

УДК 622.322.8

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ПРОХОДЧЕСКО-ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ «УРАЛ»



В. В. БУЕВИЧ,
ведущий инженер,
АО «ВНИИ Галургии»,
Санкт-Петербург, Россия,
buevich.v@bk.ru



Н. В. ЧЕКМАСОВ,
доцент, канд. техн. наук,
Пермский национальный
исследовательский
политехнический университет,
Пермь, Россия



Д. И. ШИШЛЯННИКОВ,
доцент, канд. техн. наук,
Пермский национальный
исследовательский
политехнический университет,
Пермь, Россия



В. В. ГАБОВ,
проф., д-р техн. наук,
Национальный
минерально-сырьевой
университет «Горный»,
Санкт-Петербург, Россия

Введение

Эффективность работы горных предприятий, осуществляющих добычу калийной руды подземным способом, определяется техническим уровнем средств механизации основных технологических процессов. Существенное снижение себестоимости добычи калийной руды может быть достигнуто разработкой и использованием высокопроизводительных комбайнов, осуществляющих разрушение калийного массива и погрузку отбитой горной массы с минимальными удельными энергозатратами и низким выходом мелких, необогатимых классов руды.

В настоящее время на калийных рудниках России и стран Таможенного союза наибольшее распространение получили проходческо-очистные комбайны семейства «Урал» производства ОАО «Копейский машиностроительный завод» (г. Копейск, Челябинская обл.), оснащенные комбинированными исполнительными органами бурового типа и гусеничным ходовым оборудованием. Машины данного типа эксплуатируются на калийных рудниках уже более трех десятков лет и в целом положительно характеризуются работниками инженерно-технических и сервисных служб добывающих предприятий. Однако задача совершенствования исполнительных органов отечественных проходческо-очистных ком-

Рассмотрен процесс разрушения рудного массива проходческо-очистными комбайнами «Урал». Описаны основные достоинства и недостатки планетарно-дисковых исполнительных органов современных отечественных добычных машин.

Предложены способ резания и конструкция перспективных планетарно-дисковых исполнительных органов комбайнов «Урал», а также обоснованы технические решения по модернизации их вспомогательных исполнительных органов.

Ключевые слова: проходческо-очистной комбайн, калийная руда, перекрестная схема резания, исполнительный орган, удельные энергозатраты, мелкие пылевидные фракции.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.04.10>

байнов с целью повышения их энергоэффективности и надежности остается актуальной [1–5].

Совершенствование планетарно-дисковых исполнительных органов комбайнов «Урал»

Одним из недостатков планетарных исполнительных органов комбайнов «Урал» является разрушение массива последовательными радиально-тангенциальными резами переменной глубины (рис. 1). Известно, что на энергетические показатели при разрушении калийного массива и выход мелких классов руды наибольшее влияние оказывает глубина реза h , оптимальное значение которой, по данным экспериментальных исследований для шахматной и последовательной схем резания, составляет 13–18 мм [6–8]. Каждой глубине реза соответствует оптимальный шаг резания, определяемый отношением $t/h = 3 \dots 4,5$. Особенность планетарных органов комбайна «Урал» состоит в том, что на начальном этапе движения одиночного резца глубина и шаг резания увеличиваются, затем глубина h уменьшается, а шаг t продолжает увеличиваться до максимального значения (см. рис. 1, а). Следовательно, значительная часть забоя разрушается заблокированными резами при отношении $t/h > 7$. Существенным преимуществом планетарно-дисковых исполнительных органов является возможность создания на поверхности разрушаемого забоя сетки пересекающихся резов [9, 10].

Экспериментальные исследования, выполненные сотрудниками Пермского национального исследовательского политехнического университета, показывают, что использование перекрестной схемы разрушения калийного массива перспективно, так как в срезе формируются последовательные элементарные сколы с устойчивыми рациональными значениями геометрических параметров, что снижает удельные энергозатраты процесса разрушения на 20–25 % и уменьшает количество необогатимой руды в

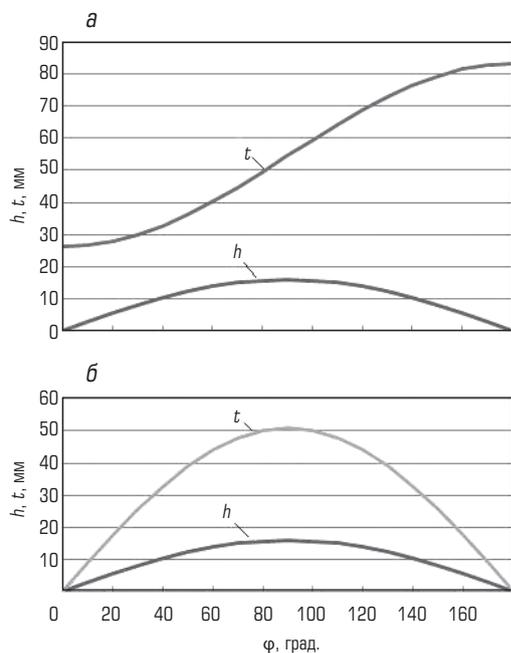


Рис. 1. Графики изменения толщины стружки и шага резания в зависимости от угла поворота режущего диска:
a — планетарного исполнительного органа комбайна «Урал-20Р»; *б* — роторно-дискового исполнительного органа с наклоном дисков в сторону переносного движения; где *h* — глубина резов, мм; *t* — шаг резания, мм

продуктах отбойки более чем в два раза по сравнению с традиционными схемами резания — шахматной и последовательной. Эффективное разрушение калийных образцов обеспечивается резами малой толщины ($h = 5\text{--}10$ мм) с наименьшими энергозатратами при шаге резания $t = 30$ мм и с минимальным выходом мелких фракций в руде при $t = 40\text{--}60$ мм [11, 12].

Разрушение калийного массива перекрестными резами происходит при использовании комбинированных роторно-дисковых исполнительных органов при установке поворотных дисков на валах редукторов с наклоном в сторону переносного движения (рис. 2). Предложенный сотрудниками кафедры «Горная электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета исполнительный орган проходческо-очистного комбайна состоит из наклонно установленных дисков 2, осуществляющих относительное и переносное движение, резцов 3, гребенок ротора 1, вращающихся в плоскости перпендикулярной оси исполнительного органа 6. Гребенки ротора 1 расположены за передними и задними режущими кромками дисков 2 и жестко крепятся к корпусу редуктора 5 через неподвижный вал 4.

По сравнению с исполнительными органами комбайнов «Урал» роторно-дисковый инструмент с наклоном осей режущих дисков в сторону переносного движения имеет следующие преимущества. Глубина резов, реализуемых поворотными дисками, изменяется от нуля до максимального значения по синусоидальному закону. По такому же закону изменяется шаг резания, поэтому по всей траектории движения резцов отношение t/h остается

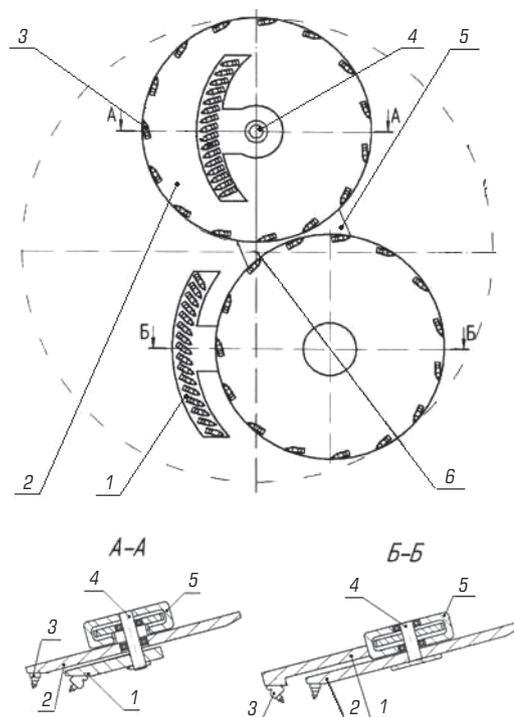


Рис. 2. Схема сдвоенного роторно-дискового исполнительного органа

постоянным (см. рис. 1, б). Следовательно, может быть получено оптимальное или близкое к оптимальному значение t/h , при котором обеспечиваются наименьшие энергозатраты на разрушение [13]. Центральная и периферийная части забоя разрушаются перекрестными резами дисков, а средняя — пересекающимися резами дисков и гребенок ротора. За счет уменьшения угла контакта породоразрушающего инструмента с забоем улучшаются условия для поворота резцов, что положительно сказывается на сроке их службы.

Предложенная конструкция комбинированного роторно-дискового исполнительного органа предусматривает необходимость изменений кинематических схем приводов и компоновки редукторов при установке на комбайны «Урал». Наименьшие отличия от серийно выпускаемых исполнительных органов имеет пространственный планетарный орган с наклоном режущих дисков относительно плоскости симметрии (рис. 3). Конструкция предлагаемого исполнительного органа состоит из дисков 1 и 3, вращающихся в противоположные стороны и установленных под углом к плоскости симметрии 2, образованной продольной осью органа разрушения и прямой, проведенной через центры режущих дисков. Резцы 7 поворотного диска 1 разрушают массив последовательными радиально-тангенциальными резами, идущими от периферии к центру забоя. Резцы диска 3 реализуют аналогичные резы, но от центра к периферии забоя. Вращающий момент на диски 1, 3 передается раздаточным редуктором 4 и поворотными редукторами 5. Центральная часть забоя обрабатывается забурником 6.

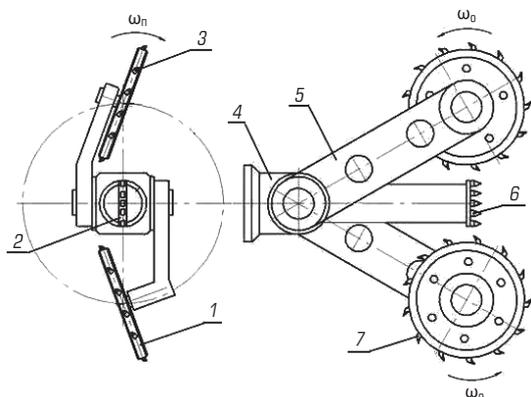


Рис. 3. Схема планетарно-дискового исполнительного органа с наклоном резцовых дисков относительно плоскости симметрии

При работе предлагаемого исполнительного органа на поверхности калийного массива формируется сетка пересекающихся резов (рис. 4) за счет разнонаправленного вращения и переносного движения наклонно установленных дисков, что обуславливает снижение удельных энергозатрат процесса разрушения калийного массива, уменьшение количества мелких, пылевидных фракций в отбитой руде, снижение напорного усилия комбайна и необходимой тяги гусеничного органа перемещения [14].

Совершенствование вспомогательных исполнительных органов комбайнов «Урал»

Помимо основных планетарно-дисковых исполнительных органов, в совершенствовании нуждаются вспомогательные исполнительные органы комбайнов «Урал»: бермовые фрезы, шнеки и верхнее отбойное устройство [15–17].

Резцы отбойного и бермового устройств комбайна разрушают калийный массив полублокированными резами небольшой глубины при повышенных энергозатратах и значительном количестве мелких необогатимых фракций руды в продуктах отбойки. По данным экспериментальных исследований, удельный расход энергии при разрушении калийного массива резцами отбойного устройства и бермовыми фрезами в 2–2,5 раза больше, чем при работе планетарно-дисковых исполнительных органов [18].

Повышение эффективности процесса разрушения массива вспомогательными органами возможно обеспечить посредством перехода с последовательной схемы разрушения массива полублокированными резами на шахматную схему. Результаты экспериментальных исследований, выполненных авторами, показывают, что при разрушении массива шахматными резами глубиной 5 мм, по сравнению с последовательными резами той же глубины, удельные энергозатраты снижаются с 6 до 3,2 кВт·ч/м³, выход мелких классов сокращается с 6,5 до 5 %.

При движении комбайна вверх по пласту с номинальной производительностью зачастую наблюдается проскальзывание гусениц добычной машины, сопровождающееся ухудшением качества руды, снижением производительности комплекса, увеличением

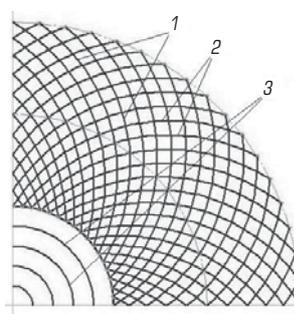


Рис. 4. Схема резания планетарно-дискового исполнительного органа с наклоном резцовых дисков относительно плоскости симметрии:

1, 2 — резы вращающихся в противоположные стороны дисков;
3 — резы забурника

удельных энергозатрат на разрушение калийного массива. При изменении направления вращения отбойного устройства на противоположное (от почвы выработки к кровле) расширяется область работы комбайна «Урал» без проскальзывания гусениц. При этом силы действия на резцы будут иметь направления, при которых уменьшается напорное усилие комбайна, а сила прижатия гусениц к почве увеличивается. Кроме того, при попутном направлении вращения отбойного устройства снижается вероятность выхода крупных негабаритных кусков руды с кровли выработки.

Мощность одного привода бермового органа составляет 75 кВт. На основании расчетов установлено, что на отбойку руды шнеком и фрезой затрачивается мощность, не превышающая 35 кВт. Следовательно, основная часть энергии привода затрачивается на перемещение и погрузку горной массы. Это свидетельствует о том, что груз перемещается с очень большим сопротивлением, при котором происходит интенсивное измельчение горной массы. Наиболее неблагоприятные условия погрузки руды создаются при работе комбайна в выработках с отрицательными углами наклона (движение вниз).

Замена однозаходных шнеков комбайна «Урал-20Р» на двухзаходные обеспечит более равномерное поступление горной массы на конвейер комбайна и снижение затрат энергии на переизмельчение руды. Повышение эффективности погрузки руды может быть достигнуто при установке за шнеком вспомогательных зачистных устройств — лемехов.

Выводы

Использование перспективных конструкций планетарно-дисковых исполнительных органов, реализующих перекрестную схему разрушения, позволит снизить удельные энергозатраты процесса разрушения рудного массива и уменьшить количество отходов горного производства — необогатимых, мелких фракций в отбитой руде. Внедрение предлагаемых исполнительных органов не потребует существенных изменений конструкции силовых приводов комбайнов «Урал», увеличит техническую производительность и расширит области применения отечественных проходческо-очистных комбайнов.

Повышение эффективности работы вспомогательных исполнительных органов комбайнов «Урал» может быть обеспечено переходом с последовательной на шахматную схему резания, использованием двухзаходных шнековых грузчиков, сменой направления вращения верхнего отбойного устройства.

Библиографический список

1. Бреннер В. А., Зильберт И. С., Зыков В. А. Режимы работы комбайнов для добычи калийных руд. — М. : Недра, 1978. — 216 с.
2. Щерба В. Я., Старовойтов Ю. В., Старовойтов В. С., Заяц И. М. Анализ и пути повышения надежности отечественного и зарубежного горношахтного оборудования // Прикладные науки. Вестник Полоцкого государственного университета, 2005. № 6. С. 191–194.
3. Preuß C. Investition, Angebot und Nachfrage im globalen Kali-Markt. Modellierung einer Grundstoffindustrie im Wandel. Reiner Hampp Verlag. München und Mering, 2014. 201 s.
4. Rauche H. Die Kaliindustrie im 21. Jahrhundert. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, 2015. 579 s.
5. Spachtholz F. Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz im Kali- und Steinsalzbergbau. Kali und Steinsalz, 2011, pp. 15–21.
6. Комбайны проходческо-очистные для добычи калийных руд. Выбор показателей назначения и расчет параметров разрушения горных пород. Отраслевая методика. — Л. : ВНИИГ, 1986. — 74 с.
7. Старков Л. И., Земсков А. Н., Кондрашев П. И. Развитие механизированной разработки калийных руд. — Пермь : ПГУ, 2007. — 522 с.
8. Schmidt W. Einfluss von Schnittgeschwindigkeit und Vorschub den Verschleiß von Hartmetallwerkzeugen beim drehenden Bearbeiten von Gesteinen. Zeitschrift für Erzbergbau und Metallhüttenwesen, 1990. № 4. pp. 174–179.
9. Харламова Н. А. Исследование механизма разрушения соляных горных пород резовым инструментом : дис. ... канд. техн. наук. — Пермь : ПГУ, 1998. — 173 с.
10. Лыхин П. А. Практика тоннелестроения в XX веке. — Пермь : ИД «Пресстайм», 2009. — 327 с.
11. Старков Л. И., Харламова Н. А. Исследование схемы перекрестного резания // Известия вузов. Горный журнал. 1997. № 7/8. С. 121–123.
12. Шишлянников Д. И. Повышение эффективности отделения калийной руды от массива резами добычных комбайнов : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — СПб : СПГУ, 2012. — 21 с.
13. Патент 2460882 РФ. Способ разрушения горного массива перекрестными резами / Н. В. Чекмасов ; заявл. 24.05.2010 ; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25.
14. Патент 2522111 РФ. Способ разрушения горного массива перекрестными резами / Н. В. Чекмасов, Д. И. Шишлянников, ПНИПУ ; заявл. 26.03.2013 ; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 19.
15. Семенов В. В., Шмакин И. Г., Жабин А. Б., Чеботарев П. Н. Результаты сравнительных исследований исполнительных органов комбайнов «Мариятта-900А» и «Урал-20Р» // Горное оборудование и электромеханика. 2012. № 2. С. 11–16.
16. Семенов В. В., Шмакин И. Г., Жабин А. Б., Чеботарев П. Н. Совершенствование метода расчета нагруженности резов при разрушении калийных руд // Горное оборудование и электромеханика. 2010. № 4. С. 13–16.
17. Еленкин В. Ф., Клементьева И. Н. Исследование влияния эффективного коэффициента сухого трения на момент сопротивления вращению шнеков очистного комбайна при вынужденных гармонических колебаниях движущего момента // Горная промышленность. 2014. № 1. С. 112–113.
18. Shishlyannikov D. I., Chekmasov N. V., Trifanov M. G., Ivanov S. L., Zvonarev I. E. Substantiation of the Rational Method to Control the Operating and Technical Condition Parameters of a Heading and Winning Machine for Potash Mines // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2015. Vol. 44. No. 3. P. 283–287. **ТЖ**

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2016, № 4, pp. 52–56
DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.04.10>

Upgrading of effectors of heading-and-winning machines “Ural”

Information about author

V. V. Buevich¹, Leading Engineer, buevich.v@bk.ru

N. V. Chekmasov², Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences

D. I. Shishlyannikov², Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences

V. V. Gabov³, Professor, Doctor of Technical Sciences

¹ VNI Galurgy Stock Co., St. Petersburg, Russia

² Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

³ National mineral-resources university “Gornyi”, St. Petersburg, Russia

Abstract

There is reviewed the destruction process of potash massif by cutters of planetary-disk effectors of heading-and-winning machines “Ural”. There are described the main advantages and disadvantages of spatial planetary-disk effectors of up-to-date mining machines. It is pointed out that instability of cutting parameters – cutter spacing and depth of cut – cause high energy consumption and large amount of the fine non-beneficiated ore fractions (waste of the mining operations) in the breaking products during the potash massif destruction by the cutters of effectors of the heading-and-winning machines “Ural”.

There are proposed the method and constructions of perspective planetary-disk effectors of heading-and-winning machines, which are effected potash massif destruction by crossing cuts. The results of experimental researches show that usage of cross configuration cutting for potassium salts, compared with traditional cutting configurations, allows to decrease specific energy consumption of destruction process of potash massif more than 20–25% and to decrease amount of fine non-beneficiated ore fractions in the freed ore more than by 2 times.

There are proved technical decisions for upgrading of screw effectors of the heading-and-winning machines “Ural”. It is pointed out that the change of single-start screw for two-start screw will provide more uniform feed of mined rock on the conveyor of machine, reduction of its circulation and energy consumption for ore regrinding.

Work scope expansion of machines “Ural” without caterpillar slip is possible while changing of rotation direction of breaking equipment in the opposite (from sole to the hanging side), in so doing mine face reaction forces on cutters will have directions, at which machine penetration force (power crowding) is decreased and application force of caterpillars to the sole is increased.

Keywords: Cross configuration cutting, potash ore, effector, specific energy consumption, fine dustlike fractions.

References

1. Brenner V. A., Zilbert I. S., Zykov V. A. *Rezhimy raboty kombainov dlya dobychi kaliynykh rud* (Operation modes of potassium ore mining combines). Moscow : Nedra, 1978. 216 p.
2. Shcherba V. Ya., Starovoytov Yu. V., Starovoytov V. S., Zayats I. M. Analiz i puti povysheniya nadezhnosti otechestvennogo i zarubeznogo gorno-shakhtnogo oborudovaniya (Analysis and ways to improve the reliability of Belarussian and foreign mining equipment). *Prikladnye nauki : vestnik Polotskogo Gosudarstvennogo Universiteta = Applied sciences: bulletin of Polotsk State University*. 2005. No. 6. pp. 191–194.
3. Preu C. Investition, Angebot und Nachfrage im globalen Kali-Markt. Modellierung einer Grundstoffindustrie im Wandel. Reiner Hampp Verlag, München und Mering. 2014. 201 s.
4. Rauche H. Die Kaliindustrie im 21. Jahrhundert. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2015. 579 s.
5. Spachtholz F. Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz im Kali- und Steinsalzbergbau. Kali und Steinsalz. 2011. ss. 15–21.
6. *Kombainy prokhodchesko-ochistnye dlya dobychi kaliynykh rud. Vybora pokazateley naznacheniya i rashchet parametrov razrusheniya gornykh porod. Otraslavaya metodika* (Heading-and-winning machines for potassium ore mining. Purpose performance selection and parameter calculation of rock destruction. Industry technique). Leningrad : VNIIG, 1986. 74 p. (in Russian)
7. Starkov L. I., Zemskov A. N., Kondrashev P. I. *Razvitiye mekhanizirovannoy razrabotki kaliynykh rud* (Development of mechanized mining of potassium ores). Perm : Perm State Technical University, 2007. 522 p.
8. Schmidt W. Einfluss von Schnittgeschwindigkeit und Vorschub den Verschleiß von Hartmetallwerkzeugen beim drehenden Bearbeiten von Gesteinen. Zeitschrift für Erzbergbau und Metallhüttenwesen. 1990. No. 4. ss. 174–179.
9. Kharlamova N. A. *Issledovanie mekhanizma razrusheniya solyanykh gornykh porod reztovym instrumentom : Dissertatsiya ... kandidata tekhnicheskikh nauk* (Research of mechanism of saline rock destruction by cutting tool : Dissertation ... candidate of engineering sciences). Perm : Perm State Technical University, 1998. 173 p.
10. Lykhin P. A. *Praktika tonnelestroeniya v XX veke* (Tunnel construction practice in the XX century). Perm : Publishing House «Presstime», 2009. 327 p.
11. Starkov L. I., Kharlamova N. A. *Issledovanie skhemy perekrestnogo rezaniya* (Cross configuration cutting research). *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal = News of the Higher*

Institutions. Mining Journal. 1997. No. 7/8. pp. 121–123.

12. Shishlyashnikov D. I. *Povyshenie effektivnosti otdeleniya kaliynoy rudy ot massiva reztami dobuchnykh kombainov : Avtoreferat dissertatsii ... kandidata tekhnicheskikh nauk* (Efficiency increasing of potassium ore withdrawal from massif by mining machine cutters : thesis of inauguration of Dissertation ... candidate of engineering sciences). Saint-Petersburg : Saint Petersburg State Mining University, 2012. 21 p.
13. Chekmasov N. V. *Sposob razrusheniya gornogo massiva perekrestnymi rezami* (Method of rock massif failure by cross cuts). Patent RF, No. 2460882. LLC "RKTs". Applied: May 24, 2010. Published: September 10, 2012. Bulletin No. 25.
14. Chekmasov N. V., Shishlyashnikov D. I. *Sposob razrusheniya gornogo massiva perekrestnymi rezami* (Method of rock massif failure by cross cuts). Patent RF, No. 2522111. State National Research Polytechnical University of Perm. Applied: March 26, 2013. Published: July 10, 2014. Bulletin No. 19.
15. Semenov V. V., Shmakin I. G., Zhabin A. B., Chebotarev P. N. *Rezultaty sravnitelnykh issledovaniy ispolnitelnykh organov kombainov "Mairretta-900A" i "Ural-20P"* (Results of comparative studies of executive setting of mining machines "Mairretta-900A" and "Ural-20P"). *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika = Mining equipment and electromechanics.* 2012. No. 2. pp. 11–16.
16. Semenov V.V., Shmakin I. G., Zhabin A. B., Chebotarev P. N. *Sovershenstvovanie metoda rashcheta nagruzhennosti reztsov pri razrushenii kaliynykh rud* (Improvements of the method of calculation of cutter loading during potassium ore failure). *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika = Mining equipment and electromechanics.* 2010. No. 4. pp. 13–16.
17. Elenkin V. F., Klementeva I. N. *Issledovanie vliyaniya effektivnogo koeffitsienta sukhogo treniya na moment soprotivleniya vrashcheniyu shnekov ochistnogo kombaina pri vyzhdeniyakh garmonicheskikh kolebaniyakh dvizhushchego momenta* (Investigation of the influence of effective coefficient for dry friction at the moment of resisting of mining machine augers under compulsory harmonic oscillations of the driving torque). *Gornaya promyshlennost = Mining Industry.* 2014. No. 1. pp. 112–113.
18. Shishlyashnikov D. I., Chekmasov N. V., Trifanov M. G., Ivanov S. I., Zvonarev I. E. *Substantiation of the Rational Method to Control the Operating and Technical Condition Parameters of a Heading and Winning Machine for potassium Mines.* *Journal of Machinery Manufacture and Reliability.* 2015. Vol. 44, No. 3. pp. 283–287.

УДК 622.363

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ФЛОТАЦИОННОГО ОБЕСШЛАМЛИВАНИЯ КАЛИЙНЫХ РУД



Е. И. АФОНИНА,
старший научный сотрудник,
lena_kamsk@mail.ru



А. В. КОНОБЕЕВСКИХ,
старший научный сотрудник

АО «ВНИИ Галургии», Санкт-Петербург, Россия

Введение

Сильвинит — важнейшее сырье для производства калийных удобрений. Ресурсы калийных солей России огромны — суммарно запасы составляют свыше 12,6 млрд т в пересчете на K_2O , что составляет более 17 % мировых ресурсов [1]. Одним из важнейших условий эффективного обогащения сильвинитовых руд Верхнекамского месторождения калийных солей (ВМКМС) является удаление из них нерастворимых в воде примесей (шламов). Нерастворимый остаток, особенно его глинистая часть, находящаяся в руде в «свободном» виде, сорбирует значительное количество вводимого катионного собирателя — амина, что резко ухудшает

В целях повышения эффективности обогащения сильвинитовых руд Верхнекамского месторождения калийных солей проведены и представлены в настоящей статье лабораторные и опытно-промышленные исследования по интенсификации их флотационного обесшламливания.

Исследована сорбция различных собирателей шламов и выявлен новый класс достаточно эффективных соединений-собирателей — оксисилированные спирты.

В целом обоснован, разработан и рекомендован технологический комплекс интенсивной флотации диспергированных шламов с извлечением нерастворимого остатка в пенный продукт, обеспечивая тем самым «чистоту» камерного продукта и эффективность сильвиновой флотации — повышение извлечения KCl в концентрат и сокращение его потерь с хвостами.

Ключевые слова: калийные руды, флотационное обогащение, глинисто-карбонатные шламы, нерастворимый остаток, насыщенный солевой раствор, сорбция, обесшламливание, реагенты-собиратели, способ-подачи, пенный и камерный продукты.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.04.11>

показатели флотации сильвина (KCl). Содержание общего н. о. в руде Березниковского участка ВМКМС может достигать 7–8 %, в том числе «свободного» н. о. — до 3–4 %. При этом механическое обесшламливание не обеспечивает должного эффекта —