

# Теоретическое обоснование шнекопневматической очистки скважин

Б. А. Катанов,  
д.т.н., профессор КузГТУ

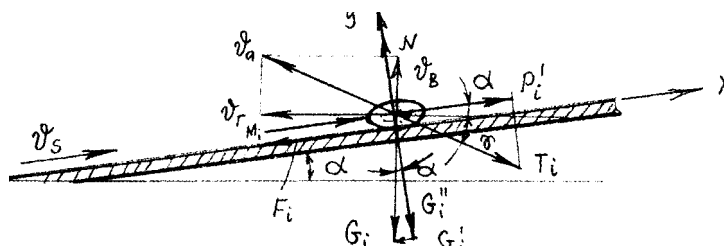


Рис. 1. Силы, действующие на частицу при шнекопневматическом транспортировании

При бурении вертикальных взрывных скважин на разрезах в породах с коэффициентом крепости  $f$  до 6 различными видами бурового инструмента наиболее эффективным способом очистки скважин от продуктов разрушения является шнекопневматический способ, разработанный кафедрой горных машин и комплексов Кузбасского политехнического института. Он обладает преимуществом шнекового и шнекопневматического способов. Бурение осуществляется станком, оснащенным шнековыми буровыми штангами, имеющими сквозные каналы для прохода сжатого воздуха, который, пройдя по буровому ставу, выходит через каналы в породоразрушающем инструменте в призабойную зону скважины. Поток воздуха подхватывает частицы буровой мелочи, выносит их на первый виток шнековой буровой штанги и способствует перемещению буровой мелочи по спирали шнека. При такой комбинированной очистке скважины на одиночную частицу буровой мелочи будет действовать дополнительно сила давления воздушной струи  $M_i$ , проходящей между витками шнека. Эта сила определится по формуле

$$M_i = \psi \frac{\gamma_b}{g} \cdot \frac{\pi d_i^2}{4} \cdot \frac{v_s^2}{c^2}, \quad (1)$$

где  $\psi$  – коэффициент обтекания;  $\gamma_b$  – удельный вес воздуха, Н/м<sup>3</sup>;  $d_i$  – размер частицы, м;  $v_s$  – скорость воздушной струи, м/с;  $c$  – коэффициент, зависящий от формы и размеров частицы.

Кроме силы  $M_i$ , на частицу будут действовать ее вес  $G_i$  и силы трения о спираль  $F_i$  и стенку скважины  $T_i$  (рис. 1).

Пренебрегая взаимодействием частиц, друг с другом, получим уравнения равновесия одиночной частицы, расположенной на спирали шнека у стенки скважины:

$$M_i + T_i \cos(\alpha + \gamma) - F_i - G_i \sin \alpha = 0 \quad ; (2)$$

$$T_i \sin(\alpha + \gamma) + G_i \cos \alpha - N_i = 0 \quad . (3)$$

Если считать  $M_i$  известной величиной, определяемой по формуле (1), то, учитывая, что  $F_i = f_2 N_i$  и  $T_i = f_1 m_i r_i \omega^2$ , имеем в уравнениях (2) и (3) три неизвестные величины:  $\alpha$  – угол наклона силы  $T_i$  к горизонту, определяющий положение силы  $T_i$  в пространстве;  $\omega$  – угловая скорость вращения частицы;  $N_i$  – сила взаимодействия частицы со спиралью шнека.

При этом известными полагаются значения:  $m_i$  – масса частицы;  $f_1$  – коэффициент трения частицы о стенку скважины;  $f_2$  – коэффициент трения частицы о спираль шнека и  $r_i$  – расстояние до центра тяжести частицы от оси вращения (оси скважины).

Из уравнения (3)

$$N_i - T_i \sin(\alpha + \gamma) + G_i \cos \alpha = 0 \quad . (4)$$

Подставив это значение  $N_i$  в уравнение (2) и производя преобразование с учетом, что  $F_i = f_2 N_i$ , получим

$$M_i + T_i \cos(\alpha + \gamma) - f_2 T_i \sin(\alpha + \gamma) - f_2 G_i \cos \alpha - G_i \sin \alpha = 0 \quad ;$$

$$T_i [\cos(\alpha + \gamma) - f_2 \sin(\alpha + \gamma)] = G_i (f_2 \cos \alpha + \sin \alpha) - M_i \quad .$$

Учитывая, что  $f_2 = \tan \varphi_2$  (где  $\varphi_2$  – угол трения) и подставляя значение  $T_i = f_1 m_i r_i \omega^2$ , уравнение (4) приводится к виду

$$f_1 m_i r_i \omega^2 \frac{\cos(\alpha + \gamma + \varphi_2)}{\cos \varphi_2} = \frac{m_i g \sin(\alpha + \varphi_2)}{\cos \varphi_2} - M_i \quad . (5)$$

Подставив в равенство (5)  $\omega_i = 2\pi n_i$ , получим

$$4\pi^2 n_i^2 f_i m_i r_i \frac{\cos(\alpha + \gamma + \varphi_2)}{\cos\varphi_2} = \frac{m_i g \sin(\alpha + \varphi_2)}{\cos\varphi_2} - M_i, \quad (6)$$

Отсюда

$$n_i = \sqrt{\frac{g m_i \sin(\alpha + \varphi_2)}{4\pi^2 f_i m_i r_i \cos(\alpha + \gamma + \varphi_2) \cos\varphi_2} - \frac{M_i \cos\varphi_2}{4\pi^2 f_i m_i r_i \cos(\alpha + \gamma + \varphi_2)}}. \quad (7)$$

С другой стороны, и в этом случае справедливо равенство

$$n_i = \frac{n_b \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\gamma}; \quad (8)$$

где  $n_i$  – частота вращения  $i$ -ой частицы,  $n_b$  – частота вращения шнека,  $\text{с}^{-1}$ .

Используя равенства (7) и (8), после преобразований уравнение разрешается относительно силы воздействия на частицу струи воздуха  $M_i$ :

$$M_i = \frac{m_i g \sin(\alpha + \varphi_2)}{\cos\varphi_2} - \frac{4\pi^2 f_i m_i r_i \operatorname{tg}^2 \alpha n_b^2 \cos(\alpha + \gamma + \varphi_2)}{\cos\varphi_2 (\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\gamma)^2}; \quad (9)$$

Равенство (9) дает зависимость вида  $M_i = \varphi(\gamma)$ . Возрастание наблюдается при увеличении  $V_b$ , т.е. скорости транспортирования. При  $\gamma = 0^\circ$  и  $V_b = 0$  (частица вращается вместе со шнеком). При  $\gamma = 90^\circ$   $V_b = V_a$ , т.е. частица движется вверх без вращения. При  $\gamma > 90^\circ$  частица начнет вращаться навстречу шнеку и  $V_b = H(n_b + n_i)$ . С другой стороны, при  $M_i = 0$  имеем условие транспортирования частицы вертикальным шнеком. Из равенства (9) может быть найдено значение  $\gamma$ , которое будет иметь место в этом случае. Условием возможности транспортирования частицы шнеком (без продувки) будет  $\gamma > 0^\circ$ . Все закономерности транспортирования частицы шнеком могут быть получены из равенства (9). Таким образом, шнековую очистку можно рассматривать как частный случай шнекопневматической. По формуле (9) строятся графики  $M_i = \varphi(\gamma)$ .

Точка пересечения соответствующей кривой  $M_i = \varphi(\gamma)$  с осью абсцисс дают значение  $\gamma$ , имеющее место при транспортировании без продувки (шнеком). Если кривая не пересекается с осью абсцисс, транспортирование без продувки для данных условий вообще невозможно. По формуле (8) могут быть вычислены и значения  $n_i = \varphi(\gamma)$ , а следовательно, и  $V_b = \varphi(\gamma)$ ,  $V_r = \varphi(\gamma)$ .

Для рассматриваемого случая движения частицы по шнеку формула (1) принимает вид

$$m_i M_{im} = \psi_0 \frac{\gamma_b \pi d_i^2}{g 4 c^2} (V_s + V_r \cos\alpha)^2, \quad (10)$$

где  $m_i$  – масса транспортируемой частицы, кг;  $M_i$  – сила, действующая на частицу с массой 1 кг;  $\psi_0$  – коэффициент обтекания;  $\gamma_b$  – удельный вес воздуха,  $\text{Н/м}^3$ ;  $d_i$  – диаметр частицы, м;  $c$  – коэффициент формы.

После преобразования формула примет вид

$$V_s = c \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{\gamma_b d_i}{\gamma_b \psi} M_i - V_r \cos\alpha}, \quad (11)$$

где  $\gamma_b$  – удельный вес породы,  $\text{Н/м}^3$ .

Располагая графиками  $M_i = \varphi(\gamma)$ , можно, задавшись значением  $V_b$ , определяющим в конечном счете производительность шнека, найти необходимое для этого значение  $\gamma$ . После этого по формулам можно найти величину  $M_i$  и  $V_r$  для рассматриваемого случая. Найденные таким образом значения  $M_i$  и  $V_r$  позволяют вычислить необходимое значение скорости струи воздуха  $V_s$  в межвитковом пространстве шнека (по формуле (2)).

С другой стороны, имея значение  $V_s$ , определяемое производительностью компрессора, можно, подставляя различные значения  $M_i$  и  $V_r$ , определить возможную производительность шнека при заданном режиме бурения.

Как показали расчеты, скорость струи воздуха и сечение канала, определяющее его расход, при шнекопневматической очистке будут значительно меньше, чем при обычной продувке с гладким буровым ставом (в 2...2,5 раза).

Расчеты показывают, что при шнекопневматическом транспортировании обеспечиваются скорости перемещения материала по шнеку  $V_b$  в 3–10 раз больше, чем скорости транспортирования без продувки.


При шнекопневматической очистке подача в скважину достаточного количества сжатого воздуха (для скважины диаметром 100-200 мм это 6-10 м<sup>3</sup>/мин) происходит интенсивное удаление буровой мелочи из призабойной зоны и охлаждение породоразрушающего бурового инструмента аналогично тому, как это происходит при пневматической очистке. При этом эффективность очистки призабойной зоны определяется направлением и конструкцией каналов в долоте, направляющих истекающие из них струи воздуха на разрушенную породу.

Исследование автором статьи шнекопневматической очистки показали, что ее использование повышает технический уровень станков вращательного бурения и является основой создания универсальных станков. □

# РЕСУРСЫ и ТПК Кузбасса

5 [47]  
2009



ДПЛ-100 

## СПЕЦВЫПУСК

Ресурсы и территориально - производственный комплекс Кузбасса



# «ТЭК» и ТПК Кузбасса

## Главный редактор

**Валентин Петрович Мазикин**,  
первый заместитель губернатора Кемеровской  
области, академик АГН, профессор,  
доктор технических наук

## Редакционная коллегия

**Баскаков Владимир Петрович**,  
генеральный директор ОАО «ХК «СДС-Уголь»

**Борщевич Андрей Михайлович**,  
генеральный директор ОАО «ОУК «Южкузбассуголь»

**Добров Андрей Петрович**,  
президент группы «Белон»,  
кандидат экономических наук

**Ковалев Владимир Анатольевич**,  
заместитель губернатора Кемеровской области  
по природным ресурсам и экологии,  
кандидат технических наук, академик АГН

**Козицын Андрей Анатольевич**,  
генеральный директор ООО «УГМК-Холдинг»

**Козовой Геннадий Иванович**,  
генеральный директор ЗАО «Распадская угольная  
компания», доктор технических наук

**Логинев Александр Кимович**,  
генеральный директор ОАО «СУЭК-Кузбасс»

**Мазикин Валентин Петрович**,  
первый заместитель губернатора Кемеровской  
области, академик АГН, профессор, доктор  
технических наук

**Малахов Андрей Николаевич**,  
заместитель губернатора Кемеровской области  
по угольной промышленности и энергетике

**Потапов Вадим Петрович**,  
директор Института угля и углехимии Сибирского  
отделения РАН, доктор технических наук, профессор

**Рашевский Владимир Валерьевич**,  
генеральный директор ОАО «СУЭК»

**Скулдицкий Виктор Николаевич**,  
управляющий директор ОАО «Южный Кузбасс»

**Скуров Анатолий Георгиевич**,  
президент ООО «Холдинг Сибуглемет»

**Федяев Михаил Юрьевич**,  
президент ЗАО «ХК «СДС»

**Харитонов Виталий Геннадьевич**,  
генеральный директор ООО «Угольная компания  
«Заречная», доктор технических наук

**Якутов Василий Владимирович**,  
директор ОАО «УК «Кузбассразрезуголь»

Научно-инновационный  
и социально-экономический журнал  
«Ресурсы и ТПК Кузбасса»

## СПЕЦВЫПУСК

Основан 14 апреля 2000 года



№ 5 [46]  
2009 г.

## Директор, ведущий редактор:

П. К. Пыкин

## Редактор по информации:

Ю. И. Дьяков

## Технический редактор:

Е. А. Зарубин

## Менеджер выпуска:

Л. В. Псковитина

## Дизайнер:

И. К. Журавлев

## Корректор:

С. С. Сборщик

## Научные консультанты:

Х. А. Исхаков, д. т. н., академик РЭА

С. В. Шаклеин, д. т. н., профессор

Учредитель и издатель:  
ООО «Журнал «ТЭК и ресурсы Кузбасса»

Юридический адрес: 650992,  
г. Кемерово, пр-т Советский, 63.  
Почтовый адрес: 650940,  
г. Кемерово, ул. Абочная, 41.  
Тел./факс для получения дополни-  
тельной информации: (8-384-2)58-54-83.  
E-mail: tek\_coal@mail.ru

Журнал зарегистрирован Сибирским  
окружным межрегиональным территориаль-  
ным управлением Министерства по делам  
печати РФ № ПИ-12-0756 от 30.07.2001 г.

Ответственность за достоверность  
рекламных материалов несут рекламода-  
тели. Материалы публикуются на основе

сообщений пресс-службы АКО, пресс-  
служб городов и предприятий Кузбасса.

Мнение редакции может не совпа-  
дать с мнением авторов. Использование  
материалов ~~частично или полностью~~  
допускается ~~только с письменного раз-~~  
решения редакции и с обязательной  
ссылкой на журнал. Использование ори-  
гинал-макетов, элементов дизайна жур-  
нала запрещено.

Сдано в набор 07.09.09. Подписано к  
печати 16.10.09. Печать офсетная. Усп. печ.  
л. 10,5. Заказ № —. Отпечатано с готового  
оригинал-макета в типографии ООО «Ан-  
том». Журнал получают: департаменты АКО,  
администрации городов, шахты и разрезы,  
университеты, научно-исследовательские ин-  
ституты, предприятия.

# СОДЕРЖАНИЕ

Энергетика	
Надежность энергоснабжения – основа социально-экономического развития Кузбасса	1
Природные ресурсы и экология	
Десятилетка лесной отрасли	3
Наука. Инновации. Технологии	
<b>Г. С. Трушина, Г. П. Дубинин.</b> По итогам работы Кузбасского международного форума-2009	5
<b>А. А. Трубицын, А. Ф. Павлов.</b> Отраслевая наука Кузбассу нужна	11
<b>А. В. Ремезов, В. И. Храмцов, К. А. Бубнов, А. А. Терентьев.</b> Опыт отработки тонких пластов стругами	14
<b>В. И. Храмцов, С. В. Шаклеин, Т. Б. Рогова.</b> Современное нормативное обеспечение прогнозирования тектонических нарушений угольных пластов в контуре подготовленной лавы	29
<b>А. В. Ремезов, А. А. Черкашин, Д. О. Дарбинян.</b> Возможности переработки метана	31
<b>Б. А. Катанов.</b> Теоретическое обоснование шнекопневматической очистки скважин	33
<b>Н. П. Троян.</b> О сопряжениях очистных выработок с конвейерными и вентиляционными штреками	35
<b>А. И. Фомин.</b> Причины профессиональных заболеваний работников угольной промышленности Кузбасса	37
<b>В. П. Каргапольцев.</b> К вопросу о поверке водосчетчиков	41
Кузбасский технопарк в действии	43
Трудовые ресурсы. Пресс-релизы	
Ежедневник	47
День машиностроителя. Поздравления	55
Пресс-служба ОАО «Белон»	60
Пресс-служба ОАО «Кузбассэнерго»	61
Пресс-служба ОАО «СУЭК», пресс-служба ОАО «СДС»	62
Пресс-служба ОАО «Кузбассэнерго – МРСК»	63
Социум	
<b>Л. З. Филимонов.</b> Ветераны отметили День шахтера	64
<b>Ю. И. Дьяков.</b> Из истории развития пенсионного обеспечения России	66
О премиях Совета Министров СССР	70
Малышев Юрий Николаевич (к 70-летию со дня рождения)	71
<b>А. Б. Коновалов.</b> Рецензия на книгу: «Директорский корпус Кузбасса»	72
Некролог	
Ермилов Владимир Иванович	74