

Литература.

1. Сафохин М.С. Исследование и создание эффективных средств бурения скважин большого диаметра при отработке пластов крутого падения в условиях Кузбасса: Дис...докт. техн. наук.-- М., 1973. 109с.
2. А.с. 810921 СССР, МКИ³ Е 21 В 1/00, Е 21 В 10/26. Рабочий орган шнекобуровой машины /М.С.Сафохин, Л.Е.Маметьев и др.; Кузбас.политехн.ин-т, - Оpubл. 07.03.81. Бюл. № 9.
3. А.с. 517696 СССР, МКИ² Е 21 С 13/00. Буровой став для машины горизонтального бурения /М.С.Сафохин, Л.Е.Маметьев, И.Н.Пуршев; Кузбас. политехн. ин-т,- Оpubл. 15.06.76. Бюл. № 22.

ДК 622.24.051.559

КАТАНОВ Б.А. (Кузбасский государственный технический университет)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ
КОМБИНИРОВАННЫХ ДОЛОТ

В статье приведена методика расчета режущих лопастей комбинированных режуще-шарошечных долот и результаты их стендовых лабораторных исследований.

В связи с тем, что возможности и область применения шарошечных долот ограничены и они не обеспечивают в ряде случаев эффективного бурения (например, по перемежающимся по крепости и обводненным породам), представляет интерес разработка и организация серийного изготовления комбинированных режуще-шарошечных долот (РЩД). Большая работа по разработке конструкций и обоснованию параметров режуще-шарошечных долот проведена на кафедре горных машин и комплексов Кузбасского и Иркутского государственных технических университетов. Опытные образцы и партии таких долот изготавливались в межмастерских горных предприятий и на Верхне-Сергиевском долотном заводе. При испытаниях и опытной эксплуатации долот накоплен некоторый опыт их применения в различных горно-геологических условиях. Существующие РЩД разделены НИИОГРом на пять групп.

К группе I отнесены долота, режущие и шарошечные элементы в которых работают одновременно, но по обособленным (самостоятельным)

забоям. При этом режущие элементы смещены относительно шарошечных в осевом направлении и по диаметру и образуют опережающий периферийный забой. Режущие и шарошечные элементы соединены жестко и функционируют независимо от крепости буримой породы.

Долота группы II отличаются от долот группы I тем, что режущие элементы расположены в центральной части и выполняют функции забурника, образуя ступенчатый забой.

У долот группы III режущие и шарошечные элементы соединены жестко и работают одновременно по одному общему забою, т.е. последовательно друг за другом. При этом режущие элементы несколько приподняты относительно шарошечных.

Долота группы IV аналогичны долотам группы III, но режущий элемент выполнен подвижным в осевом направлении и прижимается к забою пружиной. На слабых породах долото работает как режущее, а на крепких, когда под действием осевого усилия пружина сжимается, оно начинает работать как долото III группы.

У долот группы V режущие и шарошечные элементы в породах различной крепости работают раздельно: слабые породы разрушают только режущие, а крепкие - только шарошечные элементы. Ход режущих элементов и их смещение обеспечиваются специальным исполнительным механизмом, работающим автоматически в зависимости от крепости буримой в данный момент породы.

Режуще-шарошечные долота I группы не получили распространения ввиду ряда принципиальных недостатков, основным из которых является интенсивный износ режущих элементов, расположенных на периферии забоя скважины.

Долота III и V групп также были изготовлены лишь в виде опытных образцов и пока не получили распространения. Наиболее существенный интерес представляет расчет режущей части комбинированных долот групп II и IV и, прежде всего, определение степени влияния режущей части долота на скорость бурения. При ступенчатой форме забоя с опережением центральной части забой, разрушаемый шарошкой, будет кольцевым.

Рассмотрим распределение осевого усилия между шарошками и режущей частью долота.

При разрушении всего забоя скважины шарошкой, полагая распределение реакции забоя равномерным вдоль образующей шарошки, удельное давление на забой составит

$$q = \frac{Q}{R} \text{ кН/см,} \quad (I)$$

где Q - осевое усилие на долото, кН; $2R$ - диаметр скважины, см.

При разрушении центральной части забоя режущим инструментом произойдет перераспределение осевого усилия. Исследования показали, что при разрушении пород резовым инструментом усилие внедрения меньше в 15-20 раз, чем при разрушении шарошкой.

Полагая, что резовый инструмент требует в K раз меньшее усилие подачи, чем шарошечный, определим часть этого усилия Q_p , приходящуюся на режущую лопасть комбинированного долота

$$Q_p = \frac{Q}{R \cdot K} \cdot \frac{\Gamma}{R}, \quad (2)$$

где 2Γ - диаметр опережающей скважины, разрушаемой режущей частью долота.

На шарошечную часть долота будет приходиться остальное усилие подачи

$$Q_w = Q - Q_p = Q \left(\frac{KR^2 - \Gamma}{KR^2} \right). \quad (3)$$

Увеличение усилия подачи, приходящегося на шарошечную часть долота, можно учесть коэффициентом

$$\Psi = \frac{Q_w}{Q} = \frac{KR^2 - \Gamma}{KR^2}. \quad (4)$$

Для математического описания зависимости скорости бурения от усилия подачи обычно используют степенную функцию вида

$$V = L \cdot Q^m, \quad (5)$$

где L и m - коэффициент пропорциональности и показатель степени, зависящие от физико-механических свойств породы.

При увеличении усилия подачи на шарошечную часть долота в Ψ раз можно ожидать увеличения скорости бурения до величины

$$V = L (\Psi Q)^m. \quad (6)$$

За счет ступенчатой формы забоя скорость бурения режуще-шарошечным долотом возрастает в еще большей мере.

Увеличение скорости бурения режуще-шарошечным долотом по сравнению с шарошечным определится выражением:

$$\rho_{ршг} = \frac{V_{ршг}}{V_{шг}} = \frac{L \rho_{зр} (\Psi Q)^m}{L Q^m} = \rho_{зр} \Psi^m, \quad (7)$$

или

$$\rho_{ршг} = \frac{(KR^2 - \Gamma)^m}{(KR^2)^m \left[1 - \frac{L}{R - z} \ln \left(1 - \frac{R - z}{B} \right)^{2/3} \right]} \quad (8)$$

Таким образом, применение режущо-шарошечного долота может увеличить скорость бурения по сравнению с шарошечным долотом в $\rho_{ршд}$ раз.

Существенное значение имеют также форма и геометрия режущей лопасти комбинированного долота и в том числе рациональные значения величины ее рабочего хода и заднего угла лезвия.

Величина вылета H режущей кромки над зубьями шарошек может быть принята на основании опыта работы режущего инструмента на шарошечных станках [1]. Максимальная величина подачи режущего инструмента на забой за один оборот составит

$$h_0 = \frac{V_{max}}{n}$$

где V_{max} - наибольшая скорость бурения; n - частота вращения бурового става.

При коэффициенте дублирования K_d максимальная глубина стружки

$$h_{max} = \frac{V_{max}}{K_d n}$$

Поскольку $h_{max} = 2H$, то

$$H = \frac{V_{max}}{2 K_d n} \tag{9}$$

При бурении в породах ниже средней крепости режущим инструментом станками 2СВШ-200Н частота вращения лежит в диапазоне 60 - 140 мин⁻¹, а максимальная скорость подачи инструмента ограничивается возможностями станка и не превышает 1,5 м/мин. Поэтому H может быть принята примерно 7 мм.

Рабочий ход режущего органа относительно корпуса долота

$$H_p = H + h_w \tag{10}$$

где h_w - высота наиболее мелких зубьев шарошек.

Задний угол лезвия должен быть выбран с таким расчетом, чтобы при бурении не происходило контакта задней грани с породой.

Расчетный задний угол измеряется в сечении, перпендикулярном линии режущей кромки (рис. , сечение В-В). Однако, фактический задний угол искажается вследствие неперпендикулярности режущей кромки оси вращения и смещения передней грани относительно продольной оси лопасти. Наклон режущей кромки под углом ψ также вызывает искажение заднего угла (сечение Г-Г). В соответствии с этим имеем $tg \delta = mc/B$ и $tg \delta' = nc/B$. Поскольку $nc = \frac{mc}{\cos \psi}$

, то

$$tg \delta' = \frac{tg \delta}{\cos \psi} \tag{11}$$

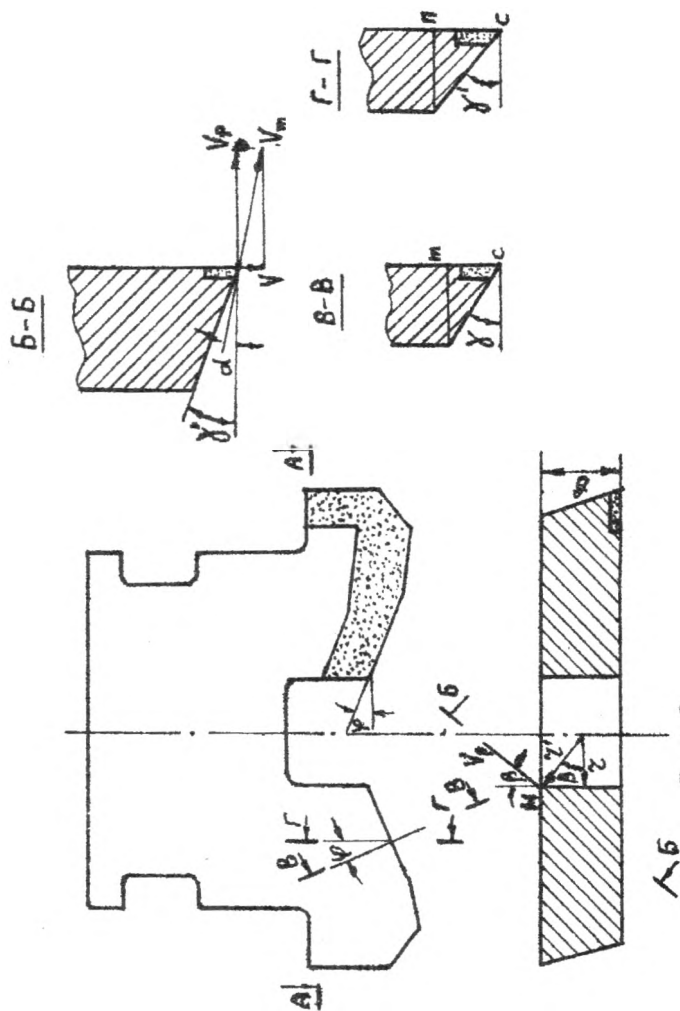


Рис. Расчетная схема для определения параметров резцов

Смещение передней грани лезвия относительно поперечной оси долота (сечение А-А) приводит к отклонению вектора скорости резания V_p от нормали к передней грани на угол β , который имеет наибольшее значение в т.М. Это также приводит к искажению фактического заднего угла.

Из сечения АА имеем

$$\cos \beta = \frac{2r}{\sqrt{4r^2 + b^2}} \quad \text{и} \quad MN = \frac{b}{\cos \beta} = \frac{b \sqrt{4r^2 + b^2}}{2r}$$

Фактический задний угол в сечении Б-Б

$$\operatorname{tg} \gamma'' = \frac{2r}{\sqrt{4r^2 + b^2}}$$

Подставив значение $\operatorname{tg} \gamma'$ из (II) и приняв $2r = d$ окончательно получим

$$\operatorname{tg} \gamma'' = \frac{d \cdot \operatorname{tg} \gamma'}{\cos \varphi \sqrt{d^2 + b^2}} \quad (I2)$$

Кинематический задний угол $\lambda = v/v_p$, где v - скорость подачи; v_p - скорость резания.

Наибольшее его значение будет иметь место в т.М. при $v =$

v_{max}

$$\operatorname{tg} \lambda_{max} = \frac{v_{max}}{\pi d n_b} \quad (I3)$$

где n_b - частота вращения бурового става.

Нормальные условия работы режущего органа имеют место при $\operatorname{tg} \gamma'' > \operatorname{tg} \lambda_{max}$. Подставляя значение $\operatorname{tg} \gamma''$ из (I2) и $\operatorname{tg} \lambda_{max}$ из (I3), получим выражение для определения расчетного заднего угла

$$\operatorname{tg} \gamma > \frac{v_{max} \cos \varphi \sqrt{d^2 + b^2}}{\pi a^2 n} \quad (I4)$$

Смещение передней грани относительно оси долота может быть не связано с толщиной лопасти b . Обозначая величину этого смещения через a , получим:

$$\operatorname{tg} \gamma > \frac{v_{max} \cos \varphi \sqrt{d^2 + 4a^2}}{\pi d^2 n} \quad (I5)$$

На эффективность работы комбинированного инструмента важное влияние оказывает и принятый способ разрушения центральной части забоя скважины.

При бурении относительно слабых и трещиноватых пород возможно образование целичка (керна). С увеличением высоты он будет разрушаться ввиду неоднородности, трещиноватости и слоистости породы, а также вследствие воздействия на него режущей лопасти и шарошек. Практикой эксплуатации режущих долот доказано, что, например, при бурении песчаников ширина рассечки может достигать 80 мм.

Анализ взаимодействия породоразрушающих органов комбинированного долота с забоем показывает, что эффективность работы его режущего органа определяется не только величиной вылета H , но и усилием предварительного сжатия пружины N_c .

Глубина стружки, снимаемой режущим органом в момент прихода шарошек в соприкосновение с забоем

$$h = 2 \left(H - \frac{P_{pr} - N_c}{C} \right), \quad (16)$$

где P_{pr} - предельная величина усилия на долоте при работе одного режущего органа; C - жесткость пружины.

Процесс взаимодействия комбинированного долота IV группы с забоем описывается следующим образом (по мере увеличения осевого усилия):

режим 1 - в контакте с забоем находится режущий орган, но усилие на нем недостаточно для внедрения в породу;

режим 2 - забой обрабатывается одним режущим органом. Глубина стружки примерно пропорциональна усилию подачи;

режим 3 - в контакт с забоем вступают шарошки, но усилие на шарошечном органе недостаточно для внедрения зубьев шарошек в породу;

режим 4 - забой обрабатывается комбинированным воздействием на него режущего и шарошечного органов.

Момент вступления шарошек в контакт с породой забоя определяется величиной жесткости пружины.

С увеличением удельного давления на забой q наблюдается рост скорости бурения с уменьшением энергоемкости процесса. С увеличением усилия подачи сверх q_{opt} интенсивность роста скорости становится ниже интенсивности прироста мощности, потребляемой на разрушение забоя, что вызывает рост энергоемкости процесса. Зависимость $V = f(q)$ для породы определенной крепости имеет свой минимум энергоемкости.

В комбинированном долоте область работы одного режущего породоразрушающего органа рационально ограничить пределом, при котором энергоемкость разрушения является минимальной.

Величину рациональной жесткости пружины определяем как:

$$C = \frac{2(P'_{pr} - P''_{pr})}{h' - h''}. \quad (17)$$

Исходя из минимальной энергоемкости процесса можно определить максимальное удельное усилие на режущей лопасти при утапливании ее

до вершин зубьев шарошек. При этом $q_{\max} \approx 2,2 \text{ кН / см}^2$ при вылете $H = 7 \text{ мм}$. Это соответствует предварительному сжатию пружины $N_0 = 12 \text{ кН}$ для РЩД диаметром 190-200 мм.

Лабораторные исследования режуще-шарошечных долот проводились на кафедре горных машин и комплексов КузГТУ на специальном стенде. В основу конструкции стенда был положен буровой станок БГА-2, который закрепляется на общей раме с породным блоком [2].

Бурение велось по блокам породы размером $2000 \times 1500 \times 1500 \text{ мм}$ с коэффициентом крепости $f = 3-5$. Блоки устанавливались на платформе рамы стенда и закреплялись неподвижно.

Осевое усилие создавалось двумя гидродомкратами и регулировалось предохранительным клапаном в пределах 0-60 кН.

В качестве основного критерия для сравнения долот была принята скорость бурения. Вспомогательными критериями были величина крутящего момента, динамичность работы инструмента и крупность продуктов разрушения.

Анализ результатов исследований показывает, что скорость бурения при возрастании осевого усилия также возрастает. Причем, область эффективной работы РЩД сдвигается в сторону снижения частоты вращения и увеличения осевого усилия. Максимальная скорость бурения для долота К-РЩД-214 была достигнута при $n = 42 \text{ мин}^{-1}$ и осевом усилии около 35 кН. С увеличением осевого усилия возрастает крутящий момент на инструменте.

Для установления характера воздействия режущего и шарошечного породоразрушающих органов РЩД на породу забоя производилось стендовое исследование его работы [3]. При испытаниях усилие подачи изменялось в диапазоне от 0 до 60 кН, усилие предварительного сжатия пружины (N_0) составило 7; 10 и 13 кН, частота вращения инструмента 100 мин^{-1} .

При бурении фиксировались - общее усилие подачи (P), усилие на режущей кромке, скорость бурения и мощность, затрачиваемая на разрушение забоя. Установлено, что при бурении по песчанику на гипсовом цементе с $f = 4$ и усилие предварительного сжатия пружины 7; 10; 13 кН $P_{пр}$ составляло, соответственно, 14,5; 17,5 и 20,5 кН. Значение $P_{пр}$ увеличивается с ростом крепости породы. При бурении по песчанику с $f = 5,5$ усилие $P_{пр}$ составляло, соответственно, 16,5; 19,0 и 21,0 кН, а при $f = 13-17$; 20 и 23 кН.

После вступления шарошек в контакт с забоем с ростом усилия подачи изменения скорости бурения не наблюдалось. Это объясняется

тем, что усилие на шарошках недостаточно для внедрения их зубьев в породу. При достаточном усилии на шарошках начинается комбинированная обработка забоя. Эффективность комбинированного воздействия возрастает с увеличением предварительного сжатия пружины. Однако, с ростом крепости породы этот эффект снижается.

Анализ результатов исследований показывает, что при комбинированном воздействии на забой в породах небольшой крепости с ростом усилия подачи происходит снижение нагрузки на режущую лопасть. Поскольку усилие подачи передается через пружину, то уменьшается сила сжатия пружины, а следовательно, увеличивается вылет режущей части и глубина снимаемой ею стружки.

Таким образом, при комбинированном воздействии на забой облегчаются условия работы режущей лопасти и обеспечивается увеличение глубины снимаемой ею стружки при уменьшении усилия подачи. Это свидетельствует о том, что при комбинированном воздействии на забой каждый из породоразрушающих органов создает благоприятные условия для работы другого органа.

При бурении по крепкому песчанику ($k = 13$) с увеличением усилия подачи отмечен некоторый рост нагрузки на режущей лопасти, что свидетельствует о дополнительном ее утапливании и относительном уменьшении глубины снимаемой стружки. Объясняется это тем, что на крепких породах шарошки оставляют неразрушенные челички, которые вызывают увеличение сопротивления на режущей кромке. При сохранении или даже увеличении фактической глубины стружки, снимаемой лезвием режущей лопасти, имеет место уменьшение глубины стружки относительно вершин зубьев шарошек.

Удельные затраты электроэнергии на бурение 1 м скважины характеризуют преимущества процесса разрушения забоя комбинированным инструментом, а с увеличением усилия подачи удельная энергоемкость процесса падает.

Литература.

1. Перетолчин В.А., Страбыкин Н.Н. Применение на разрезах режуще-шарошечного бурового инструмента. - М.: ЦНИИуголь, 1971. - 35с.
2. Катанов Б.Г., Сафохин М.С. Инструмент для бурения взрывных скважин на карьерах. - М.: Недра, 1989. - 173 с.
3. Техника, технология и опыт бурения скважин на карьерах / Под ред. В.А.Перетолчина - М.: Недра, 1993. - 286 с.

Ассоциация „Кузбассуглетехнология“

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ № 9

КЕМЕРОВО 1995

Совершенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых: Сб. науч. тр. № 9/ Редкол.: Егоров П.В. (отв. ред.) и др.: Ассоциация "Кузбассуглетехнология" - Кемерово, 1995. - 159 с.

Сборник включает статьи, являющиеся обобщением результатов научных исследований в области технологии горного производства, а также научные рекомендации и разработки, выполненные учеными вузов, научно-исследовательских и производственных коллективов.

Сборник предназначен для инженерно-технических работников угольной и горнорудной промышленности, научно-исследовательских и проектных организаций, а также будет полезен преподавателям и студентам вузов.

Библиогр. 79 назв. Ил. 50. Табл. 15.

Редакционная коллегия: д-р техн. наук, проф. П.В.Егоров, отв. редактор (г. Кемерово); канд. техн. наук В.Е.Брагин (г. Кемерово); д-р техн. наук, проф. В.Н.Вылегжанин (г. Кемерово); д-р техн. наук, проф. В.Ф.Горбунов (г. Кемерово); д-р техн. наук, проф. Л.М.Ерофеев (г. Кемерово); д-р техн. наук, проф. В.Г.Игишев (г. Кемерово); д-р техн. наук С.И.Калинин (г. Прокопьевск); Б.П.Панжинский (г. Кемерово); канд. техн. наук В.М.Удовиченко (г. Кемерово); канд. техн. наук, доц. Ю.А.Шевелев, отв. секретарь (г. Кемерово).

Печатается по решению НТС ассоциации "Кузбассуглетехнология"

СОДЕРЖАНИЕ

Брагин В.Е., Шахматов В.Я., Герман П.П. Проблемы реструктуризации угольной промышленности Кузбасса	3
Мазикин В.П., Ремезов А.В., Горностаев С.И. Направление оптимизации горного хозяйства шахт АООТ "Ленинскуголь" на 1994-1996 годы	14
Карасев А.В., Гоголин В.А., Карасев В.А. Особенности геомеханического и газодинамического состояния пласта со сложной структурой	18
Сурков А.В. Исследование пучения почвы подготовительных выработок по глинистым породам в условиях шахт Кузбасса и меры его предотвращения	23
Клыков А.Е., Курзанцев О.С., Ануфриев В.П., Колмогоров В.М., Фадеев П.И. Определение условия работоспособности крепи оградительно-поддерживающего типа при блочном разрушении пород кровли	31
Буялич Г.Д. Оценка характера взаимодействия крепи с труднообрушаемой кровлей	35
Курзанцев О.С., Ануфриев В.П., Колмогоров В.М., Фадеев П.И. О поперечной устойчивости механизированных крепей оградительно-поддерживающего типа	38
Егошин В.В., Кухаренко Е.В. Совершенствование трапециевидных крепей	44
Власенко Б.В., Козлов В.И., Рисовер В.Н. Геомеханическая мониторинговая система для угольных шахт-средство обеспечения контроля состояния окружающей среды и безопасности горных работ	54
Дырдин В.В., Янина Т.И., Коньшева Н.И., Захарова Л.В. К вопросу разработки системы контроля опасных проявлений горного давления на оптических элементах	62
Алексеев Д.В., Шевелев Ю.А. Оценка устойчивости трещиноватого массива в неоднородных температурных и термоупругих полях	68
Денисов А.С. Оценка динамического состояния массива пород по фотонной эмиссии	72
Удовицкий В.И. Прогнозирование гранулометрического состава каменных углей Кузнецкого бассейна	75
Бахаева С.П., Бакушкин Р.П. Анализ маркшейдерских наблюдений за устойчивостью бортов разреза им. 50-летия Октября	78
Марченко П.А. Об углах сдвижения в диагональных направлениях	84
Гордиенко Б.В., Брагин В.Е. Влияние полноты загрузки ав-	

Гордиенко Б.В., Брагин В.Е., Горпиенко Р.Ф. Об оценке сложности трасс карьерных автодорог	92
Лермонтов Ю.С. Прогнозирование скоростей проведения подготовительных выработок для своевременного воссоздания очистного фронта	94
Богомолов И.Д., Цехин А.М. О новой технологической схеме сооружения восстающих выработок	96
Богомолов И.Д., Цехин А.М. Устройства для бурения нетиповых конструкций скважин	101
Маметьев Л.Е., Ананьев А.Н. Обоснование эффективных параметров процесса шнекового бурения горизонтальных скважин	103
Маметьев Л.Е., Ананьев А.Н. Новые конструкции рабочих органов для бурения горизонтальных пионерных скважин	109
Катанов Б.А. Определение параметров режущей части комбинированных долот	115
Елманов В.Д., Масленников Н.Р. Повышение уровня качества шахтных разборных скребковых конвейеров	124
Елманов В.Д. К расчету соединительных звеньев тяговых органов скребковых конвейеров	129
Абрамов А.П. Коэффициент полезного действия буксы рудничного локомотива	133
Латышенко М.П., Короткевич В.С. Повышение ресурса опор горных машин	141
Захаров А.Ю. О возможности разгрузки опорно-поворотного устройства экскаваторов магнитными полями постоянных магнитов	144
Гимельшейн Л.Я., Лудзиш В.С. Травматизм на рудничном транспорте – итоги и проблемы	147
Соболева И.Н. Структура американских тестов по английскому языку для иностранцев и приемы работы с ними	151
Соболева И.Н. Эффективность применения структурных тестов на аспирантском курсе	154

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ
РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Сборник научных трудов № 9

Редактор Л.В.Безель

Лицензия ЛР № 040482 от 03.07.92.

Подписано в печать 20.04.95г. Формат 60 x 80/16.

Бумага оберточная. Печать офсетная. Уч.-изд.л. 9,0

Усл.печ.л. 9,3. Заказ 602. Тираж 150 экз. Цена свободная.

Ассоциация "Кузбассуглетехнология".650099, г.Кемерово,
пр. Советский, 63.

Типография: Множительный цех ассоциации "Кузбассуглетех-
нология".