

# РУДНИЧНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 531(075.8):622.831.24

## ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА В НЕЗАМКНУТОМ КОЖУХЕ ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА

Профессор НЕСТЕРОВ В. И., профессор ВЕРНЕР В. Н., доцент СОКОЛОВА Е. К.,  
аспирант СОКОЛОВ Д. Ю.

Шнековые транспортирующие устройства с незамкнутым цилиндрическим кожухом применяются в различных машинах для перемещения штучных и сыпучих грузов. В зависимости от технологического назначения шнековых органов выделим основные варианты перемещения груза, отличающиеся способами загрузки и выгрузки материала: одноместная радиальная или торцовая загрузка и одноместная радиальная, а чаще торцовая выгрузка (классический винтовой конвейер); фронтальная, по всей длине, загрузка и одноместная радиальная или торцовая выгрузка (шнеки сельскохозяйственных уборочных машин, горных очистных и проходческих машин, снегоочистительные машины); одноместная, чаще радиальная загрузка и фронтальная выгрузка с равномерным распределением материала по длине шнека (шнековые питатели полиграфических машин и др.).

Все эти варианты движения груза одновременно присутствуют в консольной выемочно-закладочной машине, проектируемой в Кузбасском государственном техническом университете. В гибком несущем ставе машины располагаются два параллельных шнека, один из которых предназначен для удаления разрушенной массы из тупикового забоя, а другой — для подачи в выработанное пространство закладочного материала с заданной периодичностью.

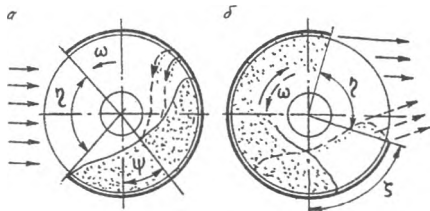


Рис. 1. Схемы движения и расположения сыпучего материала в рабочем пространстве шнекового транспортера при загрузке (а) и выгрузке (б) через продольный паз в кожухе

предварительные исследования, проведенные на лабораторной модели, подтвердили принципиальную возможность выполнения этих операций при наличии в кожухе шнека продольного загрузочного (разгрузочного) паза по всей длине машины. Максимальный эффект по производительности может быть достигнут при рациональном сочетании конструктивных параметров продольного паза в кожухе — угла раскрытия  $\eta$  и угла его расположения  $\zeta$  (рис. 1), с конструктивными и режимными параметрами шнека. Основным требованием, которому должен удовлетворять опережающий по направлению подачи машины шнек, является удержание поступившего через паз разрушенного материала в активной зоне действия лопастей и его перемещение в осевом направлении с максимально возможной скоростью. Это требование выполняется при работе на частоте вращения, близкой к критической, соответствующей переходу состояния груза в шнековом пространстве от устойчивого по форме тела волочения к водопадному режиму (рис. 1, а). Отстающий шнек, напротив, должен иметь повышенную метательную способность в радиальном направлении для достижения определенной плотности закладки выработанного пространства. Это возможно как при прямом, так и при обратном направлении вращения шнека (рис. 1, б), причем возникает потребность в периоди-

ческом повышении частоты вращения для перевода груза на режим вращательного движения по внутренней поверхности кожуха.

Проработанные теоретические исследования движения сыпучего материала выполнены применительно к стационарным или условно стационарным шнековым транспортерам с замкнутым цилиндрическим рабочим пространством в виде стального кожуха или круглой выработки (скважины). Нестационарность выемочно-закладочной машины проявляется как изменчивость геометрического положения в пространстве и как вероятное существенное отличие свойств разрушенного и закладочного материала. Эти особенности условий эксплуатации и ранее изложенные требования к шнекам потребовали более детального теоретического анализа движения частиц груза, некоторые результаты которого приведены в данной статье.

Правомочность исследования движения материала на примере материальных частиц с целью установления рациональных параметров шнеков обоснована многими учеными: Григорьевым А. М., Катановым Б. А., Гутьяром Е. М., Вороновским К. М. и др. Ранее было показано [1], что единственным критерием, позволяющим в аналитической форме увязать конструктивно-кинематические параметры шнека с его геометрическим положением в пространстве и характеристиками материала, является угол отклонения частицы груза в направлении вращения шнека, расположенной в сопряжении лопасти с кожухом. При одинаковых коэффициентах трения транспортируемого материала по лопастям шнека и по кожуху ( $f_1 = f_2 = f$ ) дифференциальные уравнения Лагранжа I рода, описывающие закон движения частицы в сопряжении лопасти с кожухом [1], приобретают следующий вид:

$$\begin{aligned} -mR(\dot{\psi}^2 \cos \psi + \ddot{\psi} \sin \psi) &= mg \cos \beta + \lambda_1 (\operatorname{ctg} \gamma \cdot \cos \psi + S(2\pi R)^{-1} \sin \psi) + \\ &+ 2\lambda_2 R \cos \psi + fR \dot{\psi} \sin \psi (R^2 \dot{\psi}^2 + v^2)^{-1/2} (|\lambda_1 A| + |2\lambda_2 R|); \\ mR(-\dot{\psi}^2 \sin \psi + \ddot{\psi} \cos \psi) &= \lambda_1 (\operatorname{ctg} \gamma \cdot \sin \psi + S(2\pi R)^{-1} \cos \psi) + \\ &+ 2\lambda_2 \sin \psi - f \dot{\psi} R \cos \psi (R^2 \dot{\psi}^2 + v^2)^{-1/2} (|\lambda_1 A| + |2\lambda_2 R|); \\ 0 &= -mg \sin \beta - \lambda_1 - f v (R^2 \dot{\psi}^2 + v^2)^{-1/2} (|\lambda_1 A| + |2\lambda_2 R|), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $m$  — масса частицы;  $g$  — ускорение свободного падения;  $R$  — внутренний радиус кожуха;  $\gamma$  — угол наклона образующей винтовой поверхности шнека к его оси;  $\beta$  — угол наклона оси шнека к горизонтальной плоскости;  $S$  — шаг винтовой поверхности;  $v$  — скорость подачи лопасти шнека,  $v = (S\omega/2\pi)$ ;  $A$  — абсолютное значение градиента функции  $\Phi$ , описывающей поверхность винтовой лопасти,  $A = |\operatorname{grad} \Phi| = |\operatorname{ctg}^2 \gamma + S(2\pi R)^{-1} + 1|^{1/2}$ ;  $\psi$ ,  $\dot{\psi}$ ,  $\ddot{\psi}$  — угловое положение, скорость и ускорение частицы в окружном направлении;  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  — неопределенные множители Лагранжа, аналитически связанные с координатным положением частицы ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) и временем  $t$ , а в рассматриваемом случае  $\lambda_1 = \lambda_1(\psi)$  и  $\lambda_2 = \lambda_2(\psi)$ .

Поскольку множители Лагранжа входят в члены уравнений (1), взятых по абсолютной величине, то возможны четыре варианта для их определения: 1-й —  $\lambda_1 > 0$ ,  $\lambda_2 > 0$ ; 2-й —  $\lambda_1 < 0$ ,  $\lambda_2 < 0$ ; 3-й —  $\lambda_1 < 0$ ,  $\lambda_2 > 0$ ; 4-й —  $\lambda_1 > 0$ ,  $\lambda_2 < 0$ . Имея это в виду при решении системы уравнений (1) относительно  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , получим:

для 1-го варианта

$$\lambda_1 = \frac{-[bk + c(hk + ev)]}{(-d + ba)cv + b + ch(2cav + 1)}; \quad \lambda_2 = \frac{e - ca(hk - ev) + kd}{2R[(-d + ba)cv + b + ch(2cav + 1)]};$$

для 2-го варианта

$$\lambda_1 = \frac{[bk + c(hk + ev)]}{(d + ba)cv - b + ch(2cav - 1)}; \lambda_2 = \frac{-e - ca(hk - ev) - kd}{2R[(d + ba)cv - b + ch(2cav - 1)]}$$

для 3-го варианта

$$\lambda_1 = \frac{[bk - c(hk + ev)]}{(-d + ba)cv - b - ch(2cav - 1)}; \lambda_2 = \frac{-e - ca(hk - ev) - kd}{2R[(-d + ba)cv - b - ch(2cav - 1)]}$$

для 4-го варианта

$$\lambda_1 = \frac{-[bk - c(hk + ev)]}{(d + ba)cv + b - ch(2cav + 1)}; \lambda_2 = \frac{e - ca(hk - ev) + kd}{2R[(d + ba)cv + b - ch(2cav + 1)]}$$

где  $d = \text{ctg } \gamma \sin \psi - S(2\pi R)^{-1} \cos \psi$ ;  $b = \sin \psi$ ;  $c = f(R^2\dot{\psi}^2 + v^2)^{-1/2}$ ;  $h = R\dot{\psi} \cos \psi$ ;  $a = A$ ;  $e = mR(-\dot{\psi}^2 \sin \psi + \ddot{\psi} \cos \psi)$ ;  $k = mg \sin \beta$ .

После преобразований получаем четыре варианта дифференциальных уравнений движения несвободной материальной точки по линии сопряжения лопасти и желоба гибкого става:

1-й вариант ( $\lambda_1 > 0$ ,  $\lambda_2 > 0$ )

$$\begin{aligned} & [fv(\text{ctg } \gamma - A) - (R^2\dot{\psi}^2 + v^2)^{1/2}] (\ddot{\psi}R + g \cos \beta \cdot \sin \psi) + \dot{\psi}^3 fR^2 - \\ & - \dot{\psi}^2 f v S (2\pi)^{-1} + \dot{\psi} g f R [(\text{ctg } \gamma + A) \sin \beta + \cos \beta \cdot \cos \psi] + \\ & + gS (2\pi R)^{-1} [(R^2\dot{\psi}^2 + v^2)^{1/2} \sin \beta - f v \cos \beta \cdot \cos \psi] = 0; \end{aligned} \quad (2)$$

2-й вариант ( $\lambda_1 < 0$ ,  $\lambda_2 < 0$ )

$$\begin{aligned} & [fv(\text{ctg } \gamma - A) + (R^2\dot{\psi}^2 + v^2)^{1/2}] (\ddot{\psi}R + g \cos \beta \cdot \sin \psi) + \dot{\psi}^3 fR^2 - \dot{\psi}^2 f v S (2\pi)^{-1} + \\ & + \dot{\psi} g f R [(-\text{ctg } \gamma + A) \sin \beta + \cos \beta \cdot \cos \psi] - gS (2\pi R)^{-1} \times \\ & \times [(R^2\dot{\psi}^2 + v^2)^{1/2} \sin \beta - f v \cos \beta \cdot \cos \psi] = 0; \end{aligned} \quad (3)$$

3-й вариант ( $\lambda_1 < 0$ ,  $\lambda_2 > 0$ )

$$\begin{aligned} & [fv(\text{ctg } \gamma - A) - (R^2\dot{\psi}^2 + v^2)^{1/2}] (\ddot{\psi}R + g \cos \beta \cdot \sin \psi) + \dot{\psi}^3 fR^2 - \\ & - \dot{\psi}^2 f v S (2\pi)^{-1} + \dot{\psi} g f R [(-\text{ctg } \gamma + A) \sin \beta + \cos \beta \cdot \cos \psi] + \\ & + gS (2\pi R)^{-1} [(R^2\dot{\psi}^2 + v^2)^{1/2} \sin \beta - f v \cos \beta \cdot \cos \psi] = 0; \end{aligned} \quad (4)$$

4-й вариант ( $\lambda_1 > 0$ ,  $\lambda_2 < 0$ )

$$\begin{aligned} & [fv(\text{ctg } \gamma + A) + (R^2\dot{\psi}^2 + v^2)^{1/2}] (\ddot{\psi}R + g \cos \beta \cdot \sin \psi) + \dot{\psi}^3 fR^2 - \dot{\psi}^2 f v S (2\pi)^{-1} + \\ & + \dot{\psi} g f R [(-\text{ctg } \gamma + A) \sin \beta + \cos \beta \cdot \cos \psi] - gS (2\pi R)^{-1} \times \\ & \times [(R^2\dot{\psi}^2 + v^2)^{1/2} \sin \beta + f v \cos \beta \cdot \cos \psi] = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Понижением порядка дифференциальные уравнения (2)–(5) приводятся к виду  $D(t, y) = \begin{bmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \end{bmatrix}$ , где  $y_1(t) = \dot{\psi}$ ;  $y_2(t) = \ddot{\psi}$ .

Для окончательного решения получаем уравнения в следующем виде (на примере уравнения (3)):

$$y_2 = \left\{ R [fp (B - A) + (y_1^2 + p^2)^{1/2}] \right\}^{-1} \times \\ \times \left\{ -fRy_1^3 + fpKR y_1^2 (2\pi)^{-1} - gf [(A - B) \sin \beta + \cos \beta \cdot \cos y_0] y_1 + \right. \\ \left. + gK (2\pi)^{-1} [(y_1^2 + p^2)^{1/2} \sin \beta + fp \cos \beta \cdot \cos y_0] - gK^{-1} \cos \beta \cdot \sin y_0 \right\}, \quad (6)$$

где  $K = SR^{-1}$ ;  $B = \text{ctg } \gamma$ ;  $p = 2\pi\omega SR^{-1}$ .

Полученные уравнения решены численно методом Рунге—Кутты четвертого порядка, реализованным функцией rkfixed программы Mathcad.

Для 1-го и 3-го вариантов ( $\lambda_1 > 0, \lambda_2 > 0$ ;  $\lambda_1 < 0, \lambda_2 > 0$ ) дифференциальные уравнения не имеют решения, т. е. такие значения множителей Лагранжа не отвечают условиям одновременного контакта частицы с лопастью и желобом, связи — неудерживающие. Для 2-го и 4-го вариантов ( $\lambda_1 < 0, \lambda_2 < 0$ ;  $\lambda_1 > 0, \lambda_2 < 0$ ) решение уравнений существует. Выясним, какое из них соответствует реальным процессам погрузки и транспортирования частицы, для чего рассмотрим нормальные реакции лопасти и желоба, которые могут быть удерживающими для частицы только при определенных условиях.

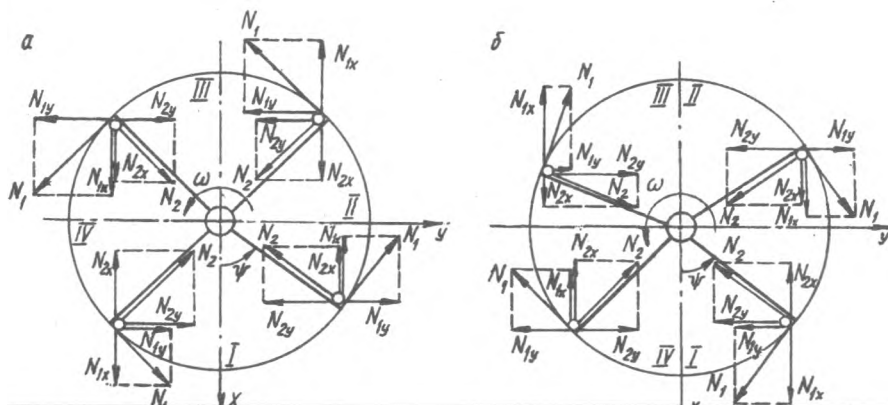


Рис. 2. Условия удержания частицы на линии пересечения лопасти и желоба для неопределенных множителей Лагранжа:

a —  $\lambda_1 < 0, \lambda_2 < 0$ ; б —  $\lambda_1 > 0, \lambda_2 < 0$

Для 2-го варианта ( $\lambda_1 < 0, \lambda_2 < 0$ ) имеем (рис. 2, а): в первом квадранте  $N_{1x} < 0, N_{1y} > 0$ ;  $N_{2x} < 0, N_{2y} < 0$ ; во втором квадранте  $N_{1x} < 0, N_{1y} > 0$ ;  $N_{2x} < 0, N_{2y} < 0$ ; в третьем квадранте  $N_{1x} > 0, N_{1y} < 0$ ;  $N_{2x} > 0, N_{2y} > 0$ ; в четвертом квадранте  $N_{1x} > 0, N_{1y} > 0$ ;  $N_{2x} < 0, N_{2y} > 0$  — что соответствует движению частицы по периферии рабочей поверхности лопасти, при этом лопасть толкает частицу по желобу.

Для 4-го варианта ( $\lambda_1 > 0, \lambda_2 < 0$ ) имеем (рис. 2, б): в первом квадранте  $N_{1x} > 0, N_{1y} < 0$ ;  $N_{2x} < 0, N_{2y} < 0$ ; во втором квадранте  $N_{1x} > 0, N_{1y} > 0$ ;  $N_{2x} > 0, N_{2y} < 0$ ; в третьем квадранте  $N_{1x} < 0, N_{1y} > 0$ ;  $N_{2x} > 0, N_{2y} > 0$ ; в четвертом квадранте  $N_{1x} < 0, N_{1y} < 0$ ;  $N_{2x} < 0, N_{2y} > 0$  — что соответствует движению частицы по периферии нерабочей поверхности лопасти вслед за ней. Такое положение возможно при погрузке частицы через фронтальные загрузочные окна в желоб гибкого става (квадрант четвертый), при этом обе связи (лопасть и желоб) — удерживающие. В первом квадранте лопасть уже не может удерживать частицу; во втором — частицу не

могут удерживать в таком положении ни желоб, ни лопасть; в третьем — желоб не удерживает частицу, а лопасть может удержать только в положении, соответствующем углу  $\psi = 240 \dots 270^\circ$  (рис. 2, б). Контакт частицы с нерабочей поверхностью лопасти при ее полном обороте возможен только тогда, когда частица получает начальную скорость, достаточную для устойчивого винтового движения по периферийной части лопасти.

Таким образом, только условие, при котором неопределенные множители Лагранжа  $\lambda_1 < 0$ ,  $\lambda_2 < 0$ , соответствует реальному процессу погрузки и транспортирования частицы лопастями винтового конвейера.

Численное решение дифференциального уравнения (3) относительно  $\psi$  для различных вариантов геометрических и режимных параметров винтового конвейера представлено на рис. 3.

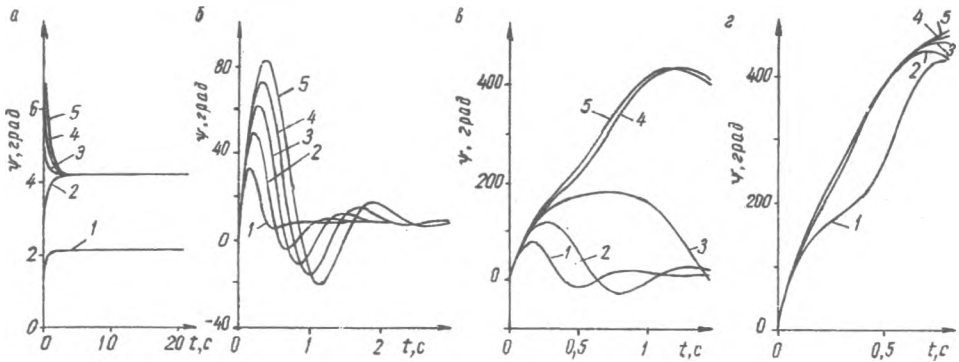


Рис. 3. Изменение угла углового положения частицы  $\psi$  во времени (при четырех оборотах винта) для винтов радиусом  $R = 0,1 \dots 0,5$  м (кривые 1—5) с шагом лопасти  $S = 2R$ , углами  $\gamma = 90^\circ$ ,  $\beta = 0$ :

а — при равномерном движении,  $n = 10$  об/мин; б — при установившемся движении,  $n = 80$  об/мин; в — при переходном режиме движения,  $n = 170$  об/мин; г — при винтовом движении,  $n = 300$  об/мин

В процессе транспортирования частицы можно выделить четыре варианта (рис. 3, а, б, в, г):

а — частица затягивается лопастью на некоторый угол  $\psi = 5 \dots 8^\circ$ , который остается постоянным во все время движения при  $n = 10 \dots 20$  об/мин — равномерное движение частицы;

б — частица при первом обороте лопасти поднимается на некоторый максимальный угол  $\psi < 90^\circ$ , в последующем скатывается по сопряжению, образованному кромкой лопасти и желобом, на дно желоба, совершает колебания по дну и возвращается к устойчивому положению  $\psi = 5 \dots 8^\circ$  ( $n = 30 \dots 130$  об/мин);

в — частица при первом обороте лопасти поднимается на некоторый максимальный угол  $\psi = 100 \dots 170^\circ$ , что соответствует второму квадранту, и хотя впоследствии она возвращается к установившемуся положению, возможен ее отрыв от желоба и перебрасывание через вал винта, т. е. циркуляция частицы;

г — частица затягивается лопастью в винтовое движение по желобу гибкого става.

Задача выбора частоты вращения и шага винтовой лопасти винта заключается в определении такого их соотношения, при котором обеспечивается наименее энергоемкий процесс перемещения сыпучего груза с отклонением в сторону вращения на угол, не превышающий некоторое критическое значение при максимальной скорости транспортирования, соответствующей определенным операциям: погрузка — транспор-

тирование разрушенного угля или транспортирование — выгрузка закладочного материала.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вернер В. Н., Соколов Д. Ю. Анализ кинематических и силовых параметров гибкого става шеленарезной машины//Вестник КузГТУ.— 1999.— № 1.— С. 23—31.
2. Григорьев А. М. Винтовые конвейеры.— М.: Машиностроение, 1972.— 184 с.
3. Вернер В. Н., Соколова Е. К. Угол затяжки транспортируемого материала в шнеках//Изв. вузов. Горный журнал.— 1997.— № 9—10.— С. 109—113.



УДК 621.867.2062:621318.3

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТОВ В УСТРОЙСТВАХ ПОДДЕРЖАНИЯ ЛЕНТЫ КОНВЕЙЕРА В МЕСТЕ ЗАГРУЗКИ

Доцент ЗАХАРОВ А. Ю.

■ а горных предприятиях для транспортирования горной массы все большее распространение получают ленточные конвейеры. Существенную часть грузов (прежде всего вскрышные породы) целесообразно перемещать в крупнокусковом виде, чтобы уменьшить или исключить

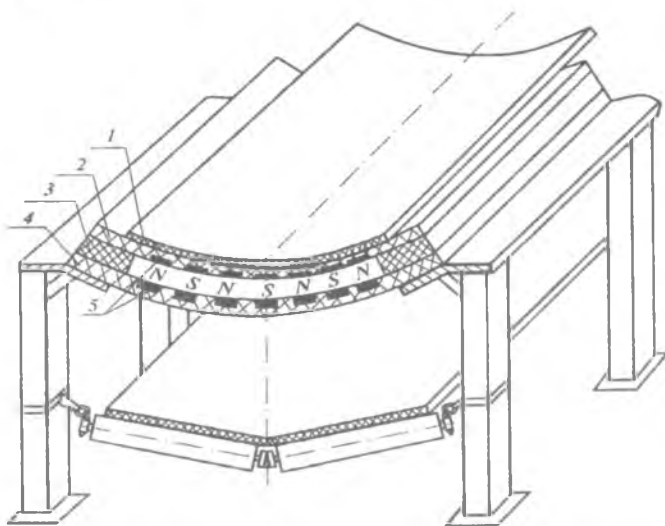


Рис. 1. Загрузочная часть ленточного конвейера, оборудованная устройством поддержания ленты магнитным полем:

1 — постоянные магниты; 2 — опорное магнитотвердое полотно; 3 — соединительные полосы; 4 — поддерживающее ленту магнитотвердое полотно с антифрикционным покрытием; 5 — лента конвейера

затраты на дробление. Транспортирование крупнокусковой горной массы ленточным конвейером вызывает увеличение динамических нагрузок на ленту, поэтому необходимы технические решения, уменьшающие воздействия крупных кусков на ленту. Самые большие динамические нагрузки ударного характера конвейерная лента испытывает в месте загрузки. Одним из перспективных устройств поддержания ленты конвейера в месте загрузки является устройство, в котором для амортизации используется эффект магнитной подушки на основе постоянных магнитов (рис. 1).

В качестве постоянных магнитов в данном устройстве целесообразно использовать призмы в виде прямоугольного параллелепипеда из фер-

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.