

**СЕКЦИЯ 13  
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ НАДЕЖНОГО И БЕЗОПАСНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ  
ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Стрижак П.А., д.ф.-м.н., профессор**

***Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия***

Потребности современных производств в электрической и тепловой энергии колоссально большие. При этом нет оснований утверждать, что данные потребности в каком-либо обозримом будущем снизятся даже при активном внедрении энергосберегающих технологий. Как следствие, общий объем добываемых полезных ископаемых (уголь, газ, нефть) ежегодно стремительно увеличивается [11, 12, 15–18]. В последние годы вследствие группы общеизвестных проблем цены и объемы добычи нефти и газа крайне нестабильны. В такой ситуации уголь может стать основным энергоресурсом на ближайшие десятилетия. Такие прогнозы [11, 12] делаются еще и потому, что ежегодно публикуются прогнозы с малыми остатками нефти и газа в недрах земли.

У угольных топлив есть существенные и общеизвестные [6, 14, 16, 19] недостатки по сравнению с нефтью и газом. Во-первых, уголь характеризуется максимальными концентрациями антропогенных выбросов и зольного остатка от сжигания. Во-вторых, при обогащении угля образуются большие объемы отходов, широкое применение которых весьма ограничено по ряду причин (технологических, экономических, экологических). В-третьих, транспортировка угля возможна лишь за счет перевозок с применением железнодорожного, водного и автомобильного транспорта. Такие перевозки по сравнению с трубопроводным транспортом гораздо дороже. Поэтому целесообразно разрабатывать технологии для минимизации данных недостатков. Одними из перспективных технологий в этом плане являются подходы, предполагающие применение водоугольных (ВУТ) [7, 9, 17] и органоугольных (ОВУТ) [2, 4, 5, 13] суспензий, так как такие топлива транспортируются с применением трубопроводов, имеют меньшие концентрации антропогенных выбросов за счет добавления воды и характеризуются повышенной пожаровзрывобезопасностью. Отсутствует возможность нерегламентированных возгораний (в отличие от пылевидного угля) на этапах подготовки и транспортировки топлива, так как оно содержит большую долю воды – вещества со значительной теплотой парообразования. В качестве компонентов таких топлив могут применяться многочисленные отходы углепереработки или низкосортные угли. Также потенциальными компонентами ВУТ и ОВУТ могут стать [2, 4, 5, 13] отработанные горючие жидкости, нефтешламы, смолы и др.

Переработка нефти и угля,

а также их транспортировка и хранение сопровождаются образованием многочисленных отходов – нефтешламов и фильтр-кеков [11, 15, 18]. Объемы этих отходов составляют в зависимости от месторождений, технологий переработки и интенсивности производства от 8 % до 15 % к объему добычи энергоносителей [1, 8, 10]. Так, например, в Китае при производстве каменного и бурого углей 1840 млн. тонн в 2015 году объем образования кеков составил не менее 162 млн. тонн. Для России и США цифры еще масштабнее в процентном соотношении. В России данные вопросы особенно актуальны в связи с открытым хранением большинства таких отходов [1, 8, 10].

Фильтр-кеки и нефтешламы представляют большую опасность для окружающей среды [3]. Часть этих отходов подвергается захоронению (основная масса не перерабатывается). К настоящему времени в мире накоплено более 1 млрд. тонн нефтешламов. Кроме того, в различных отраслях промышленности ежегодно образуются десятки млн. тонн жидких горючих отходов (отработанные моторное, турбинное, трансформаторное, компрессорное масла и др.) [3].

К настоящему времени стало понятным (об этом, в частности, говорилось на конференции по изменениям климата в Париже в ноябре-декабре 2015 г.), что дальнейшее захоронение или хранение на открытых площадках фильтр-кеков, нефтешламов и отработанных горючих жидкостей становится невозможным. Необходимы срочные мероприятия международного уровня по переработке как накопившихся за последние десятилетия отходов, так и вновь образующихся. Непринятие мер по ликвидации таких отходов может привести к экологической катастрофе. Предвестником ее является, например (январь-февраль 2016 г.), загрязнение воздуха в крупных городах Китая на уровне в десятки раз превышающем предельно допустимые концентрации в основном за счет распыления в атмосфере твердых отходов углепереработки и углесжигания.

Фильтр-кеки представляют перспективные (по экономическим, экологическим, энергетическим характеристикам [2, 4, 5, 13], а также с точки зрения пожаровзрывобезопасности) компоненты топлив, но слабо изученные. Проводимые в Национальном исследовательском Томском политехническом университете экспериментальные исследования показали, что суспензии ОВУТ существенно снижают экологическую нагрузку энергетических предприятий. Перспективной задачей остается оптимизация энергетических и экономических индикаторов применения суспензий ОВУТ, приготовленных в том числе из различных промышленных отходов.

***Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект 15-19-10003).***

Литература

1. BP Statistical Review of World Energy. 2015. <http://www.bp.com>.
2. D. O. Glushkov, S. Yu. Lyrshchikov, S. A. Shevyrev, P. A. Strizhak Burning Properties of Slurry Based on Coal and Oil Processing Waste // *Energy Fuels*, 2016, 30 (4), pp 3441–3450.
3. Glushkov D.O., Strizhak P.A., Chernetskii M.Yu. Organic Coal-Water Fuel: Problems and Advances (Review) // *Thermal Engineering*. 2016. V. 63, No. 10. P. 707–717.
4. Glushkov D.O., Strizhak P.A., Vershinina K.Yu. Minimum temperatures for sustainable ignition of coal water slurry containing petrochemicals // *Applied Thermal Engineering*. 2016. V. 96. P. 534–546.
5. Glushkov D.O., Syrodoy S.V., Zakharevich A.V., Strizhak P.A. Ignition of promising coal-water slurry containing petrochemicals: Analysis of key aspects // *Fuel Processing Technology*. 2016. V. 148. P. 224–235.
6. Hezhong Tian, Yan Wang, Zhigang Xue, Yiping Qu, Fahe Chai, Jiming Hao, Atmospheric emissions estimation of Hg, As, and Se from coal-fired power plants in China // *Science of The Total Environment*. – 2011. – V. 409. – I. 16. – P. 3078-3081.
7. Hui Wang, Xiumin Jiang, Minxiao Zhang, Yufeng Ma, Hui Liu, Shaohua Wu, A new fluidization-suspension combustion technology for coal water slurry // *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. – 2010. – V. 49. – I. 10. – P. 1017-1024.
8. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 5, Issue 4, April-2014.
9. Jianguo Liu, Xiumin Jiang, Lingsheng Zhou, Hui Wang, Xiangxin Han. Co-firing of oil sludge with coal-water slurry in an industrial internal circulating fluidized bed boiler // *Journal of Hazardous Materials*. – 2009. – V. 167. – P. 817–823.
10. Key World Energy Statistics. International Energy Agency. 2014. <http://www.iea.org>.
11. Kontorovich AE, Epov MI, Eder LV. Long-term and medium-term scenarios and factors in world energy perspectives for the 21st century, *Russian Geology and Geophysics*. 2014;55(5-6):534–43.
12. Lior N. Energy resources and use: The present situation and possible paths to the future. *Energy* 2008;33(6):842–57.
13. Lishtvan II, Falyushin PL, Smolyachkova EA, Kovrik SI. Fuel suspensions based on fuel oil, peat, waste wood, and charcoal. *Solid Fuel Chemistry* 2009;43(1):1–4.
14. M. P. Baranova, T. A. Kulagina and S. V. Lebedev, Combustion of water and coal suspension fuels of low-metamorphized coals // *Chemical and Petroleum Engineering*. – 2009. – V. 45 (9-10). – P. 554-557.
15. Negin Heidari, Joshua M. Pearce. A review of greenhouse gas emission liabilities as the value of renewable energy for mitigating lawsuits for climate change related damages// *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. V. 55. P. 899-908.
16. Sarath K. Guttikunda, Puja Jawahar, Atmospheric emissions and pollution from the coal-fired thermal power plants in India // *Atmospheric Environment*. – 2014. – V. 92. – P. 449-460.
17. Wenying Chen, Ruina Xu, Clean coal technology development in China // *Energy Policy*. – 2010. – V. 38. – No. 5. – P. 2123-2130.
18. Xu M, Zhang J, Liu H, Zhao H, Li W. The resource utilization of oily sludge by co-gasification with coal. *Fuel* 2014;126:55–61.
19. Y. Hu, S. Naito, N. Kobayashi, M. Hasatani, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub> emissions from the combustion of coal with high oxygen concentration gases // *Fuel*. – 2000. – V. 79. – P. 1925–1932.

**МИНИМИЗАЦИЯ МУЛЬТИПЛИКАТИВНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НЕФТИ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Ю.Е. Балахнина, Е.А. Андрианова, Ю.К. Атрошенко**

**Научный руководитель: к.т.н., ст. преподаватель Атрошенко Ю.К.**

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Поддержание температуры нефти в трубопроводах и на пунктах сбора и подготовки нефти осуществляется для обеспечения возможности надежной транспортировки нефти, так как снижение температуры может приводить к загустению продукта и может препятствовать протеканию технологических процессов [2, 3]. Для поддержания температуры нефти используются установки подогрева. В зависимости от химического состава и свойств нефти ее температура поддерживается в диапазоне от 30 до 90 °С [1, 4].

Для измерения температуры нефти используются термопреобразователи сопротивления и термоэлектрические преобразователи [5]. От качества работы систем контроля параметров (давления, температуры и т.д.) зависит надежность работы систем добычи и транспортировки нефти, поэтому основной задачей метрологического обеспечения объектов нефтегазовой промышленности является обеспечение получения оперативной и достоверной информации о технологических процессах.

Одной из погрешностей измерения температуры, которая может быть устранена методами минимизации систематической погрешности в ходе подготовки и проведения измерения является мультипликативная погрешность. Такая погрешность увеличивается (или уменьшается) с изменением измеряемой физической величины [9]. Одним из источников такой погрешности является не полный контакт спая термомпары с объектом измерения. Причинами не полного контакта является конструкция датчика (промышленное исполнение) и наличие вспомогательной арматуры (защитной гильзы) [6, 7]. В этих условиях способом минимизации такой погрешности является выбор обоснованного времени выполнения измерений. Для определения влияния