

КОМПЛЕКСНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЖИГАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЖИДКИХ ТОПЛИВ

Дорохов В.В.

Научный руководитель - ассистент Г.С. Няшина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На сегодняшний день существует достаточно широкая номенклатура отходов производства различных отраслей промышленности [4]. К ним относятся различные виды биомассы, например, опилки, осадок сточных вод, солома, нефтяные отходы, а также отходы угольной промышленности. Вовлечение их в топливно-энергетический сектор позволит не только утилизировать накопившиеся объемы отходов и снизить стоимость производимой энергии, а также, в ряде случаев, повысить экологические характеристики горения топлив.

Основными антропогенными выбросами, образующимися при сжигании топлива, принято считать NO_x , SO_x , CO , CO_2 [1]. Также к ним относят загрязнения тяжелыми металлами и мелкодисперсными летучими частицами. Такие загрязнения негативно влияют на состояние биосферы, здоровье людей и климат [3]. В связи с этим проводится множество исследований, направленных на изучение путей снижения газовых выбросов при использовании традиционных и альтернативных котельных топлив.

При оценке экологических характеристик топливных смесей необходимо учитывать целый ряд факторов. Для этих целей можно использовать методы мультикритериальной оценки (multi-criteria decision making methods), которые позволяют получать комплексную оценку топлив с учетом всех влияющих критериев. Наиболее распространенными способами расчета комплексной эффективности являются методы взвешенной суммы (WSM) и взвешенного произведения (WPM).

Целью данной работы является экспериментальное определение компонентного состава дымового газа, образующегося при сжигании перспективных жидких композиционных топлив на основе угольных и нефтяных отходов, а также биомассы.

Основным компонентом всех рассматриваемых топливных смесей являлся высушенный фильтр-кек угля Д, представляющий собой типичный отход угольной промышленности. Кроме него, в состав топлив вносились добавки отработанного турбинного масла, опилок и арахисовой скорлупы. В ходе данной работы рассматривались следующие топлива:

- (1) уголь марки Д 100%;
- (2) фильтр-кек угля марки Д 50%, вода 50%;
- (3) фильтр-кек угля марки Д 50%, вода 45%, отработанное турбинное масло 5%;
- (4) фильтр-кек угля марки Д 45%, вода 50%, опилки 5%;
- (5) фильтр-кек угля марки Д 45%, вода 50%, скорлупа арахиса 5%.

С целью вовлечения значительного объема накопившихся угольных отходов, а также достижения приемлемых энергетических характеристик, доля твердой части для суспензионных топлив составляла 50%. Кроме этого, процентное содержание воды равно 40-50% характерно для фильтр-кека в его исходном состоянии, что, на практике, упрощает процесс приготовления топливной смеси. Отработанное турбинное масло характеризуется высокими энергетическими и стабилизирующими свойствами, поэтому оно представляет интерес в качестве потенциально эффективной добавки. Добавки биомассы выбирались исходя из достаточного темпа образования данных отходов, а также их потенциальной эффективности с точки зрения экологии. Также, для сравнения результатов, были проведены исследования экологических характеристик горения угля марки Д. Результаты элементного и технического анализа используемых компонентов представлены в таблице.

Таблица

Технический и элементный анализ используемых компонентов

Компонент	W^a , %	A^d , %	V^{daf} , %	$Q_{s,v}^a$, МДж/кг	C^{daf} , %	H^{daf} , %	N^{daf} , %	S_t^d , %	O^{daf} , %
Основной угольный компонент									
Уголь «Д»									
Фильтр-кек «Д»	–	36.99	41.47	19.24	73.27	4.9	2.35	0.22	19.26
Добавки из числа растительных и промышленных отходов									
Опилки	7.0	1.6	83.4	18.1	52.5	6.58	0.22	следы	40.70
Скорлупа арахиса	7.88	3.1	68.1	21.42	50.9	7.5	1.2	0.02	40.4
Отработанное масло	–	0.03	98.9	44.99	85.1	14.1	0.3	0.4	0.1

Схема экспериментального стенда и подробное описание методики проведения экспериментов представлено в [2]. Сжигание исследуемых топлив производилось при температурах 700-900 °С, поскольку данный температурный диапазон обеспечивают протекание всех характерных стадий зажигания и горения с активным выделением газообразных веществ.

Для сравнения экологических характеристик горения топлив был использован метод взвешенной суммы. Для его реализации необходимо нормализовать полученные концентрации газовых выбросов относительно какой-либо эталонной величины. В качестве такой величины приняты выбросы, образующиеся при сжигании угля марки Д. Значения нормализованных концентраций газовых выбросов представлены на рисунке 1.

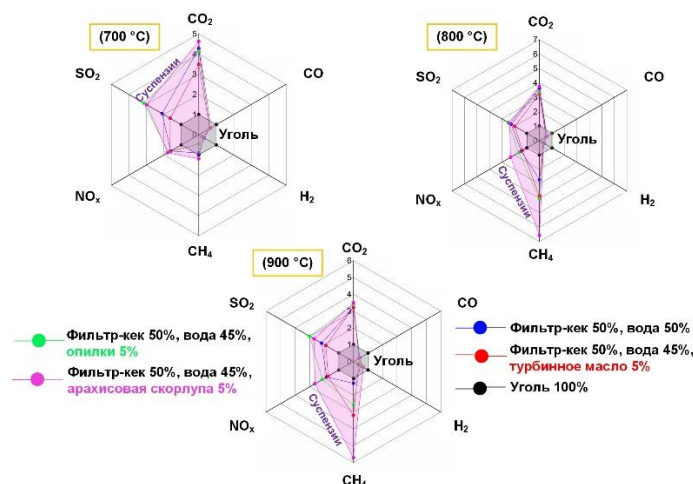


Рис. 1. Нормализованные значения показателей

На рисунке 1 видно, что по четырем экологическим показателям (CO₂, CH₄, NO_x и SO₂) из шести суспензионные топлива превосходят уголь. Площадь поверхности на круговой диаграмме, которую занимают суспензии, много больше, чем площадь для угля. Для расчета обобщающего показателя выбран метод взвешенной суммы, при котором рейтинг экологичного использования топлива рассчитывается следующим образом:

$$A_n = \sum C \cdot X,$$

где A_n – обобщенный экологический показатель, C – значение весового критерия для каждого критерия сравнения, X – нормализованное значение отдельного показателя.

В данной работе весовые критерии всех показателей приняты равными 1. Полученные значения относительного экологического показателя для исследуемых топлив представлены на рисунке 2.

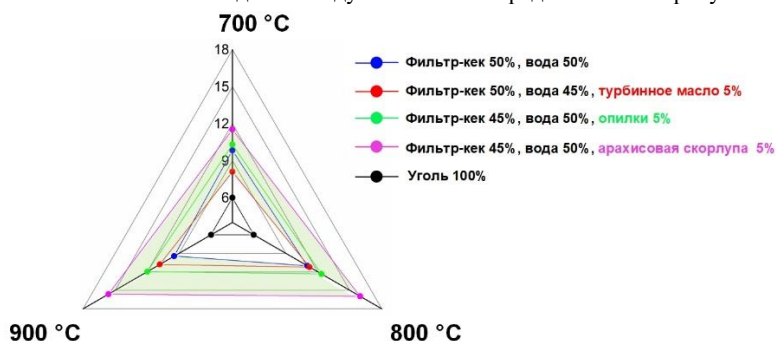


Рис. 2. Значения обобщенного экологического показателя использования топлив

По полученным результатам можно сделать вывод о том, что наиболее экологичным топливом является суспензия с добавкой ореховой скорлупы. Данное топливо характеризуется наименьшими концентрациями CH₄, CO₂ и NO_x на всем диапазоне температур. Также можно отметить, что все рассматриваемые суспензионные топлива по показателю относительной экологичности использования превосходят уголь. Суспензионные топлива уступают каменному углю с точки зрения выбросов CO и H₂, однако по остальным критериям демонстрируют устойчивые преимущества. На рисунке 2 цветом выделена зона, в которой расположены значения относительных показателей для всех исследуемых суспензионных топлив. Как видно из диаграммы, экологический показатель топливных суспензий превосходит аналогичный параметр каменноугольного топлива на 26–62%. Также высокими значениями обобщенного экологического показателя характеризуется суспензия с добавкой опилок. По результатам расчёта также получено, что топливо с добавкой турбинного масла оказалось экологичнее традиционного водоугольного топлива (фильтр-кек 50%, вода 50%) при температурах в камере сгорания >800 °C.

Литература

1. Munawer, M.E. Human health and environmental impacts of coal combustion and post-combustion wastes // Journal of Sustainable Mining. – 2018. – V. 17. – P. 87–96.
2. Nyashina, G.S. Environmental, economic and energetic benefits of using coal and oil processing waste instead of coal to produce the same amount of energy / G.S. Nyashina, M.A. Kurgankina, P.A. Strizhak // Energy Conversion and Management. – 2018. – V. 174. – P. 175–187.
3. Ranjan, A. Impact of coal-fired thermal power plant on the drinking water quality of Anpara, Sonbhadra, Uttar Pradesh, India. / A. Ranjan, K.K. Mandal, P. Kumari // Groundwater for Sustainable Development. – 2020. – V. 11.

4. The prospects of burning coal and oil processing waste in slurry, gel, and solid state. / K.Yu. Vershinina, G.S. Nyashina, V.V. Dorokhov, N.E. Shlegel // Applied Thermal Engineering. – 2019. – V. 156. – P. 51–62.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА. ЭЛЕКТРОННЫЙ НАРЯД-ДОПУСК

Карапузов И.А., Федюшкин К.Г., Курилович Р.О.

Научный руководитель - профессор П.Н. Зятиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Трансформация производства требует изменений на всех этапах. Повсеместная цифровизация и электронный документооборот еще не дошли до всех сфер опасных производств, особенно это касается документов, регулирующих сложные виды работ. Таким документом и является наряд-допуск. Рассмотрим наиболее подробно, что из себя представляет этот документ.

Наряд-допуск (НД) – задание на безопасное производство работы, оформленное на специальном бланке установленной формы и определяющее содержание, место работы, время её начала и окончания, условия её безопасного выполнения, необходимые меры безопасности (в том числе по радиационной, пожарной безопасности и на загазованных рабочих местах), состав бригады и работников, ответственных за безопасное выполнение работы. Распоряжение — устное задание на производство работы, определяющее её содержание, место, время, меры безопасности и лиц, которым поручено её выполнение, отданное непосредственно или с использованием средств связи производителю и допускающему, имеющее разовый характер и действует в течение рабочего дня исполнителей. В связи с опасностью для жизни и здоровья людей при выполнении многих видов работ, системой охраны труда предусматриваются организационные мероприятия по обеспечению их безопасности. Оформление работы специальным документом, нарядом-допуском или распоряжением, является основой таких мероприятий, в бланке наряда-допуска тем или иным способом оформляются другие из них: допуск к работе, надзор во время работы, перевод на другое рабочее место, оформление перерывов в работе, оформление окончания работы [1].

Формируется наряд-допуск на бумажных носителях стандартно по схеме:

- Ответственный за подготовительные работы на рабочем месте формирует наряд-допуск, совместно с ответственным за проведение разрабатывает мероприятия по безопасному проведению работ.
- Для согласования мероприятий и оформления выдачи наряд – допуск направляется начальнику структурного подразделения.
- Согласование специалистом, закрепленным за структурным подразделением.
- При планировании работ на территории смежного цеха, наряд-допуск направляется на согласование руководителю смежного структурного подразделения, при проведении огневых работ дополнительное согласование с пожарной службой.
- После получения всех согласований наряд-допуск направляется на утверждение.
- Утвержденный наряд-допуск направляется ответственному за подготовительные работы для организации проведения работ.

Получается, что в традиционном варианте наряд-допуск сталкивает производственный процесс с рядом проблем:

- Физическую копию наряд-допуска необходимо подписать большим количеством ответственных лиц.
- При ошибке в оформлении процедуру согласования и подписания требуется проходить заново.
- Сложно контролировать большое количество нарядов и их влияние друг на друга.

При поиске возможных вариантов устранения данных проблем было найдено оптимальное решение.

Цифровой наряд- допуск – это цифровой инструмент, позволяющий исключить значительную потерю времени персонала на оформлении наряда-допуска. Ключевая цель инструмента – упрощение процесса формирования НД, сокращение времени ожидания готовности НД рабочими ремонтных бригад, исключение возможных ошибок при формировании НД за счет готовых данных, исключение потери времени при перемещении для согласования и утверждения НД. При этом реализовать систему можно несколькими способами: в виде веб-приложения, к которому подключаешься удаленно, либо в виде отдельного единого приложения, помимо данных вариантов на рынке существуют различные организации, которые предлагают уже свои готовые решения. Любой из предложенных вариантов превращает создание наряда-допуска в более быструю и комфортную процедуру:

- Автоматизация оформления, согласования и утверждения наряда-допуска с применением ЭЦП;
- управление, контроль, оповещение участников процесса о подготовке и ходе работ по наряд-допуску;
- контроль ввода данных;
- учет всех работ повышенной опасности, проводимых на территории предприятия (цеха);
- отображение всех текущих и плановых работ с динамическими статусами (согласован, на доработке, в работе, приостановлен и др.);
- оформление НД в эл. системе, путем выбора ключевых пользователей, оборудования,
- вида работ, расстановкой отметок на схеме;
- исключают перемещение сотрудников для согласования и утверждения НД;
- приложение содержит историю (журнал) оформленных НД.

В предыдущем разделе описывалась схема оформления наряда допуска на бумажном носителе, где необходимо собрать подписи и утвердить отдельно у каждого ответственного лица НД. При создании электронного