

УДК 620.9:662.6/004.1

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ ПО ОБОБЩЕННЫМ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ К ВОДОМАЗУТНЫМ ЭМУЛЬСИЯМ

Федорова У.Д.¹ Лебедева Е.А.¹

¹ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. e-mail: evgelebedeva@mail.ru

Проанализирована проблема энергосбережения в России. Рассмотрены проблемы использования мазута в качестве топлива, например неполнота сгорания, загрязнение атмосферы и обводнение мазута. В качестве способа повышения эффективности использования ресурсов, рассмотрено применения водомазутных эмульсий. Описаны механизм сгорания и преимущества использования водомазутной эмульсии. Рассмотрена возможность применения методики расчетов процессов горения по обобщенным теплотехническим характеристикам к водомазутным эмульсиям. Для исследования приведены эмульсии с разным содержанием воды в составе. Для каждой взятой эмульсии определено количество продуктов сгорания и теплота сгорания по нормативному методу расчета. Далее установлены новые обобщенные теплотехнические характеристики для водомазутных эмульсий с различным содержанием воды. Для удобства обработки результатов теплотехнических испытаний котлов составлены новые расчетные таблицы.

Ключевые слова: мазут, водомазутная эмульсия, методика, горение, теплотехнические характеристики.

THE APPLICATION OF METHODS OF CALCULATION OF THE COMBUSTION PROCESS BY THE GENERALIZED THERMAL CHARACTERISTICS TO THE WATER-OIL EMULSION

Fedorova U.D.¹ Lebedeva E.A.¹

¹ "Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering"

Russia, 603950, Nizhniy Novgorod, Illinskaya, 65. e-mail: evgelebedeva@mail.ru

The problem of energy conservation in Russia was analyzed. The problems of using fuel-oil as a fuel, such as incomplete combustion, air pollution and flooding of fuel oil were considered. The application of water-oil emulsion as a method for increasing the efficiency of resource use was considered. The mechanism of combustion and benefits of water-oil emulsion were described. The possibility of using of methods of calculation of combustion processes of generalized heat engineering characteristics was considered to water-oil emulsion. Emulsions with different water content in the composition were taken for study. The quantity of products of combustion and heat of combustion was defined for each emulsion according to the normative method of calculation. Next, new generalized thermal performance were installed for water-oil emulsions with different water content. The new design tables were compiled for the convenience of processing the results of thermal testing of boilers.

Keywords: Fuel-oil, water-oil emulsion, methods, combustion, thermal performance.

Важнейшую роль в экономике страны играет топливно-энергетический комплекс. Все больше возрастает потребность в ресурсах. Так, например, согласно источнику [1], уже через 20 лет потребность в топливных ресурсах увеличится в 2 раза, а потребление нефти, как энергоносителя составит всего 16 %. В свете сказанного, энергосбережение и повышение эффективности использования имеющихся ресурсов является на данный момент одной из самых серьезных задач.

Мазут и другие отходы нефтеперерабатывающего производства используются во многих котельных установках как недорогое жидкое топливо. При этом, в процессе сжигания мазута на котельных и ТЭЦ возникает ряд проблем. Например, неполное сгорание топлива в топках приводит к образованию большого количества вредных веществ и, как следствие, к значительному загрязнению атмосферы. Так же неизбежное обводнение мазута, происходящее в процессе его хранения, транспортировки и т.д, резко снижает эффективность его сжигания. В результате актуальной становится проблема использования так называемых водомазутных эмульсий.

Водомазутная эмульсия (ВМЭ) – это мазут с водой соединённые на молекулярном уровне. Получается принципиально новый вид жидкого топлива. Вода становится своеобразным катализатором, улучшающим процесс горения топлива. Высокодисперсная структура ВМЭ обеспечивает эффект вторичного распыления эмульсии. Это происходит в зоне горения, когда мельчайшие капли воды, равномерно распределенные по всему объёму мазута, взрываются при резком вскипании. При этом во много раз увеличивается площадь соприкосновения топлива с кислородом воздуха [2]. Экономия происходит за счет более полного сгорания исходного мазута. Получить качественную сверхстойкую эмульсию можно при помощи волнового диспергатора [3].

Для исследования теплотехнических характеристик, рассмотрены ВМЭ с разным количеством воды в составе топлива. Проведен пересчет состава и теплоты сгорания для каждой получившейся эмульсии. На рисунке 1 построен график зависимости теплоты сгорания ВМЭ от содержания воды в % :

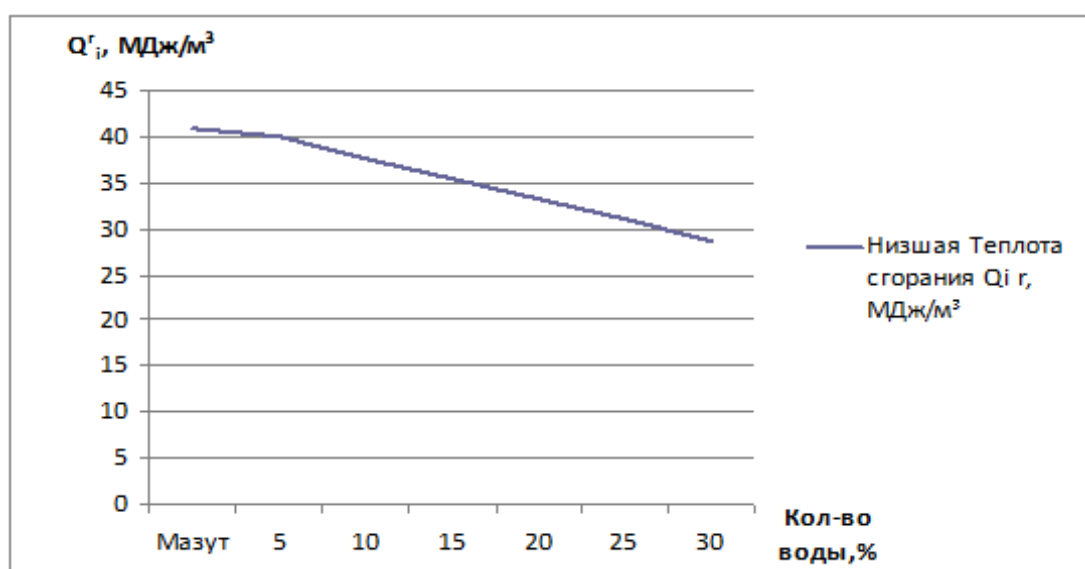


Рисунок 1 График зависимости теплоты сгорания топлива от количества воды в составе эмульсии

По представленному графику можно сделать вывод об изменении низшей теплоты сгорания при увеличении количества воды в в составе эмульсии до 30 %. В данном случае теплота сгорания уменьшилась от 40,76 до 28,71 МДж/м³, т.е. примерно в полтора раза.

Количество продуктов сгорания определяется по известному составу топлива с использованием нормативного метода расчета[4].

Теоретический объем воздуха, необходимого для полного сгорания единицы топлива рассчитывается по формуле (1):

$$V^0 = 0,0889 \cdot (C^r + 0,375 \cdot S^r_{op=\kappa}) + 0,265 \cdot H^r - 0,0333O^r, \frac{M^3 \text{ воздуха}}{кг} \quad (1)$$

Теоретический объем азота в продуктах сгорания по формуле (2):

$$V^0_{N_2} = 0,79 \cdot V^0 + 0,8 \cdot \frac{N_2}{100}, \frac{M^3}{кг} \quad (2)$$

Теоретический объем водяных паров при сжигании жидкого топлива рассчитывается по формуле (3):

$$V^0_{H_2O} = 0,111 \cdot H^r + 0,0124 \cdot W^r + 0,0161 \cdot V^0, \frac{M^3}{M^3} \quad (3)$$

Объем трехатомных газов рассчитывается по формуле (4)

$$V_{RO_2} = 1,866 \cdot \frac{(C^r + 0,375 \cdot S^r_{op=\kappa})}{100}, \frac{M^3}{кг} \quad (4)$$

Результаты расчета объемного состава продуктов сгорания для водомазутных эмульсий с разным количеством воды в составе сведены в таблицу (1) для удобства дальнейшего анализа.

ТАБЛИЦА 1 Объемный состав продуктов сгорания композиционного топлива

Количество воды в эмульсии, %	Объемный состав продуктов сгорания							
	V°	V _{RO₂}	V° _{N₂}	V° _{H₂O}	V _{CO₂}	V _{SO₂}	V _{с.г.}	V _{г.}
Мазут	10,626	1,582	8,394	1,507	1,58	0,00209925	9,976	11,483
5	10,409	1,549	8,223	1,503	1,55	0,00202928	9,772	11,275
10	9,858	1,467	7,788	1,488	1,46	0,00198729	9,255	10,743
15	9,311	1,386	7,356	1,474	1,38	0,00184034	8,742	10,215
20	8,763	1,304	6,923	1,460	1,30	0,00172838	8,227	9,688
25	8,217	1,223	6,491	1,447	1,22	0,00162342	7,714	9,161
30	7,668	1,141	6,057	1,432	1,14	0,001511	7,199	8,631

Для повышения точности расчета анализов теплотехнических испытаний котлов, работающих на данном виде топлива, необходимо произвести расчет по обобщенным теплотехническим характеристикам. Наиболее удобно в этом случае использовать методику,

разработанную профессором М.Б. Равичем. Она основана на использовании некоторых характеристик топлива, подвергающихся незначительным колебаниям при изменении его состава и теплоты сгорания.

Определив состав продуктов сгорания по нормативному методу, для каждой эмульсии, можно получить обобщенные характеристики продуктов сгорания (t_{max} , P , R , B) в соответствии с методикой М.Б. Равича. Они будут определяться по следующим формулам (5-10) [5]:

–соотношение объёмов сухих и влажных продуктов полного сгорания, $\text{м}^3/\text{м}^3$:

$$B = V_{c.r} / V_r = \left(V_{\text{RO}_2} + V_{\text{N}_2}^0 \right) / \left(V_{\text{RO}_2} + V_{\text{N}_2}^0 + V_{\text{H}_2\text{O}}^0 \right) \quad (5)$$

где V_{RO_2} , $V_{\text{O.N}_2}$, $V_{\text{O.H}_2\text{O}}$ – теоретические объёмы продуктов сгорания, $\text{м}^3/\text{м}^3$

–жаропроизводительность или жаропроизводительную способность топлива иногда называют также калориметрической температурой горения, $^{\circ}\text{C}$:

$$t_{max} = Q_i / (V_{\text{CO}_2} \cdot c_{\text{CO}_2} + V_{\text{SO}_2} \cdot c_{\text{SO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}}^0 \cdot c_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{N}_2}^0 \cdot c_{\text{N}_2}) \quad (6)$$

где c_{CO_2} , c_{SO_2} , $c_{\text{H}_2\text{O}}$, c_{N_2} – средние объёмные удельные теплоёмкости диоксида углерода, сернистого газа, водяного пара и азота соответственно в температурном диапазоне от 0°C до t_{max} , $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{град.})$;

–удельная энтальпия сухих ($h_{c.r}$) и влажных продуктов сгорания (h_r), $\text{кДж}/\text{м}^3$:

$$h_{c.r} = Q_i / V_{c.r.}; \quad h_r = Q_i / V_r \quad (7)$$

где Q_i – низшая теплота сгорания газообразного топлива, $\text{кДж}/\text{м}^3$;

–максимальная объёмная доля углекислого газа в сухих продуктах сгорания, водяных паров в сухих и влажных продуктах сгорания, %:

$$(\text{CO}_2)_{max} = (V_{\text{RO}_2} \times 100) / V_{c.r} \quad (8)$$

$$(\text{H}_2\text{O})_{max} = (V_{\text{H}_2\text{O}}^0 \times 100) / V_{c.r} \quad (9)$$

$$(\text{H}_2\text{O})'_{max} = (V_{\text{H}_2\text{O}}^0 \times 100) / V_r \quad (10)$$

Результаты расчета обобщенных теплотехнических характеристик продуктов сгорания смеси воды и мазута в различных соотношениях сведены в таблицу (таблица 2)

ТАБЛИЦА 2 Теплотехнические характеристики водомазутных эмульсий

Количество воды в эмульсии, %	Теплотехнические характеристики			
	Жаропроизводительность t_{max} , °С	Максимальное теплосодержание 1 м^3 сухих продуктов горения, R , кДж/м ³	Максиальное теплосодержание 1 м^3 влажных продуктов горения, R , кДж/м ³	Отношение объемов сухих и влажных продуктов горения, B
Мазут	1603,847826	4085,3934	3549,25	0,868766
5	1600,3543	4080,2995	3536,47	0,866719
10	1590,8754	4065,7421	3502,73	0,861523
15	1580,3694	4049,6727	3465,47	0,85574
20	1568,6252	4031,7382	3424,03	0,849268
25	1555,4024	4011,3875	3377,85	0,842065
30	1540,3618	3987,8685	3326,1	0,834055

Полученная таблица обобщенных теплотехнических характеристик для водомазутных эмульсий отображена в виде графических зависимостей на рисунках 2 и 3.

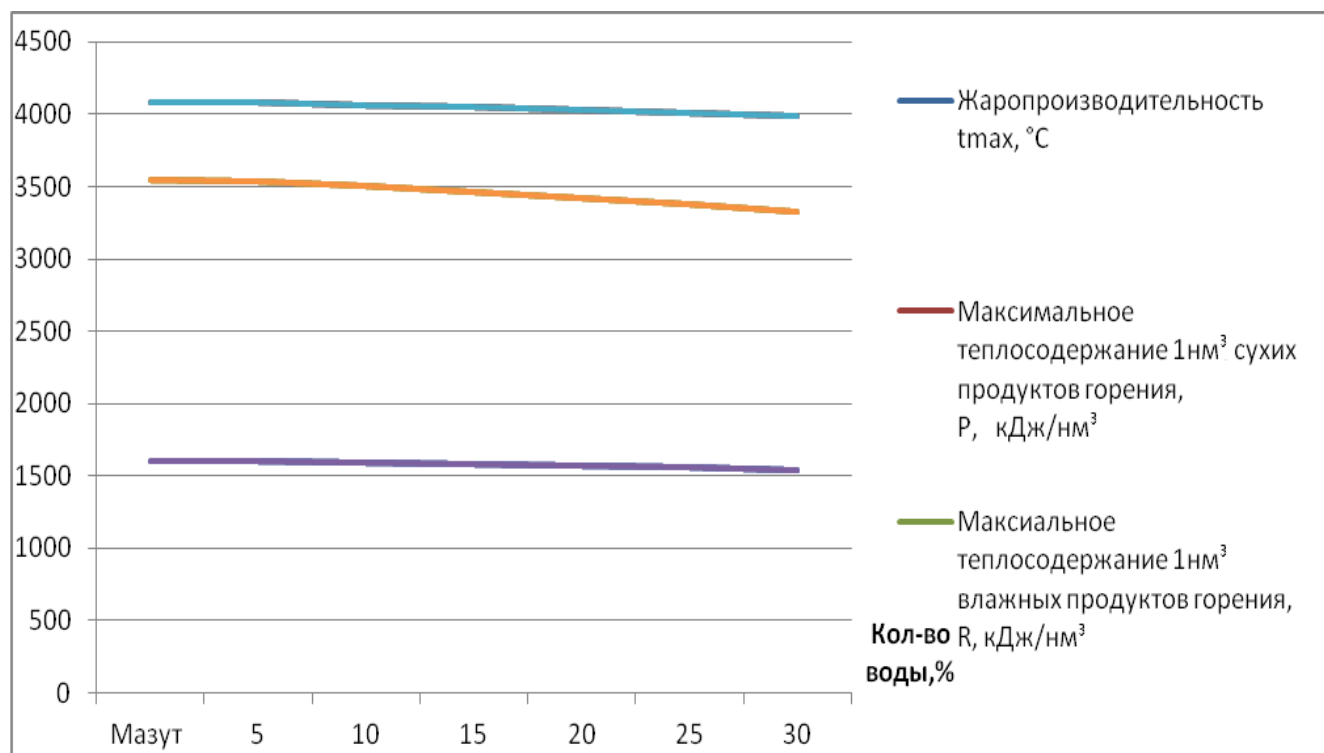


Рисунок 2 графические зависимости теплотехнических характеристик (t_{max} , R) от количества воды в эмульсии.

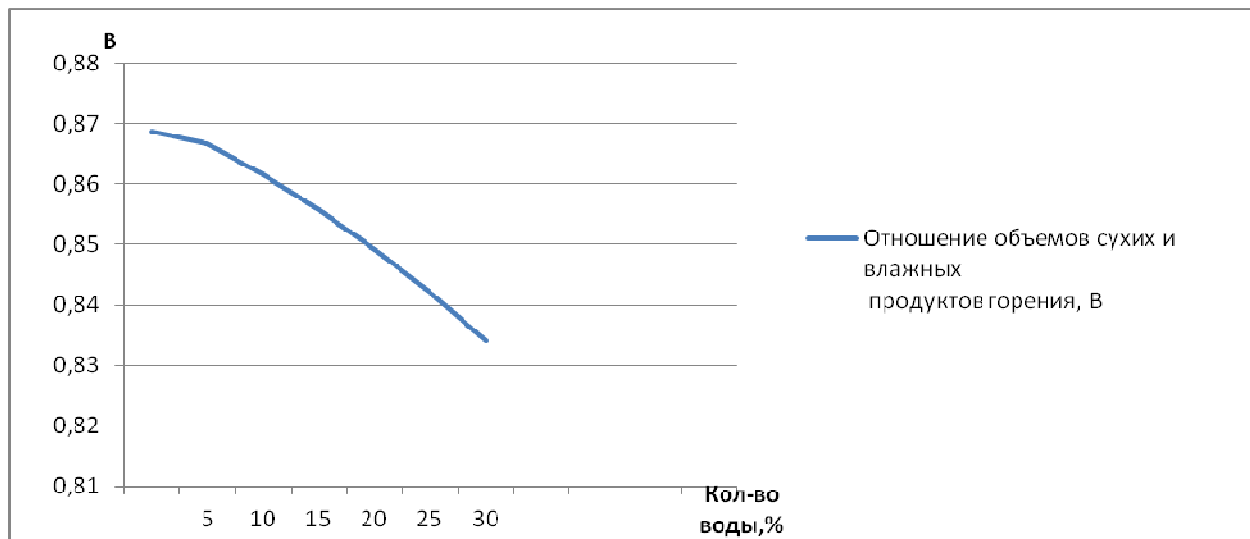


Рисунок 3 графические зависимости отношения объемов сухих и влажных продуктов горения от количества воды в эмульсии.

Представленные рисунки наглядно показывают, что изменение обобщенных теплотехнических характеристик водомазутной эмульсии незначительно, в то время как её теплота сгорания и объемы продуктов сгорания сильно менялись в зависимости от количества введенной в состав воды.

Далее с помощью упрощенных расчетов результатов теплотехнических испытаний котлов и печей можно определить потери теплоты с уходящими газами (q_2), теплоты вследствие химической неполноты сгорания (q_3) а так же коэффициент использования мазута (к.и.т.).

Использование водомазутных эмульсий является перспективным направлением в энергосбережении. Уменьшается расход исходного топлива и в то же время происходит улучшение его качества. Применение к такому топливу упрощенной методики расчета М.Б. Равича, основанной на использовании некоторых обобщенных характеристик, позволяет легче и быстрее произвести обработку результатов теплотехнических испытаний котлов с высокой степенью точности, не выполняя многих трудоемких расчетов.

Список литературы

1. Константинов, А.Г. Берестенко, А.В. Проблемы современной энергетики // Электронный ресурс <http://alternativenergy.ru>
2. Геллер, С.В. Приготовление водомазутных эмульсий посредством волновой диспергации // Журнал "Новости теплоснабжения" (Москва): № 4 апрель 2010г.
3. Геллер, С.В. Сверхстойкие водотопливные эмульсии // Газета "Тепловая энергетика": № 01 (01) май 2012г.
4. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) 3-е изд.- СПб.: НПО ЦКТИ, 1998. - 256с.
5. Равич, М.Б. Упрощенная методика теплотехнических расчетов. - М., изд-во АН СССР, 1966. - 407 с.