

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
КРИВОРОЖСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Борзенко Михаил Юрьевич

САМОНАСТРАИВАЮЩАЯСЯ АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОХОДЧЕСКИМ
КОМБАЙНОМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ МИНИМАЛЬНУЮ
СТОИМОСТЬ ПРОХОДКИ ВОССТАЮЩИХ ВЫРАБОТОК

Специальность:

05.13.07 - "Автоматизация технологических
процессов и производств"

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

г.Кривой Рог.
1996г.

687.5
621.31

46.36.394

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00743820 (0)

Работа выполнена в институте
в отделе привода горных машин

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ

доктор технических наук, профессор

Хорольский В.П.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОПИОНЕНТЫ:

доктор технических наук, профессор

Назаренко В.М.

кандидат технических наук

Лобов В.И.

ВЕДУЩЕЕ ПРЕДПРИЯТИЕ:

Криворожский завод горного машиностроения,
г.Кривой Рог

Защита диссертации состоится "16" января 1997 г.
в " " час. на заседании специализированного совета
К 16.01.01 Криворожского технического университета
по адресу: 324027, Украина, ул.22 партсъезда, 11

С диссертацией можно ознакомиться в
библиотеке К Т У

Автореферат разослан "13" декабря 1996 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук,
д о ц е н т

Горбачёв В.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В современной технологии разработки месторождений полезных ископаемых значительное место занимают буровые работы, которые, наряду с бурением взрывных скважин, все шире используются для проходки капитальных горных выработок с помощью комбайнов. Комбайновая проходка капитальных горных выработок является перспективным направлением не только в горнодобывающих отраслях промышленности, она находит применение в шахтном строительстве, при проходке тоннелей и коллекторов.

Типичным представителем проходческого комбайна являются комбайны серии КВ, разработанные в институте ВНИИрудмаш, которые используются, в частности, при разработке железорудных месторождений Кривбасса для проходки восстающих горных выработок.

Расширение области применения комбайновой проходки предъявляет более высокие требования к эксплуатационным характеристикам комбайнов, улучшение которых должно обеспечить повышение эффективности постоянно расширяющегося парка проходческих комбайнов. Одним из магистральных направлений научно-технического прогресса в области бурения является комплексная автоматизация и оптимизация режимов работы буровых агрегатов.

В настоящее время разработаны системы автоматического управления /САУ/, которые позволяют достигать экстремальных значений принятого критерия /себестоимости, энергоемкости, скорости бурения и др./. Однако, как правило, эти системы обеспечивают оптимальность режима бурения при незначительных вариациях крепости пород, залегающих мощными пластами, и малых глубинах бурения. Ограниченные возможности систем управления объясняются тем, что они не учитывают вес става штанг и потери мощности на трение бурового става о стенки скважины, отсутствует коррекция мощности двигателя вращателя при вариациях крепости пород, входные режимные параметры процесса бурения P /осевое усилие/ и n /скорость вращения рабочего органа/ задаются и поддерживаются на оптимальном уровне не всегда с достаточной степенью точности.

Настоящая работа посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям проходческого комбайна типа 2КВ, как объекта

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

автоматического управления, и разработке на их базе самонастраивающейся адаптивной САУ процессом бурения, позволяющей с повышенной точностью оптимизировать проходку по критерию наименьшей технологической себестоимости / S - критерию/ мелких восстающих выработок при любых характеристиках геологического разреза, а для глубоких - при широких вариациях крепости пород, залегающих мощными пластами.

Принципы оптимизации комбайновой проходки, предложенные в работе, могут быть успешно использованы на всех буровых агрегатах шарошечного типа, имеющих гидравлический механизм подачи рабочего органа и регулируемый электрический привод последнего.

Цель работы. Повышение эффективности функционирования проходческого комбайна за счет снижения стоимости проходки восстающего.

Идея работ. Снижение стоимости комбайновой проходки посредством автоматической оптимизации с помощью самонастраивающейся адаптивной системы управления входными параметрами P и N при широких вариациях горно-геологических условий.

Защищаемые научные положения.

1. Оптимизация проходки восстающих выработок по S - критерию при широких вариациях характеристик геологического разреза, отличающаяся тем, что данный критерий реализуется с помощью показателя интенсивности режима разбуривания, являющегося производением входных параметров P и N .

2. Снижение стоимости проходки выработок достигается разработанными аппаратно-программными средствами, выполненными в виде самонастраивающейся адаптивной системы управления, отличающейся тем, что она обеспечивает оптимизацию проходки мелких восстающих при любых характеристиках геологического разреза, а для глубоких - при широких вариациях крепости пород, залегающих мощными пластами.

3. Установлено впервые, что методы адаптации должны быть реализованы путем изменения структуры и параметров системы управления с учетом изменения веса става, потерь мощности на трение става штанг о стенки восстающего, выбора оптимального пока-

зателя интенсивности режима разбуривания и задания с высокой степенью точности оптимальной скорости вращения рабочего органа, определяемой как частное от деления оптимального показателя интенсивности режима разбуривания на величину оптимального осевого усилия.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается сходимостью результатов теоретических исследований с результатами имитационного моделирования и экспериментальными исследованиями проходческого комбайна в промышленных условиях.

Практическое значение работы состоит в том, что полученные результаты позволяют создать системы управления, оптимизирующие с повышенной точностью проходку по S - критерию мелких восставших выработок при любых характеристиках геологического разреза, а для глубоких - при широких вариациях крепости пород, залегающих мощными пластами, что позволяет снизить стоимость проходки в среднем на 19 %, увеличить надежность и долговечность проходческого комбайна.

Реализация результатов работы. Техническая документация на САУ передана Криворожскому заводу горного машиностроения. Заводом планируется оснащение серийно выпускаемых буровых станков шарошечного типа разработанными системами автоматического управления.

Ожидаемый годовой экономический эффект от использования самонастраивающейся адаптивной САУ только на проходческих комбайнах серии КВ составляет в ценах 1989 г. 40344 руб. для комбайна 2КВ. Применительно к комбайнам ИКВ-1600 и 2КВ-3000 экономический эффект составит 64300 руб. и 188034 руб. соответственно.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и были одобрены на техническом совете Криворожского завода горного машиностроения в феврале 1993 г., на заседании кафедры электротехники в марте 1994 г., а также на ученом совете электротехни-

ческого факультета Криворожского Тежнического Университета в мае 1994 года.

Публикации.

По теме диссертации опубликовано 10 работ, в том числе 6 авторских свидетельств и 1 положительное решение на выдачу патента.

Структура и объем работы: диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и приложения, изложенных на 150 страницах машинописного текста, содержит 36 рисунков, 2 таблицы, библиографический список из 110 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность темы, сформулирована цель и кратко изложены полученные результаты.

В первой главе исследованы существующие на сегодняшний день отечественные и зарубежные аналоговые и цифровые САУ буровыми агрегатами. Показана ограниченность и не всегда высокая эффективность систем управления применительно к специфике комбайна.

Анализ состояния проблемы, проведенные теоретические исследования в области оптимизации комбайновой проходки позволили сформулировать основные задачи, решаемые в работе:

- провести исследование комбайна, как объекта автоматического управления, и выполнить математическое описание процесса разбуривания восстающего;
- выбрать критерий оптимизации процесса разбуривания восстающего;
- разработать систему автоматического управления, обеспечивающую учет веса става штанг как в режиме бурения передовой скважины, так и при разбуривании восстающего;
- разработать САУ, задающую с высокой точностью оптимальные скорость вращения рабочего органа n_0 и величину осевого усилия на забой P_0 , а также обеспечивающую их вариации по оптимальным зависимостям при изменении крепости пород, а для монотонного по крепости пород разреза – поддержание на оптимальном уровне с высокой точностью режимных параметров P_0 и n_0 ;
- разработать систему автоматического управления, учитывающую потери мощности на трение бурового става о стенки скважины и обеспечивающую тем самым постоянство мощности, затраченной на вращение на рабочем органе;
- разработать адаптивную САУ, обеспечивающую стабилизацию мощности, затраченной на вращение на рабочем органе, и ее коррек-

тировку согласно вариаций крепости пород;

- разработать самонастраивающуюся адаптивную САУ, обеспечивающую с высокой точностью оптимизацию проходки как глубоких, так и мелких восстающих выработок, а для мелких, что наиболее характерно для условий Кривбасса, и при широких вариациях неоднородностей горного массива.

Во второй главе приведены статические и динамические характеристики проходческого комбайна 2КВ. Статические характеристики были получены путем обработки на ЭВМ экспериментальных данных. В результате этого установлены следующие однофакторные корреляционные зависимости: механическая скорость разбуривания восстающего - осевое усилие на забой $/V_p - P/$; мощность двигателя вращателя - осевое усилие на забой $/N_{дв} - P/$; крутящий момент двигателя вращателя - осевое усилие на забой $/M_{кр} - P/$; удельная мощность на валу двигателя вращателя - осевое усилие на забой $/\frac{N_{дв}}{P} - P/$.

Корреляционно-регрессионный анализ показал, что между выходными параметрами V_p , $N_{дв}$, $M_{кр}$ и входным параметром P существуют надежные корреляционные связи.

Для определения динамических характеристик системы с несколькими входами и выходами, к которой можно отнести процесс проходки восстающего, последний представлен в виде системы с взаимно коррелированным входом и выходом. Передаточная функция канала передачи энергии $P - V_p$ имеет вид:

$$W_c(s) = \frac{K_M \cdot K_r \cdot K_k \cdot K_{d_1} \cdot K_3 \cdot K_p \cdot (T_{d_2} \cdot s + 1)}{s [K_p \cdot K_{d_2} + (T_3 \cdot s^3 + T_2 \cdot s + 1)(T_{d_2} \cdot s + 1)] (T_{d_1} \cdot s + 1) (T_{k_2} \cdot s + T_{k_1} \cdot s + 1)} \quad (1)$$

где K_M , K_r , K_k , K_{d_1} , K_{d_2} , K_3 , K_p - коэффициенты передачи соответственно двигателя, труб гидросистемы, защитного клапана, первого гидродресселя, второго гидродресселя, гидрораспределителя, системы подачи рабочего органа; T_{k_1} , T_{k_2} - постоянные времени колебательного звена, описывающие движение защитного клапана; T_{d_1} , T_{d_2} - постоянные времени первого и второго гидродресселей соответственно; T_1 , T_2 , T_3 - постоянные времени рабочего процесса системы подачи.

Переходный процесс носит затухающий характер. Время переходного процесса в гидросистеме при возрастании величины давления от 0 до 100 кгс/см² равно 5 секунд.

Передаточная функция канала $n - V_p$ описывается выражением:

$$W_c(s) = \frac{K_b \cdot K_n \cdot K_T \cdot K_d}{(T_1 T_2 s^2 + T_1 s + 1) + K_T \cdot K_b \cdot K_n \cdot K_d [K_r \cdot K_M - K_c (1 + K_K \cdot K_M)]} \quad (2)$$

где $K_n, K_T, K_d, K_r, K_M, K_b, K_c, K_K, K_M$ — передаточные коэффициенты тиристорного преобразователя, датчика тока, двигателя вращателя, тахогенератора, масштабного блока, блока компараторов с гистерезисом, датчика скорости разбуривания, двухпорогового компаратора и блока задатчиков интенсивности режима разбуривания; T_1, T_2 — постоянные времени двигателя вращателя.

Переходной процесс носит монотонный характер, его длительность до 6 секунд, время запаздывания — 0,9 секунды.

Характер переходных процессов подтверждает устойчивость рассмотренных каналов передачи энергии.

Все проанализированные экспериментальным путем каналы управления проходческим комбайном хорошо аппроксимируются дифференциальным уравнением вида

$$y^n(t) + \sum_{i=1}^n a_i y^{(i-n)}(t) = K_0 u(t-\tau) \quad (3)$$

где $y(t)$ — регулируемая координата; a_i — динамические параметры объекта, $i = \overline{1, n}$; K_0 — статический коэффициент усиления объекта; $u(t)$ — управляющее воздействие; τ — длительность запаздывания объекта.

Для нашего случая выполняется следующее условие:

$$K_{min} < K_0 < K_{max}, \quad K_0 = const, \quad a_i = const$$

Для любого из этого диапазона существует управления вида

$$u_0(t) = K_p(t) [K_n \varepsilon(t) + K_i \int_0^t \varepsilon(\tau) dt + K_d \varepsilon(t)], \quad (4)$$

где $\varepsilon(t) = g(t) - y(t)$ — обеспечивающее качественную обработку ступенчатого задающего воздействия $g(t)$; $K_p(t)$ — кусочно-постоянная функция; K_n, K_i, K_d — параметры управления $u(t)$. При порядке объекта $n = 3$ наблюдению доступны m первых фазовых координат ($m < n - 1$), m — производная характеристического уравнения объекта имеет действительные корни в левой полуплоскости.

Система /3/, /4/ определяет оптимальный монотонный переходной процесс максимальной степени устойчивости $J_{оп}$.

По известной методике произведен синтез управления проход-

ческим комбайном, который позволяет выбрать оптимальные значения параметров управления вида /4/, что дало возможность предложить ряд систем автоматического управления проходческим комбайном, в том числе и адаптивных, на основе разработанных автором отдельных оригинальных узлов автоматики, которые в сочетании со стандартными адаптивными регуляторами позволяют создавать системы управления с коррекцией по отклонению и возмущению, с пересчетом весовых коэффициентов K_p, K_n, K_i, K_d инвариантных к параметрам породы, марки разбуривателя и его технического состояния.

В третьей главе исследованы оптимальные режимы разбуривания комбайном 2КВ, обоснован и произведен выбор критерия оптимизации, получена его математическая модель.

В качестве критерия оптимизации выбран критерий технологической себестоимости проходки одного метра восстающего /S - критерий/. Для оптимизации проходки по S -критерию использовано уравнение:

$$S = \frac{C_n}{V_p(n, P)} - \frac{C_p}{L_p(n, P)}, \text{ руб/м} \quad (5)$$

где C_n - полные затраты на работу комбайна, включая средние расходы на электроэнергию, за один час /стоимость комбайно-часа/, руб/час; C_p - стоимость шарошечного разбуривателя, руб; $V_p(n, P)$ - скорость разбуривания, м/час.

Стоимость шарошечного разбуривателя L_p можно считать обратно пропорциональной скорости проходки V_p .

$$L_p = K_p \cdot V_p^{-1} \quad (6)$$

где K_p - коэффициент пропорциональности, зависящий от типа разбуривателя, м/час.

С учетом /6/ уравнение /5/ примет вид:

$$S = \frac{C_n}{V_p(n, P)} + \frac{C_p \cdot V_p(n, P)}{K_p} \quad (7)$$

Для практической реализации математической модели /7/ рассмотрим два варианта ее исследования.

Первый, с использованием статических характеристик, заключается в замене скорости разбуривания линейной зависимостью

$$V_p = A_0 + A_1 P \quad (8)$$

При этом полагаем, что скорость вращения рабочего органа Ω поддерживается на постоянном уровне. В результате замены математическая модель преобразуется к виду

$$S = \frac{C_n}{A_0 + A_1 P} + \frac{C_p(A_0 + A_1 P)}{K_p} \quad (9)$$

Выражение /9/ представляет математическую модель оптимизации разбуривания восстающего по S - критерию, как функцию входного регулируемого параметра P .

Минимизируем функцию /9/

$$\frac{dS}{dP} = -\frac{C_n \cdot A_1}{(A_0 + A_1 P)^2} + \frac{C_p \cdot A_1}{K_p} = 0, \quad (10)$$

откуда величина оптимального осевого усилия

$$P_0 = \frac{1}{A_1} \left(\sqrt{\frac{C_n \cdot K_p}{C_p}} - A_0 \right) \quad (11)$$

Определим знак второй производной S по P :

$$\frac{d^2 S}{dP^2} = \frac{2 C_n \cdot A_1^2}{(A_0 + A_1 P)^3} > 0$$

при любых значениях P в зоне объемного разрушения горных пород.

Следовательно, при $P = P_0$ стоимость проходки одного метра минимальна. Подставляя /11/ в /9/, получим минимальное значение технологической себестоимости S_{min} , оптимизированное по величине осевого усилия P :

$$S_{min} = \sqrt{\frac{C_n \cdot C_p}{K_p}} \quad (12)$$

При разбуривании осевое усилие на забой определяется выражением

$$P = 2 \cdot P_H F - K \cdot M_1 g - M_2 g, \quad (13)$$

где P_H - величина давления масла в поршневой полости гидроцилиндров механизма подачи рабочего органа, кгс/см² (давление напора);

F - рабочая площадь поршневой полости гидроцилиндров, см^2 ;
 K - количество штанг в забое, шт.; M_1 - масса одной буровой штанги, кг; M_2 - масса перемещающихся частей гидравлического механизма подачи и шарошечного разбуривателя с переходником, кг;
 $= 9,8 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения.

Знак минус перед $K \cdot M_1 g$ и $M_2 g$ говорит о том, что разбуривание ведется снизу вверх. Приравнявая выражения /II/ и /I3/, получим:

$$P_0 = 2 \cdot P_n \cdot F - K \cdot M_1 g - M_2 g \quad (I4)$$

Из /I4/ определяем P_n :

$$P_n = \frac{1000 \frac{1}{A_1} \left(\sqrt{\frac{C_n K_p}{C_p}} - A_0 \right) + K \cdot M_1 g + M_2 g}{2F} \quad (I5)$$

Последнее выражение позволяет определить давление в гидроцилиндрах подачи, обеспечивающее оптимальный режим разбуривания для данной крепости пород с учетом веса штанг, находящихся в забое.

Второй вариант исследования математической модели /7/ является более информативным. Преобразуем модель с целью получения зависимости технологической себестоимости S одного метра разбуривания от режимных параметров P и n . Для этого воспользуемся формулой, описывающей зависимость $V_p = f(P, n)$, применительно к комбайну 2КВ, известной из литературы.

$$V_p = \frac{0,18 \cdot P \cdot n}{P_k^{0,97} (D-d)} \quad (I6)$$

где n - скорость вращения разбуривателя, мин^{-1} ; P - осевое усилие на забой, кгс; P_k - контактная прочность горной породы, кгс/мм², зависящая от коэффициента крепости пород f ; D - диаметр восстающего, мм; d - диаметр передовой скважины, мм.

Подставляя /I6/ в /7/ получаем математическую модель, как функцию зависимости технологической себестоимости разбуривания от режимных параметров P , n и определенного значения коэффициента крепости пород f .

$$S = \frac{C_n \cdot P_k^{0,97} (D-d)}{0,18 \cdot P \cdot n} + \frac{0,18 \cdot C_p \cdot P \cdot n}{P_k^{0,97} (D-d) K_p} \quad (I7)$$

или в общем виде:

$$S = \frac{A}{P \cdot n} + B \cdot n \cdot P, \quad A = \frac{C_n \cdot P_k^{0,97} (D-d)}{0,18}, \quad (18)$$

$$\text{где } B = \frac{0,18 \cdot C_p}{P_k^{0,97} (D-d) \cdot K_p}$$

Исследуем полученную математическую модель /18/. Анализ показывает, что функция не имеет абсолютного экстремума, однако для нее характерно наличие условного экстремума. Введя уравнение связи

$$n \cdot P = C \quad (19)$$

где C - новая переменная величина. Из /18/ получаем

$$S = \frac{A}{C} + B \cdot C \quad (20)$$

Найдем минимальное значение выражения /20/

$$\frac{dS}{dC} = -\frac{A}{C^2} + B, \quad 0 = -\frac{A}{C^2} + B,$$

$$\text{откуда } C_0 = \sqrt{\frac{A}{B}}, \quad (21)$$

где C_0 - оптимальное значение показателя интенсивности режима разбуривания.

Производная второго порядка

$$\frac{d^2 S}{dC^2} = \frac{2A}{C^3} > 0,$$

так как $A > 0, C > 0$.

Это значит, что математическая модель при $C = C_0$ достигает минимума, величину которого можно вычислить по формуле:

$$S_0 = 2A \sqrt{\frac{B}{A}} = 2\sqrt{A \cdot B} \quad (22)$$

Вычисления по формулам /21/ и /22/ дадут оптимальные значения C_0 , S_0 для заданного коэффициента крепости пород f , типа разбуривателя и его цены.

Выражение /18/ позволяет получить более обобщенные сведения об оптимальных режимах работы комбайна. Для этого, в режимных координатах P и n построено поле технологической себестоимости процесса разбуривания. Структура поля отражена линиями равного уровня S . Линии уровня носят гиперболический характер, поэтому, вместо локального минимума, прослеживается линия уровня наименьшей технологической себестоимости S_0 . Координаты точек этой линии определяют множество значений параметров входа P и n , обе-

специвающих оптимальный режим работы комбайна по S - критерию.

Стратегия корректировки режима разбуривания заключается в поддержании таких значений параметров P и n , произведение которых отвечало бы оптимальному показателю, интенсивности режима разбуривания, т.е. $C_0 = P \cdot n$, что обеспечивает минимальную технологическую себестоимость S_0 для заданного значения коэффициента крепости пород, типа разбуривателя и его цены.

На основании выполненных расчетов построены графические зависимости оптимального значения показателя интенсивности режима разбуривания C_0 для данного типа разбуривателя от коэффициента крепости пород f .

Для каждого из трех типов разбуривателей, использованных на комбайне, построено семейство из трех оптимальных линий уровня технологической себестоимости разбуривания S_0 , отвечающих дискретным значениям коэффициента крепости пород, на которые рассчитан данный разбуриватель.

В четвертой главе приведены разработанные автором локальные САУ проходческим комбайном. Ниже изложены основные технические принципы, положенные в основу систем управления, и области их наиболее эффективного использования.

1. Автоматический регулятор осевого усилия бурового инструмента на забой учитывает вес бурового става и поддерживает на породоразрушающем органе постоянное по величине осевое усилие вне зависимости от веса /длины/ става.

Применение регулятора наиболее эффективно при разбуривании глубоких восстающих по однородным породам с мало меняющимся коэффициентом крепости.

Автоматический регулятор обеспечивает оптимизацию проходки восстающего по критерию максимальной механической скорости бурения.

2. Самонастраивающийся автоматический регулятор осевого усилия бурового инструмента на забой по принципу действия в значительной степени аналогичен предыдущему. Однако, благодаря изменениям в принципиальной схеме он приобрел свойство самонастройки по величине осевого усилия в зависимости от крепости пород. Наибольшую эффективность регулятор обеспечивает при проходке глубокого восстающего по перемежающимся породам с широкими вариациями их физико-механических свойств.

3. Система автоматического управления осевой нагрузкой и скоростью вращения рабочего органа оптимизирует проходку восста-

ющего посредством стабилизации мощности двигателя вращателя и изменения осевого усилия на забой, скорости вращения рабочего органа по оптимальным зависимостям и незначительных вариациях крепости пород. САУ наиболее эффективна при проходке неглубоких восстающих по породам, залегающим мощными пластами с незначительными вариациями крепости.

4. Система автоматического управления осевой нагрузкой с повышенной точностью задания скорости вращения рабочего органа обеспечивает оптимальность проходки посредством стабилизации мощности, затраченной на вращение рабочего органа, и изменения осевого усилия на забой, а также скорости вращения рабочего органа по оптимальным зависимостям при незначительных вариациях крепости пород.

Система управления наиболее эффективна при проходке неглубоких восстающих с широкими вариациями неоднородностей массива и незначительными изменениями крепости пород.

5. Система автоматического управления осевой нагрузкой и скоростью вращения рабочего органа со стабилизацией мощности двигателя вращателя посредством коррекции осевого усилия. САУ обеспечивает оптимальность процесса разбуривания благодаря стабилизации мощности двигателя вращателя, а также изменению осевого усилия и скорости вращения рабочего органа по оптимальным зависимостям при незначительных вариациях крепости пород. Она оптимизирует проходку неглубоких восстающих по породам, залегающим мощными пластами, с незначительными вариациями крепости.

6. Адаптивная система автоматического управления процессом разбуривания, в отличие от всех предыдущих, обеспечивает задание и стабилизацию мощности двигателя вращателя исходя из физико-механических свойств пород, определяемых по скорости разбуривания.

Система управления наиболее эффективна при проходке неглубоких восстающих по породам, залегающим мощными пластами с широкими вариациями крепости, что наиболее характерно для условий горного Кривбасса.

7. Система автоматического управления процессом разбуривания со стабилизацией мощности на вращение на рабочем органе вне зависимости от длины бурового става, с одновременным изменением осевого усилия и скорости вращения рабочего органа по оптимальным зависимостям при незначительных вариациях крепости пород. Достоинством САУ является более высокая эффективность оптимиза-

ции, благодаря учету потерь на трение, прогрессирующих по мере увеличения длины става.

САУ обеспечивает с повышенной точностью оптимальность разбуривания неглубоких восстающих по породам, залегающим мощными пластами с незначительными вариациями крепости.

Последние шесть описанных локальных САУ обеспечивают оптимизацию проходки восстающего по S - критерию.

Предлагаемый набор локальных систем управления представляет горным предприятиям, эксплуатирующим буровые агрегаты с рабочим органом шарошечного типа и гидравлическим механизмом подачи последнего возможность широкого выбора САУ, которые обеспечат наибольшую эффективность буровых работ в самых разнообразных горно-геологических условиях.

В пятой главе рассмотрена самонастраивающаяся адаптивная САУ. Система управления построена на принципе задания и стабилизации на рабочем органе мощности, затраченной на его вращение, исходя из физико-механических свойств пород и с учетом потерь мощности на трение бурового става о стенки скважины. Она учитывает вес става штанг и изменяет величину осевого усилия и скорости вращения рабочего органа с высокой точностью по оптимальным зависимостям при широких вариациях крепости пород.

Самонастраивающаяся адаптивная САУ обеспечивает с повышенной точностью оптимизацию проходки как глубоких, так и мелких восстающих выработок при широких вариациях крепости пород, а для мелких восстающих и при широких вариациях неоднородностей разреза, оптимизируя проходку по S - критерию.

Здесь же приведен сравнительный анализ эффективности ручной и автоматической оптимизации проходки восстающего при широких вариациях горно-геологических условий. Процесс ручной оптимизации осциллографировался в ходе экспериментальных исследований комбайна. Кривые автоматической оптимизации получены методом имитационного моделирования. Моделировались САУ, оптимизирующие проходку только по параметрам P или n , а также адаптивная самонастраивающаяся САУ, оптимизирующая проходку по параметрам P и n одновременно.

Сравнение результатов экспериментальных исследований и имитационного моделирования позволило сделать вывод о более высокой эффективности автоматической оптимизации. Из моделируемых САУ наибольшая эффективность показана адаптивной самонастраивающейся системой управления.

Системы автоматического управления проходческим комбайном, приведенные в настоящей работе защищены авторскими свидетельствами № 1372034, 1677283, 1719122, 1745908, 1809022, 1821552 и положительным решением на выдачу патента по заявке 1871149/03.

В данной главе также приведен экономический эффект от внедрения самонастраивающейся адаптивной САУ.

За базу сравнения приняты варианты комбайнов для проходки восстающих выработок без использования самонастраивающейся адаптивной САУ.

Факторами, определяющими экономическую и социальную эффективность САУ, являются: уменьшение себестоимости проходки одного погонного метра восстающего на 19 %, увеличение ресурса рабочего органа и надежности проходческого комбайна, улучшение условий труда машиниста и его помощника.

Ожидаемый годовой экономический эффект от использования самонастраивающейся адаптивной САУ на проходческом комбайне 2КВ в ценах 1989 г. составляет 40344 руб. Применительно к комбайнам типов КВ-1600 и 2КВ-3000 экономический эффект составит 64390 руб. и 188034 руб. соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации изложены научно-технические решения, которые вносят вклад в развитие процессов управления шарошечным способом бурения и заключающиеся в установлении и научном обосновании закономерностей оптимизации комбайновой проходки восстающих выработок при широких вариациях горно-геологических условий; сформированы способы и алгоритмы для реализации оптимального управления, а также структура адаптивной самонастраивающейся САУ.

Научно обоснованы принципы оптимального управления по S - критерию и на их базе системы управления, позволяющие обеспечить снижение стоимости проходки, повышение надежности и долговечности проходческого комбайна.

В диссертационной работе получены следующие основные результаты:

1. Изучены статические и динамические характеристики проходческого комбайна и на их базе научно обоснована математическая модель технологической себестоимости одного погонного метра про-

ходки восстающего в зависимости от входных режимных параметров P и n с учетом коэффициента крепости пород, типа разбуривателя и его цены.

2. Научно обоснован выбор критерия оптимизации процесса разбуривания восстающего, в качестве которого использован S - критерий, синтезирующий технические, технологические и экономические условия и обеспечивающий минимальную себестоимость одного погонного метра проходки восстающего.

3. Исследовано поле технологической себестоимости процесса разбуривания в координатах P и n для фиксированных значений коэффициента крепости пород, заданного типа разбуривателя и его цены. Линии уровня поля носят гиперболический характер, четко прослеживается линия уровня наименьшей технологической себестоимости. Обоснован расчет минимального значения технологической себестоимости для всех возможных условий.

4. Изучены закономерности связей и получены зависимости, позволяющие выбрать оптимальные значения показателя интенсивности режима разбуривания, обеспечивающие реализацию минимальной технологической себестоимости, как функцию крепости пород, типа разбуривателя и его цены.

5. Разработаны локальные САУ, учитывающие вес бурового става, потери мощности на трение става штанг о стенки восстающего, производящие выбор оптимального показателя интенсивности режима разбуривания и задающие с высокой степенью точности оптимальную скорость вращения рабочего органа.

Технические решения, использованные в системах управления, выполнены на уровне изобретений.

6. На основе полученных закономерностей сформулированы алгоритмы оптимального управления шарошечным способом бурения по S - критерию, реализованные в адаптивной самонастраивающейся САУ, оптимизирующей с повышенной степенью точности проходку мелких восстающих при любых характеристиках геологического разреза, а для глубоких - при широких вариациях крепости пород, залегающих мощными пластами.

Показано, что осевое усилие на забой, скорость вращения рабочего органа и мощность, затраченная на вращение на рабочем ор-

гане должны поддерживаться на уровне, соответствующем оптимальному показателю интенсивности режима разбуривания, величина которого задается в соответствии со скоростью разбуривания, являющейся функцией коэффициента крепости пород.

Высокая степень точности оптимизации достигается путем использования оптимальной скорости вращения рабочего органа, определяемой как частное от деления оптимального показателя интенсивности режима разбуривания на величину оптимального осевого усилия, учета потерь мощности на трение бурового става о стенки восстающего, веса става штанг.

Использование адаптивной самонастраивающейся САУ обеспечивает снижение стоимости проходки восстающего в среднем на 19 %.

7. Установлено, что автоматическая оптимизация проходки посредством адаптивной самонастраивающейся САУ уменьшает длительность переходного процесса в 2,5 раза по сравнению с ручной оптимизацией.

8. Ожидаемый годовой экономический эффект от использования самонастраивающейся адаптивной САУ на проходческом комбайне типа 2КВ в ценах 1989 г. составляет 40344 руб.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. А.с. 1372034 СССР, МКИ Е 21 В 44/00. Автоматический регулятор осевого усилия бурового инструмента на забой. Борзенко М.Ю. - Опубл. 07.02.88. Бюл. № 5.

2. А.с. 1677283 СССР, МКИ Е 21 В 44/00. Система автоматического управления режимом бурения. Борзенко М.Ю. - Опубл. 15.09.91. Бюл. № 34.

3. Борзенко М.Ю. Автоматический регулятор осевого усилия бурового инструмента на забой. Разработка руд черных металлов: сб. научн. тр. - Кривой Рог: НИПРИ, 1989. - с.119-123.

4. Борзенко М.Ю., Смаглюк В.П. Оптимизация режима бурения комбайна 2КВ по величине осевого усилия. Разработка железных и

марганцевых руд: сб. научн. тр. - Кривой Рог: НИТРИ. 1988. - с.138-141.

5. Джура Н.И., Борзенко М.Ю., Косей П.М. и др. Создание микропроцессорной системы управления проходческими комбайнами КВ. Проблемы повышения эффективности работы горнорудных предприятий: сб. научн. тр. - Кривой Рог: НИТРИ. 1987. - с.107-110.

6. А.с. 1719122 СССР, МКИ Е 21 В 44/00. Система автоматического управления осевой нагрузкой и скоростью вращения рабочего органа. Борзенко М.Ю., Флидермойз А.И., Астафьев А.Ю. - Опубл. 15.03.92. Бвл. № 10.

7. А.с. 1745908 СССР, МКИ Е 21 В 44/00. Автоматический регулятор осевого усилия бурового инструмента на забой. Борзенко М.Ю. - Опубл. 07.07.92. Бвл. № 25.

8. А.с. 1821552 СССР, МКИ Е 21 В 44/00. Система автоматического управления процессом бурения со стабилизацией мощности на вращение на рабочем органе вне зависимости от длины бурового става. Борзенко М.Ю. - Опубл. 15.06.93. Бвл. № 22.

9. Заявка № 4871149/03. Борзенко М.Ю. Система автоматического управления осевой нагрузкой с повышенной точностью задания скорости вращения рабочего органа, от 02.10.90 с положительным решением на задачу патента от 21.04.92.

10. А.с. 1809022 СССР, МКИ Е 21 В 44/00. Адаптивная система автоматического управления процессом бурения. Борзенко М.Ю., Хорольский В.П., Астафьев А.Ю. - Опубл. 15.04.93. Бвл. № 14.

Личный вклад соискателя в работах, написанных в соавторстве:

В работах, написанных в соавторстве, лично соискателем выполнено: в работе /4/ предложена оптимизация режима бурения комбайном по величине осевого усилия, в работе /5/ разработаны технические требования к микропроцессорной системе управления комбайном и определена рациональная степень его автоматизации, в работах /6/ и /10/ выполнено теоретическое обоснование, разработана идея и основные признаки изобретения.

4 38465

Borzenko M. Yu.

Self-adjusting adaptive

tunneling machine provide minimum value of rise driving. Thesis for degree of candidate of technical sciences in speciality 05.13.07 - "Automation of production processes and industries". Krivorozhski Technical University. Krivoy Rog. 1996.

Three (3) scientific works shall be defended, as well as six (6) author's certificate and one (1) resolution to issue the patent consisting the results of theoretical and experimental studies of the tunneling machine as being an object of automatic control. There were determined analytical and of the rise drilling out optimization and giving the possibility to create self-adjusting adaptive system of tunneling machine automatic control which provides the rise driving out optimization with wide range of mining and geological conditions. Simulation of the worked out control system has been made.

Борзенко М.К. Адаптивна система автоматичного управління прохідницьким комбайном, яка самоналаштовується і забезпечує мінімальну вартість прохідки повсталих виробок. Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07.- "Автоматизація технологічних процесів та виробництв". Криворізький технічний університет. Кривий Ріг, 1996.

Захицаються 3 наукові праці, 6 авторських свідоцтв і 1 позитивне рішення на видачу патенту, які містять результати теоретичних та експериментальних досліджень прохідницького комбайну, як об'єкту автоматичного управління. Встановлені аналітичні та емпіричні залежності, які описують процес оптимізації розбурювання виробок, що дозволило створити адаптивну систему автоматичного управління прохідницьким комбайном, яка самоналаштовується і забезпечує оптимізацію прохідки повсталих виробок при широких варіаціях горно-геологічних умов. Виконано імітаційне моделювання розробленої системи управління.

Ключові слова: оптимізація процесу буріння виробок, що повстають; адаптивна система управління прохідницьким комбайном, яка самоналаштовується і забезпечує мінімальну вартість прохідки повсталих виробок.

Подписано в печать " _____ " 1996г. Формат 60x84/18

Печать плоская. Объем 1 п.л. Тираж 100 экз. Заказ № _____