

УДК 622.822

Портола Вячеслав Алексеевич, профессор, д.т.н.
Бобровникова Алена Александровна, доцент, к.т.н.
(КузГТУ, г. Кемерово)

Старикова Татьяна Николаевна, инженер
(ООО НИИГД, г. Кемерово)
Portola Vyacheslav Alekseevich, Professor,
Alena Aleksandrovna Bobrovnikova, Associate Professor
(KuzSTU, Kemerovo)
Starikova Tatiana Nikolaevna, engineer
(ООО НИИГД, Kemerovo)

**ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ УГЛЯ
НА САМОВОЗГОРАНИЕ И ВЫДЕЛЕНИЕ ГАЗОВ**

**INFLUENCE OF DEGREE OF CHARGE OF COAL
ON SPONTANEOUS COMBUSTION AND GASES**

Добыча угля сопровождается воздействием на людей опасных и вредных факторов [1,2], требующих создания нормативно-правовой системы управления безопасностью [3], совершенствования системы управления охраной труда [4]. Особенно актуальной является задача обеспечения безопасности людей в аварийных ситуациях [5-8], предотвращения травматизма [9], оказания экстренной медицинской помощи [10,11].

Наиболее распространенной аварией на угольных предприятиях являются пожары, что требует совершенствования способов борьбы с этим видом аварий [12-14]. Особенно осложняется тушение эндогенных пожаров, возникающих от самовозгорания угля [15].

Работа угледобывающей техники приводит к дроблению угля с образованием пыли размером менее 1 мм и кусков угля различного размера и формы. Причем на отдельных этапах добычи угля может происходить разделение отбиваемого угля с образованием однородных по размеру частиц скоплений. Образующиеся угольные скопления начинают окисляться кислородом воздуха, и происходящие экзотермические реакции могут приводить к повышению температуры этих скоплений. Условием нагрева угля и развития процесса самовозгорания является положительный тепловой баланс между количеством тепла, выделяемым за счет окисления, и теплом, теряемым в окружающее пространство.

Формирование скоплений мелких частиц угля в основном происходит потоками воздуха. Чем мельче частица, тем дальше она может быть отнесена. Наиболее часто скопления мелкого угля оказываются в выработанном пространстве. Учитывая возможность самовозгорания таких

скоплений, необходимо оценить способность к окислению частиц угля разных размеров, а также их возможность выделять различные газы, которые могут быть опасными для шахтеров.

Для исследования использовался уголь пласта **III**. В лаборатории пробы измельчены до угольной мелочи размером 1-3 мм и угольной пыли трех фракций (0,2-1 мм; 0,064-0,2 мм; 0-0,064 мм). Затем пробы угля и угольной пыли помещались в сорбционные сосуды и герметично закрывались. Время выдержки проб составило 120 часов. Через сутки, трое и пятеро суток в сорбционных сосудах измерялась концентрация кислорода и выделившихся из угля газов.

Исследования газообразных продуктов окисления угля и угольной пыли проведены при низкотемпературном окислении (температура 24 °С) и в условиях нагрева при температурах 50, 100, 150, 200 и 300 °С. Вычисление константы скорости сорбции кислорода угольной мелочью и угольной пыли производилось по формуле

$$U = -\frac{V}{M\tau} \ln \frac{C_A(1-C_0)}{C_0(1-C_A)}, \quad (1)$$

где: V – объем воздуха, находящийся в соприкосновении с углем, см³; M – масса пробы угля, г; τ – время контакта воздуха с углем, ч. C_0 – начальная концентрация кислорода в сосуде, доли ед.; C_t – концентрация кислорода через время t , доли ед.

Результаты исследования низкотемпературного окисления проб угля с различными размерами угольных частиц приведены в табл. 1. Расчет константы скорости сорбции проводился по формуле (1). В таблице также приведены концентрации газов, выделившиеся из угля в процессе его окисления.

Таблица 1

Размер частиц угля	U_{24} , см ³ /г час	CO ₂ , %, Углекислый газ	CO, %, Оксид углерода	H ₂ , %, водород	CH ₄ , %, метан	C ₂ H ₆ , % этан	C ₃ H ₈ , % пропан
1-3 мм	0,0579	0,02	0,0078	0,0005	13,0829	0,00223	0,00018
0,2-1,0 мм	0,0631	0,04	0,0109	0,0005	15,3442	0,00301	0,00023
0,064-0,2 мм	0,0466	0,07	0,0140	0,0005	4,6731	0,00291	0,00023
<0,064 мм	0,0401	0,11	0,0161	0,0005	0,5442	0,00165	0,00021

Анализ результатов исследования образования газообразных продуктов окисления угля и угольной пыли пласта **III** при нормальной температуре (24 градуса) показывает, что уголь пласта активен по

отношению к кислороду. Снижение размера частиц до 0,2-1,0 мм увеличивает этот показатель и повышает опасность самовозгорания такой фракции. Однако дальнейшее уменьшение размера частиц угля снижает сорбционную активность и опасность развития эндогенного пожара. Полученные результаты отклоняются от данных, приведенных в [16]. Можно отметить увеличение выделения углекислого газа и оксида углерода со снижением размера частиц угля. Образование водорода практически не зависит от размера фракций угля. Выделение метана, этана и пропана возрастает при уменьшении частиц угля до 0,2-1,0 мм, а при дальнейшем дроблении угля начинает снижаться. В опытах не зафиксировано выделение этилена, пропилена, ацетилен.

Среди исследованных газов токсичным является оксид углерода. Предельно допустимая концентрация этого газа в рабочей зоне составляет 0,0017%. При отработке этого пласта необходимо учитывать, что при естественной температуре окружающей среды концентрация этого газа в рудничной атмосфере может превышать нормативные значения. Особенно увеличивают выделение оксида углерода в рудничную атмосферу скопления угольной пыли.

Вторая серия экспериментов предусматривала прогрев проб угля (размер частиц 1-3 мм) и угольной пыли (размер частиц 0,2-1,0 мм). Выделение оксида углерода из проб при температуре 50, 100, 150, 200 и 300 °C приведено в табл. 2.

Таблица 2

Концентрация оксида углерода в воздухе при различной температуре угля

Температура, °C	50	100	150	200	300
Фракция 1-3 мм	0,0014	0,0112	0,0605	0,2037	1,6737
Фракция 0,2-1,0 мм	0,0010	0,0082	0,0560	0,1509	1,7804

Из приведенных данных видно, что наблюдается быстрое увеличение выделения оксида углерода с повышением температуры. Особенно быстро нарастает выделение газа при температуре более 200 °C. Можно также отметить, что до температуры 300 градусов интенсивность выделения оксида углерода больше у угля (1-3 мм). Но при температуре 300 °C мелкая фракция (0,2-1,0 мм) выделяет больше этого токсичного газа.

По результатам эксперимента построены термограммы, показывающие изменение температуры проб во времени. Для сравнения показаны термограммы прогрева пустых колб. По результатам эксперимента можно оценить выделение тепла в пробах за счет окисления угля. Результаты приведены на рис. 1.

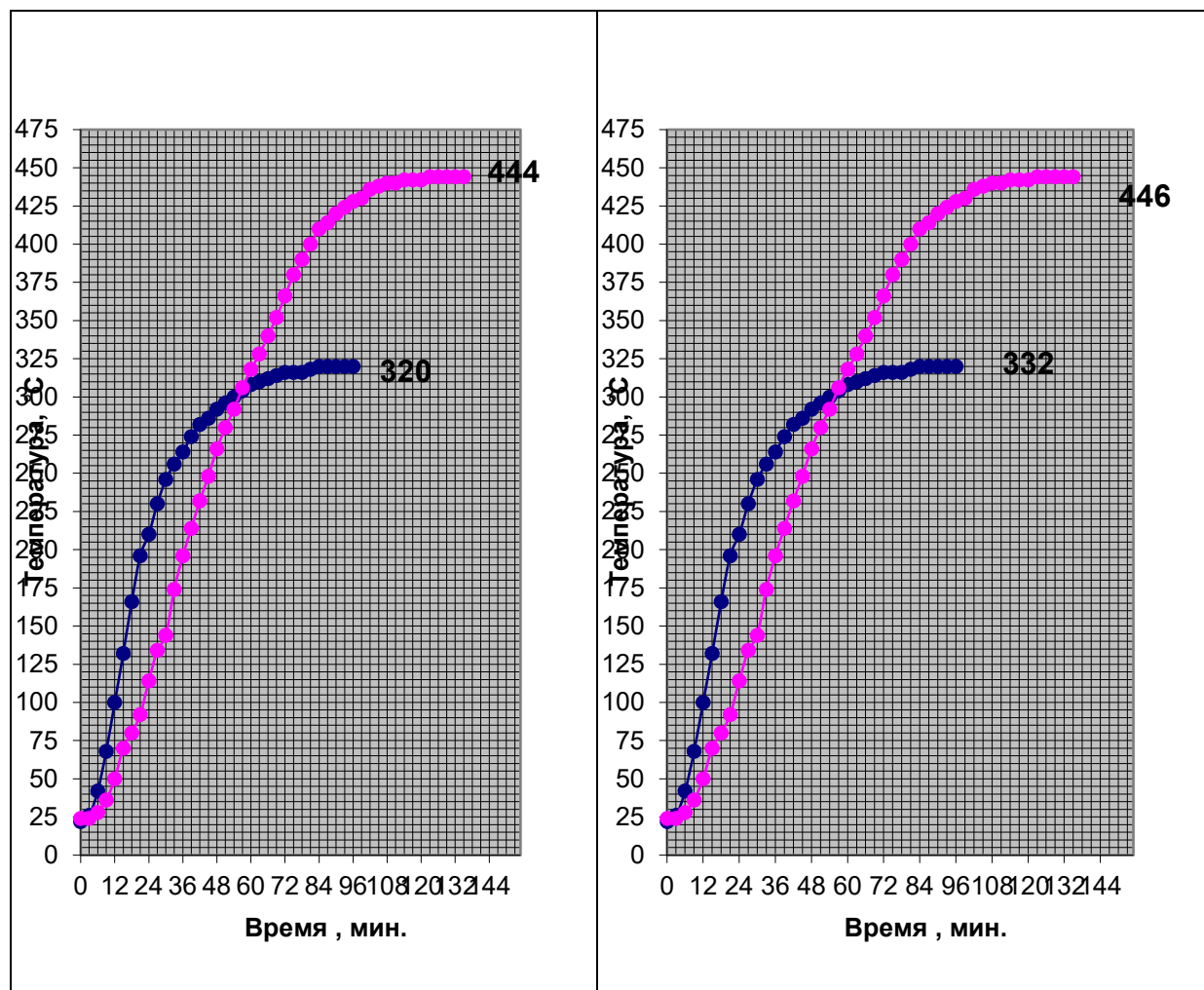


Рис. 1. Термограмма прогрева угольной пыли (слева) и угля (справа):

Из приведенных данных можно сделать вывод, что интенсивное выделение тепла в пробах угля и угольной пыли начинается при температуре около 300 °С. Пустые колбы вначале нагреваются быстрее, чем заполненные углем, а затем их температура стабилизируется. Колбы с пробами выравниваются по температуре с пустыми при 300 °С. Затем продолжается рост температуры угля за счет выделения тепла от реакций окисления. Термограммы проб с различными размерами частиц угля практически не отличаются.

На основании выполненных исследований можно сделать выводы, что при отработке пласта **III** в контрольных точках лавы следует ожидать присутствие таких индикаторных газов, как оксид углерода и водород. По мере отработки лавы содержание индикаторных газов в рудничной атмосфере может повыситься за счет накопления угольной пыли и разрыхленного угля в выработанном пространстве.

Признаком очага самонагрева в выработанном пространстве отработываемого пласта будет являться увеличение в динамике

совместного содержания в отбираемых пробах таких индикаторных газов, как оксид углерода, водород, этилен, пропилен.

Список литературы

1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РОССИИ Пашкевич Н.А., Бесперстов Д.А., Зубарева В.А., Иванов Ю.И., Расщепкина Е.А. Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2013 № 1-1 С. 161-165.

2. ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ КОМБАЙНА НА ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕ ИЗ ОТБИТОГО УГЛЯ ПРИ ВЫСОКИХ НАГРУЗКАХ НА ОЧИСТНОЙ ЗАБОЙ Шевченко Л.А., Зубарева В.А. Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2018 № 3 (127). С. 50-56

3. О СОЗДАНИИ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШАХТЕРОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ Голик А.С., Зубарева В.А., Син А.Ф. Безопасность труда в промышленности. 2005 № 5. С. 13-14.

4. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА В ОРГАНИЗАЦИИ Зубарева В.А., Поляк Л.М. Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2013 № 2. С. 33-36.

5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В АВАРИЙНЫХ УСЛОВИЯХ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ Голик А.С., Зубарева В.А., Апальков А.С. Безопасность жизнедеятельности. 2009 № 7 (103). С. 10-12.

6. БЕЗОПАСНОСТЬ ШАХТЕРОВ В АВАРИЙНЫХ УСЛОВИЯХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ Апальков А.С., Голик А.С., Зубарева В.А. Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2011 № 2. С. 81-83.

7. СРЕДСТВА КОЛЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ШАХТЕРОВ И ГОРНОСПАСАТЕЛЕЙ В АВАРИЙНЫХ УСЛОВИЯХ ШАХТ Голик А.С., Зубарева В.А., Апальков А.С., Журавлев Р.П. Безопасность труда в промышленности. 2013 № 1. С. 16-19.

8. СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПЕРСОНАЛА ШАХТ В АВАРИЙНЫХ УСЛОВИЯХ Голик А.С., Зубарева В.А., Апальков А.С. Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2015 № 3. С. 61-65.

9. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В ОРГАНИЗАЦИЯХ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ Шевченко Л.А., Аносова Ю.В., Кроль Г.В., Зубарева В.А., Шматова А.В. В сборнике: Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах. Материалы XIII Международной научно-практической конференции. Под редакцией С.Г. Костюк. 2019 С. 405-1-405-4.

10. ПОДЗЕМНЫЙ РЕАНИМАТОЛОГИЧЕСКИЙ МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС Голик А.С., Зубарева В.А., Галеев И.К. Безопасность труда в промышленности. 2014 № 7. С. 39-41.

11. ОКАЗАНИЕ ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В ПОДЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ Голик А.С., Зубарева В.А., Галеев И.К., Апальков А.С. Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2014 № 2. С. 96-99.

12. К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ НА ОБЪЕКТАХ Зубарева В.А., Бесперстов Д.А. Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2013 № 2. С. 29-32.

13. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОЖАРА НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ Зубарева В.А., Пашкевич Н.А., Апальков А.С. Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2012 № 2. С. 157-162.

14. К АНАЛИЗУ УРОВНЯ ПОЖАРООПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ Зубарева В.А., Бесперстов Д.А., Жолудев Е.Р. Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2009 № 2. С. 90-95.

15. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА САМОВОЗГОРАНИЯ УГЛЯ НА ОБЪЕКТАХ "РАЗРЕЗА ОКТЯБРИНСКИЙ" Зубарева В.А., Беяк А.Л. В сборнике: Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах. Материалы XIII Международной научно-практической конференции. Под редакцией С.Г. Костюк. 2019 С. 101-1-101-6.

16. Портола В.А. Опасность самовозгорания угольной пыли. Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 6. – С. 36–39.

Заявка	
на участие в работе конференции СИБРЕСУРС-2020	
Фамилия, имя, отчество: Портола Вячеслав Алексеевич, Бобровникова Алена Александровна, Старикова Татьяна Николаевна	
1. Место работы, должность: профессор кафедры АОТиП КузГТУ	
2. Ученая степень д.т.н.	
3. Почтовый адрес: г. Кемерово, ул. Весенняя, 28	
4. Телефон 396370	Факс 396370
E-mail aotp2012@yandex.ru	
5. Я намерен принять участие в работе конференции (нужное отметить): а) с выступлением и публикацией доклада в Сборнике материалов конференции;	

б) в качестве слушателя без выступления, но с <u>публикацией</u> в Сборнике материалов конференции;
в) в качестве слушателя без выступления и публикации в Сборнике материалов конференции;
г) в качестве заочного участника, только с публикацией в Сборнике материалов конференции (без посещения конференции).
6. Название доклада ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ УГЛЯ НА САМОВОЗГОРАНИЕ И ВЫДЕЛЕНИЕ ГАЗОВ
6. Направление: 1. Добыча угля: технологические и экологические проблемы
7. Требуется ли гостиница? НЕТ