

7. Писарев А.М., Вовк Н.Е. Обезвоживание хвостов Первомайского железорудного комбината// Тематический сборник. Обогащение руд чёрных металлов. –Вып. 5. –1976. –С. 134-138.
8. Губин Г.Г. Экспериментальные исследования сгущения тонкоизмельченных суспензий в гравитационно-электрическом поле// Сб. науч. тр. Качество минерального сырья. –Кривой Рог: КТУ. –2002. –С. 158-162.
9. Гурин А.А., Губин Г.Г., Белик В.В. и др. Технология внутрифабричного водооборота с интенсификацией сгущения воздействием постоянного электрического тока// Науч. техн. сб. Разработка рудных месторождений. –Вып. 87. –Кривой Рог: КТУ. –2004. –С. 57-59.
10. Щербаков О.К., Лебедев А.Н., Горелых А.С. Применение электроосмоса при фильтрации железорудных концентратов// Черметинформация. –1972. –№11. –С. 32-33.
11. Щербаков О.К., Лебедев А.Н., Горелых А.С. Вакуумфильтрация титано-магнетитового концентрата в поле постоянного тока// Горный журнал. –1974. –№9. –С. 58-59.
12. Тильга А.К. Электроосмотическое использование хвостов для использования их в закладке// Сб. науч. тр. ин-та «Казмеханобр» – 1982. – №25. – С.13-15.
13. Савельев С.Г., Губин Г.Г. Разработка схемы безобжигового окускования хвостов обогащения магнетитовых кварцитов// Науч. техн. сб. Разработка рудных месторождений. –Вып. 85. –Кривой Рог: КТУ. –2004. –С. 85-89.
14. Новая технология складирования шламов мокрого обогащения. Л.Р. Мигуцкий, Е.В. Горбунов, Г.Л. Андриюц и др// Бюл. Ин-та Черметинформация. –1972. –Сер. 2. Вып. 4. –С. 13-16.
15. Ковальчук В.А. Использование действующих отвалов для захоронения отходов с последующей их рекультивацией// Разработка рудных месторождений. –Вып. 68. –1999. –С. 3-6.

#### УДК 629.3

Ю.А. МОНАСТЫРСКИЙ, д-р техн. наук, Е.Ю. ДАНИЛЕНКО, аспирант  
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»,  
ВИВЧАРИК А.С. главный специалист по автотранспорту ПАО «Арселор  
Миттал Кривой Рог»

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПOTЕРЬ ГРУЗА И ЭЛЕМЕНТОВ КУЗОВА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГОРЯЧИХ ШЛАКОВ КАРЬЕРНЫМИ САМОСВАЛАМИ БЕЛАЗ 7547**

*Головним показником, що визначає технічний стан працюючого самоскиду при перевезенні гарячого шлаку є температура вантажу. У статті визначено рівень тепловитрат гарячого шлаку при перевезенні його в кузові кар'єрного самоскида БелАЗ 7547. Наведено результати*

розрахунку зміни температури шлаку в залежності від пори року роботи самоскиду.

*Главным показателем определяющим техническое состояние самосвала при перевозке горячего шлака является температура груза. В статье определен уровень теплопотерь горячего шлака при его перевозке в кузове карьерного самосвала БелАЗ 7547. Приведены результаты расчета изменения температуры шлака в зависимости от времени года работы самосвала.*

*The primary measure determining the technical condition of the truck for the carriage of hot slag is the temperature of the cargo. The article defines the level of heat losses of hot slag when it is transported in the back of dump truck BelAZ 7547. It is leaded the results of calculation for slag temperature change depending on season of transpotation.*

Все більшого значення набуває проблема оптимального вибору парку кар'єрних самоскидів враховуючи умови перевезення та тип вантажів, що особливо є актуальним для металургійних підприємств. Якщо для самоскидів, що працюють в умовах перевезення гірничої маси на родовищах та кар'єрах відкритої розробки вирішальними є стан дорожнього покриття, кути нахилу трас та їх довжини, то для металургійних підприємств додаткової уваги потребує саме тип вантажу. Особливо останню умову слід урахувувати, якщо фізико-хімічні властивості вантажу чи інші особливі фізичні умови відрізняються від нормальних, як от при перевезенні гарячих шлаків, температура яких досягає 300 °С.

**Проблема та її зв'язок з науковим та практичним завданням.** Проблема і дійсні значення температурних режимів роботи автосамоскидів в умовах перевезення гарячого шлаку майже не висвітленні, або обмежені малою кількістю статей. Це потребує встановлення ряду факторів, що визначають відмінні значення експлуатаційних показників при транспортуванні гарячих шлаків кар'єрними самоскидами. Визначення тепловитрат шлаку дозволяє говорити про фізичні процеси які першочергово визначають технічний стан самоскида. Фактичні дані можуть бути використані в боротьбі з негативним впливом високих температур гарячого шлаку на елементи кузова самоскидів.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Проблематикою перевезення гарячих вантажів займалися ряд дослідників. Серед них на особливу увагу заслуговує робота Паранукяна В.Є. щодо дослідження дійсних температурних режимів роботи автосамоскидів БелАЗ 7540 в умовах сталеплавильного виробництва [1]. Фірсов А.В. подає розгорнуту класифікацію і характеристику автомобільних кузовів на самоскидах БелАЗ, де зазначено ряд важливих фізико-механічних даних, що визначають міцнісні характеристики кузовів. В роботах Васильєва М.В, Смирнова В.П, Котяшева А.А. порушено проблематику раціонального вибору автосамоскидів для конк-

ретних умов експлуатації, серед яких важливу увагу приділено температурі вантажу. Мариев П.Л. звисвітлює проблематику металоемності та довговічності кузовів кар'єрних самоскидів.

**Постановка завдання.** В статі наведено розрахунок тепловитрат вантажу та елементів кузова при перевезенні гарячих шлаків в залежності від пори року роботи самоскида БелАЗ 7547.

**Викладення матеріалу та результати.** Для встановлення впливу конвективного теплообміну при русі автосамоскидів у повітряному середовищі в згаданому дослідженні проведено співставлення значень температур контрольних точок безпосередньо після погрузки і перед виграшкою шлаку в різні періоди року і на різних довжинах маршруту. Встановлено, що при русі автосамоскида конвективний теплообмін для більшості агрегатів встановлює низьку температуру їх роботи, за виключенням деяких для яких такі режими є несприятливими. До них відносять – шини самоскида, кузов, гідро підіймач кузова та прискорювальний клапан [1].

В силу фізико-хімічних властивостей шлаку при його транспортування він пристає до кузова автомобіля. В залежності від технології перевезення шлакову корку (гарнісаж) можуть видаляти або ж залишати в кузові у певних межах. В статті розглянуто обидва випадки транспортування [3, 4].

Розглянемо рівняння теплового балансу кузова автомобіля за один повний оборот. Загальні теплові витрати визначимо з рівняння теплового балансу:

$$Q_{ш} = Q_{ст} + Q_{г} + Q_{ін} \quad (1)$$

де  $Q_{ш}$ ,  $Q_{ст}$ ,  $Q_{г}$  - теплові витрати шлаку, стінок кузова, на підігрів гарнісажу та інші витрати відповідно.

Кількість тепла, що втрачається шлаком за один повний оборот можна визначити з умови:

$$Q_{\phi} = m_{\phi} \cdot c_{\phi} \cdot \Delta t_{\phi} \quad (2)$$

де  $m_{\phi}$  - маса шлаку, кг,

$c_{\phi}$  - теплоємність шлаку,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ ,

$\Delta t_{\phi}$  - зниження температури в ковші, °C.

Теплові витрати стінки кузова у повітря можуть бути визначені з відношення:

$$Q_{\phi} = q_{н\delta} \cdot S_{н\delta} \cdot t_{н\delta} \quad (3)$$

де  $q_{н\delta}$  - тепловий потік від стінки до повітря,  $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$ ,

$S_{н\delta}$  - площа охолодження стінки кузова,  $\text{м}^2$ .

Теплові втрати на розігрів гарнісажу:

$$Q_{\bar{a}} = m_{\bar{a}} \cdot c_{\bar{a}} \cdot \Delta t_{\bar{a}} \quad (4)$$

де  $m_{\phi}$  - маса корки гарнісажу, кг,

$c_{\phi}$  - теплоємність охолодженого шлаку,  $\frac{\hat{e} \Delta \alpha}{\hat{e} \tilde{\alpha} \cdot \hat{E}}$ ,

$\Delta t_{\phi}$  - зниження температури гарнісажу за час охолодження, °С.

За наявних фактичних даних нами було отримано наступні значення температури.

Таблиця 1

*Значення теплових витрат гарячого шлаку ті елементів кузова в залежності від пори року транспортування вантажу*

	З видаленням корки гарнісажу				Без видалення			
	Зима	Весна	Літо	Осінь	Зима	Весна	Літо	Осінь
Маса шлаку, т	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Теплоємність шлаку, кДж/кг·К	334,86	334,86	334,86	334,86	334,86	334,86	334,86	334,86
Зниження температури в кузові, °С	123,00	145,00	170,00	160,00	123,00	145,00	170,00	160,00
Тепловий потік, кКал/год	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13
Площа охолодження, м <sup>2</sup>	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Температура стінки, °С	83,00	106,00	144,33	114,33	75,97	106,00	144,33	114,33
Маса корки гарнісажу, кг/м <sup>2</sup>	-	-	-	-	73,23	164,70	248,98	340,18
Зниження температури гарнісажу, °С	-	-	-	-	51,57	60,35	68,44	77,19
Теплові витрати шлаку, кДж	1853,45	2184,96	2561,68	2410,99	1853,45	2184,96	2561,68	2410,99
Теплові витрати кузова, кДж	4930,20	6296,40	8573,40	6791,40	4512,59	6296,40	8573,40	6791,40
Теплові витрати гарнісажу, кДж	-	-	-	-	1264,57	3328,25	5705,81	8793,38
Загальні теплові витрати, кДж	6783,65	8478,36	11135,08	8902,39	7630,62	11809,61	16840,89	17995,77

**Висновки та напрямки подальших досліджень.** Наведені дані свідчать про суттєво більші теплові втрати саме через кузов самоскида, що можливо пояснити наступними причинами. Площа контакту гарячого вантажу з кузовом більше приблизно у 5-6 разів, що і показує лінійна залежність між тепловими витратами кузова і вантажу. Інтенсивність контактного теплообміну між поверхнею металу та шаром шлаку більша ніж аналогічний тепловий потік між повітрям та шлаком. Встановлено загалом більші теплові витрати при транспортування без видалення шару застиглого шлаку, що ймовірно пов'язано з тим, що застиглий шлак зберігає

свое тепло под час повернення самоскиду під навантаження, тобто більший час температура кузова залишається відносно сталою. В подальшому отримані результати слугуватимуть частиною математичної моделі фізичного впливу температури на елементи самоскидів, що перевозять гарячий шлак.

*Список літератури:*

1. Авдонькин Ф.Н. Оптимизация изменения технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации. -М.: Транспорт, 1993. -350 с.
2. Моделирование теплофизических процессов и объектов в металлургии: учеб. пособие/ А.И. Цаплин, И.Л. Никулин. –Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. –299 с.
3. Паранукян В.Э. Повышение эффективности транспортного обслуживания сталеплавильного производства металлургических заводов В.Э. Паранукян, М.В. Помазков: Вісник СНУ ім. В. Даля . 2004. №7 (77) Ч.2. –2004. -С. 36-38.

УДК 622.271.3

Ю. М. НИКОЛАШИН, д-р. техн. наук, проф., академик АГНУ

ГВУЗ “Криворожский национальный университет”

Я.В. КЕБАЛ инженер-проектировщик ГП «ГПИ «Кривбасспроект»

## **СПОСОБ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ В РЕЖИМЕ ДЕФОРМАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД**

*Предложен способ отвалообразования в режиме управляемых деформаций пород с временным опорным гребнем, в затопленный подземными водами отработанный глубокий карьер с крутыми углами наклона бортов.*

*Запропоновано спосіб відвалоутворення в режимі керованих деформацій порід з тимчасовим опорним гребенем, у затоплений підземними водами відпрацьований глибокий кар'єр з крутими кутами нахилів бортів.*

*The method of dumping in the managed mode of deformation of rock with a time reference comb, in a flooded underground water waste deep pit with steep angles of inclination of the sides.*

**Проблема и её связь с научными и практическими задачами.** При внутреннем отвалообразовании в затопленном карьере №1 горного дивизиона ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» возникла проблема переэкскавации вскрышной горной массы в выработанное пространство, из-за нарушения устойчивости отвального массива и рабочей площадки с имеющимся оборудованием (ЭКГ-4УС, ЭШ-6/45). Проблема переэкскавации горной массы возникла после размещения рабочей площадки на отвале,