

4. Савин Г.Н. Концентрация напряжений около отверстий. – М.-Л.: Гостехиздат, 1951. – 496 с.
5. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1965. – 388 с.
6. Сурков А.И. Исследование напряженного состояния пород вокруг горных выработок на объемных моделях методом фотоупругости. – Л.: ВНИМИ, 1961. – Вып. 4. – 94 с.
7. Сурков А.И., Трумбачев В.Ф. Исследование распределения напряжений на объемных моделях оптическим методом // Научная и техническая информация. – М.: ЦИТИ Угля, 1958. – Вып. 3. – 25 с.
8. Фрохт М.М. Фотоупругость: Поляризационно-оптический метод исследования напряжений. – М.-Л.: Гостехиздат, 1950. – Т. 2. – 488 с.
9. Кулинич В.С., Шевелев Г.А., Егоров С.И. Методы и средства определения параметров геомеханического состояния газоносного породного массива. – Донецк: ЦБНТИ, 1994. – 202 с.
10. Законы, формулы, задачи физики. Справочник. Гофман Ю.В. – К., «Наук. думка», 1977. – 567 с.

УДК 622.271

Б.Е. Собко, вед. науч. сотр.,

В.В. Марченко, мл. науч. сотр., НГУ

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ВСКРЫШНЫХ РАБОТ ПРИ ОСВОЕНИИ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Надані діючі та можливі до застосування технологічні схеми розробки розсипних горизонтальних родовищ та розроблена методика вибору найбільш раціональної з них.

DEVELOPING PROCEDURE OF CHOOSING THE MOST EFFICIENT APPLICATION PROCESSING SCHEME OF LEVEL DISSEMINATED DEPOSITS FIELD DEVELOPMENT

The existing and possible to application processing schemes of level disseminated deposits field development are presented and procedure of choosing of most efficient scheme.

В Украине разработан и принят ряд общегосударственных и отраслевых программ развития минерально-сырьевой базы страны, среди них «Национальная программа развития и реформирования горно-металлургического комплекса до 2010 года», которая направлена на развитие и усовершенствование горно-добывающей отрасли. В этой связи разработка методов выбора рациональных схем разработки месторождений повышающих эффективность и стабильность работы горно-добывающего предприятия является своевременной и актуальной научной задачей.

Большое разнообразие применяющихся, а также освоение технологически возможных схем производства вскрышных и добычных работ на эксплуатируемых и вновь осваиваемых россыпных месторождениях вызывает необходимость выбора наиболее рациональной и эффективной из них.

Как показывает теория и практика проектирования открытой разработки горизонтальных месторождений [1], залегающих на глубинах до 15-20 м, основными технологическими схемами их разработки являются бестранспортные и транспортные схемы, при этом широко применяется гидромониторный размыв полезного ископаемого и его гидротранспорт на обогатительную фабрику.

Для месторождений, залегающих на глубинах 25÷50 м характерно применение технологических схем с комбинированной системой разработки, кото-

рые предусматривают применение комплексов оборудования циклического действия (экскаваторы – ЭКГ и ЭШ, одноковшовые колесные погрузчики, автосамосвалы) и непрерывного действия (роторные экскаваторы, ленточные конвейеры, перегружатели, отвалообразователи).

На основе математической модели рабочей зоны карьера, разрабатывающего россыпное месторождение [2], предложена методика выбора рациональной технологической схемы вскрышных работ при относительно большой мощности вскрыши 60м и более.

Отличительной особенностью методики является использование установленных показателей технологической оценки производства вскрышных и добычных работ: степени концентрации горных работ (K_r), приращений среднего расстояния транспортирования вскрышных пород во внутренний отвал (Δl_{mp}^{cp}) и внутрикарьерных транспортных коммуникаций ($\Delta l_{m.k}$). Оценка экономической эффективности технологических схем производства вскрышных работ производится по соответствующим приращением эксплуатационных затрат (ΔZ_{mp}) и капитальными вложениям ($\Delta K_{m.k}$) на транспортирование вскрышных пород в отвал.

В качестве интегрального (обобщающего) показателя экономической эффективности технологии вскрышных и добычных работ и выбора рациональной технологической схемы принята доходность (рентабельность) разработки месторождения.

Основные методические положения разработанной методики выбора рациональной технологической схемы вскрышных работ для условий россыпных месторождений заключаются в следующем.

1. Сравнительная оценка технологических схем вскрышных работ производится для каждой из возможных технологических схем добычных работ (табл. 1), поскольку различным комплексам добычного оборудования соответствуют определенные параметры уступов и их рабочих площадок, которые определяют размеры рабочей зоны карьера как по добычным, так и вскрышным работам. Изменение размеров рабочей зоны карьера приводит к соответствующему изменению степени концентрации горных работ и приращению (увеличению или уменьшению) расстояния транспортирования вскрышных пород во внутренний отвал.

2. В табл.1 приведены как существующие, так и возможные для применения технологические схемы добычи рудных песков. Каждая из этих схем может иметь разновидности, что учитывается индексом технологической схемы. Следует отметить, что из представленных в табл.1 технологических схем добычи полезного ископаемого наибольшая степень концентрации горных работ достигается при применении схем D_2 ; \mathcal{E}_1 ; G_2 и P_1 , когда есть возможность совместить (в вертикальной плоскости) добычную A_d и вскрышную A_e (на надрудном уступе) заходки.

3. При установлении показателя концентрации горных работ в карьере (K_r) принято допущение, что результирующий угол откоса внутреннего отва-

ла ($\beta_{рез}$), который определяется исходя из технологии вскрышных и отвальных работ, равен устойчивому углу откоса отвала β_e .

Если по технологии горных работ нельзя добиться равенства, т.е. $\beta_{рез} < \beta_e$, тогда это условие необходимо учитывать при определении показателя K_Γ .

$$K_\Gamma = \frac{\text{ctg } \varphi_e + \text{ctg } \beta_e}{\text{ctg } \varphi + \text{ctg } \beta_{рез}} \quad (1)$$

где φ и φ_e соответственно угол рабочего борта карьера и максимально возможный угол рабочего борта карьера, град.

Таблица 1- Технологические схемы добычных работ россыпных месторождений

| Порядковый номер технологической схемы, К | Индекс схемы | Комплексы оборудования на добычных уступах | | Примечание |
|---|-----------------|---|------------------|--|
| | | $h_{\partial 1}$ | $h_{\partial 2}$ | |
| 1 | D_1 | Драглайн + перегрузочный пункт + автосамосвалы (ЭШ+ПП+а/лы) | – | Вскрышная (A_∂) и добычная (A_e) рассредоточены |
| 2 | D_2 | ЭШ+а/лы | – | Возможно совмещение заходок A_∂ и A_e |
| 3 | \mathcal{E}_1 | ЭКГ+а/лы | – | То же |
| 4 | P_1 | Одноковшовые погрузчики (ОП) | ОП | Заходки A_∂ и A_e рассредоточены |
| 5 | P_2 | ОП+а/лы | ОП+а/лы | То же |
| 6 | Γ_1 | Гидромониторы (ГМН) | ГМН | То же |
| 7 | Γ_2 | ЭШ+ГМН | – | Возможно совмещение заходок A_∂ и A_e |
| 8 | R_1 | Роторный экскаватор и ленточный конвейер (РЭ+л.к) | – | То же |
| 9 | Z_1 | Земснаряд | – | Заходки A_∂ и A_e рассредоточены |

4. При установлении экономических показателей, характеризующих каждую из принятых к сравнительной оценке технологических схем вскрышных работ удельные суммарные затраты на добычу полезного ископаемого (C_0) определялись с учетом приращения эксплуатационных затрат на транспортирование вскрыши по формуле:

$$C_0 = \left(C_\partial + \frac{\Delta Z_{mp}}{Z_\partial} \right) K_\partial + C_e, \text{ грн/м}^3 \quad (2)$$

где C_{ϵ} – средневзвешенная величина себестоимости 1 м³ вскрыши для рассматриваемой технологической схемы вскрышных работ, грн;

$$C_{\epsilon} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\epsilon}} Q_{\epsilon i} \cdot C_{\epsilon i}}{Q_k^{\epsilon}}, \text{ грн/м}^3 \quad (3)$$

где $Q_{\epsilon i}$ – производительность комплекса оборудования на i -м вскрышном уступе, м³/год; $C_{\epsilon i}$ – себестоимость 1 м³ вскрыши, разрабатываемом комплексом оборудования на i -м уступе, грн; Q_k^{ϵ} – производительность карьера по вскрыше, м³/год; ΔZ_{mp} – приращение эксплуатационных затрат на транспортирование вскрыши, грн; Z_{ϵ} – годовые эксплуатационные затраты на производство вскрышных работ комплексом оборудования на i -ом уступе, грн; K_{ϵ} – коэффициент вскрыши, м³/м³; C_d – себестоимость добычи 1 м³ полезного ископаемого (без учета затрат на вскрышные работы), грн.

Апробация разработанной методики выбора рациональной технологической схемы вскрышных работ произведена на примере горно-геологических условий Малышевского месторождения титано–циркониевых руд Вольногорского ГМК.

Разработка месторождения осуществляется двумя карьерами – №7 «Юг» и №7«Север». Разработка вскрышных пород на этих карьерах производится по комбинированной системе разработки.

На карьере – №7 «Юг», на нижнем (надрудном) – H_1 и среднем H_2 вскрышных уступах используются комплексы оборудования цикличного действия (экскаваторы ЭКГ-8И(10И) и автосамосвалы БелАЗ-548). На верхнем (передовом) уступе H_3 разработка пород вскрыши производится комплексом оборудования непрерывного действия, включающем роторный экскаватор ЭРШР-1600 40/7, систему ленточных конвейеров (забойный, передаточный и отвальный) общей протяженностью около 2,5 км и отвалообразователь – ЗР-2000. Технологическая схема добычных работ – экскаватор-драглайн ЭШ 10/70+ПП+ЭКГ + автосамосвалы БелАЗ-7548.

Приведенная технологическая схема вскрышных и добычных работ, применяемая на карьере №7 «Юг» имеет существенный недостаток, за счет применения перегрузочного пункта (ПП) на верхней площадке добычного уступа, что значительно увеличивает ширину рабочей площадки надрудного вскрышного уступа H_1 и соответственно, снижает степень концентрации горных работ и как следствие, увеличивает затраты на транспортирование вскрышных пород с вышележащих горизонтов.

В этой связи выбор рациональной схемы производства вскрышных работ является актуальной научной задачей, которая решается с помощью разработанной методики.

Для сравнительной оценки принят ряд возможных технологических схем, включая применяемую на карьере №7 «Юг». Все схемы технологически приемлемы в условиях эксплуатации россыпных месторождений с мощностью вскрыши от 30 м до 50 м и более, при равной производительности горного оборудования и производственной мощности карьера. Принципиальные технологические схемы транспортной (ТСР) и комбинированной (КСР) систем разработки приведены на рис. 2 и рис. 3 соответственно.

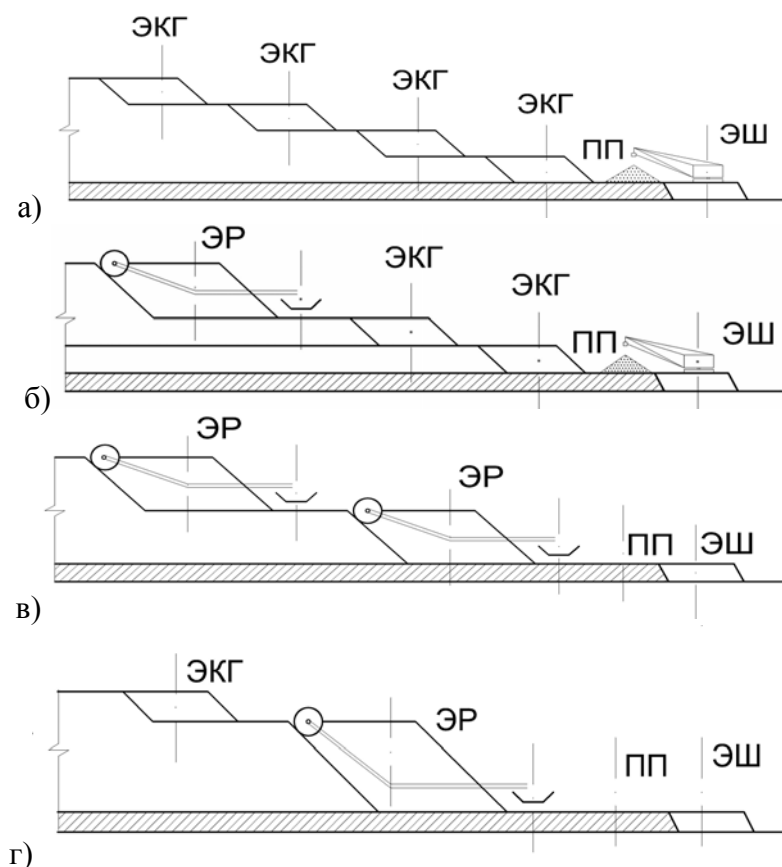


Рис. 2 – Принципиальные технологические схемы транспортной системы разработки (ТСР)
 а) ТСР₁; б) ТСР₂; в) ТСР₃; г) ТСР₄

Принятые исходные данные для выполнения расчетов следующие: производственная мощность карьера $Q_k = 5$ млн. $m^3/год$; мощность вскрыши $H_e = 50$ м; мощность пласта полезного ископаемого $h = 10$ м; длина фронта добычных работ $L_d = 1000$ м; угол откоса вскрышного уступа $\gamma = 40^\circ$; угол откоса добычного уступа $\alpha = 40^\circ$; углы естественного откоса вскрышного (γ_e) и добычного (α_e) -35° ; результирующий угол откоса внутреннего отвала ($\beta_{рез}$) и устойчивый угол откоса отвала (β_e) -19° ; угол откоса отвального уступа $\beta_0 = 35^\circ$.

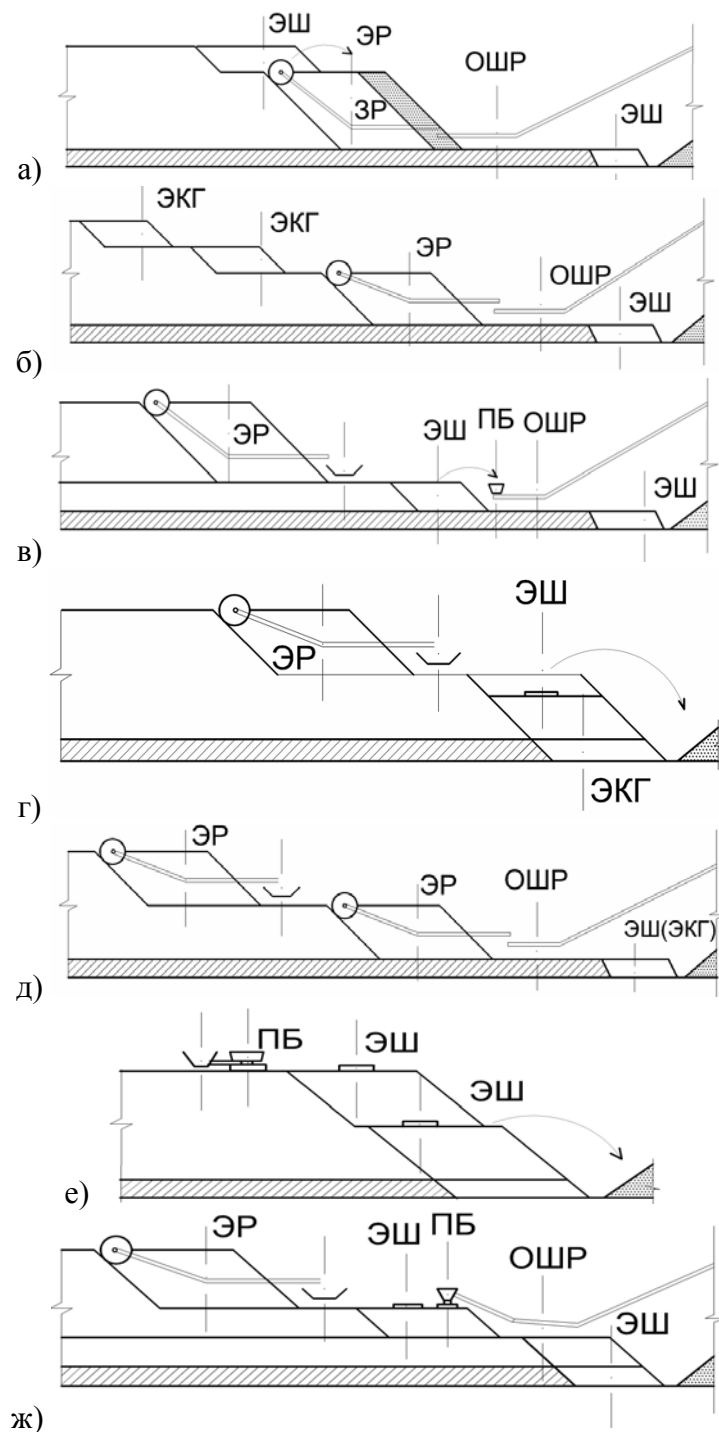


Рис. 3 – Принципиальные технологические схемы комбинированной системы разработки (КСР), а) КСР1; б) КСР2; в) КСР3; г) КСР4; д) КСР5; е) КСР6; ж) КСР7

Исходные экономические показатели принимались по усредненным статистическим данным работы карьеров Вольногорского ГМК за период 2005-2006 гг.:

– себестоимость добычи 1 м^3 полезного ископаемого (без учета затрат на вскрышные работы) $C_d = 2,1 \text{ грн}$;

– себестоимость 1 м^3 вскрыши C_v , извлекаемой комплексами оборудования:

1) ЭКГ + автосамосвалы – 3,5грн/м³; 2) Роторный экскаватор и ленточный конвейер – 2 грн/м³; 3) Роторный экскаватор и отвалообразователь – 0,7 грн/м³; 4) Экскаватор – драглайн (ЭШ) на переэкскавации – 0,8 грн/м³; 5) ЭШ при бестранспортной системе разработки – 1,0 грн/м³; 6) ЭШ через перегрузочный бункер (ПБ) подает вскрышу на отвалообразователь (ОШР) – 1,35 грн/м³.

Результаты выполненных расчетов по установлению наиболее эффективной технологической схемы вскрышных работ при разработке россыпных месторождений приведены в табл. 2.

Установлено, что наибольшей степенью концентрации горных работ в рабочей зоне карьера обладают технологические схемы комбинированной системы разработки, в которых применяются комплексы оборудования как циклического так и непрерывного действия (см. рис. 2). Это схемы: КСР₁ (ЭШ + ЭР + ОШР); КСР₄ (ЭР + л.к; ЭШ); КСР₆ (ЭШ; ЭШ+ПБ+л.к); КСР₇ (ЭР; ЭШ+ПБ+ОШР). Этим технологическим схемам соответствуют наименьшие значения приращения эксплуатационных затрат на транспортирование вскрыши (ΔZ_{mp}) во внутренний отвал (рис. 3, а) и наибольшая доходность (рентабельность) предприятия (рис. 3, б). По сравнению с применяемой на карьерах Вольногорского ГМК технологической схемой (ТСР₂, см. рис. 2), переход на одну из указанных четырех схем позволил бы снизить ежегодные затраты на транспортирование вскрыши (ΔZ_{mp}) на 2,5 млн. грн. и повысить доходность предприятия в среднем на 47,4%.

Следует отметить, что указанные схемы (КСР₁; КСР₄; КСР₆ и КСР₇), обладающие наибольшей экономической эффективностью, предусматривают совмещение вскрышной заходки на надрудном уступе и добычной заходки, что предполагает валовый способ добычи рудных песков. В случае экономической неэффективности применения валового способа добычи, необходима другая технологическая схема добычных работ. Такой схемой является схема – КСР₃, предусматривающая транспортирование пород вскрыши с надрудного уступа комплексом оборудования включающем: – экскаватор драглайн – ЭШ, перегрузочный бункер -ПБ и отвалообразователь – ОШ. По сравнению с базовой схемой (действующей на Вольногорском ГМК) схема КСР₃ позволяет существенно снизить эксплуатационные затраты на транспортирование вскрыши (ΔZ_{mp}) на 2,6 млн. грн/год и повысить доходность предприятия на 8,7%. Снижение величины ΔZ_{mp} происходит за счет замены комплексов (ЭКГ+ а/лы) на комплекс (ЭШ+ПБ+ ОШР).

Рекомендуемая схема (КСР₃) также как и действующая на Вольногорском ГМК позволяет иметь рабочую площадку на надрудном вскрышном уступе, т.е. на кровле пласта полезного ископаемого, большой ширины (до 80÷100 м), что обеспечивает возможность селективной добычи рудных песков.

Таблица 2 – Расчетные значения параметров и показателей технологических схем разработки месторождений

| Система разработки | Порядковый номер технологической схемы | Индекс схемы | Параметры | | | | Показатели | | | | | | | |
|--------------------|--|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|-------|--------------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|------|
| | | | Н ₁ , м | Н ₂ , м | Н ₃ , м | Н ₄ , м | Ф, градусы | КГ, % | $\Delta M_{тр}^{ср}$, м | $\Delta M_{к.м}$, м | $\Delta Z_{тр}$ млн. грн/год | $\Delta K_{к.м}$ млн. грн | К _{об.} млн. грн | Д, % |
| Транспортная | 1 | ТСР ₁ | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,0 | 65,8 | 104 | 195 | 4,03 | 0,39 | 230 | 8,6 |
| | 2 | ТСР ₂ | 12,5 | 12,5 | 25,0 | – | 14,5 | 73,5 | 76 | 165 | 2,95 | 0,33 | 174 | 25,0 |
| | 3 | ТСР ₃ | 25,0 | 25,0 | – | – | 11,2 | 60,5 | 123 | 233 | 3,90 | 0,47 | 115 | 54,5 |
| | 4 | ТСР ₄ | 37,5 | 12,5 | – | – | 13,5 | 68,0 | 92 | 197 | 2,92 | 0,39 | 200 | 17,7 |
| Комбинированная | 5 | КСР ₁ | 50,0 | – | – | – | 10,5 | 56,3 | 140 | 293 | 3,50 | 0,59 | 159 | 56,0 |
| | 6 | КСР ₂ | 25,0 | 12,5 | 12,5 | – | 18,0 | 75,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 172 | 35,4 |
| | 7 | КСР ₃ | 12,5 | 37,5 | – | – | 11,2 | 60,5 | 123 | 220 | 2,38 | 0,44 | 201 | 33,7 |
| | 8 | КСР ₄ | 25,0 | 25,0 | – | – | 13,4 | 68,0 | 92 | 197 | 1,78 | 0,39 | 94 | 76,4 |
| | 9 | КСР ₅ | 25,0 | 25,0 | – | – | 12,5 | 61,0 | 70 | 70 | 1,31 | 0,14 | 134 | 34,5 |
| | 10 | КСР ₆ | 25,0 | 25,0 | – | – | 15,0 | 67,8 | 52 | 52 | 0,97 | 0,11 | 74 | 75,5 |
| | 11 | КСР ₇ | 12,5 | 12,5 | 25,0 | – | – | – | 79 | 79 | 0,98 | 0,16 | 94 | 81,7 |

Примечание: числитель – добычная A_0 и вскрышная заходки A_e рассредоточены; знаменатель – добычная A_0 и вскрышная заходки A_e сосредоточены (совмещены)

Выводы:

– наибольшая экономическая эффективность технологической схемы производства вскрышных работ при эксплуатации россыпных месторождений достигается при высокой степени концентрации горных работ в рабочей зоне ($K_T = 80 \div 100\%$) и низкой концентрации комплексов горнотранспортного оборудования на уступах большой металлоемкости и относительно высокими затратами на транспортирование вскрыши во внутренний отвал;

– установлено, что к таким технологическим схемам относятся схемы комбинированной системы разработки предусматривающие использование комплексов вскрышного оборудования, включающих совместное применение экскаваторов-драглайнов, перегрузочного бункера и отвалообразователя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новожилов М.Г., Эскин В.С., Корсунский Г.Я. Теория и практика открытой разработки горизонтальных месторождений. – М.: Недра, 1978. – 327 с.
2. Собко Б.Е. Выбор и обоснование показателей оценки технологических схем разработки россыпных месторождений. – Сборник научных трудов НГУ № 27, РИК НГУ, 2007. – С. 42-47.

УДК 622.243.94:662.612.322

С.В. Демченко, мл. науч. сотр.,
ИГТМ НАН Украины

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ В КАМЕРЕ ГЕНЕРАТОРА ГАЗОВОЙ СТРУИ

Розглянуто процес неповного згорання вугільного пилу в камері генератору високотемпературного газового струменю, яка працює в режимі з нестачею окислювачу $\alpha < 1$. Отримано значення теоретичної температури графічним та теоретичним методами, а також склад продуктів неповного згорання вугільного пилу.

THE CALCULATION OF PARAMETERS OF THE COAL GASIFICATION IN THE GAS JET GENERATOR CAMERA

The process of incomplete combustion of the coal dusts in the first camera of high temperature gas jet generator that working in oxidant deficiency $\alpha < 1$ mode is considered. The values of theoretical temperature are obtained by graphic and theoretical methods as well products compound of coal dust incomplete combustion at two stage combustion.

Добыча и использование угля как первичного энергоносителя при существующих технологиях имеют определенные ограничения экономического, экологического и социального характера. Переход на «Чистые угольные технологии» позволит существенно снизить или даже полностью устранить эти сдерживающие факторы более широкого использования угля в большой энергетике. Одним из наиболее перспективных направлений является углегазификация и создание на ее основе угольно-водородной энергетики. Процесс термической переработки топлива, включаемый в большинство энерготехнологических схем, должен быть высокоинтенсивным и управляемым, позволяю-