

УЛУЧШЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОТЕЛЬНОГО МАЗУТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПОЛЯМИ

Изложены результаты лабораторных и натурных испытаний разработанной авторами инновационной технологии молекулярной модификации углеводородного топлива. Применение этой технологии в энергетике позволяет существенно уменьшить выброс в атмосферу парниковых газов и вредных продуктов сгорания мазута.

Ключевые слова: электрическое поле, углеводородные молекулы, модификация мазута, уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу.

V.G. Muramovich, P.V. Anisimov, S.V. Tuev

IMPROVEMENT OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF BOILER BLACK OIL BY ELECTRIC FIELDS

Results of laboratory and natural tests of the innovative technology of molecular updating of hydrocarbonic fuel developed by authors are stated. Application of this technology in power allows to reduce essentially emission in atmosphere of hotbed gases and harmful products of combustion of black oil.

Key words: electric field, hydrocarbonic molecules, black oil updating, reduction of emissions of harmful substances in atmosphere.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 21 июля 2011 г.

С 1 января 2010 года вступил в силу Закон Российской Федерации "Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности". В этом Законе впервые законодательно сформулирована государственная политика России в области эффективного использования ресурсов ископаемых энергоносителей.

Для такой страны как Россия, энергосбережение и энергетическая эффективность являются чрезвычайно важными, если не основополагающими проблемами экономического развития.

Во-первых, Россия – одна из самых холодных стран мира. Примерно 70 % её территории имеют официальный статус районов Крайнего Севера. Среднегодовая температура населённых мест – минус 5,5 °С. В Сибири среднегодовая температура намного ниже, в Якутии находится материковый полюс холода Северного полушария Земли. Для сравнения, среднегодовая температура в Канаде составляет минус 4 °С, в Финляндии – плюс 2 °С. Этим фактором в России обусловлен весьма продолжительный, по сравнению с другими странами, отопительный период.

Во-вторых, Россию отличает огромная протяженность территории как с запада на восток, так и с севера на юг, поэтому транспортировка энергоносителей от мест их добычи к местам использования обходится достаточно дорого.

Кроме того, уменьшение потребления в энергетике углеводородного топлива уменьшит общие выбросы в атмосферу продуктов его сгорания, в том числе загрязняющих и токсичных продуктов – сажи, CO, NO_x, SO₂ и др. Это, в свою очередь, должно уменьшить экономические потери, связанные с природоохранными мероприятиями, обусловленными производством тепловой и электрической энергии.

В течение многих лет проводятся эксперименты по воздействию различных физических полей на углеводороды. При этом практически все научные исследования выполняются с целью повышения нефтедобычи, перекачки и улучшения качества нефти, поступающей на нефтеперерабатывающие заводы. В основном эти исследования выполняются в сфере воздействия на сырую нефть магнитными полями достаточно высокой напряженности. Имеются исследования по воздействию на углеводороды акустических полей, связанные с уменьшением времени слива нефтепродуктов, в частности котельного топлива, из транспортных цистерн. В конце XX-го века появилось несколько исследовательских работ, посвященных взаимодействию с углеводородами электрических полей. Эти работы также носят разрозненный характер. В целом исследований по воздействию физических полей на моторные и котельные топлива мало, они не носят систематического характера и зачастую противоречивы. Тем не менее, никто не опровергает того факта, что физические поля взаимодействуют с углеводородами.

В Институте проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН в последние годы были выполнены исследования воздействия на углеводороды и электрических полей. В результате этих исследований было построено теоретическое обоснование механизма взаимодействия слабого электрического поля с молекулами углеводородов и на его основе разработана технология снижения расхода котельного мазута, получившая название "молекулярная модификация топлива (ММТ)". В основе этой технологии лежит устройство -молекулярный модификатор котельного топлива, состоящее из рабочей камеры и электронного блока. Рабочая камера этого устройства показана на рис. 1.



Рис. 1. Рабочая камера молекулярного модификатора котельного топлива

Электронный блок подключается к сети однофазного переменного тока напряжением 220 В 50 Гц и вырабатывает определенный сигнал, который подается на электроды рабочей камеры. Мощность, потребляемая устройством от сети, не превышает 100 Вт. В результате воздействия этого сигнала на котельный мазут происходит деструкция углеводородных молекул и его физические характеристики улучшаются, что иллюстрируется табл. 1.

Таблица 1.

Изменение физических характеристик мазута

Характеристика	Измеренные значения		
	Мазут до ММТ	Мазут после ММТ	Изменение, %
Влажность W_t , %	8	8	0,0
Вязкость, cSt	17,8	15,8	-12,4
Температура вспышки, °С	190	170	-10,5

Кроме того, в результате деструкции углеводородных молекул повышается теплота сгорания мазута.

Уменьшение вязкости мазута позволяет улучшить его распыление в топке котла, уменьшение температуры вспышки меняет конфигурацию пламени вблизи горелки, что иллюстрируется рис. 2.

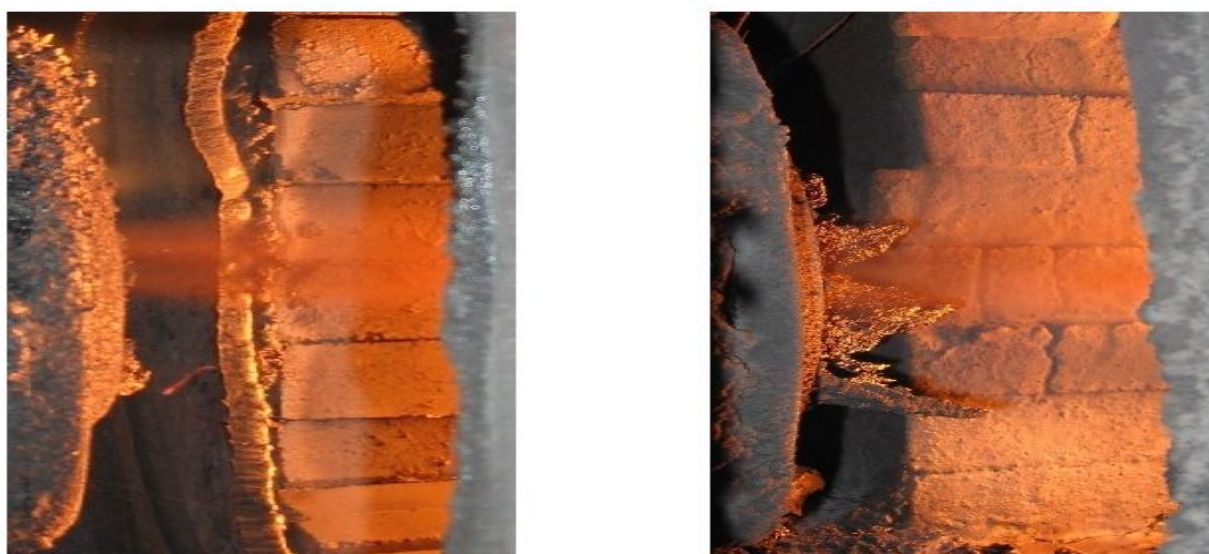


Рис. 2. Факел распыла мазута:
слева – без ММТ; справа – с ММТ

На фотографиях рис. 2 показано раскрытие факела форсунки при работе на мазуте М-100 (слева) и молекулярно модифицированном мазуте (справа). Фотографии сделаны на сушильном барабане (СБ) Оленегорского горно-обогатительного комбината. На рисунке слева СБ работает без применения устройства ММТ. Видно, что струя топлива более плотная, чем на рисунке справа при включенном устройстве ММТ. В процессе работы СБ визуальнo наблюдаются скопления битумных образований (рис. слева), которые в дальнейшем при работе с устройством ММТ выгорели полностью. Сравнение

этих фотографий показывает, что при включенном устройстве ММТ струя распыленного топлива практически перестает быть видимой (рис. справа). Это свидетельствует о более высоком качестве распыления топлива, чем без устройства ММТ. Распыление топлива в камере сгорания происходит более эффективно, без коксования распылителя форсунки и образования сгустков тяжелых углеводородных кластеров на поверхностях, прилегающих к распылителю форсунки. Капли топлива после форсунки имеют меньшую массу, объём и более низкую температуру испарения и вспышки. Испарение топлива происходит быстрее по времени и на меньшем расстоянии от распылителя форсунки до факела пламени.

На фотографии рис. 3 показано горение битумных отложений после остановки печи, которое отсутствует при работе печи с устройством ММТ (фотография на рис. 4).



Рис. 3. Горение битумных отложений после остановки печи

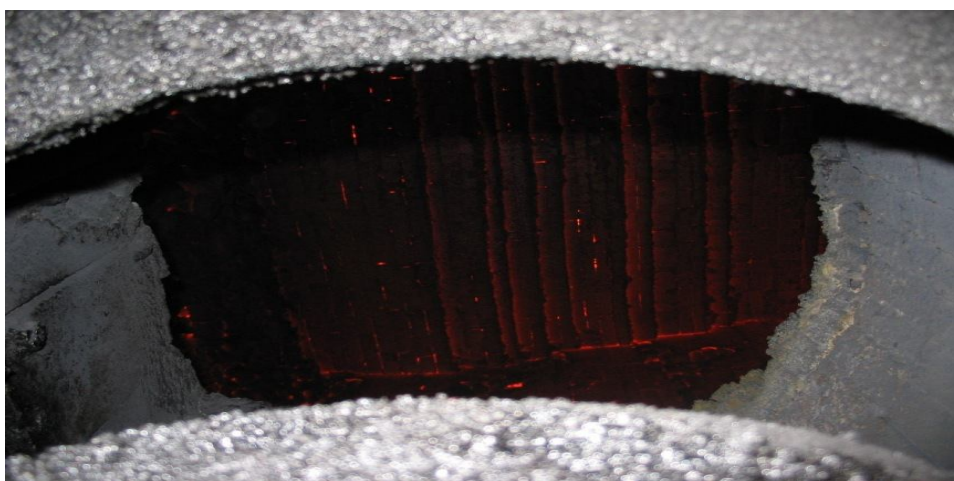


Рис. 4. Печь, работавшая с устройством ММТ, после остановки

Применение устройств молекулярной модификации топлива увеличивает межремонтные сроки за счёт снижения золотого износа и кислотной коррозии хвостовых поверхностей нагрева, а также уменьшает трудозатраты на чистку поверхностей нагрева и ремонт дутьевого вентилятора (особенно, дымососа).

Это объясняется существенным уменьшением нагарообразования на поверхностях нагрева и изменением их химического и структурного состава.

Известно, что нагарообразование на поверхностях нагрева приводит к уменьшению КПД или, что тоже, увеличению удельного расхода топлива. Интенсивность образования нагара зависит от качества топлива и эффективности смесеобразования в топочном пространстве котла. Период работы котла с мазутным подогревом между чистками поверхностей нагрева составляет 2-3 месяца. Образованию нагара способствуют неоднородность топлива, наличие в нём тяжелых фракций и высокая (более 200 °С) температура выхода топлива из распылителя форсунки. Эти факторы приводят к закоксовыванию распылителей, появлению пульсаций впрыска топлива, падению мощности и снижению экономичности котла, а также увеличивает токсичность отходящих газов.

На поверхностях нагрева котлов появляются высокотемпературные отложения (нагар), состоящие из смолистых соединений – асфальтенов, тяжелых битумов (с температурой плавления свыше 500 °С), аморфной сажи, поликристаллического углерода (кокса) и золы – неорганической минеральной составляющей. Именно наличие в нагаре золы и поликристаллического углерода придает структурную жесткость этому образованию. При работе с устройством ММТ на всех котлах наблюдается значительное уменьшение сажевых отложений. Так, у котла ДКВр-10/13 общий объем сажевых отложений уменьшился с 5 м³ при работе котла без устройства ММТ до 0,5 м³ при работе котла с устройством ММТ. Кроме того, меняется химический состав отложений. В газоходе после экономайзера взяты пробы сажевых отложений, из которых были приготовлены препараты для анализа. Обработка данных осуществлялась с помощью пакета программ PDWin-4. Идентификация фаз проводилась по международной картотеке JCPDS. Результаты идентификации представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты анализа сажевых отложений

Характеристики сажевых отложений на поверхностях нагрева котельного агрегата при сжигании тяжелых мазутов		
<i>Название вещества</i>	<i>В штатном режиме эксплуатации котла</i>	<i>При эксплуатации котла с ММТ</i>
Бурый железняк	Fe ₂ O ₃ · H ₂ O	Fe ₂ O ₃ · H ₂ O
Гриналит	FeSi ₂ O ₅ (OH) ₄	FeSi ₂ O ₅ (OH) ₄
Сложные соединения минеральных солей Na и K	(Na; K) (Mn; Fe) 3 Si ₃ O ₂₁ · 6 H ₂ O	(Na; K) 6 (Mn; Fe) 3 Si ₃ O ₂₁ · 6 H ₂ O
Соли ванадиевой кислоты	(Na; K)xVxV _{6-x} O ₁₅	(Na; K)xVxV _{6-x} O ₁₅
Монокристаллические нанопроволоки		NaV ₆ O ₁₅
Феррованадий		FeV ₂ O ₄
Нахколит (карбонат натрия (сода))		NaHCO ₃
Алюмосиликат-неозан	Na ₈ AlSi ₆ O ₂₄ (SO ₄) · 2 H ₂ O	Отсутствуют
Алюмосиликат-диккит	AlSi ₂ O ₅ (OH) ₄	
Гидрооксид алюминия-бемит	AlOOH	

Анализ данных табл. 2 показывает, что применение устройств ММТ в системе подачи топлива приводит к значительным изменениям качества сажевых отложений, а именно:

1. Основную массу сажевых отложений при работе котла без устройства ММТ составляют алюмосиликаты, которые плотно закрепляются на поверхностях нагрева. По своему составу алюмосиликаты имеют пористую структуру и насыщены окислами серы и гидратами. Такая структура обладает свойствами эффективного сорбента влаги из атмосферного воздуха. Поэтому при понижении температуры в топочном пространстве ниже 100 °С на поверхностях нагрева начинает интенсивно образовываться серная кислота, разрушающая металлические конструкции, трубы и обмуровку котла.

2. В сажевых отложениях при работе с ММТ отмечено образование карбоната натрия (NaHCO_3) и соединений ванадия, таких как феррованадий (FeV_2O_4) и монокристаллические нанопроволоки на основе $\text{NaV}_6\text{O}_{15}$.

3. При работе с ММТ алюмосиликаты выгорают полностью и в сажевых отложениях отсутствуют.

Эффект самоочистки (выгорания сажевых отложений) поверхностей нагрева котельного агрегата стабилизирует аэродинамическое сопротивление котла. При испытаниях в течение 20-ти суток непрерывной работы измерялось аэродинамическое сопротивление котла, которое в течение всего этого времени оставалось неизменным.

В результате улучшения физико-химических характеристик котельного мазута уменьшается его удельный расход, уменьшается потребление электроэнергии тяго-дутьевыми машинами, увеличивается время непрерывной работы котлов и их теплопроизводительность. Кроме того, улучшаются экологические характеристики дымовых газов: уменьшается выброс в атмосферу парниковых газов – CO_2 и H_2O , а также токсичных газов – CO , NO_x .

В целом снижаются эксплуатационные расходы котельной установки.

В табл. 3 приводятся сравнительные данные из режимных карт котла ДКВр-10/13, на котором были установлены устройства ММТ.

Таблица 3

Выписка из режимных карт котла ДКВр-10/13

Показатели работы котла		В штатном режиме	При включённом ММТ	Изменение, %
Паропроизводительность, тонн/ч		9,0	9,8	+8,9
Давление мазута в горелке, кгс/см ²		9,0	7,0	-22
Расход мазута на котел, кг/ч		644	570	-11,5
Потребл. мазута на производство 1 Гкал тепла, кг/Гкал		114,5	93,06	-18,7
Токсичные дымовые газы за котлом на 1 Гкал	CO , ppm	20	13	- 35%
	NO_x , ppm	30,76	22,85	-25,7
	SO_2 , ppm	181,3	135,5	-25,3
Расход электроэнергии на 1 Гкал выработанного тепла, кВт/Гкал		7,2	6,2	-13,9

На фотографии рис. 5 показаны устройства ММТ, установленные на котле ДКВр-10/13.

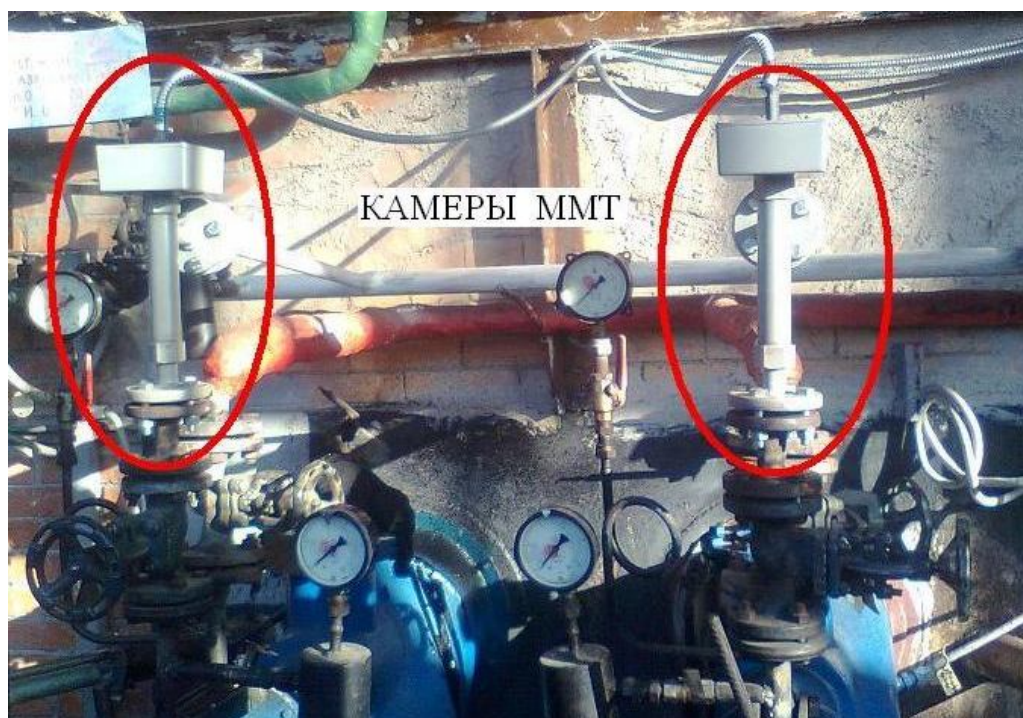


Рис. 5. Камеры ММТ на котле ДКВр-10/13

На сегодняшний день технология молекулярной модификации применена на 52 котельных агрегатах мощностью от 0,3 до 100 *МВт*, из них 49 работают на мазуте и 3 – на дизельном топливе. При этом на всех котлах наблюдалось приблизительно одинаковое снижение расхода топлива и снижение выхода вредных веществ в атмосферу.