

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 662.61

### ВЛИЯНИЕ СЖИГАНИЯ СЕРНИСТЫХ МАЗУТОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Р.Е. Липантьев, В.П. Тутубалина

Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия

*Резюме:* Изучен элементный состав мазутов, полученных из нефти различных месторождений; получены значения плотности, содержания общей и сульфидной серы, а также теплоты сгорания исследуемых мазутов.

*Ключевые слова:* нефть, мазут, элементный состав, оксиды серы.

### INFLUENCE OF COMBUSTION OF SULFUR OXIDES ON THE ENVIRONMENT

R.E. Lipant'ev, V.P. Tutubalina

Kazan State Power Engineering University

*Abstract:* Studied the elemental composition of the fuel oil, derived from petroleum different fields; The values of the density, content and total sulphide sulfur and calorific value of the test fuel oil.

*Keywords:* Oil, fuel oil, elemental composition, sulfur oxides.

Создание эффективных экологически чистых процессов сжигания сернистых мазутов в топках энергетических котлов требует детального изучения состава и свойств соединений, вызывающих загрязнение окружающей среды вредными выбросами. При непосредственном сжигании сернистого мазута в топках энергетических котлов тепловых электрических станций наблюдается высокая концентрация оксидов серы в уходящих дымовых газах. Из литературных данных [1, 3] известно, что увеличение концентрации оксидов серы в дымовых газах сопряжено с повышением температуры «точки росы». В результате чего снижается эффективность работы котлоагрегата, что сопровождается коррозией, загрязнением низкотемпературных поверхностей нагрева и повышением температуры уходящих дымовых газов. Таким образом, разработка и внедрение экологически чистых процессов горения топлива в технологию производства тепловой и электрической энергии является одной из важнейших задач современной энергетики [1, 2].

В настоящее время в качестве жидкого котельного топлива на ТЭС и промышленно-отопительных котельных широко применяется мазут М100, из-за его низкой стоимости по сравнению с мазутами других марок. Поэтому представляло научный интерес использовать в качестве объекта исследования данный мазут. Для определения значения плотности мазута, содержания в нем общей и сульфидной серы, а также количества азота (табл. 1), в качестве исходного материала были использованы образцы, предоставленные производственной лабораторией ОАО «Уфимский НПЗ», полученные прямой гонкой (АВТ) из нефти различных месторождений девонского горизонта.

Таблица 1

Месторождение	Плотность, кг/м <sup>3</sup> при 80 °С	Сера общая, %масс.	Сера сульфидная		Азот, %масс.
			%масс.	% к общей сере	
Азнакаевское	917,84	3,05	0,68	22,29	0,7
Сосновское	943,7	3,62	0,82	22,65	0,11
Радаевское	920,09	3,19	0,74	23,2	0,80
Сидоровское	876,63	2,25	0,23	10,22	0,9
Жигулёвское	852,10	1,70	0,45	26,47	0,4

Из данных табл. 1 следует, что количество сульфидной серы, содержащейся в исследуемых мазутах, с увеличением концентрации общей серы растет. Содержание общей серы в мазутах определяли по ГОСТ 3877-88 [4]. Результаты экспериментов показаны в виде гистограммы на рис. 1.

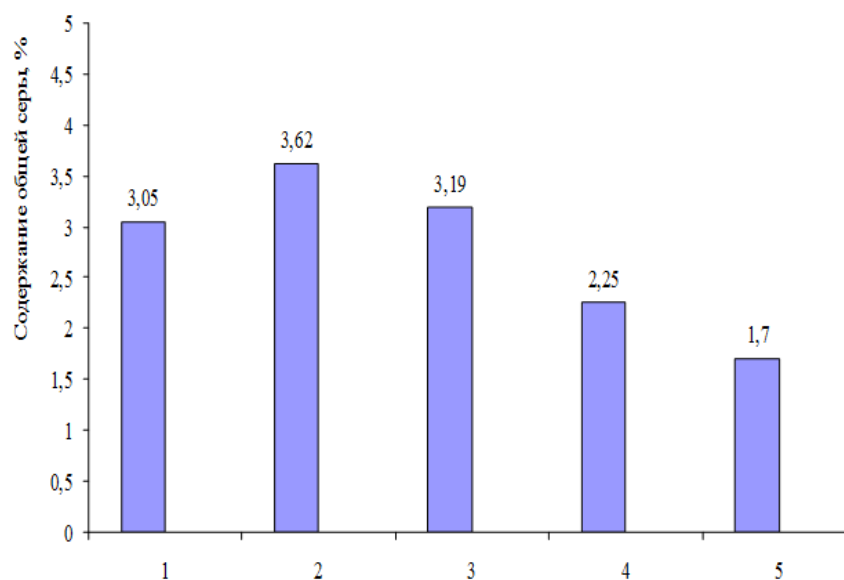


Рис. 1. Содержание общей серы в мазутах из нефти различных месторождений: Ряд 1 – Азнакаевское месторождение; Ряд 2 – Сосновское месторождение; Ряд 3 – Радаевское месторождение; Ряд 4 – Сидоровское месторождение; Ряд 5 – Жигулёвское месторождение

Из рис. 1 видно, что образцы мазута М100 различных месторождений нефти существенно отличаются по содержанию общей серы. Следующая серия опытов была поставлена с целью определения плотности мазутов, произведенных из нефти различных месторождений. Плотность мазутов М100 определяли в соответствии с ГОСТ 3900-85. Полученные результаты представлены в виде гистограммы на рис. 2.

Из рис. 1 и 2 следует, что с повышением содержания общей серы в мазуте его плотность растет. Вместе с тем, увеличение плотности мазута ухудшает процесс его распыливания форсунками в топочной камере котла, что указывает на необходимость обессеривания мазута перед его сжиганием.

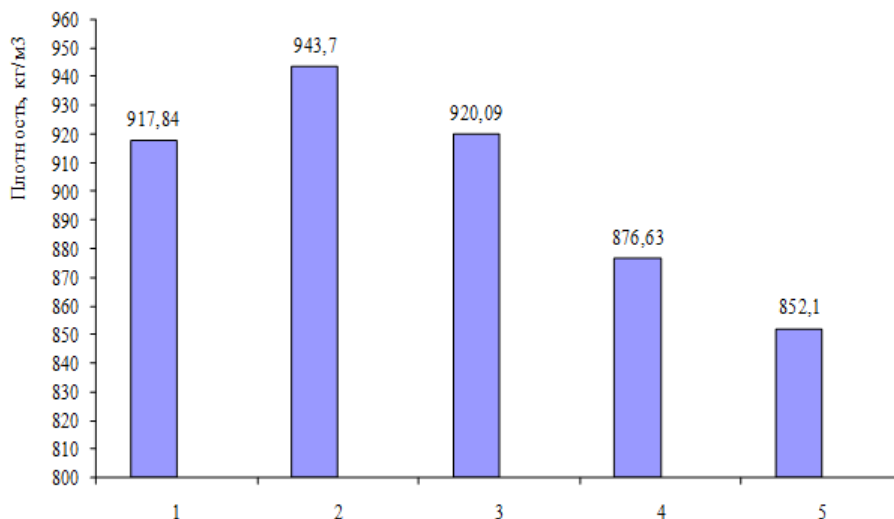


Рис. 2. Плотность мазута из нефти различных месторождений: Ряд 1 – Азнакаевское месторождение; Ряд 2 – Сосновское месторождение; Ряд 3 – Радаевское месторождение; Ряд 4 – Сидоровское месторождение; Ряд 5 – Жигулёвское месторождение

Целью дальнейшей работы было определение порога термостабильности мазута, который является важнейшей эксплуатационной характеристикой котельного топлива, характеризующей начало выделения газообразных веществ из последнего. Порог термостабильности определяли по методике, приведённой в литературе [5], основанной на увеличении степени разрушения парафинов в процессе ректификации при повышении температуры нагрева испытываемого образца мазута. Значение данного показателя необходимо учитывать при разработке оптимальной технологической схемы обессеривания мазутов. Полученные опытные данные приведены в табл. 2.

Таблица 2

Численные значения порога термостабильности мазутов

Месторождение	$S_{\text{общ}}, \% \text{масс.}$	Порог термостабильности мазута, °C
Азнакаевское	3,05	272
Сосновское	3,62	312
Радаевское	3,19	286
Сидоровское	2,25	190
Жигулёвское	1,70	146

Из табл. 2 следует, что термостабильность мазутов определяется количеством общей серы в последних. Полученные результаты показали, что с уменьшением содержания общей серы в мазутах их термостабильность падает.

Дальнейшие исследования потребовали определения элементного состава и низшей теплоты сгорания изучаемых мазутов. Учитывая, что теплота сгорания относится к наиболее важным характеристикам котельного топлива, ее определяли двумя различными методами – экспериментальным по ГОСТ 21261-91 и расчетным с использованием уравнения Д.И. Менделеева [6]:

$$Q = 339,4 \cdot C^P + 1257 \cdot H^P - 108,9 \cdot (O^P - S^P).$$

Сравнительный анализ расчетных данных с экспериментальными показал, что относительная ошибка в ходе вычислений не превышает 1,5 %. Это указывает на высокую точность проведения эксперимента.

Элементный состав мазутов определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии (ГОСТ 27566-27). Полученные результаты сведены в табл. 3.

Таблица 3

Элементный состав и теплота сгорания мазутов из нефти различных месторождений

Месторождение	Элементный состав, %масс.					Отношение С:Н	Экспериментальная теплота сгорания, МДж/кг	Расчетная теплота сгорания, МДж/кг
	С	Н	S	N	О			
Азнакаевское	86,5	8,7	3,05	0,7	1,05	9,9	40,33	40,51
Сосновское	85,9	8,05	3,62	0,11	2,32	10,7	39,26	39,42
Радаевское	84,6	8,39	3,19	0,80	3,02	10,08	39,41	39,28
Сидоровское	87,1	8,62	2,25	0,09	1,94	10,1	40,67	40,43
Жигулёвское	88,9	8,80	1,70	0,04	0,56	10,1	40,78	41,36

Из данных, приведённых в табл. 3, следует, что исследованные мазуты, полученные из нефти различных месторождений, содержат в своём составе углерода 84,6–88,9 %, водорода – 8,05–8,8% и характеризуются практически одинаковым соотношением С:Н, а именно равным 9,9–10,7. Вместе с тем, указанные мазуты содержат различное количество серы, азота и кислорода. Содержание серы в исследованных мазутах находится в пределах 1,70–3,62 %, азота – 0,04–0,11 % и кислорода – 0,56–3,02 %. Полученные значения теплоты сгорания топлива показывают, что большей теплотой сгорания (41,36 МДж/кг), по сравнению с остальными образцами, обладает мазут с низким содержанием серы (1,70 % масс.).

Таким образом, высокое содержание общей серы в мазуте негативно влияет на его эксплуатационные характеристики. Кроме того, при сжигании сернистого мазута образуются оксиды серы, которые с дымовыми газами в огромных количествах выбрасываются в атмосферу, загрязняя ее. На основании полученных данных сжигание в энергетических котлах ТЭС сернистого топлива требует осуществления предварительной сероочистки.

Основные результаты и выводы:

1. Показано, что плотность и термостабильность мазутов определяются месторождением нефти и количеством содержания в них общей серы.
2. Элементный состав мазутов определяется природой нефти, из которой они получены.
3. Экспериментальным и расчетным методами определены численные значения теплоты сгорания мазутов, полученных из нефти различных месторождений. По результатам расчетов наибольшей теплотой сгорания обладает мазут Жигулевского месторождения нефти.

#### Литература

1. Адамов В.А. Сжигание мазута в топках котлов. Л.: Недра, 1989. 304 с.
2. Липантьев Р.Е., Тутубалина В.П. Исследование работы электрических станций на сернистых и малосернистых мазутах. // Известия вузов. Проблемы энергетики 2010 г. № 7-8 С. 144-147

3. Зверева Э.С., Ганина Л.В. Повышение технико-экономических и экологических показателей мазутных хозяйств // Энергетика Татарстана. 2007. №2(6). С. 62–66.

4. Химия нефти: руководство к практическим и лабораторным занятиям / И.Н. Дияров, Р.Ф. Хамидуллин, Н.Л. Солодова; Изд. 2-е, исп. и доп. Казань: Изд. КНИТУ, 2013. 540 с.

5. Скрипник Е.И., Штаф И.К. Термическая стабильность нефтей. // Химия и технология топлива. 1956. №5. С. 20–23.

6. Девисилов В.А., Дроздова Т.И., Тимофеева С.С. Теория горения и взрыва. Практикум: учебное пособие, М.: ФОРУМ, 2012. 352 с.

#### **Авторы публикации**

**Липантьев Роман Евгеньевич** – канд. техн. наук, преподаватель кафедры «Инженерная экология и рациональное природопользование» (ИЭР) Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ). E-mail: dozor\_energo@mail.ru.

**Тутубалина Валерия Павловна** – докт. техн. наук, профессор, главный научный сотрудник Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ).

#### **References**

1. Adam V.A. Burning fuel oil in boiler furnaces. – L.: Nedra, 1989. – 304 p.
2. Lipantev R.E., Tutubalin V.P. Proceedings of the universities. Energy Issues 2010 number 7-8
3. Zvereva ES, LV Ganina Increasing the technical, economic and environmental performance of farms and mazut // Energy Tatarstan. - 2007 - №2 (6) - with. 62-66
4. Oil Chemistry: A guide to the practical and laboratory work / I.N. Diyarov, R.F. Khamidullin, N.L. Malt; M of Education and Science of Russia, KNRTU - ed. 2nd, Spanish. and ext. - Kazan Univ. KNRTU, 2013. - 540 p.
5. Skrypnyk E.I., Shtaf I.K. The thermal stability of oils. Chemistry and technology of fuel. №5. 1956. p. 20-23
6. Devisilov V.A., Drozdova T.I., Timofeev S.S. The theory of combustion and explosion Workshop: Textbook - M.: FORUM, 2012. - 352 p.

#### **Authors of the publication**

**Lipantsev Roman Evgenyevich** – lecturer in environmental engineering Kazan State Power Engineering University. E-mail: dozor\_energo@mail.ru.

**Tutubalina Valery Pavlovna** – Dr.Sci.Tech., professor, chief researcher Kazan State Power Engineering University.

**Поступила в редакцию**

**16 февраля 2017 г.**