбумажной компьютерной технологии в управлении МТС угольных шахт / Экология промышленного региона: Материалы докладов Международной научно-технической конференции. - Донецк, 1995 г. ЭКОТЕХ, 120 с.

9. Методы повышения надежности информационного обеспечения управляющих систем / Борисов А.А., Воропаева В.Я. и др. // Качество информации: Материалы докладов Всероссийской (с участием стран СНГ) конференции. - М, МИИТ, 1993 г. - 85 с.

Личный вклад автора в работы, опубликованные в соавторстве: разработка базовой модели очистных процессов (1,2), разработка критерия и алгоритма оптимизации распределения нагрузки (3,6,7), анализ влияния факторов на себестоимость добычи по участкам (4,5, 6), разработка структуры системы ситуационного управления (8,9).

Воропаева



А Н О Т А Ц І Я

Воропасва В.Я.

Розробка системи автоматизованого управління технологічними процесами добувних ділянок вугільних шахт.

Роботою є рукопис на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.13.07 "Автоматизація технологічних процесів та виробництв".

В дисертації розроблено систему автоматизованого управління технологічними процесами добувних ділянок вугільних шахт, яка дозволяє мінімізувати собівартість очисних робіт при заданих показниках якості. Розроблено нові моделі, принципи автоматизованого формування та параметричної ідентифікації моделей на об'єктах, критерії та алгоритми оптимізації, спосіб та структура ієрархічної системи ситуаційного управління.

A N N O T A T I O N

V. Voropaeva

The development of automatic control system of technological processes of mining output section.

This scientific work is a manuscript to submit candidates scientific degree in technical scientific specialization 05.13.07 - Automation of technological processes and productions.

The automatic control system of technological processes of mining output section was developed, wich allow to minimized the cost price of mining output works for the gived quantitative indices. New models, principles of model's automatized forming and parametric identification on the objects, criterions and algorithm of the optimization, the metod and the structure of situation control's hierarchical system were developmented.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

модель, критерії оптимізації, самоорганізація, ідентифікація, ієрархічна система, ситуаційне управління.

447329

AB 33.548
AB 33.548