

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ**

на правах рукописи

С. П. К.

ПАСЫНКОВ Роман Ефимович

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ
ПАРАМЕТРОВ НАГРУЗКИ БУРОВОЙ КОЛОННЫ И СОЗДАНИЕ
УСТРОЙСТВ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРАВЛЕНИЯ БУРЕНИЯ
ШАХТНЫХ СТВОЛОВ И ПОДЗЕМНЫХ СКВАЖИН**

05.15.16 - "Горные машины"

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

Днепропетровск - 1996

Диссертацией является рукопись.

Работа выполнена в Донецком научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте по автоматизации горных машин "Автоматгормаш".

Научный консультант доктор технических наук, академик Академии горных наук Украины ЯНКО Станислав Васильевич.

Официальные оппоненты:

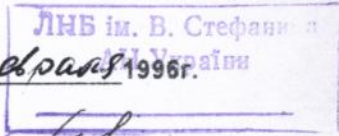
1. Доктор технических наук , профессор БЕЛОБРОВ Виктор Иванович.
2. Доктор технических наук, профессор ШЕВЧЕНКО Феофан Леонтьевич.
3. Доктор технических наук, СВЕШНИКОВ Игорь Аркадьевич

Ведущая организация - Донецкий научно-исследовательский и проектно-конструкторский и экспериментальный институт механизации шахт "Донгипроуглемаш"

Защита состоится " 15 " марта 1996 г. в " 13³⁰ " часов на заседании специализированного совета Д.03.10.02 при Институте геотехнической механики НАН Украины по адресу - 320095, Украина, г. Днепропетровск, ул. Симферопольская, 2-а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института геотехнической механики НАН Украины, г. Днепропетровск, ул.Симферопольская,2-а.

Автореферат разослан " 6 " февраля 1996г.



Ученый секретарь

В.Г. Перепелица

специализированного совета

ПЕРЕПЕЛИЦА В.Г.

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00740090 (K)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ И СТЕПЕНЬ ИЗУЧЕННОСТИ ТЕМАТИКИ.

Эффективность ведения горных работ существенным образом зависит от прямолинейности бурения шахтных стволов и подземных скважин. Известные результаты и практика бурения показывают, что наименее изученными являются вопросы искривления стволов и скважин. При искривлении скважин приходится затрачивать много времени на проведение измерений координат исполнительного органа буровых машин и ликвидацию искривления. Отсутствие серийных датчиков положения исполнительного органа привело к сокращению разработок буровых машин с управляемым исполнительным органом. Бурение осуществляется в основном на высоту 40-50м. При этом технические возможности буровых машин используются только на 30%. При проходке стволов для ликвидации искривления производят забуривание скважины меньшего диаметра с последующим ее расширением. Указанные технологические операции занимают не менее 40-50% общего времени бурения, а материальные затраты, связанные с устранением искривления, в несколько раз перекрывают стоимость буровых работ. Этим обусловлена актуальность проблемы прямолинейного бурения стволов и скважин и актуальность работы, направленной на ее решение, путем разработки научных основ определения рациональных параметров нагрузки буровой колонны и создания технических средств стабилизации направления бурения шахтных стволов и подземных скважин.

Работа содержит результаты исследований, выполненных автором в институте Автоматгормаш по тематическому плану Госуглепрома Украины (шифр темы 0919310000).

ЦЕЛЬ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ. Цель работы - установить закономерности изменения динамики буровой колонны при потере устойчивости и искривлении стволов и скважин, выявить факторы, стабилизирующие направление бурения, на базе которых разработать научные основы определения рациональных параметров нагрузки буровой колонны и создать технические средства стабилизации направления бурения шахтных стволов и подземных скважин. Для ее реализации поставлены и решены следующие задачи:

1. Разработать математическую модель деформации и перемещения буровой колонны в прямолинейной и криволинейной скважине, а также в скважине с нарушенными стенками и стволе.

2. Разработать научные основы определения рациональных параметров нагрузки буровой колонны, стабилизирующих направление бурения шахтных стволов и подземных скважин, а также способы и устройства их реализующие.

3. Создать систему управления (регулятор нагрузки) буровой машины для реализации разработанных способов и устройств, обеспечивающих стабилизацию направления бурения шахтных стволов и подземных скважин.

4. Провести опытно-промышленную проверку регулятора нагрузки при проходке шахтных стволов и подземных скважин и освоить его серийное производство.

Основная идея работы состоит в установлении и использовании закономерностей возбуждения продольно-поперечных автоколебаний буровой колонны, стабилизирующих ее вертикальное положение в стволе после потери прямолинейной устойчивой формы равновесия, в оценке искривления скважины по изменению крутящего момента на приводе-вращателе буровой колонны и в разработке способов, обеспечивающих стабилизацию направле-

ния бурения шахтных стволов и подземных скважин на базе серийного регулятора нагрузки.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕГО НАУЧНОЙ НОВИЗНЫ. Научное значение работы состоит:

- в разработке новых математических методов анализа устойчивости стержневой системы (буровой колонны), основанных на общей теории устойчивости А.М.Ляпунова;

- в обосновании применимости к задачам деформации буровой колонны в скважине принципа максимума Л.С.Понтрягина и его вариационного аналога, разработанного автором, и учитывающего ограничение стрелы прогиба буровой колонны;

- в математическом обосновании закономерности увеличения крутящего момента на приводе - вращателе буровой колонны при искривлении скважины;

- в установлении вероятностной связи чувствительности САР к изменению крутящего момента и максимальной величиной отклонения скважины, а также необходимым временем работы машины на пониженной скорости подачи (холостом ходу) для ликвидации искривления, что впервые открывает возможность аналитического синтеза регулятора нагрузки буровых машин по критерию минимизации среднеквадратического отклонения (СКО) траектории бурения от заданного направления и позволяет применить к решению проблемы стабилизации направления бурения методы теории автоматического управления;

- в разработке математической модели, описывающей в замкнутой форме динамику буровой колонны в скважине, и позволяющей по техническим данным буровой машины определить рациональные технологические параметры (осевую нагрузку и скорость вращения буровой колонны), обеспечивающие минимизацию ре-

альной стрелы прогиба буровой колонны для прямолинейного бурения;

-в математическом обосновании стабилизирующего влияния продольно-поперечных автоколебаний буровой колонны при проходе стволов.

Практическое значение работы состоит в разработке новых способов управления буровой машиной, обеспечивающих: определение в процессе работы искривление стволов и скважин, безударное забуривание по нагрузке привода-вращателя буровой колонны, автоматический перевод САР на границу устойчивости для повышения ее чувствительности к изменению нагрузки на приводе и стабилизации направления бурения при изменении в широких пределах условий работы машины и параметров САР; в создании устройств для осуществления способов управления нагрузкой буровой машины с последующей их реализацией в серийном регуляторе нагрузки ПРИЗ-М и системе управления САБУ, рекомендованной по результатам испытаний к серийному производству, в разработке инклинометрического датчика определения координат исполнительного органа в стволе по деформации буровой колонны в ее верхней наземной части для снижения времени контроля направления бурения шахтных стволов (существующие инклинометрические датчики погружаются в ствол перед каждым измерением).

Научная новизна.

1. Разработана математическая модель деформации буровой колонны в прямолинейной скважине и скважине с нарушенными стенками, отличающаяся тем, что впервые задача учета влияния стенок скважины на деформацию буровой колонны поставлена как вариационная задача с фазовыми ограничениями общего вида, что позволило впервые установить допустимые пределы разру-

шения стенок скважины для сохранения заданного направления бурения и получить точный результат пространственной деформации буровой колонны - шага винтовой линии, отличающегося от известного приближенного на 22.5%.

2. Разработана математическая модель, учитывающая влияние искривления скважины на крутящий момент привода-вращателя буровой колонны, в которой дополнительно учтены крутящий момент на исполнительном органе и стрела прогиба буровой колонны. Это позволило впервые установить аналитическую зависимость между изменением угла искривления скважины и приращением крутящего момента.

3. Разработана математическая модель динамики буровой колонны в стволе, отличающаяся учетом появления в закритической, по Эйлеру, области продольно- поперечных автоколебаний. Численный анализ полученных результатов позволил впервые установить, что возбуждаемые автоколебания благодаря инерции исполнительного органа с утяжелителем ограничивают поперечную деформацию буровой колонны, что обеспечивает вертикальность проходки стволов после потери прямолинейной устойчивой формы равновесия.

4. Разработана математическая модель САР (системы автоматического регулирования) нагрузкой буровой колонны, отличающаяся тем, что в ней дополнительно аналитически определены условия стабилизации направления бурения, стабилизации нагрузки на заданном уровне и условия отсутствия собственных частот в САР для исключения резонансных явлений в канале регулирования. На основе полученных результатов разработаны принципиально новые способы управления нагрузкой на буровой колонне, созданы технические средства - регулятор нагрузки ПРИЗ-М

и система САБУ автоматического управления буровой установкой для стабилизации направления бурения.

УРОВЕНЬ РЕАЛИЗАЦИИ И ВНЕДРЕНИЯ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК. Основные результаты работы внедрены в регуляторе нагрузки ПРИЗ-М и системе управления САБУ. Стендовые и промышленные испытания опытных, головных и серийных образцов регулятора ПРИЗ-М, а также опытных образцов системы управления САБУ подтвердили их работоспособность. По результатам шахтных испытаний созданных технических средств отклонения траектории скважины не превысили расчетных и была обеспечена устойчивая работа САР нагрузки буровых машин.

Срок окупаемости регулятора ПРИЗ-М составляет 2-3 месяца, системы САБУ по предварительным оценкам - 6 месяцев.

АПРОБАЦИЯ И ПУБЛИКАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ, СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ. Основные положения диссертации доложены на первой конференции молодых ученых и специалистов института Гипроуглеавтоматизация (г. Москва, 1981 г.), семинарах лаборатории бурения ИГД им. А.А.Скочинского (1980-1983), научном семинаре отделения технологии проведения подготовительных выработок и отделения горной механики (ИГД им. А.А.Скочинского, 1983 г.), научно-техническом совете института Автоматгормаш (г. Донецк, 1983 г.), на конференции молодых ученых и специалистов (Автоматгормаш, г. Донецк, 1983 г.), семинаре по динамике и деформации стержневых систем и оболочек (Институт прикладной математики и механики АН Украины, г. Донецк, 1984 г.), на кафедре сопротивления материалов ДГТУ 1987 г., семинаре объединенных кафедр сопротивления материалов и прикладной математики ДГТУ в 1989 г., научно-технической межрегиональной конференции по угольному машиностроению (машзавод БУРАН, г.Донецк, 1994 г.), на расширенном заседании

кафедры "Горные машины" ДГТУ в 1995 г., на экспертно-техническом совете института Автоматгормаш в 1995 г. Регулятор нагрузки ПРИЗ-М экспонировался на ВДНХ СССР, автор диссертации за личный вклад награжден бронзовой медалью ВДНХ СССР (удостоверение № 49003 от 19.11.84 г.). По теме диссертации опубликовано одна монография, 43 печатных работы (брошюры, статьи), получено 11 авторских свидетельств на изобретения.

Диссертация состоит из введения, шести разделов и заключения, содержит 300 страниц машинописного текста, включающих 10 таблиц и 39 рисунков, список литературы из 186 наименований и пять приложений.

ДЕКЛАРАЦИЯ О ЛИЧНОМ ВКЛАДЕ В РАЗРАБОТКУ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.

В качестве руководителя научно-исследовательских работ автор принимал непосредственное участие в разработке и обосновании основных узлов опытного образца регулятора ПРИЗ-М, проведении его испытаний в лабораторных и шахтных условиях. Сопровождал авторский надзор при изготовлении серийного регулятора ПРИЗ-М на заводе и осуществлял авторский контроль при его эксплуатации на шахтах.

Автору принадлежит обоснование возможности и эффективности автоматизации стволопроходческого комплекса ВИРТ, участие в разработке, изготовлении и испытании аппаратуры автоматизации (система управления САБУ), рекомендованной по результатам испытаний к серийному производству.

По теме диссертации автором самостоятельно опубликовано 18 печатных работ и получено одно авторское свидетельство. Автор участвовал в решении поставленных Н.Г.Петровым задач определения устойчивости става (буровой колонны) буровых машин, потерь на трение и оптимальной скорости вращения, автором

были предложены основные положения способов управления буровой машиной для прямолинейного бурения и дано им математическое обоснование, а также разработаны основные отличительные узлы устройств их реализующие.

МЕТОДОЛОГИЯ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДМЕТА И ОБЪЕКТА.

В работе использованы вариационные принципы механики, принцип максимума Л.С.Понтрягина для процессов с фазовыми ограничениями общего вида и разработанный автором его вариационный вариант, позволивший учесть деформацию буровой колонны в прямолинейной скважине и скважине с нарушенными стенками соответственно; для анализа стержневых систем на устойчивость применен второй метод А.М.Пяпунова; при анализе резонансных явлений использован разработанный автором метод синтеза линейных систем с вещественными корнями характеристического полинома. При исследовании процессов бурения использовались асимптотические методы в теории нелинейных колебаний, методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, теории автоматических систем управления и регулирования, теории вероятностей и теории подобия, физического моделирования и моделирования на ПЭВМ режимных параметров буровой машины с имитацией реальных условий бурения.

Предмет и объект исследований: способы и средства стабилизации направления бурения шахтных стволов и подземных скважин, самостабилизирующие факторы динамики вращающейся буровой колонны и ее реакция на искривление скважины, буровая колонна, скважина, САР нагрузки буровой колонны.

Автор выражает благодарность проф., докт. техн. наук, академику АГН Украины Б.М.Усаченко, проф., докт. техн. наук Н.Г.Петрову и своим коллегам за оказанную помощь в работе.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Большой вклад в решение целого комплекса задач проводки стволов и скважин внесли: А.А.Алейников, О.Д.Алимов, А.А.Афанасьев, Л.И.Барон, В.И.Белобров, Б.А.Верклов, А.П.Дмитриев, В.Т.Загороднюк, Б.Н.Кутузов, Н.Ф.Лебадев, В.А.Липкович, Н.Г.Петров, Е.З.Позин, И.А.Свешников, Г.М.Саркисов, Н.С.Сафохин, Н.Б.Ситников, Ф.Л.Шевченко и др.

Известные результаты и практика бурения позволяют сформулировать следующие исходные положения диссертационной работы:

- основными звеньями буровой машины являются исполнительный орган, буровая колонна, электропривод-вращатель буровой колонны и гидросистема подачи буровой машины;

- основным динамическим звеном буровой машины является буровая колонна, посредством которой передается осевая нагрузка и крутящий момент на исполнительный орган, инерцией остальных кинематических звеньев по сравнению с инерцией буровой колонны можно пренебречь;

- правомерно буровую колонну рассматривать как упругий стержень и применять методы стержневых систем при анализе буровой колонны на устойчивость, исследовании ее статических и динамических характеристик.

Основные научные положения, защищаемые в диссертации:

1. На основе устойчивости, по А.М.Ляпунову, установлено, что поперечная составляющая собственного веса буровой колонны не влияет на потерю ее устойчивости и несущественно влияет на ее деформацию в скважине; это позволило получить в замкнутом

виде деформационную форму равновесия буровой колонны в прямолинейной скважине и в скважине с нарушенными стенками и определить рациональные параметры нагрузки буровой колонны, обеспечивающие ее работоспособность и стабилизацию направления бурения.

2. Изменение амплитуды колебаний крутящего момента на приводе-вращателе буровой колонны пропорционально квадрату угла искривления скважины, что позволяет математически обосновать существующую вероятностную связь между чувствительностью САР к изменению крутящего момента и стабилизацией направления бурения стволов и скважин. Наиболее существенно указанная зависимость проявляется при работе буровой машины на холостом ходу. Для стабилизации направления бурения время работы на холостом ходу должно быть пропорционально кубу угла искривления скважины.

3. При проходке стволов в буровой колонне после потери прямолинейной устойчивой формы равновесия возникают продольно-поперечные автоколебания, которые благодаря инерции продольных перемещений исполнительного органа с утяжелителем ограничивают амплитуду поперечных колебаний буровой колонны, чем обеспечивается вертикальность проходки ствола.

Разработана математическая модель деформации и перемещения буровой колонны в прямолинейной и криволинейной скважине, а также в скважине с нарушенными стенками и стволе. При этом для анализа устойчивости буровой колонны впервые применен прямой (второй) метод А.М.Ляпунова, что позволило получить результаты, имеющие теоретическое и прикладное значение.

Динамическое равновесие буровой колонны, сжатой силой P и вращающейся вокруг оси x с частотой ω , определяется из условия минимума потенциальная энергия системы

$$\Pi = \int_0^l \left[0,5EI \left(\frac{d\Theta}{ds} \right)^2 - (P + qs \cos \alpha)(1 - \cos \Theta) - \frac{\omega^2 y^2 q}{2g} \pm yq \sin \alpha \right] ds, \quad (1)$$

знак плюс принимается для верхней, минус - для нижней полуволны. Принятые обозначения здесь и далее: EI - жесткость буровой колонны на изгиб, s - текущая координата участка буровой колонны, q - вес единицы длины буровой колонны, g - ускорение свободного падения, x, y - оси координат, l - проекция длины буровой колонны на ось скважины, α - зенитный угол, Θ - угол между касательной к траектории буровой колонны и осью x .

Известно, что вариация потенциальной энергии в стационарном состоянии равна нулю. Решение вариационной задачи приводит к результату

$$\frac{d\Pi}{df} = \pm A + Bf + Cf^3 = 0. \quad (2)$$

Принятые обозначения: f - стрела прогиба буровой колонны,

$$A = \frac{2lq \sin \alpha}{T}, \quad B = \frac{\pi^2}{2l} \left(\frac{EI\pi^2}{l^2} - P - \frac{ql \cos \alpha}{2} - \frac{\omega^2 l^2 q}{g\pi^2} \right),$$

$$C = \frac{\pi^4}{4l^3} \left(\frac{EI\pi^2}{l^2} - \frac{3}{4}P - \frac{3ql \cos \alpha}{8} \right).$$

Для анализа устойчивости используется прямой метод Ляпунова. Для этого принимается закон изменения осевой нагрузки в виде экспоненты

$$P = P_0 e^{-\lambda t}, \quad (3)$$

где P_0 - начальное значение осевой нагрузки, λ - вещественное положительное число, t - время.

Рассматривается определенно-положительная функция

$$V = \frac{f^2}{2}.$$

Если производная по времени от этой функции, вычисленная с учетом уравнений (2) и (3), является определенно-отрицательной функцией или тождественно равна нулю, то форма равновесия буровой колонны будет устойчивой, причем в случае, когда эта производная отрицательная, имеет место асимптотическая устойчивость. После несложных преобразований определяется скорость изменения стрелы прогиба во времени

$$-\frac{df}{dt} = \lambda \frac{(\pm A + fB + f^3C)}{B + 3Cf^2} \geq 0.$$

В последней формуле устойчивости (ФУ) знак плюс соответствует верхней полуволне, минус - нижней. Числитель ФУ не может быть отрицательным, так как отрицательной становится стрела прогиба, что не имеет физического смысла. Знак ФУ определяется знаком знаменателя как для верхней, так и для нижней полуволны. Знаменатель ФУ не зависит от поперечной составляющей веса буровой колонны, следовательно, поперечная составляющая собственного веса не влияет на устойчивость. Численный анализ формулы устойчивости показывает, что влияние поперечной составляющей собственного веса на деформацию буровой колонны современных буровых машин не превышает 7%. Критическая длина широкого класса буровых машин находится в пределах 10-15 м. Следовательно, бурения скважин обеспечивается не устойчивостью буровой колонны, а ограничением ее стрелы прогиба стенками скважины. Для учета такого рода ограничений в работе получен принцип максимума с фазовыми ограничениями общего вида в рамках вариационного

исчисления. Для этого рассматривается задача минимизации функционала

$$y_0 = \int_0^L f_0(y, u) dx;$$

с учетом дифференциальных связей

$$\dot{y}_i = f_i(y, u), \quad i \in 1, 2, \dots, n;$$

и фазового ограничения

$$y \leq \varphi(x);$$

В общем случае оптимальная траектория складывается из трех составляющих: на участке до точки входа на границу области, вдоль границы области и после схода с границы области. Введение параметра u и расширение количества неизвестных параметров с помощью дифференциальных связей позволяет исходную задачу представить в форме Коши. При этом производные от параметров y_i оказываются не выше первого порядка. Для уравнения первого порядка учет фазовых ограничений производится в рамках классической вариационной задачи и описывается условием трансверсальности (естественным условием), из которого следует условие контакта вдоль ограничивающей кривой

$$f_0(x_{H-0}) = f_0(x_{H+0});$$

С учетом того, что фазовые координаты в точке входа скачком измениться не могут, следует непрерывность параметра управления U , следовательно, и изгибающего момента в точке входа и схода с границы области. На основании полученных результатов установлено, что буровая колонна не будет деформироваться внутрь нарушенной стенки длиной L если осевая нагрузка удовлетворяет условию

$$P \leq \frac{233 \cdot EI}{L^2} \quad (4)$$

Очевидно, что бурение при деформации буровой колонны внутрь нарушенной стенки нельзя признать допустимыми как с точки зрения прочности буровой колонны, так и прямолинейности бурения.

Плоская форма равновесия буровой колонны в скважине может приниматься без существенных погрешностей лишь на ограниченном расстоянии, например, на расстоянии критической длины 10-15 м. В общем случае буровая колонна занимает пространственную форму равновесия, которая определяется из условия минимума функционала

$$\Pi_B = \frac{1}{2} \int_0^l \left[P(\dot{y}^2 + \dot{z}^2) + m_0(y^2 + z^2)\omega_\phi^2 - EI(\ddot{y}^2 + \ddot{z}^2) \right] dx,$$

где ω_ϕ - угловая частота вращения буровой колонны вокруг оси скважины, m_0 - масса единицы длины буровой колонны, все производные берутся по координате x . С учетом ограничения стрелы буровой колонны в скважине установлено, что винтовая линия является единственной кривой, удовлетворяющей принципу максимума. (В известных работах это принималось аксиоматически), а шаг винтовой линии определяется по формуле

$$l_B' = \frac{2\pi\sqrt{6EI}}{\sqrt{P + \sqrt{P^2 - 12m_0\omega_\phi^2 EI}}} = \frac{15,4\sqrt{EI}}{\sqrt{P + \sqrt{P^2 - 12m_0\omega_\phi^2 EI}}}.$$

Критическая угловая частота вращения, при которой буровая колонна начинает вращаться вокруг оси скважины, определяется так:

$$\omega_B \geq \frac{0,29P}{\sqrt{m_0 EI}} \quad (5)$$

Это условие разделяет непрерывные и прерывистые (с пере-скоками между стенками скважины) формы движения.

При искривлении траектории бурения увеличивается крутящий момент на приводе. Это обусловлено дополнительными потерями энергии на вращение изогнутой буровой колонны вокруг своей оси и трением исполнительного органа о боковую поверхность ствола или скважины. Для определения указанной зависимости решается задача И.И.Губановой о вращении упругого стержня в жесткой цилиндрической оболочке с дополнительным учетом крутящего момента на исполнительном органе, тангенциальной составляющей реакции стенки скважины и стрелы прогиба буровой колонны. В результате получена дополнительная вариация нагрузки при искривлении скважины:

$$\Delta K = \frac{K_H}{P_H} \left(\frac{P}{2} + \frac{EI}{l_u^2} \right) \alpha_u + \frac{EI}{l_u} \alpha_u^2 \sin \Theta_0;$$

где K_H и P_H - номинальные значения крутящего момента и усилия подачи, α_u - угол искривления, l_u - длина искривленного участка, Θ_0 - угол поворота исполнительного органа.

Для попадания скважины в заданную область с вероятностью 0.96, чувствительность САР к вариации нагрузки должна быть не ниже величины

$$\frac{\Delta K}{K_H} \leq \frac{1,54x_{\max}(Pl_c^2 + 2EI)}{l^2 P_H l_c}, \quad (6)$$

где x_{\max} - допустимая величина отклонения, l_c - длина секции буровой колонны. Если предположить, что механическая скорость бурения линейно зависит от усилия подачи, то время приработки,

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

по прошествии которого скважина выпрямляется, определяется так:

$$t = 3T \quad (7)$$

Здесь

$$T = \frac{\frac{P}{V} l_u^3}{EI + 0,5Pl_u^2};$$

где P и V - соответственно осевая нагрузка и скорость бурения скважины до искривления.

Как известно, после потери прямолинейной устойчивой формы к напряжениям сжатия и кручения добавляются напряжения изгиба, которые являются определяющими в закритической области. Известно также, что в закритической области можно пренебречь напряжением сжатия, тогда, максимальная осевая нагрузка, при которой достигается предел упругости напряжения деформации буровой колонны определяется по формуле

$$P_{\max} = \frac{3W}{R} \left(\sqrt{[\sigma]_T^2 - 4 \left(\frac{K}{W_P} \right)^2} - \frac{EI}{\rho_l W} \right) \quad (8)$$

где $W, R, [\sigma]_T, K, \rho_l, W_P$ - соответственно момент сопротивления сечения, стрела прогиба буровой колонны, предел упругости, крутящий момент, радиус искривления буровой колонны, полярный момент сопротивления сечения.

При проходке стволов самостабилизирующий эффект обусловлен динамикой исполнительного органа с утяжелителем. Ошибочно считается, что статическая растягивающая нагрузка обеспечивает устойчивость буровой колонны. Буровая колонна

при вращении вокруг своей оси теряет прямолинейную устойчивую форму на десятой части глубины ствола. После чего в ней возбуждаются продольно-поперечные автоколебания, определяемые из уравнения

$$\mu \cdot (f_1)^2 = \frac{16 \cdot l \cdot (\alpha_{1\delta}^2 - \theta^2)}{M(\pi n \theta \alpha_{1\delta})^2} \left(EI \left(\frac{\pi n}{l} \right)^2 + Mg - P_0 - \frac{P_r \cdot \alpha_{1\delta}^2}{2(\alpha_{1\delta}^2 - \theta^2)} - \frac{ml^2}{(\pi n)^2} \left(\frac{\theta^2}{4} + \alpha_{0\delta}^2 \right) \right)$$

(9)

где μ - множитель, равный плюс единице при положительной правой части уравнения и минус единице при отрицательной;

f_1 - стрела прогиба поперечных колебаний;

l - глубина ствола; $\omega_{пр} = \frac{l}{M \left(\frac{l}{EF} + \frac{l}{c} \right)}$ - собственная частота

продольных колебаний буровой колонны; M - масса исполнительного органа с утяжелителем; F - площадь поперечного сечения буровой колонны; c - продольная жесткость подвески буровой колонны; θ - частота вынужденных продольных колебаний исполнительного органа; n - количество полуволн деформации буровой колонны; P_0 - постоянная составляющая осевой нагрузки на исполнительном органе; P_r - амплитуда переменной составляющей осевой нагрузки на исполнительном органе; ω_0 - угловая частота вращения буровой колонны.

В формуле (9) заранее не определены параметры l и θ , для их определения используется принцип Лагранжа-Дирихле о минимуме общей энергии системы в стационарном состоянии, из которого следует, что будет реализована та форма колебаний, которая имеет минимальную кинетическую энергию. Кинетическая энергия продольных колебаний исполнительного органа с утяжелителем за один оборот буровой колонны определяется по формуле

$$E_K = 0,5 \int_0^{2\pi} \left(M \left(\frac{\partial \Delta}{\partial t} \right)^2 + \int_0^l m \left(\frac{\partial y}{\partial t} \right)^2 dx \right) dt = \frac{M\theta^2 \pi A_1^2}{2(\omega_{\text{гб}}^2 - \theta^2)^2 \omega_b} + \frac{mf_1^2 \theta^2 l \pi}{16\omega_b} \quad (10)$$

где

$$A_1 = - \frac{P_i}{M} - \mu \cdot \frac{(f_1 \pi n \omega_{\text{гб}})^2}{8l}$$

$$\omega_{\text{гб}} = \omega_{\text{гр}}$$

Буровые машины относятся к классу систем с распределенными параметрами. Наличие чистого запаздывания по каналам приема информации с датчиков крутящего момента, осевой нагрузки и скорости подачи существенно осложняет построение САР. В реферируемой работе получены инженерные результаты для определения параметров регулятора (линеаризованного коэффициента усиления и постоянной интегрирования исполнительного органа), обеспечивающие снижение дисперсии нагрузки по сравнению с ручным режимом работы машины. Условия стабилизации записываются так:

$$qK - 2T_1 \omega_B (\omega_B T_2 \cos \omega_B \tau + \sin \omega_B \tau) \geq 0, \quad (11)$$

где q - линеаризованный коэффициент усиления релейного звена, K - коэффициент усиления САР, T_1 - постоянная времени интегрирования исполнительного органа САР, T_2 - постоянная времени буровой машины, τ - постоянная запаздывания буровой машины, ω_B - частота входного сигнала.

Проверка условия (11) была проведена на ПЭВМ. При его выполнении амплитуда колебаний нагрузки действительно снижалась, если же условие (11) не выполнялось, то происходило уве-

личение амплитуды колебаний выходного сигнала по сравнению с входным. Вместо стабилизации получалась раскачка.

Разработаны научные основы определения рациональных параметров нагрузки буровой колонны, стабилизирующие направление бурения шахтных стволов и подземных скважин, а также способы и устройства их реализующие, которые базируются на обобщении теоретических и экспериментальных данных по определению осевых нагрузок, крутящего момента и скорости вращения буровой колонны, обеспечивающих по условию (4) нормальный процесс бурения при нарушении стенок скважины, при выполнении условия (5) реализуется движение буровой колонны с перескоками в скважине, благодаря чему минимизируется ее реальная стрела прогиба и обеспечиваются условия для сохранения заданного направления бурения. Для своевременной реакции на искривление необходимо обеспечить высокую чувствительность системы автоматического регулирования (САР) к вариации нагрузки. Вариация нагрузки согласно формуле (6) линейно зависит от допустимой величины отклонения исполнительного органа. Поэтому, чем меньше допустимая величина отклонения, тем выше должна быть чувствительность САР к вариации нагрузки, которая не зависит от крутящего момента на исполнительном органе в момент искривления. Поэтому, чем меньше будет крутящий момент на исполнительном органе, тем легче определить момент искривления. Отсюда следует необходимость оценивать искривление скважины при холостом режиме работы буровой машины. В этом режиме осевая нагрузка P близка к нулю и, как следует из формулы (7), время приработки пропорционально кубу длины (угла) искривленного участка. Динамические процессы в буровой колонне должны ограничиваться предельным значением осевой нагрузки, определяемым по Формуле (8), чтобы в буровой колонне не происходили

нелинейные деформации. Расчеты по формулам (9) и (10) для буровой установки ВИРТ показали, что частота продольных автоколебаний в четыре раза выше частоты вращения буровой колонны. Этот результат был подтвержден экспериментально при шахтных испытаниях. Амплитуда продольных колебаний составила 2-3 мм при длине скважина от 100 до 1000 м, а поперечных - 20-30 см. Для стабилизации направления бурения вертикальных стволов необходимо поддерживать устойчивый автоколебательный режим с максимальной скоростью вращения буровой колонны в данных конкретных условиях бурения. Верхний предел ограничивается уровнем вибраций машины и крутящим моментом на вращателе.

На основании полученных результатов разработаны новые способы бурения стволов и скважин, обеспечивающие рациональные параметры нагрузки буровой колонны в основных режимах работы машины:

- безударное внедрение исполнительного органа в забой при забуривании каждой новой штанги (а.с. 972092);

- перевод буровой машины в номинальный режим по критерию максимального быстродействия и из номинального в режим холостого хода (а.с.999012,110564,1218086,);

- перевод САР на границу устойчивости для повышения ее чувствительности к вариации нагрузки, а следовательно, и к искривлению траектории бурения (а.с.999012, 1707199, 1749451);

- оценку и индикацию искривления скважины по нагрузке привода-вращателя буровой колонны с последующим переводом САР в режим холостого хода до наступления стабилизации направления бурения, но не более некоторого заданного предельного времени (а.с.1167326,1314032, 134738,1470924, 1105640);

Создана система управления (регулятор нагрузки) буровой машины для реализации разработанных способов и устройств.

обеспечивающая стабилизацию направления бурения шахтных стволов и подземных скважин, включающая датчик крутящего момента (датчик тока электропривода-вращателя буровой колонны), блок вычисления и управления, исполнительное устройство (сервопривод), связанное с регулятором потока (гидродресселем). Регулятор нагрузки измеряет ток электропривода и сравнивает с заданной величиной, при положительном знаке рассогласования он подает сигнал на снижение скорости (усилия) подачи буровой машины, при отрицательном - на увеличение. Таким образом стабилизируется нагрузка и направление бурением согласно разработанным способам управления.

Проведена опытно-промышленная проверка регулятора нагрузки при проходке шахтных стволов и подземных скважин и освоено его серийное производство. Испытания были проведены на шахтах ПО Кузбассуголь, Прокопьевскуголь, Укрзападуголь и Донецкуголь. Для экспериментальной проверки прямолинейности бурения стволов и скважин были проведены испытания двух головных образцов регулятора нагрузки ПРИЗ-М на шахте им. Калинина ПО "Прокопьевскуголь" и системы управления САБУ буровыми машинами. В результате испытаний установлено, что две скважины длиной 43 м отклонились на 50 и 80 мм, а скважина длиной 46 м отклонилась на 60 мм, что на 20-30% лучше средних показателей точности проходки скважин на этом пласте. Междуведомственная комиссия одобрила результаты испытаний и рекомендовала его к серийному производству, которое начато с 1983 г. В настоящее время ведется авторский контроль за работой регуляторов ПРИЗ-М на буровых машинах и комбайнах. При проходке ствола на глубине 447-451 м аппаратура САБУ зарегистрировала начало и развитие искривления траектории бурения и подала световой сигнал оператору. В последствии измерениями координат

исполнительного органа в стволе было зарегистрировано на этой глубине дополнительное отклонение исполнительного органа от заданного направления на 90 мм. Этим подтверждается достоверность полученных результатов и достижение поставленной цели. По результатам испытаний междуведомственная комиссия рекомендовала систему САБУ к серийному производству с 1996 г.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций работы обеспечивается сочетанием теоретических и экспериментальных исследований, исходными теоретическими предпосылками, основанными на фундаментальных законах теории упругости, вариационном исчислении, теории вероятности и математической физики, теории нелинейных колебаний, динамики систем управления и регулирования, теории подобия, достаточностью объема экспериментальных данных в лабораторных (более 200) и промышленных (более 70 скважин и 2 ствола) условиях и удовлетворительной сходимостью (10-15%) результатов теоретических и экспериментальных исследований; надежностью работы аппаратуры на буровых машинах и проходческих комбайнах, а также положительными результатами приемочных испытаний при проходке ствола шахты Восточной (60-летия Советской Украины) г. Донецка системы управления САБУ буровыми машинами. Положительными результатами работы серийных образцов регулятора нагрузки ПРИЗ-М.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе обобщены результаты исследований статических и динамических характеристик буровой колонны, на основе которых решена крупная научная проблема, имеющая важное народнохозяйственное значение, заключающаяся в разра-

ботке научных основ определения рациональных параметров нагрузки буровой колонны и создании средств стабилизации направления бурения шахтных стволов и подземных скважин.

Итоговые выводы сводятся к следующему:

1. Искривление направления бурения стволов и скважин может быть оценено по изменению тока электропривода-вращателя буровой колонны. Поддержание рациональных параметров нагрузки буровой колонны во всех основных режимах ее работы обеспечивает стабилизацию направления бурения.

2. При бурении стволов и скважин буровая колонна теряет прямолинейную устойчивую форму на пятой части заданной глубины бурения. Возможность бурения после потери устойчивости обеспечивается при бурении стволов благодаря самовозбуждению продольно-поперечных автоколебаний в буровой колонне. При этом амплитуда вертикальных колебаний ограничивается 2-3 мм. Соответственно ограничивается стрела прогиба буровой колонны величиной 20-30 сантиметров. При подъеме исполнительного органа над забоем в стволе буровая колонна вытягивается в прямую линию. Это позволяет согласно новому способу (а.с.1768752) определить положение исполнительного органа в стволе по отклонению буровой колонны от вертикали в верхней наземной части.

3. Установлено теоретически и подтверждено экспериментально, что при вращении буровой колонны вокруг своей оси и при движении с перескоками в скважине минимизируется ее реальная стрела прогиба, благодаря чему обеспечиваются оптимальные условия для сохранения заданного направления бурения и устойчивость работы машины. Указанные формы движения реализуются при высоких скоростях вращения буровой колонны (порядка 80 об/мин и более) и средних осевых нагрузках. Верхний

предел скорости вращения ограничивается уровнем вибрации машины.

4. Проведенное моделирование на физической модели и ПЭВМ динамических процессов машины БГА-4 и установки ВИРТ при искривлении скважины показало принципиальную возможность стабилизации направления бурения на основе регулятора нагрузки, который обеспечивает безударное забуривание по нагрузке (а.с.972092), высокую (5-8%) чувствительность САР к изменениям крутящего момента на приводе (а.с. 999012,1707199,1749451), автоматический перевод системы регулирования из рабочего режима в режим холостого хода и наоборот (а.с.1105640, 1218085), перевод системы в режим холостого хода при искривлении скважины в течение времени, пропорционального кубу угла искривления (а.с.1167325), оценку при холостом ходе буровой машины наличия искривления скважины (а.с.1314032,1384738,1470924).

Для своевременного обнаружения начала и развития искривления скважины, а также для повышения производительности бурения регулятор нагрузки должен обеспечивать:

- измерение крутящего момента на холостом ходу перед каждым циклом забуривания и его сравнение с величиной крутящего момента в предшествующие 3-4 цикла забуривания, выдачу информации по результатам сравнения о наличии искривления траектории проходки с последующей остановкой подачи и приработкой;

- достижение оптимальных показателей качества САР путем перевода ее на границу устойчивости при условии изменения в широких пределах параметров буровой машины и регулятора (а.с. 972092);

- срыв путем коррекции коэффициента усиления САР низкочастотных резонансных явлений в буровой колонне для предот-

вращения вибрационных и ударных нагрузок, провоцирующих искривление скважины ;

- автоматическую коррекцию уставки нагрузки для ее соответствия в течение всего времени бурения номинальному режиму работы горной машины в данных конкретных условиях (а.с.1167325), перевод САР по критерию максимального быстродействия при искривлении скважины в режим пониженной подачи в течение времени, пропорционального кубу угла искривления скважины (а.с.1749451),.

5. Указанные способы и устройства реализованы в регуляторе нагрузки ПРИЗ-М и системе управления САБУ, которые созданы в институте Автоматгормаш. Стендовые и промышленные испытания опытных, головных и серийных образцов регулятора ПРИЗ-М, а также опытных образцов системы управления САБУ показали их работоспособность, выполнение предъявленных к регулятору требований, а также достижение высоких показателей производительности бурения. При этом отклонения траектории скважин не превысили расчетных, что соответствует современным требованиям, предъявляемым к буровым машинам. Новизна способов и устройств, реализованных в регуляторе нагрузки ПРИЗ-М и системе управления САБУ, подтверждена 11 авторскими свидетельствами. Для экспериментальной проверки прямолинейности бурения стволов и скважин были дополнительно проведены испытания двух головных образцов регулятора нагрузки ПРИЗ-М и системы управления САБУ буровыми машинами. В результате испытаний установлено, что две скважины длиной 43 м отклонились на 50 и 80 мм, а скважина длиной 46 м отклонилась на 60 мм, что на 20-30% лучше средних показателей точности проводки скважин на этом пласте, а при проходке ствола на глубине 447-451 м произошло его искривление на 90 мм, что было зарегистрирова-

но индикатором искривления. Этим подтверждается достоверность полученных результатов и достижение поставленной цели.

6. Утвержденный экономический эффект на одну буровую машину, оснащенную регулятором нагрузки ПРИЗ-М, составляет в ценах 1984 г. 2266 руб. для машины СТРЕПА -77 и 2652 руб. для машины БГА-4 при стоимости комплекта 460 руб. Срок окупаемости регулятора ПРИЗ-М 2-3 месяца.

Составляющими экономического эффекта по результатам испытания системы управления САБУ являются:

- снижение вероятности искривления скважины, что обеспечивается определением искривления в процессе работы по крутящему моменту на вращателе;
- улучшение условий работы машиниста благодаря автоматической регулировке основных параметров управления буровой установкой;
- существенное снижение частоты проведения дорогостоящих мероприятий по устранению искривления, связанного с бурением пилот-скважины меньшего диаметра и последующим его разбуриванием (фазное бурение).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ, ОТРАЖАЮЩИХ ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ. Монография.

1. Пропорционально-интегральный регулятор с импульсной защитой (ПРИЗ-М) // Электрослесарю добычного и проходческого оборудования: Справочник / Под общей ред. В.А.Антипова.- Донецк: Донбасс, 1989.-С.124-131.

Брошюры.

2. Погибко М.Г., Пасынков Р.Е., Огийчук Ю.И. и др. Результаты промышленных испытаний регулятора нагрузки ПРИЗ-М // Механи-

зация и автоматизация производства. Отечественный опыт: Экспресс-информация / ЦНИЭИУголь.- М., 1984.- Вып.3.- С.10-15.

3. Пасынков Р.Е. Регулятор нагрузки ПРИЗ-М: Информ.листок о науч.техн. достижении / Донецкий ЦНТИ.- Донецк, 1984.- 84-20.

Статьи, опубликованные в научных изданиях.

4. Пасынков Р.Е. Синтез линейных систем с вещественными корнями характеристического полинома // Система и средства автоматизации очистного и проходческого оборудования: Сб.науч.тр./Донавтоматормаш.-М.: Недра, 1981.- С.65-75.

5. Петров Н.Г., Пасынков Р.Е. Определение потерь усилия подачи с изменением длины скважины // Средства комплексной механизации подземной разработки угольных месторождений: Науч.тр. ин-та / ИГД им.А.А.Скочинского.- М, 1980.- Вып. 191.- С. 141-145.

6. Анализ работы става буровых машин / Н.Г.Петров, В.П.Аноров, Р.Е.Пасынков. // Уголь.- 1981.- 3.- С.16-17.

7. Пасынков Р.Е. Исследование динамики става буровых машин // Механизация и автоматизация производственных процессов. Угольное машиностроение: Науч.-техн.реф.сб. / ЦНИЭИУголь.- М., 1981.- 11.-С.33-36.

8. Петров Н.Г., Пасынков Р.Е. Определение устойчивости става буровых машин // Средства комплексной механизации подземной разработки угольных месторождений: Науч.тр.ин-та /ИГД им.А.А.Скочинского.- М., 1981.- Вып.199.- С.30-34.

9. Пасынков Р.Е. Исследование формы равновесия сжатого и скрученного стержня в жесткой цилиндрической оболочке // Строительство предприятий угольной промышленности: Науч.-техн.реф. сб/ ЦНИЭИУголь, 1983, №11, 28с.

10. Пасынков Р.Е. Исследование ударных нагрузок буровых машин // Создание и повышение надежности горношахтного обо-

рудования: Науч. сообщин-та / ИГД им.А.А.Скочинского.- М., 1983.- Вып.220.-С.41-44.

11. Пасынков Р.Е. Исследование динамики става буровых машин // Автоматизация забойного оборудования: Науч.тр.ин-та / Автоматормаш.- М., 1984.- С.78-86.

12. Мищенко Н.А., Солонина А.Е., Пасынков Р.Е. Экономическая эффективность использования регулятора нагрузки ПРИЗ-М // Уголь Украины.- 1984.- 6.- С.17-18.

13. Пасынков Р.Е. Определение оптимальных параметров регулятора нагрузки буровых машин для повышения вероятности прямолинейного бурения скважин // Забойная автоматика: Науч.тр. ин-та / Автоматормаш.- М., 1985.- С.50-61.

14. Пасынков Р.Е., Погибко М.Г. Построение и оптимизация релейно-импульсных САР нагрузки горных машин с учетом чистого запаздывания // Системы и средства автоматизации забойного оборудования: Науч.тр.ин-та / Автоматормаш.-М., 1986.С. 34-42.

15. Пасынков Р.Е., Дубинин С.В. Построение регуляторов нагрузки для управления забойными машинами с последствием // Автоматизация забойного оборудования: Науч.тр.ин-та / Автоматормаш.- М., 1988.-С.52.

16. Пасынков Р.Е., Злодеев А.В., Погибко М.Г. Шахтные испытания регулятора нагрузки ПРИЗ-М // Уголь Украины.- 1988.- 6.- С.21-23.

17. Пасынков Р.Е. Устойчивость вращающейся бурильной колонны // Горный журнал.- 1989.- 1.- С.58-64.

18. Пасынков Р.Е. Деформация бурильной колонны в скважине // Автоматизация забойного оборудования: Науч.тр.ин-та / Автоматормаш.- Донецк, 1990.- С.55.

19. Петров Н.Г., Пасынков Р.Е. Определение оптимальной скорости вращения бурового става // Проведение, крепление и поддержание горных выработок: Науч.сооб/ М.- 1990.-Вып.4.- С.28-33.

20. Пасынков Р.Е. Современные методы направленного бурения скважин // Уголь Украины.- 1990.- 2.- С.42-44.

21. Антипов В.А., Пасынков Р.Е., Астрахань А.З. Результаты испытаний наземного инклинометра // Уголь Украины.- 1992.- 4.-С.40-44.

22. Пасынков Р.Е. Деформация буровой колонны в скважине // Уголь Украины.- 1994.- 5.- С.29-31.

Авторские свидетельства.

23.- А.с. 999012 (СССР), МКИ *) 05 В 11/00. Релейная система регулирования / Р.Е.Пасынков, К.К.Войтюк, М.Г.Погибко, Ю.Н.Капланец; ин-т Донавтоматормаш (СССР).- 3344709/18-24; Заявл. 6.10.81; Оpubл. 23.02.1983, Бюл. 7.

24. А.с. 972092 (СССР), МКИ Е 21 С 35/24. Способ управления горной машиной и устройство для его осуществления / Р.Е.Пасынков, К.К.Войтюк, М.Г.Погибко, Н.Г.Петров; ин-т Донавтоматормаш (СССР).- 3285487/22-03; Заявл. 10.02.81; Оpubл. 07.11.1982, Бюл. 41.

25. А.с. 1105640 (СССР), МКИ Е 21 С 35/24. Способ управления горной машиной и устройство для его осуществления / Р.Е.Пасынков, М.Г.Погибко, Н.Г.Петров; ин-т Донавтоматормаш (СССР).- 3575780; Заявл. 06.05.83; Оpubл. 30.07.84, Бюл. 28.

26. А.с. 1167325 (СССР), МКИ Е 21 С 35/24. Регулятор нагрузки горной машины / Р.Е.Пасынков, М.Г.Погибко, Ю.И.Огийчук, А.В.Злодеев; ин-т Донавтоматормаш (СССР).- 3617686; Заявл. 11.07.83; Оpubл. 15.07.85, Бюл. 26.

27. А.с. 1218085 (СССР), МКИ Е 21 В 44/00. Система управления бурильной установкой / Ю.И.Огийчук, А.С.Каган, М.Г.Погибко,

В.Н.Балабенко, Р.Е.Пасынков; ин-т Донавтоматгормаш (СССР).- 3784896; Заявл. 28.08.84; Оpubл. 15.03.86, Бюл. 10.

28. А.с. 1314032 (СССР), МКИ Е 21 В 47/022. Способ проводки направленных скважин / О.П.Приходько, Р.Е.Пасынков, В.И.Силаев, Б.Ф.Головченко; ин-т Донавтоматгормаш (СССР).- 3912384/22-03; Заявл. 11.05.85; Оpubл. 30.05.87, Бюл.20.

29. А.с. 1384738 (СССР), МКИ Е 21 В 47/02. Способ проводки направленных скважин / Р.Е.Пасынков, О.П.Приходько, Б.Ф.Головченко, М.Г.Погибко, А.В.Злодеев; ин-т Донавтоматгормаш (СССР).- 4111493/22-03; Заявл. 01.09.86; Оpubл. 30.03.88, Бюл. 12.

30. А.с. 1470924 (СССР), МКИ Е 21 В 7/04. Устройство для ориентированного бурения / О.П.Приходько, Р.Е.Пасынков, Б.Ф.Головченко и др.; ин-т Донавтоматгормаш (СССР).-4186894/23-03; Заявл. 22.01.87; Оpubл. 07.04.89, Бюл. 13.

31. А.с. 1707199 (СССР), МКИ Е 21 С 35/24. Способ управления нагрузкой горной машины и устройство для его осуществления / Р.Е.Пасынков, С.В.Дубинин; ин-т Автоматгормаш (СССР).- 4750843/03; Заявл. 18.09.89; Оpubл. 23.01.92, Бюл. 3.

32. А.с. 1749451 (СССР), МКИ Е 21 С 35/24. Способ управления горной машиной и устройство для его осуществления / Р.Е.Пасынков; ин-т Автоматгормаш (СССР).- 4788754/03; Заявл. 05.02.90; Оpubл. 23.07.92, Бюл. 27.

33. А.с. 1768752 (СССР), МКИ Е 21 В 47/02. Способ определения координат исполнительного органа буровой установки при проходке стволов / Р.Е.Пасынков, В.А.Антипов, А.З.Астрахань и др.; ин-т Автоматгормаш (СССР).- 4836544/03; Заявл. 12.06.90; Оpubл. 15.10.92; Бюл. 38.

A N N O T A T I O N

Pasynkov R.E. The scientific bases of determination of rational parameters load of a bore-column and creation the devices of stabilization the direction drilling of mine shafts and unergrounds holes. The dissertation (manuscript) for a scientific degree doctor of technical sciences on a speciality 05.15.16 - Mining Machines, Institute of geotechnical mechanics NAS of Ukraine, Dnepropetrovsk, 1996.

The main static and dynamic characteristics of a bore-column for rectilinear and curvilinear bore-hole are determined, as well as in bore-hole with infringed walls, connection between torque on a driver-otator of a bore-column and curvat ure of bore-hole is defined, as well as parameters of a load of a bore-column and probability of a bore-hole deviation is established.

The results are reflected in 43 printed works, includ ing in 1 monograph and 11 inventions.

A Н Н О Т А Ц И Я

Пасынков Р.Е. Научные основы определения рациональных параметров нагрузки буровой колонны и создание устройств стабилизации направления бурения шахтных стволов и подземных скважин.

Диссертация (рукопись) на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.15.16 - Горные машины, Институт геотехнической механики НАН Украины, Днепропетровск, 1996.

Определены основные статические и динамические характеристики буровой колонны в прямолинейной и криволинейной скважине, а также в скважине с нарушенными стенками, установлена взаимосвязь крутящего момента на приводе-вращателе буровой колонны и кривизной скважины, а также параметрами нагрузки буровой колонны и вероятностью отклонения скважины. Результаты отражены в 43 печатных работах, в том числе в 1 монографии и 11 изобретениях.

Ключові слова: бурова колона, кривізна свердловини, стійкість.



А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

Відповідальний за випуск Перепелиця В.Г.

Підписано до друку 29.1.96. Формат 60x84/16. Папір друкарський.Офсетний друк. Умовн. друк. арк. 2. Умовн. фарб.-відб. 2. Облік.вид. арк. 2. Тираж.100. Замовлення №321.340011, Україна, м. Донецьк, вул. Кірова, АО "Буран".

Ав 34.091

АВ 34.091

Одним из основных направлений работы является изучение влияния различных факторов на состояние здоровья населения. В частности, особое внимание уделяется исследованию влияния экологических факторов, таких как загрязнение окружающей среды, шумовое и электромагнитное излучение, на возникновение и развитие различных заболеваний. Также проводятся исследования в области профилактики заболеваний и повышения качества жизни населения. Результаты исследований используются для разработки рекомендаций и мероприятий по улучшению экологической обстановки и охраны здоровья населения.

Содержание работы соответствует теме диссертации.

Спасибо

АБСТРАКТ

Исследования в области влияния экологических факторов на состояние здоровья населения. В частности, особое внимание уделяется исследованию влияния экологических факторов, таких как загрязнение окружающей среды, шумовое и электромагнитное излучение, на возникновение и развитие различных заболеваний. Также проводятся исследования в области профилактики заболеваний и повышения качества жизни населения. Результаты исследований используются для разработки рекомендаций и мероприятий по улучшению экологической обстановки и охраны здоровья населения.