

УДК 504.054:628.4.08

О. Н. КАЛИНИХИН

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

**ПРИРОДООХРАННЫЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ
СЖИГАНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА**

Аннотация. Повышение стоимости энергоносителей требует перехода на новые технологии использования твёрдых топлив, и в частности технологию производства и сжигания водоугольного топлива. Перспективность данного топливного ресурса обусловлена как высокой доступностью его компонентов для отечественной энергетики, так и наличием значительного количества практических разработок, связанных с процессом внедрения данной технологии. При этом представляет интерес природоохранный аспект данной проблемы, связанный с изменением состава выбросов предприятий, переходящих на данный вид топлива. В представленной работе приведены результаты расчёта рассеивания выбросов тепловой электростанции по результатам внедрения данной технологии. Показано влияние специфики сгорания водоугольной смеси на состав выброса газов сжигания. Выявлены количественные и качественные изменения состава выбросов, связанные с внедрением новой технологии.

Ключевые слова: водоугольное топливо, выбросы, расчёт рассеивания, концентрация, тепловая электростанция.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Повышение уровня экологических нормативов в совокупности с необходимостью поиска дополнительных источников энергии в условиях роста цен импортируемых энергоносителей в экономике стимулируют разработку и использование новых технологий использования отечественного твёрдого топлива в теплоэнергетике и смежных областях. К соответствующим технологиям, безусловно, следует отнести технологию сжигания водоугольного топлива (ВУТ). При этом особый интерес представляет природоохранный аспект вовлечения ВУТ в энергетический баланс крупных тепло- и энергогенерирующих предприятий, в частности анализ влияния на количественный и качественный состав выбросов загрязняющих веществ процесса замены штатного твёрдого топлива на ВУТ.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

ВУТ – дисперсная топливная система (суспензия), состоящая из частиц угля, воды и при необходимости растворимых в воде химических добавок. Размер частиц угольной пыли, составляющих ВУТ, составляет от 50 до 200 мкм. Соотношение мелкодисперсной угольной пыли и воды составляет 70:30. В основе процесса производства данного вида топлива лежит химическая активация его начальных компонентов, полное разрушение структуры угля, как природной горной массы [1, 2].

Прежде всего, ВУТ может использоваться в теплоэнергетике для замены природного газа, жидких нефтепродуктов и угля как штатное топливо с целью уменьшения себестоимости генерации электрической и тепловой энергии, а также в качестве дополнительного топлива при совместном сжигании с основным с целью повышения полноты выгорания углерода.

Сжигание ВУТ обладает рядом преимуществ перед сжиганием обычных пылеугольных смесей: проверка технологии производства ВУТ в лабораторных условиях показывает, что производство данного вида топлива обладает малой энергоёмкостью, безотходностью, пожаро- и взрывобезопасностью и основывается на использовании серийно выпускающегося оборудования; стоимость топлива в пересчёте на тонну условного топлива не превышает 15...20 % цены исходного угля и ниже цены мазута в 2–4 раза; ВУТ простое в эксплуатации и не требует значительных изменений в конструкции котлоагрегатов, требуется лишь установка форсунки для распыления водоугольной смеси, на данном топливе

© О. Н. Калинихин, 2019

могут работать практически любые котлы [3, 4]. Таким образом, вопрос использования ВУТ в энергетических процессах становится всё более актуальным.

Цель работы – оценить влияние внедрения технологии сжигания ВУТ на количественные и качественные показатели выбросов тепловых электростанций.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи исследования:

- 1) проанализировать процесс получения и сжигания ВУТ;
- 2) используя сертифицированную методику произвести расчёт качественных и количественных показателей пылегазовых выбросов при сжигании ВУТ;
- 3) на примере тепловой электростанции с применением специализированных программных комплексов отследить характер изменений в рассеивании пылегазовых выбросов, связанных с внедрением технологии сжигания ВУТ.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

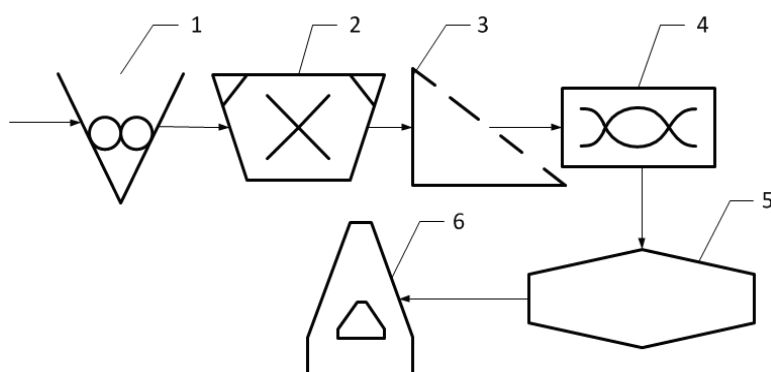


Рисунок 1 – Технологическая схема производства водоугольного топлива: 1 – валковая дробилка; 2 – вибрационная мельница; 3 – вибрационный грохот; 4 – смеситель; 5 – цистерна для хранения водоугольного топлива; 6 – подача топлива в котлоагрегат.

Производство ВУТ сводится к двум последовательным этапам (рисунок 1):

- 1) измельчение каменного угля до частиц размером не более 0,2 мм;
- 2) смешивание полученных частиц с водой.

В процессе производства ВУТ могут использоваться любые марки угля, а также угольные шламы. Для производства ВУТ может быть использована вода любого качества от сточных вод до воды, загрязнённой нефтепродуктами для которой очистка другими методами практически невозможна. При сжигании водоугольного топлива одновременно протекает процесс очистки большого количества воды. Органические соединения, находящиеся в воде, сгорают, соли выпадают в устройство золовыделения, а дистиллят из трубы поступает в атмосферный воздух, включаясь в природный круговорот воды. Водоугольное топливо хранится в резервуарах аналогичным резервуарам для хранения нефтепродуктов. Резервуары для хранения ВУТ не требуют специальных противопожарных устройств и не представляют угрозу в случае аварийных ситуаций.

Процесс возгорания ВУТ при правильной организации сжигания начинается сразу же после его распыления форсункой в котлоагрегате. Интенсивный поток водяного пара от поверхности частиц топлива в значительной степени препятствует диффузии кислорода воздуха к частицам топлива и существенно сдерживает теплообмен основной массы топлива и окружающей среды. Основными продуктами реакции горения с водяным паром являются монооксид углерода и водород, которые сразу же на поверхности капель ВУТ вступают в реакцию с кислородом и окисляются до диоксида углерода и водяного пара. Данный механизм горения ВУТ в совокупности с гетерогенными реакциями на поверхности капель топлива приводит к образованию только полных оксидов по завершению процесса горения.

Таким образом, анализ процесса получения и сжигания ВУТ указывает на наличие очевидных природоохранных преимуществ в сравнении с существующими технологиями по сжиганию пылеугольных смесей. Наиболее перспективным представляется внедрение данной технологии на крупных энергетических предприятиях, где конечный эффект от её внедрения может достигать наибольших величин. Поэтому дальнейшая работа была направлена на калькуляцию и сравнение величин выбросов загрязняющих веществ при работе типовой тепловой электростанции по стандартной схеме сжигания пылеугольных смесей и сжиганию ВУТ.

В качестве показателей, необходимых для расчёта выбросов загрязняющих веществ, использовались технические характеристики тепловой электростанции «Зуевская». Данное предприятие, одно

из самых высокопроизводительных в восточной Европе, является типичным примером предприятия энергетического комплекса, где вопросу введения в эксплуатацию нового и более эффективного оборудования до сих пор не уделялось достаточного внимания прежде всего по причине недостаточного финансирования. Исходя из количества сжигаемого ежегодно на электростанции угля марки ГР (2440758 т) и данных технического анализа угля и ВУТ [5, 6] (таблица 1) в соответствии с методикой [7] был произведён расчёт величин валовых выбросов загрязняющих веществ при работе тепловой электростанции.

Таблица 1 – Показатели технического анализа топливной загрузки

Показатели технического анализа топливной загрузки	Каменный уголь марки ГР	ВУТ
Общее содержание влаги в топливе, % масс.	12,00	35,00
Зольность топлива на сухую массу, % масс.	13,21	11,03
Содержание углерода в топливе, % масс.	60,45	43,62
Содержание общей серы в топливе, % масс.	2,21	1,60
Рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг	26,00	27,00

Расчёт величины валового выброса загрязняющих веществ проводился по четырём компонентам: веществам в виде суспендированных частиц, оксиду углерода, диоксиду азота, диоксиду серы. На долю данных компонентов приходится 99 % выброса нормируемых загрязняющих веществ. Результаты расчёта валовых выбросов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика валовых выбросов при сжигании угля и ВУТ, т/год

Наименование загрязняющего вещества	Каменный уголь марки ГР	ВУТ
Вещества в виде суспендированных частиц	4 460,10	693,50
Оксид углерода	570,20	96,19
Диоксид азота	6 628,90	4 711,51
Диоксид серы	58 349,70	39 694,41

Результаты расчёта указывают на значительное уменьшение валового выброса загрязнителей при переходе от сжигания пылеугольных смесей на сжигание ВУТ. Наибольшая величина снижения выброса наблюдаются по таким компонентам как: вещества в виде суспендированных частиц в 6,5 раз, оксид углерода в 6 раз. Наблюдаемые изменения могут быть объяснены изъятием балластных составляющих топлива на этапе подготовки ВУТ и полным выгоранием углерода в топливной смеси.

Последующая работа была направлена на анализ изменения концентраций загрязняющих веществ по результатам внедрения технологии ВУТ. Применение специализированного программного комплекса ЭОЛ + (номер лицензии № 3536) позволило отследить динамику концентраций загрязнителей как в устье трубы источника, так и на границе санитарно-защитной зоны предприятия. Расчёт рассеивания проводился для источника с характеристиками, представленными в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика источника выброса загрязняющих веществ

Наименование показателя	Величина
Высота, м	330
Диаметр, м	11,4
Объёмный расход газовой смеси, м ³ /с	1 792,4
Скорость, м/с	11,3
Температура выброса, °С	120
Величина санитарно-защитной зоны, м	1 000

Результаты расчёта рассеивания загрязняющих веществ позволяют не только сравнить два варианта сжигания топливной загрузки, но и произвести сравнение величины концентрации в устье источника с текущими технологическими нормативами [8] (таблица 4).

Таблица 4 – Сравнительная характеристика концентрации загрязняющих веществ в устье источника выделения при сжигании угля и ВУТ, мг/м³

Наименование загрязняющего вещества	Уголь ГР	ВУТ	Норматив допустимой концентрации в выбросе
Вещества в виде суспендированных частиц	190,1	16,4	400
Оксид углерода	53,4	2,3	250
Диоксид азота	5 092,3	939,2	5 100
Диоксид серы	1 872,1	11,5	1 300

Как следует из полученных результатов, внедрение технологии производства и сжигания ВУТ, в сравнении со сжиганием пылеугольных смесей, позволяет достичь технологического норматива допустимой концентрации загрязнителя в выбросе. При этом значительное уменьшение концентрации, связанное с внедрением технологии производства и сжигания ВУТ, делает актуальным вопрос о возможности ужесточения технологического норматива.

Анализ карт рассеивания загрязняющих веществ полученных по результатам расчётов в программе ЭОЛ + производился исходя из требований природоохранного законодательства, согласно которому концентрация загрязняющего вещества на границе санитарно-защитной зоны должна быть меньше либо равной величине среднесуточной предельно допустимой концентрации вещества.

Результаты анализа расчёта рассеивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнительная характеристика концентрации загрязняющих веществ на границе санитарно-защитной зоны, единицы ПДК

Наименование вещества	Концентрация на границе санитарно-защитной зоны	
	Уголь марки ГР	Уголь марки ГР
Диоксид азота	3,04	0,21
Диоксид серы	1,47	0,30
Оксид углерода	0,0015	0,000073
Вещества в виде суспендированных частиц	0,12	0,0087

Полученные результаты однозначно указывают на то, что только процесс сжигания ВУТ, в отличие от сжигания пылеугольных смесей, обеспечивает соблюдение природоохранного норматива концентрации загрязняющих веществ на границе санитарно – защитной зоны.

ВЫВОДЫ

Анализ процесса получения и сжигания ВУТ указывает на то, что предварительная подготовка топливной смеси, выведение из её состава балластной составляющей, а также специфический механизм сгорания смесей позволяют обеспечить практически полное выгорание углерода топлива при одновременном снижении выбросов диоксида азота.

Расчёт величины валового выброса загрязняющих веществ показывает уменьшение выброса загрязнителей при переходе от сжигания пылеугольных смесей на сжигание ВУТ. Наибольшая величина снижения выброса наблюдается по таким компонентам, как: вещества в виде суспендированных частиц в 6,5 раз, оксид углерода 6 раз. Расчёт рассеивания загрязняющих веществ показывает, что производство и сжигание ВУТ, в сравнении со сжиганием пылеугольных смесей, позволяет достичь технологического норматива допустимой концентрации загрязнителя в выбросе. При этом только сжигание ВУТ обеспечивает соблюдение природоохранного норматива концентрации загрязняющих веществ на границе санитарно – защитной зоны.

Таким образом, внедрение технологии производства и сжигания ВУТ является одной из первоочередных задач, стоящих перед энергетической отраслью, решение которой позволит не только снизить долю импортируемых энергоносителей, но и существенно снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

СПИСОКЛИТЕРАТУРЫ

1. Thermal solid waste utilisation in regular and industrial facilities [Text] / L. V. Pawlowski, M. R. Dudzinska, M. A. Gonzalez. – New York : Springer International Publishing, 2000. – 474 p. – ISBN 978-1-4615-4213-1.

2. Branchini, L. Waste-to-Energy Advanced Cycles and New Design Concepts for Efficient Power Plants [Text] / L. Branchini. – Bologna : Springer International Publishing, 2015. – 143 p. – ISBN978-331913607.
3. Российский опыт внедрения промышленной технологии производства водоугольного топлива [Текст] / С. И. Мосин, А. Г. Морозов, Г. Н. Делягин // Новости теплоснабжения. – 2008. – № 9. – С. 162–168.
4. Производство и использование водоугольного топлива. [Текст] / В. Е. Зайденварг, К. Н. Трубецкой, В. И. Мурко, И. Х. Нехороший. – М. : изд-во Академии горных наук, 2011. – 173 с.
5. Тайц, Е. М. Методы анализа и испытания углей [Текст] / Е. М. Тайц, И. А. Андреева. – М. : Недра, 1983. – 380 с.
6. Редькина, Н. И. Технология приготовления и физико-химические свойства водо-угольной суспензии [Текст] / Н. И. Редькина, Г. С. Ходаков. – М. : изд-во МНПО «Гидро-трубопровод», 1991. – 286 с.
7. Методика расчета выбросов загрязняющих веществ при сжигании водоугольного топлива [Текст] / А. И. Финягин, И. Х. Володарский, Г. А. Филиппов, Г. Н. Делягин и др. – М. : изд-во МНПО «Гидротрубопровод», 1990. – 42 с.
8. Про затвердження технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин із теплосилових установок, номінальна теплова потужність яких перевищує 50 МВт [Текст] : наказ № 541 від 22.10.2008 р. / М-во юстиції України. – К. : Міністерства охорони навколишнього природного середовища України, 2008. – 16 с.

Получено 30.09.2019

О. М. КАЛІНІХІН
ПРИРОДООХОРОННІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
СПАЛЮВАННЯ ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА
ДОНЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Анотація. Підвищення вартості енергоносіїв вимагає переходу на нові технології використання твердих палив, і зокрема технологію виробництва і спалювання водовугільного палива. Перспективність даного паливного ресурсу зумовлена як високою доступністю його компонентів для вітчизняної енергетики, так і наявністю значної кількості практичних розробок, пов'язаних з процесом впровадження даної технології. При цьому становить інтерес природоохоронний аспект даної проблеми, пов'язаний зі зміною складу викидів підприємств, які переходять на даний вид палива. У представленій роботі наведені результати розрахунку розсіювання викидів теплової електростанції за результатами впровадження даної технології. Показано вплив специфіки згоряння водовугільної суміші на склад викиду газів спалювання. Виявлено кількісні і якісні зміни складу викидів, пов'язані з впровадженням нової технології.

Ключові слова: водовугільне паливо, викиди, розрахунок розсіювання, концентрація, теплова електростанція.

OLEG KALINININ
ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGY
FOR BURNING COAL-FIRED FUEL
Donetsk National Technical University

Abstract. Increasing the cost of energy requires a transition to new technologies for the use of solid fuels and, in particular, the technology for the production and burning of coal-water fuels. The prospects of this fuel resource are dependent on both the high availability of its components for domestic energy and the presence of a significant number of practical developments related to the implementation of this technology. At the same time, the environmental aspect of these problems of interest, associated with a change in the composition of emissions of enterprises switching to this type of fuel. This work presents the results of calculating the dispersion of emissions from a thermal power plant based on the results of the implementation of this technology. The influence of the specifics of combustion of a water-coal mixture on the composition of the emission of combustion gases is shown. Quantitative and qualitative changes in the composition of emissions associated with the introduction of a new technology are revealed.

Key words: coal-water fuel, emissions, dispersion calculation, concentration, thermal power station.

Калинин Олег Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной экологии и охраны окружающей среды ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет». Научные интересы: процессы переработки твердых бытовых отходов, повышение эффективности конверсии твердого топлива.

Калініхін Олег Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної екології та охорони навколишнього середовища ДОНУ ВПО «Донецький національний технічний університет». Наукові інтереси: процеси переробки твердих побутових відходів, підвищення ефективності конверсії твердого палива.

Kalinihin Oleg – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Applied Ecology and Environmental Protection Department, Donetsk National Technical University. Scientific interests: solid waste processing, increase of solid fuel conversion efficiency.