

С учетом приведенных значений параметров соотношение (14) принимает вид

$$D = (1/D_0 + 126 \sigma^{-1} q)^{-1}. \quad (15)$$

Полученные прогнозные модели взрывного дробления (10) и (15) в сопоставлении с результатами фактических замеров кусковатости взорванной горной массы позволяют утверждать, что относительная ошибка прогноза в том и другом случаях не превышает 10 %.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Паначев И. А., Нецветаев А. Г., Цепилов И. И. Особенности добычи и переработки углей сложноструктурных месторождений Кузбасса.— Кемерово: Кузбассвузиздат, 1997.— 213 с.
2. Садовский М. А. Естественная кусковатость горной породы//Докл. АН СССР.— 1979.— Т. 247.— № 4.— С. 829—831.
3. Садовский М. А., Кочарян Г. Г., Родионов В. Н. О механике блочного горного массива//Докл. АН СССР.— 1988.— Т. 302.— № 2.— С. 306—308.
4. Журков С. Н., Куксенко В. С., Петров В. А. Физические основы прогнозирования механического разрушения//Докл. АН СССР.— 1981.— Т. 259.— № 6.— С. 1350—1353.
5. Паначев И. А., Бирюков А. В. Об энергоемкости дробления горных пород//Изв. вузов. Горный журнал.— 1986.— № 2. С. 64—66.



УДК 622.23.051.001

## СТЕНДЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Профессор КАТАНОВ Б. А.

Для решения задач в области проектирования бурового инструмента используют приближенные математические модели. Использование результатов расчетов по ним в практической деятельности возможно лишь в том случае, если имеется достаточно точное представление о величине допускаемых в этом случае ошибок. Ошибки могут быть определены по результатам экспериментов, при проведении которых обычно используют стенды различных типов.

Далее описаны некоторые конструкции стендов для исследований бурового инструмента в лабораторных условиях.

Так, для исследования натуральных образцов режущих буровых долот на кафедре горных машин и комплексов КузГТУ было предложено, спроектировано и изготовлено несколько стендов на базе различных буровых станков и их узлов.

Один из стендов [1] представлял собой закрепленный на специальной раме буровой станок БГА-1 с независимой гидравлической подачей. Гидроцилиндры станка обеспечивали осевое усилие на буровой инструмент до 50 кН. Усилие регулировалось предохранительным клапаном, а скорость подачи — с помощью дросселя. Плавность регулирования частоты вращения бурового инструмента обеспечивалась встроенным в схему стенда цепным вариатором скорости ВЦ-5. Это позволяло изменять частоту вращения шпинделя станка в пределах от 0,83 до 3,3 с<sup>-1</sup>. Привод осуществлялся от вынесенного электродвигателя мощностью 22 кВт.

Основным недостатком стенда являлось то, что в закрепленном на нем блоке породы можно было бурить только горизонтальные или близкие к ним наклонные скважины, поэтому для испытания режущих буровых долот в условиях, близких к производственным, разработан стенд на базе бурового станка СВБ-2М.

Стенд (рис. 1) состоит из сварной рамы 1, на вертикальных стойках которой шарнирно установлена мачта 2 станка СВБ-2М. По направляющим мачты перемещается вращатель, состоящий из рамы 8, на которой смонтированы электродвигатель 3 и редуктор 4. Вращатель также заимствован от бурового станка СВБ-2М. Подъем вращателя осуществляется лебедкой 9, закрепленной на раме, при помощи канатного полиспаста 7. Усилие подачи создается весом вращателя и гидроплунжерами, закрепленными на вращателе и упирающимися в верхнюю поперечину мачты.

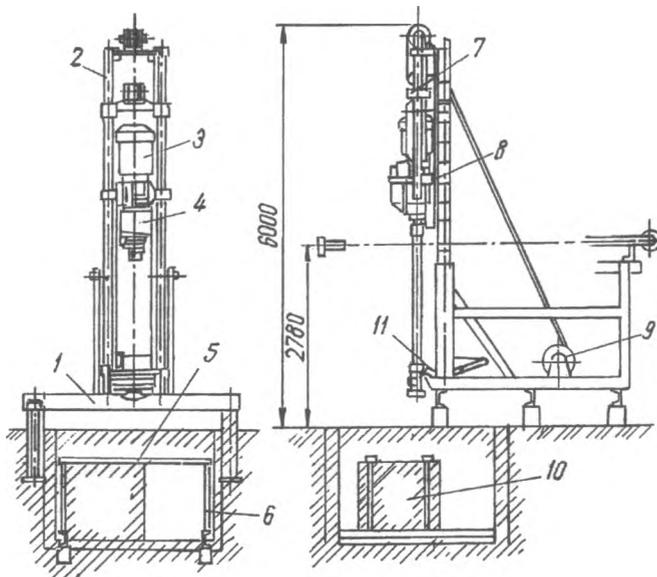


Рис. 1. Стенд КузГТУ для испытаний режущих буровых долот

Мачта может устанавливаться в рабочем положении вертикально или наклонно (под углом 75 и 60° к горизонту) и фиксироваться в этих положениях фиксаторами 11. Предусмотрена также фиксация мачты в горизонтальном положении (при неработающем стенде). Рама стенда закрепляется на фундаменте при помощи шести анкерных болтов над котлованом размером 2,4 × 2,4 м, глубиной 1,7 м с бетонными стенками. В котловане при помощи растяжек 6 и швеллеров 7 может закрепляться породный блок 10 высотой до 1200 мм, в котором и бурятся скважины испытываемым буровым инструментом.

#### Технические данные стенда

Диаметр бурения, мм . . . . .	16—200
Осевое усилие подачи, кН . . . . .	50
Частота вращения бурового инструмента, с <sup>-1</sup> . . . . .	2,0; 3,33
Ход подачи, мм . . . . .	2000

Наклон и опускание мачты в горизонтальное положение производится лебедкой, когда вращатель зафиксирован в нижнем положении. Возврат мачты в вертикальное положение происходит под действием веса вращателя при ослаблении натяжения каната.

Регистрация параметров — шлейфовым осциллографом Н-105. При бурении одновременно фиксировались осевое усилие, перемещение бурового инструмента, крутящий момент и мощность, потребляемая электродвигателем. В качестве измерительных элементов использова-

лись проволочные датчики сопротивления. Осевое усилие измерялось при помощи специального датчика мембранного типа, встроенного в гидросистему станка и преобразующего величину деформации мембраны в электрический сигнал. Величина осевого перемещения бурового инструмента измерялась реостатом, закрепленным на раме станда, ползун которого перемещается вместе с вращателем. Питание датчиков давления и перемещения осуществлялось от батарей КБС. Датчики подключались к вибраторам осциллографа через дополнительные сопротивления.

Для измерения крутящего момента применен метод электротензометрирования (с использованием тензодатчиков с базой 20 мм и сопротивлением 2000 Ом) и усилителя 8АНЧ-7М со стабилизированным блоком питания). Для питания датчиков и снятия сигнала между испытуемым долотом и шпинделем редуктора вращателя устанавливалось токосъемное устройство, конструкция которого представлена на рис. 2.

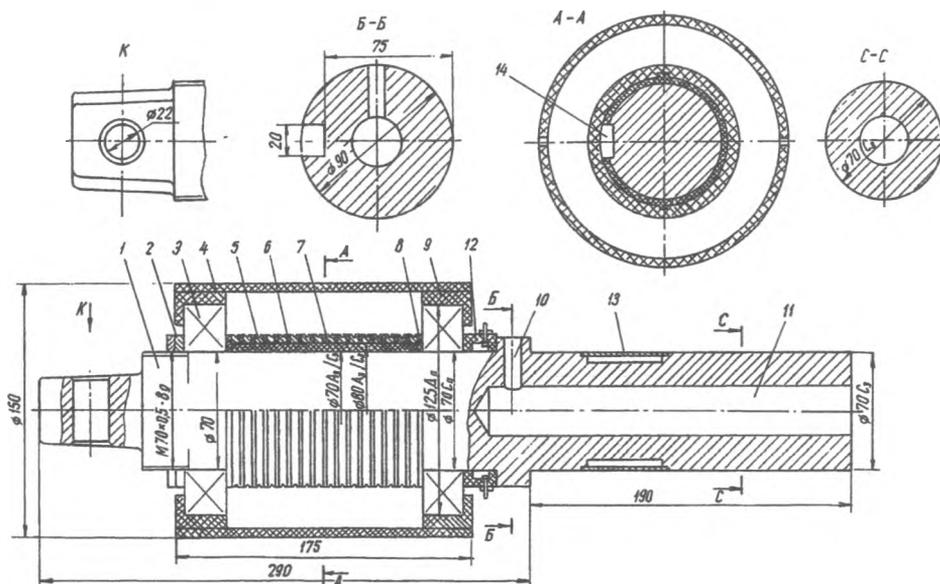


Рис. 2. Токосъемник

Токосъемник струнного типа позволяет подключить четыре датчика, собранных по мостовой схеме. Он состоит из тензометрического вала 1, снабженного хвостовиком с поперечным отверстием диаметром 22 мм для присоединения его к шпинделю редуктора вращателя и цилиндрическим хвостовиком для присоединения к буровому долоту или промежуточной буровой штанге. Токосъемное устройство состоит из латунных колец 5, изолированных от вала текстолитовой втулкой 7, а друг от друга текстолитовыми кольцами 6. От проворачивания кольца закреплены гайками 2. К кольцам 5 припаиваются выводы от датчиков крутящего момента, выполненных на основе тензорезисторов. Датчики наклеены на вал в проточке, закрытой кожухом 13. Для соединения токосъемных колец с датчиками используется кабель типа КУГВЭВ7 × 0,5, который проходит по пазу 14. На валу 1 при помощи шарикоподшипников 3 и втулок 9 закреплен неподвижный щеткодержатель 4. Для изоляции крайних латунных колец от шарикоподшипников использованы текстолитовые шайбы 8. Латунные кольца 5 находятся в подвижном контакте со струнами из латунного провода. Струны прижимаются к кольцам пружинами.

Для подачи воздуха к забою скважины при использовании пневматической или шнекопневматической очистки в вале 1 предусмотрены каналы 10 и 11. Для соединения с устройством для подачи сжатого воздуха на вал надето кольцо 12 с крепежными элементами.

Описанное токосъемное устройство просто по конструкции и удобно в обслуживании. Однако при его работе, особенно при большой частоте вращения не обеспечивается вполне надежный контакт между струнами и кольцами, что объясняет возникновение в ряде случаев колебаний луча вибратора при вращении тензометрического вала без нагрузки. Для исключения влияния токосъемника на показания осциллографа при испытаниях породоразрушающего бурового инструмента целесообразно иметь стенд с невращающимся шпинделем.

К таким стендам можно отнести, например, стенд, созданный в Сев-КавНИПИнефть [2] на базе бурового агрегата ЗИФ-1200А для испытания шарошечных долот (рис. 3). Шпиндель, к которому присоединены

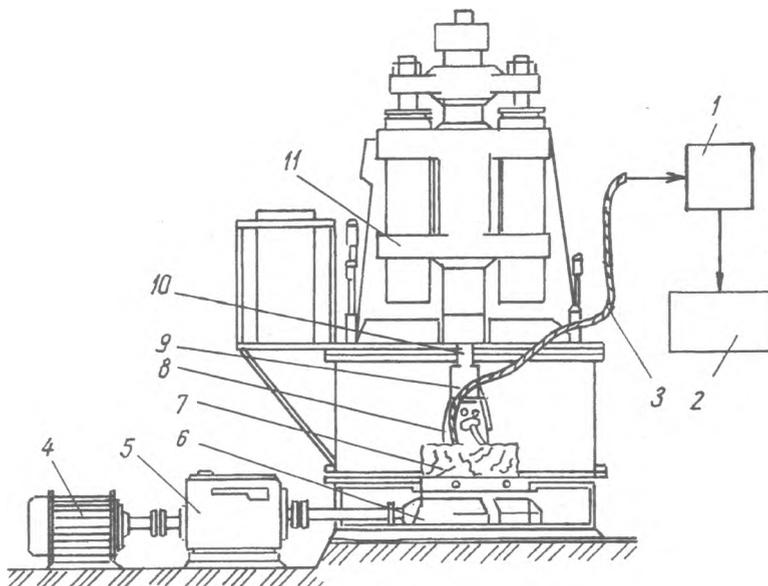


Рис. 3. Стенд для испытания шарошечных долот

штанга 10 с патроном 9 и долотом 8, не вращается. Осевое усилие передается на долото 8 от гидроцилиндров через траверс 11, штангу 10 и патрон 9. Ротор 6 с закрепленным на нем блоком породы 7 получает вращение от электродвигателя 4 через коробку передач 5. Сигналы от тензодатчиков поступают по кабелю 3 на вход усилителя 1 и далее к осциллографу 2.

При бурении скважин все большее распространение получает шнекопневматическая их очистка от продуктов разрушения.

Практические данные, полученные на угольных разрезах и рудных карьерах, свидетельствуют, что перевод действующих буровых станков на рациональные режимы очистки скважин в сочетании с правильным выбором бурового инструмента позволяет существенно повысить скорость бурения при одновременном снижении его стоимости.

При бурении взрывных скважин с шнекопневматической и пневматической их очисткой от буровой мелочи первостепенное значение имеют аэродинамические процессы в призабойной зоне и межвитковом пространстве скважины. Для изучения этих процессов кафедрой горных машин и комплексов КузГТУ был разработан специальный стенд.

Стенд (рис. 4) представляет собой трубу 1, изготовленную из прозрачного материала с внутренним диаметром, равным диаметру скважины. В трубе размещен шнек 2 с присоединенным к нему буровым долотом 3. В шнеке и долоте предусмотрены каналы для подвода сжатого воздуха, поступающего от компрессора, к нижней крышке, имеющей форму забоя скважины.

В крышке предусмотрен паз, в котором может перемещаться планка 6. В планке при помощи шарового шарнира 5 установлен зонд 4. Зонд представляет собой трубку с тремя поперечными отверстиями. Отверстия расположены на конце, входящем вовнутрь трубы. При этом два боковых отверстия симметричны относительно центрального. Отверстия зонда при помощи тонких эластичных трубок соединяются с микроманометрами. Стенд позволил провести исследования явлений, наблюдающихся в призабойной зоне, при бурении с шнекопневматической очисткой. При этом буровая мелочь имитировалась капроновой крошкой, которая засыпалась в трубу. При подаче сжатого воздуха производились замеры и визуально наблюдалось перемещение буровой мелочи. Эксперимент проводился с долотами различных типов.

В результате определена картина распределения воздушных потоков в призабойной зоне скважины для буровых долот с радиальным и осевым подводом сжатого воздуха. У долота с радиальным подводом воздуха воздушные потоки были направлены вдоль забоя и лопасти долота, т. е. движение воздушных потоков совпало с движением буровой мелочи. Скорость воздушного потока в этом случае достигала 80—120 м/с. У буровых долот с подачей сжатого воздуха вдоль оси скважины при встрече с забоем потоки растекаются по всей призабойной зоне. При этом у забоя скважины они изменяют свое направление на 90—110°, а при выходе на шнек общий угол поворота составляет 180°. Как показывают замеры, проведенные на стенде, скорость воздушных потоков в призабойной зоне в этом случае в 2,5—3,0 раза меньше, чем у долот с радиальным подводом сжатого воздуха. Вследствие этого сила воздействия потока воздуха на буровую мелочь снижается в 6—9 раз. Уменьшение силы воздействия воздушного потока приводит к образованию на забое тел волочения, состоящих из крупных частиц буровой мелочи, и лишь более мелкие частицы выносятся воздушным потоком на первый виток шнека. Скопление крупных частиц в призабойной зоне приводит к заполнению ее буровой мелочью и забиванию выходных отверстий каналов для подвода сжатого воздуха.

Дальнейшая модернизация и совершенствование долот для карьерных буровых станков невозможны без обоснования выбора параметров их породоразрушающих элементов. На выбор же их влияет множество факторов, одним из которых является процесс обтекания элементов долота сжатым воздухом в призабойной зоне скважины. Изучение этого сложного процесса делает необходимым его исследование в лабораторных

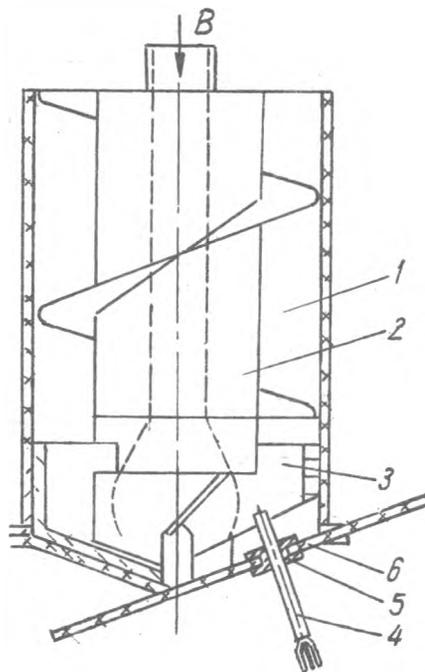


Рис. 4. Стенд для изучения воздушных потоков в призабойной зоне скважины (B — воздух от компрессора)

условиях, для чего на кафедре горных машин и комплексов КузГТУ разработан специальный стенд. Он (рис. 5) состоит из прозрачной камеры 1, внутри которой на консольном кронштейне помещается исследуемый элемент 2. Камера стыкуется при помощи стального кольца с диффузором 3, выполненным из листовой стали. Скорость воздушного потока измеряется чашечным анемометром, который вводится в камеру через окно 4, закрытое откидывающейся крышкой. По длине образующей исследуемого породоразрушающего элемента (например, шарошки) закреплена рамка 5, на которой размещены вертикальные струны. На струны через 2 мм наклеены нити длиной до 20 мм. Для улучшения визуальных наблюдений за отклонением нитей при обтекании воздухом конусных шарошек бурового долота длина их выбирается опытным путем. Процесс обтекания контролируется по отклонениям нитей через монокулярное устройство 6 с измерительной сеткой, установленное на специальном штативе. Внутри камеры под шарошкой размещается экран 7 с подсветкой 8, что обеспечивает четкость изображения.

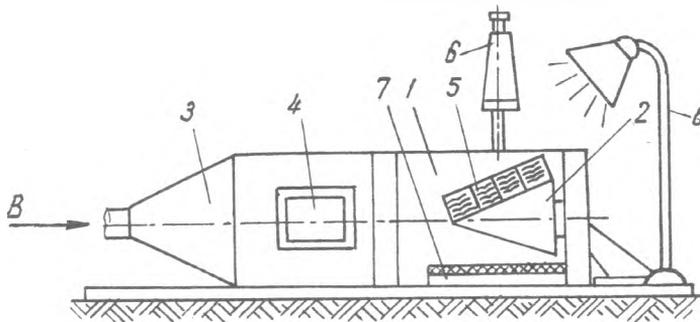


Рис. 5. Стенд для исследования процесса обтекания воздухом породоразрушающих элементов

В процессе исследований фиксируются отклонения нитей в горизонтальном и вертикальном направлениях в зависимости от количества подаваемого воздуха. По результатам замеров определяется толщина пограничного слоя. При исследованиях на стенде испытывалась конусная шарошка. Экспериментальные данные показывают, что с увеличением длины участка обтекания толщина пограничного слоя увеличивается, а с возрастанием скорости обтекания она уменьшается.

При исследовании обтекания воздушным потоком пластины, имитирующей режущий орган, установлено, что при обтекании пластины отклонений нитей-индикаторов на нижних горизонтальных уровнях практически нет. Это свидетельствует об очень малой толщине пограничного слоя.

Таким образом, стенд позволяет исследовать и фиксировать процесс обтекания воздухом в призабойной зоне скважины породоразрушающих элементов различной конфигурации, которыми оснащаются долота. Использование стенда позволяет решить ряд конкретных задач, возникающих при разработке новых долот.

Для выявления закономерностей механизма разрушения горных пород на забое скважины при бурении и закономерностей очистки скважины от буровой мелочи первостепенное значение имеет гранулометрический состав последней. Однако применяемая обычно методика ее отбора непосредственно у буровых станков не позволяет с достаточной точностью учесть вторичное измельчение частиц на забое, а также то, какую часть от выбуренного объема породы составляют отобранные частицы, поскольку значительная часть их (особенно мелких и мельчайших фракций) теряется.

Наиболее полно гранулометрический состав буровой мелочи может быть учтен при проведении исследований на стенде с так называемым «обращенным забоем» [3], когда неподвижное долото располагается под вращающимся породным блоком. В этом случае полнота улавливания частиц, удаляющихся с забоя под действием собственного веса, составляет 95—100 %.

При проведении эксперимента с использованием описанных стендов удалось выявить ряд новых закономерностей и параметров процесса бурения, скорректировать результаты проводившихся ранее исследований, а также использовать их для проведения лабораторных работ студентами КузГТУ.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Катанов Б. А., Сафохин М. С. Режущий буровой инструмент (расчет и проектирование).— М.: Машиностроение, 1976.— 168 с.
2. Долговечность шарошечных долот/Жидовцев Н. А., Кершенбаум В. Я., Гинзбург Э. С. и др.— М.: Недра, 1992.— 266 с.
3. Лопатин Ю. С., Осипов Г. М., Перегудов А. А. Бурение взрывных скважин на карьерах.— М.: Недра, 1979.— 198 с.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

# ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

5

2000



## СОДЕРЖАНИЕ

Курехин В. В. Кузбасскому государственному техническому университету 50 лет 1

### ● ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Шаламанов В. А., Штумпф Г. Г. Исследование прочностных свойств горных пород при многократном замораживании и оттаивании . . . . .	9
Простов С. М., Гуцал М. В., Шаймуратов В. Х. Определение геометрических параметров обводненных неустойчивых зон методами электроразведки . . . . .	12
Шевченко Л. А. Расчет производительности скважин по фильтрационным характеристикам угольного пласта . . . . .	15
Кнуренко Л. М. Современная геодинамика угольных месторождений Кузнецкого бассейна и их выбросоопасность . . . . .	20
Дырдин В. В., Гуменный С. А., Янина Т. И. Делитель светового сигнала для системы непрерывного контроля напряженного состояния массива горных пород . . . . .	23
Бирюков А. В., Ташкинов А. С. Вероятностные аспекты изучения геоматериалов . . . . .	27

### ■ РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Егошин В. В., Егоров П. В., Рыжков Ю. А., Набоков А. И. Новое направление разработки наклонных и крутых пластов . . . . .	31
Егоров П. В., Бобер Е. А. Основные итоги учебно-научной деятельности кафедры РМПИ за 50 лет . . . . .	35
Проноза В. Г., Назаров И. В. Формирование технологических схем перевалки взорванных пород с помощью оптимизационного алгоритма . . . . .	38
Шиканов А. И., Зюзин Е. А. Определение параметров обрушения пород основной кровли . . . . .	49
Игнатов Е. В. Исследование процесса формирования зон разрушения и смещения пород кровли и краевой части пласта . . . . .	52
Антонов Ю. А., Буялич Г. Д., Александров Б. А. Влияние параметров противотжимных устройств на распределение сопротивления механизированной крепи . . . . .	56

### ■ СТРОИТЕЛЬСТВО ШАХТ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Скрылев П. А. Направленное перемещение крепей в условиях разработки крутых пластов угля столбами по падению . . . . .	64
Першин В. В., Наседкин А. В. Расчет производительности погрузочных машин при проходке многопутевых горных выработок околоствольных дворов . . . . .	66

### ■ ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Шундулиди А. И., Удачина М. В. Основы применения программно-целевого метода при разработке и сопровождении региональных программ развития Кузбасса . . . . .	71
Вылегжанин В. Н., Григорьев А. В., Ивлев И. А. Интенсивность и концентрация горных работ — факторы, обеспечивающие конкурентоспособность угледобычи . . . . .	73

### ■ УРОВЗРЫВНОЕ ДЕЛО

Паначев И. А., Бирюков А. В. Управление качеством взрывной подготовки пород . . . . .	78
Катанов Б. А. Стенды для исследования бурового инструмента . . . . .	83

## РУДИЧНЫЙ ТРАНСПОРТ

Нестеров В. И., Вернер В. Н., Соколова Е. К., Соколов Д. Ю. Движение частиц материала в незамкнутом кожухе шнекового транспортера . . . . .	90
Захаров А. Ю. Обоснование параметров магнитов в устройствах поддержания ленты конвейера в месте загрузки . . . . .	95

## МЕХАНИЗАЦИЯ ГОРНЫХ РАБОТ. ГОРНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ

Маметьев Л. Е., Ананьев А. Н., Любимов О. В. Оценка сопротивления вращения в опорно-центрирующих узлах бурошнековых машин . . . . .	99
Рындин В. П. Интегральный способ определения параметров ударных импульсов в штанге бурильной машины . . . . .	102
Кобылянский М. Т., Иванов В. В. Исследование динамической составляющей силы сопротивления при извлечении бурового инструмента из скважины магнитным ловителем . . . . .	105
Воронов Ю. Е. Методология оптимального проектирования карьерного бурового оборудования . . . . .	108
Якунин М. К., Якунин Р. М. О причинах снижения удельной подачи при увеличении частоты вращения бурового инструмента . . . . .	114
Паначев И. А., Бирюков А. В., Насонов М. Ю., Беленко М. В. Трещинообразование в металлоконструкциях шагающих экскаваторов . . . . .	117

## ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

Ешин Е. К. Управление многодвигательными электроприводами горных машин . . . . .	122
Захарова А. Г., Разгильдеев Г. И. Характер нагрузок и потери в электрических сетях разрезов . . . . .	128
Каширских В. Г., Медведев А. Е. Совершенствование автоматического контроля и защиты электроприводов карьерных экскаваторов . . . . .	132
Полетаев В. А. Обеспечение точности выходных энергетических показателей взрывозащищенных асинхронных двигателей . . . . .	136
К сведению авторов . . . . .	139



## УЧРЕДИТЕЛИ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УРАЛЬСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

## ИЗДАТЕЛЬ

УРАЛЬСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А. Е. Троп (главный редактор),  
А. В. Бирюков, В. А. Гордеев, И. В. Дементьев, Б. А. Картозия,  
Ю. А. Кашников, С. С. Квон, В. З. Козин, В. Н. Корнилков,  
А. И. Косолапов, Э. С. Лапин, В. С. Литвиненко, Д. Е. Махио,  
В. Н. Попов, Л. А. Пучков, В. И. Самусь, К. Ф. Сапицкий,  
Л. А. Сорокин (зам. главного редактора),  
В. Е. Стровский, В. С. Хохряков, В. В. Хронин, В. Л. Шкуратник

---

Ответственный секретарь редакции . . . . .	Р. К. Бродягина
Редактор . . . . .	С. М. Кошелева
Корректор . . . . .	В. В. Носова
Технический редактор . . . . .	Н. Д. Чубарова

---

Сдано в набор 01.06.2000. Подп. в печать 07.08.2000.  
Формат 70 × 108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. газетная. Печать офсетная.  
12,6 усл. печ. л. 13,3 уч.-изд. л.  
Тираж 600. Заказ № 222.

Свидетельство о регистрации № 1077 от 07.12.90.

Редакция «Изв. вузов. Горный журнал»,  
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, тел. 22-65-59,  
код Екатеринбурга 343-2

ГИПП «Уральский рабочий»,  
620219, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, 13.