

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Сибирский государственный индустриальный университет»

ВК «Кузбасская ярмарка»

**НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 9 - 2023

Главный редактор
д.т.н., проф. Фрянов В.Н.

Редакционная коллегия:
чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. Клишин В.И., д.т.н., проф. Никитенко С.М.,
д.т.н. Павлова Л.Д. (технический редактор), д.т.н., проф. Домрачев А.Н.,
д.э.н., проф. Петрова Т.В.

Н 340 Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов : науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2023. - № 9. – 390 с.

Рассмотрены аспекты развития инновационных наукоемких технологий диверсификации угольного производства и обобщены результаты научных исследований, в том числе создание роботизированных и автоматизированных угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, базирующиеся на использовании прорывных технологий добычи угля и метана, комплексной переработке этих продуктов в угледобывающих регионах и реализации энергетической продукции потребителям в виде тепловой и электрической энергии.

Журнал предназначен для научных и научно-технических работников, специалистов угольной промышленности, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Номер подготовлен на основе материалов Международной научно-практической конференции «Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов», проводимой в рамках специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» (Новокузнецк, 6-9 июня 2023 г.).

Основан в 2015 г.
Выходит 1 раз в год

Учредитель - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

УДК 622.2
ББК 33.1

| | |
|--|-----|
| ¹ к.т.н. Якубов С.И., ² д.т.н. Прошунин Ю.Е., ³ к.т.н. Юнусова Ф.Р., ³ Фирлина Г.Л., ³ Фаёз Омонуллахонов Фаррух угли, ³ Атоев Ақобир Авар угли..... | 341 |
| 1 – Институт общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан, г. Ташкент, Узбекистан | 341 |
| 2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия..... | 341 |
| 3 – НИУ Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, г. Ташкент, Узбекистан..... | 341 |
| ИНИЦИАТИВЫ РОССИЙСКИХ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ | 348 |
| Нагайцев И.А., д.э.н. Петрова Т.В..... | 348 |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия..... | 348 |
| К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КАМЕННЫХ И БУРЫХ УГЛЕЙ..... | 354 |
| д.т.н. Прошунин Ю.Е., д.т.н. Мурко В.И..... | 354 |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия..... | 354 |
| К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ НА ВЕЛИЧИНУ КОЭФФИЦИЕНТА ВНЕШНЕГО ТРЕНИЯ УГЛЕСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ..... | 361 |
| д.т.н. Прошунин Ю.Е., Гельгенберг И.О. | 361 |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия..... | 361 |
| УПРАВЛЕНИЕ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ И ПРОЦЕССАМИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ ВЬЕТНАМА | 364 |
| ^{1,2} д.т.н. Зеньков И.В., ³ Мулюшкина А.А. | 364 |
| 1 – Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия | 364 |
| 2 – Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий, г. Красноярск, Россия..... | 364 |
| 3 – Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия | 364 |
| ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ОТМЕТОК МЕСТНОСТИ ПРИ АНАЛИЗЕ ТЕХНОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ РЕЛЬЕФА | 367 |
| д.г.-м.н. Гутак Я.М., Андропова В.С..... | 367 |
| Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия | 367 |
| РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЭК КУЗБАССА..... | 372 |
| к.э.н. Новоселов С.В., г. Кемерово, Россия | 372 |
| ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ АСПЕКТ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ РОССИИ И КУЗБАССА..... | 378 |
| к.э.н. Новоселов С.В., г. Кемерово, Россия | 378 |
| КОНЦЕПЦИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ТЭК КУЗБАССА КАК ИНТЕГРАЦИОННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ РАДИКАЛЬНЫХ ВЫЗОВОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ | 382 |
| к.э.н. Новоселов С.В., г. Кемерово, Россия | 382 |
| ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЙ СТАЦИОНАРНЫХ И ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ | 386 |
| Киприянов Д.А., к.т.н. Поползин И.Ю., Дробышев В.К..... | 386 |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия..... | 386 |

3. Фролов А.В., Тонкаев Р.У. Мировая энергетика // ИнфоТЭК. – URL: <https://itek.ru>
4. Энергетический бюллетень. Аналитический центр при правительстве РФ : январь 2022. – № 104 – 22 с.
5. Мурко В.И., Прошунин Ю.Е. Перспективы и необходимые условия развития угольной промышленности Кузбасса // Научно-инновационный центр современного развития: материалы I всерос. науч. – практ. конф. : сб. науч. статей. – 2023. – С. 30 – 35.

УДК 622.831.3:622.33

К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ НА ВЕЛИЧИНУ КОЭФФИЦИЕНТА ВНЕШНЕГО ТРЕНИЯ УГЛЕСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

д.т.н. Прошунин Ю.Е., Гельгенберг И.О.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Аннотация. Разработаны конструкция установки по определению величины коэффициента внешнего трения углесодержащих материалов и соответствующая методика проведения экспериментальных исследований. Установлены основные закономерности влияния температуры нагрева поверхности и рабочей влажности концентратов коксующихся углей на величину коэффициента внешнего трения.

Ключевые слова: концентрат коксующихся углей, экспериментальная установка, коэффициент внешнего трения, рабочая влажность, поверхность, температура нагрева, закономерности изменения.

При перевозке и последующей разгрузке углей с повышенным содержанием влаги (более 8% для каменных и более 30% для бурых углей) в зимний период возникают серьезные затруднения, связанные с их смерзанием и примерзанием к стенкам и днищу железнодорожных полувагонов [1-4]. В последнее время в связи с увеличивающейся отправкой каменных углей на экспорт (более 50% годовой отечественной добычи) через восточные порты, суровый климат делает эту проблему еще более актуальной.

И хотя в течение десятилетий накоплен богатый опыт использования различных технических и профилактических мероприятий, таких как:

- снижение влаги каменных углей до 5-6% термической сушкой после обогащения;
 - предварительное замораживание угля на открытых площадках перед погрузкой его в вагоны;
 - смачивание углей продуктами дистилляции каменноугольной смолы в количестве 1-2%;
 - смачивание стенок полувагонов углеводородными жидкостями – продуктами переработки нефти и каменноугольной смолы;
 - использование гаражей для размораживания углей различных конструкций в местах разгрузки полувагонов;
 - оснащение вагоноопрокидывателей мощными вибраторами и дробильно-фрезерными машинами;
- тем не менее, проблема не может считаться окончательно решенной [1-3,5,6].

Одним из наиболее перспективных направлений [1-3,5-8] снижения негативных эффектов смерзания углей является организация обогрева конической части бункеров. При этом используются: электрокабельный обогрев, обогрев корпусными обогревателями, различные виды подачи теплоносителя в пространство между двойными стенками. Тем не менее, остается нерешенной задача установления температурного режима бункера, к которому угли – сложные органические вещества, склонные к окислению и самовозгоранию, особенно требовательны.

В работе [9] приведены результаты исследований по влиянию температуры стальной поверхности в диапазоне 20-180°C на значение коэффициента внешнего трения влажного угля. Показано, что вопреки установившемуся мнению о целесообразности подогрева футеровки емкостей до температур, больших 100°C [1-3, 7,8], значение физико-механической характеристики не только не снижается, но даже несколько возрастает.

В качестве объекта исследования выбраны концентраты коксующихся углей КХП ЗСМК (г. Новокузнецк). Марочный состав исходной смеси: ЦОФ ЗСМК (К, КС, ОС, КСН) - 59%, ЦОФ «Кузнецкая», I секция (ГЖ, Ж) - 21%, ЦОФ «Кузнецкая», II секция (ГЖ, Ж) - 20%. Технологические свойства смеси концентратов приведены в табл. 1.

Таблица 1

| Качественные характеристики исходной смеси концентратов ЗСМК | | | | | | | | | | |
|--|-------|-----------|--------------------------|------|--|------|------|-------|-------|------|
| Технический анализ, % | | | Пластометр. показат., мм | | Гранулометрический состав (%) по классам, мм | | | | | |
| W_t^a | A^d | V^{daf} | X | Y | > 6 | 3-6 | 1-3 | 0,5-1 | < 0,5 | 0-3 |
| 2.16 | 8.00 | 27.0 | 34.2 | 15.2 | 6,0 | 11,0 | 27,7 | 25,7 | 29,6 | 83,0 |

Содержание класса менее 3 мм в исходной смеси концентратов составило 83%.

С целью углубленного изучения влияния температуры поверхности на величину коэффициента внешнего трения угольных концентратов различной влажности разработана установка (рис. 1), используемая в комплексе с прибором линейного плоского сдвига.

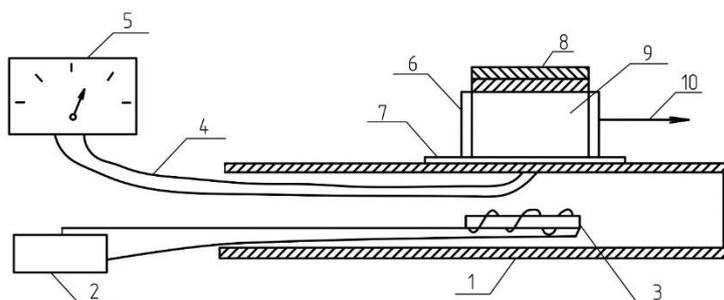


Рис. 1. Принципиальная схема установки для определения коэффициента внешнего трения при различных температурах нагрева поверхности

Внутри полый стальной пластины 1 (изготовлена из обработанной стали ст.3) находится регулируемой реостатом 2 нагревательный элемент сопротивления 3, позволяющий осуществить нагрев внешней части до 200°C, термопара 4, соединенная с показывающим прибором 5. При достижении требуемой температуры поверхности на нее устанавливается срезной элемент 6, расположенный на листе жаропрочного асбеста 7, в котором находится уплотненный заданным давлением 8 (σ_n – нормальное уплотняющее напряжение, ось абсцисс) исследуемый материал 9. После удаления асбеста и определенной выдержки производится сдвиг и фиксируется усилие 10, при котором достигается установившееся усилие среза элемента (τ – касательное напряжение, ось ординат) (первая точка паспорта прочности).

Для получения следующей точки линии предела текучести готовится следующий образец. При этом угольный концентрат уплотняется тем же заданным давлением, далее часть нагрузки снимается, и после удаления асбеста и определенной выдержки производится сдвиг и фиксируется усилие 10, при котором достигается установившееся усилие среза элемента. Для получения следующих точек (как правило, четырех – шести) повторяется полностью весь цикл операций. Обработкой полученных данных методом наименьших квадратов [10] получаем математическое выражение паспорта прочности угольного концентрата в виде: $\tau = \text{tg}\varphi_w * \sigma_n$, где $\text{tg}\varphi_w$ – коэффициент внешнего трения.

На рис. 2 приведены зависимости, полученные при величине уплотняющего давления – 8 кПа. Касательные напряжения определялись при σ_n , равном 8, 6, 4, 2 и 1 кПа. Рабочая влажность концентрата (W_{tr}) 1 – 0,5%; 2 – 10%; 3 – 7%.

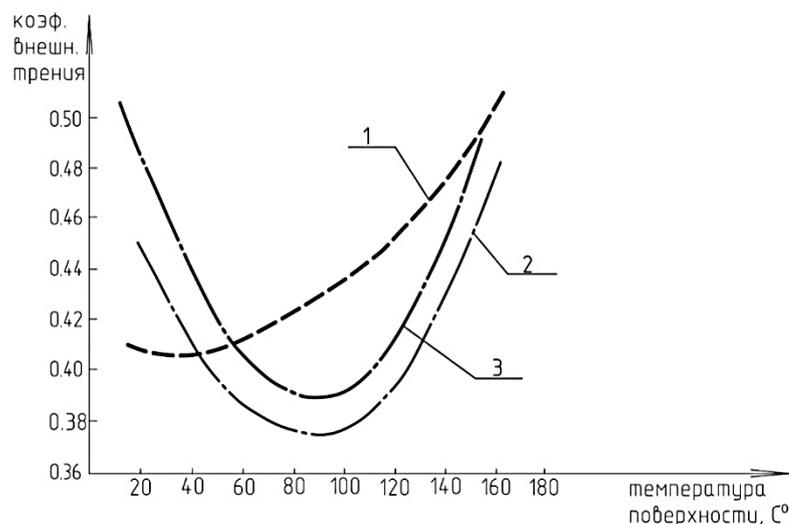


Рис. 2. Зависимость коэффициента внешнего трения от температуры нагретой поверхности ($\tau = 70$ с)

При времени выдержки 70 секунд для угольных шихт с влажностью 7 и 10 % в диапазоне температуры поверхности 20-80 °C значение коэффициента внешнего трения снижается, что может быть объяснено снижением вязкости водной прослойки. При дальнейшем повышении температуры начинается рост исследуемой характеристики из-за активизации коллоидно-химических процессов и возможного образования кристаллических мостиков [3, 9]. Для сухой смеси угольных концентратов ($W_{tr}^I = 0,5\%$) температура поверхности практически не влияет на величину коэффициента внешнего трения и лишь при температуре примерно 130 °C его значение увеличивается, что объясняется полным исчезновением влаги (в том числе адгезионной) и возникновением более прочных связей стальной поверхности с ювенильной поверхностью угольных частиц.

Вывод. На основании проведенных экспериментов можно сделать вывод о том, что подогрев футеровки целесообразно осуществлять до температуры не более 80-90 °C.

Список литературы

1. Михайлов Н.М., Шарков А.Т. Физические свойства топлива и борьба с затруднениями на топливоподаче электростанций / Н.М. Михайлов, А.Т. Шарков. – М.: Энергия, 1972. – 264 с.
2. Лурье З.С. Бункерные устройства углеобогатительных и брикетных фабрик / З.С. Лурье. – М.: Недра, 1972. – 208 с.
3. Белосельский Б.С., Барышев В.И. Низкосортные энергетические топлива. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 136 с.
4. Школлер М.Б. Современные энерготехнологические процессы глубокой переработки твердых топлив. – Новокузнецк: НОУ РЦПП ЕВРАЗ-Сибирь, 2013. – 287 с.
5. Учитель А.Д., Кормер М.В., Лялюк В.П. Проблемы транспортировки угольных концентратов в период отрицательных температур окружающей среды // Кокс и химия. – 2013. – № 5. – С. 13-19.
6. Секачев Д.Е., Рахутин М.Г. Проблемы восстановления сыпучести угольного топлива в осенне-весенний и зимний периоды в угольных терминалах // Уголь. – 2019. – № 11. – С. 54-57.

7. Харлампович Г.Д., Кауфман А.А. Технология коксохимического производства. – М.: Металлургия, 1995. – 384 с.

8. Лейбович Р.Е., Яковлева Е.И., Филатов А.Б. Технология коксохимического производства. – М.: Металлургия, 1982. – 360 с.

9. Зимон А.Д., Андрианов Е.И. Аутогезия сыпучих материалов / А.Д. Зимон, Е.И. Андрианов. – М.: Металлургия, 1978. – 288 с.

10. Ахназарова С.Л. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. – М.: Высшая школа, 1978. – 320 с.

УДК 622.271(73):550.814

УПРАВЛЕНИЕ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ И ПРОЦЕССАМИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ ВЬЕТНАМА

^{1,2}д.т.н. Зеньков И.В., ³Мулюшкина А.А.

1 – Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

2 – Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий, г. Красноярск, Россия

3 – Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия

Аннотация. В статье представлены промежуточные результаты открытой разработки месторождений угля на северо-востоке Вьетнама. В ходе дистанционного мониторинга и аналитических расчетов выявлено количество горных и транспортных машин, работающих в угольных карьерах, а также определен годовой объем экскавации вскрышных пород и угля. По результатам спутниковой съемки произведена оценка работ по восстановительной экологии на породных отвалах.

Ключевые слова: Вьетнам, провинция Куангнинь, месторождения угля, открытые горные работы, горнотранспортное оборудование, восстановление нарушенных земель, восстановительная экология, дистанционное зондирование.

Введение. В Юго-Восточной Азии Вьетнам находится на втором месте по объему добычи угля после Индонезии. За всю историю угледобычи производство открытых горных работ во Вьетнаме сконцентрировано на северо-востоке страны. Здесь главным образом разрабатывают угленасыщенные участки месторождений антрацитов для отправки последнего в основном на экспорт. На очередном этапе нашей совместной работы было принято решение о проведении исследования угледобывающего сектора Вьетнама с использованием результатов спутниковой съемки. С появлением технологий дистанционного зондирования Земли из космоса спектр прикладных исследований значительно расширился, о чем свидетельствуют работы российских и зарубежных исследователей [1 – 8].

Исследование открытых горных работ на месторождениях угля на территории Вьетнама. По данным дистанционного зондирования добыча угля открытым способом осуществляется в трех провинциях: Тхайнгуен, Лангшон и Куангнинь [9]. В первых двух объем добычи угля, по нашей оценке, не превышает 3 млн. т в год, в то время как в провинции Куангнинь имеется возможность ежегодно добывать не менее 50 млн. т угля. В план наших исследований включен угледобывающий сектор провинции Куангнинь. Открытые горные работы здесь масштабно производятся с конца 1990-х гг. В последние годы масштабная добыча угля производится в прибрежной полосе шириной до 7 км вдоль залива Ха Лонг. В этом секторе площадь территории под карьерами, отвалами, инфраструктурными объектами угледобывающего сектора по данным спутниковой съемки составляет 15800 га. В настоящее

Научное издание

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Под общей редакцией профессора В.Н. Фрянова

Компьютерная верстка Л.Д. Павловой

Подписано в печать 23.05.2023 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл.печ.л. 23,18 Уч.-изд. л. 24,74 Тираж 1000 экз. Заказ 114

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.

Издательский центр СибГИУ