

Федеральное агентство по образованию РФ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Красноярский государственный технический университет

Е.А. Бойко

ВОПРОСЫ СЖИГАНИЯ ВЫСОКОСЕРНИСТЫХ МАЗУТОВ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

(учебное пособие)

Красноярск 2005

Содержание

1. Учебная цель.....	.....
1.1. Основные термины .....	.....
2. Содержание учебного элемента.....	.....
2.1. Основные свойства мазутов .....	.....
2.2. Влияние рабочих характеристик мазута на работу котельных агрегатов .....	.....
2.3. Загрязнение и коррозия низкотемпературных поверхностей нагрева.....	.....
2.4. Очистка низкотемпературных поверхностей нагрева от отложений.....	.....
2.5. Коррозия низкотемпературных поверхностей нагрева при сжигании высокосернистых мазутов .....	.....
2.6. Применение предварительного подогрева воздуха .....	.....
2.7. Применение минеральных присадок.....	.....
2.8. Применение аммиака в качестве газообразной присадки.....	.....
2.9. Сжигание высокосернистого мазута с малыми избытками воздуха.....	.....
3. Резюме .....	.....
4. Контрольные вопросы .....	.....
5. Литература .....	.....

1. УЧЕБНАЯ ЦЕЛЬ

Познакомить оперативный персонал ТЭС, в частности машинистов паровых котлов с опытом сжигания высокосернистого мазута на электростанциях, основным видом топлива которых он является, а также с исследованиями и внедрением прогрессивного способа сжигания мазута с малыми избытками воздуха, различными способами защиты низкотемпературных поверхностей котлов от сернокислотной коррозии.

1.1. Основные термины

Масса m , кг – мера количества вещества какого-либо тела (жидкости, газа) в состоянии покоя; скалярная величина, характеризующая инерционные и гравитационные свойства тела.

Сила тяжести F, H – векторная величина, определяющая силу притяжения тела к земле.

Вес G, H – векторная величина, представляющая собой силу, с которой тело под действием силы тяжести действует на опору или на нить подвеса.

Плотность или масса единицы объёма, ρ – отношение массы тела m , кг к его объёму V , м³.

$$\rho = m \cdot V$$

Плотность газа определяется из отношения молекулярной массы, выраженной в килограмм – молекулах (кмоль) к объёму одной килограмм-молекулы, который согласно закону Авагадро составляет 22,412 м³, т. е.

$$r = \frac{m}{22,412}$$

Относительная плотность d – отношение плотности данного вещества к плотности стандартного вещества при определённых физических условиях. В газовой технике рассматривают плотность газов по отношению к воздуху (при 0 °С и 760 мм.рт.ст.) значения плотности и относительной плотности газов приведены в таблице 1.

Плотность смеси газов:

$$\rho_{см} = 0,01(N_2\rho_{N_2} + O_2\rho_{O_2} + \dots),$$

где ρ_{N_2} , ρ_{O_2} и т. д. – плотность отдельных составляющих смеси кг/м³, N_2 , O_2 – содержание компонента, %

Плотность газов при температуре , отличающейся от 0 °С.

$$r_t = r_o \frac{273}{273+t_2}$$

где r_0 – плотность при 0 °С, кг/м³;
 t_r – температура газа, °С.

Удельный объём – величина обратная плотности, объём единицы массы:

$$n = \frac{1}{r}$$

Удельный вес γ – отношение веса (силы тяжести) тела G , кгс к его объёму V м³.

Удельный вес тела зависит от ускорения силы тяжести в данном пункте и не является параметром вещества. Плотность и удельный вес связаны зависимостью.

$$r = \frac{g}{q}$$

Таблица 1

Молекулярная масса некоторых газов

Газ	Химическая формула	Молекулярная масса, М	Плотность 0°С и 760 мм рт. ст.	Относительная плотность по воздуху.
Водород	H ₂	2.02	0.09	0.07
Оксись углерода	CO	28.01	1.25	0.97
Метан	CH ₄	16.04	0.72	0.55
Этан	C ₂ H ₆	30.07	1.34	1.04
Пропан	C ₃ H ₈	44.09	1.97	1.060
Бутан	C ₄ H ₁₀	58.12	2.6	2.00
Пентан	C ₅ H ₁₂	72.15	3.22	2.49
Этилен	C ₂ H ₄	28.05	1.26	0.98
Пропилен	C ₃ H ₆	42.08	1.88	1.46
Бутилен	C ₄ H ₈	56.10	2.5	1.94
Азот	N ₂	28.00	1.25	0.97
Кислород	O ₂	32.00	1.43	1.10
Углекислый	CO ₂	44.00	1.98	1.53
Природный	-	-	0.73-0.85	0.57-0.66
Попутный	-	-	0.95-1.5	0.73-1.16
Коксовый	-	-	0.5	0.40
Сланцевый	-	-	1.0	0.77

Вязкость – свойство жидкостей и газов оказывать сопротивление взаимному перемещению частиц (молекул) под действием приложенных сил.

Различают вязкость динамическую m и кинематическую g . Единицей динамической вязкости является вязкость такого вещества, в котором единица

силы перемещает со скоростью, равной единице скорости, два слоя, имеющих единицу площади каждый и расположенных на расстоянии единицы длины друг от друга. Кинематической вязкостью называется отношение динамической вязкости к плотности

$$g = \frac{\eta}{\rho}$$

Давление P – отношение нормальной составляющей силы F_n к площади f , на которую действует сила, а для жидкостей паров, газов – их давление на единицу поверхности сосуда.

$$P = \frac{F_n}{f}$$

Для паров и газов различают избыточное давление и разрежение по отношению к давлению атмосферного воздуха в данный момент времени, а также абсолютное (истинное) давление, представляющее собой сумму барометрического давления $P_{бар}$ и избыточного $P_{изб}$ или разрежения $P_{разр}$

$$P_{абс} = P_{бар} + P_{изб};$$

$$P_{абс} = P_{бар} - P_{разр}.$$

Избыточное давление, измеренное манометром, называют манометрическим. За единицу измерения давления принята техническая атмосфера, которая соответствует давлению в 1 кгс на поверхность 1 см² (кгс/см²).

В системе СИ единица измерения давления – паскаль (Па). 1 Па соответствует давлению, вызываемому силой 1Н, равномерно распределённой по поверхности площадью 1 м².

Среднее давление атмосферного воздуха (физическая атмосфера) принята равным 760 мм.рт.ст. т. е. 1,033 кгс/см².

Давление 1 мм.вод.ст. соответствует 1кгс/м², так как высота слоя 1кг воды, разлитого на поверхность 1 м², равна 1 мм. соотношения между различными единицами давления приведены в табл. 2

Таблица 2

Соотношения между единицами давления

единицы	н/м ² (Па)	кгс/м ² (мм вод. ст.)	дин/см ²	бар	ат	атм	мм рт. ст.
1н/м ²	1	10	0,102	10 ⁻⁵	1,02·10 ⁻⁵	9,87·10 ⁻⁴	7,5·10 ⁻³
1дин/см ²	0,1	1	10,2·10 ⁻³	10 ⁻⁶	1,02·10 ⁻⁶	0,987·10 ⁻⁶	750·10 ⁻⁶
1кгс/м ² (мм вод.ст)	9,81	98,1	1	9,81·10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	0,968·10 ⁻⁴	73,56·10 ⁻³
1 бар	10 ⁵	10 ⁶	10,2·10 ³	1	1,02	0,987	750
1 ат (техническая атмосфера)	9,81·10 ⁴	981·10 ³	10 ⁴	0,981	1	0,968	735,6
1атм(физическая атмосфера)	10,13·10 ⁴	1013·10 ³	1,033·10 ⁴	1,013	1,033	1	760
1мм рт. ст.	133,3	1,333·10 ³	13,6	133,3·10 ⁻⁵	1,36·10 ⁻³	1,3110 ⁻³	1

В уравнения, вытекающие из законов газового состояния, связывающие параметры вещества, входит абсолютное давление. Прочность стенок сосудов, трубопроводов и других элементов рассчитывают по избыточному давлению.

При определении скорости жидкостей, воздуха или уходящих газов, протекающих в трубах (каналах), пользуются значениями полного и статического давления (напоров).

Схема измерения скоростного напора

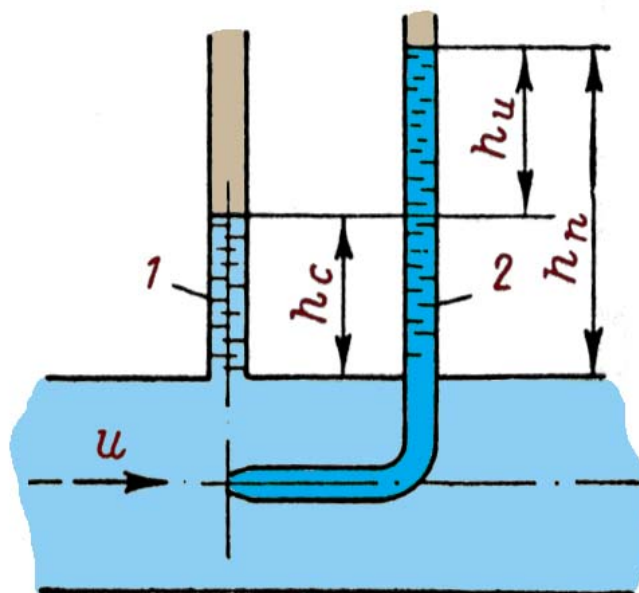


Рис. 1.

Напор: 1 – статический; 2 – полный

Скоростной напор в рассматриваемой точке (рис. 1) определяют по разности полного и статического напоров ($h=h_n-h_c$), а скорость с достаточной для расчётов точностью принимают равной:

$$U = \sqrt{2gh_u}$$

Для арматуры и соединительных частей трубопроводов применяют (для труб рекомендуют) следующие понятия:

P_u – условное давление, под которым понимают наибольшее избыточное давление при температуре среды 20°C;

$P_{пр}$ – избыточное давление, при котором арматура и соединительные части трубопроводов должны подвергаться гидравлическому испытанию на прочность и плотность материала водой при температуре не выше 100 °C;

P_p – рабочее давление – наибольшее избыточное давление, при котором обеспечивается длительная работа при рабочей температуре проводимой среды.

Работа W – есть произведение постоянной силы, действующей на тело в направлении перемещения, на величину перемещения точки приложения силы:

$$W = F l;$$

Кроме механической работы существуют и другие виды работы – электрических, магнитных, химических сил, - а также работа взаимодействия тел, имеющих неодинаковую температуру.

За единицу работы приняты: в системе СИ джоуль (Дж) работа силы 1 Н, перемещающей тело на 1 м; в системе МКГСС – килограмм-сила на метр; в системе СГС – эрг (длина на см) . (Таблица 3)

Таблица 3

Соотношения между единицами работы (энергии)

Единицы	Дж	Эрг	кгс· м	ккал	кВт· ч	л. с. ·ч
1дж	1	107	0,102	$239 \cdot 10^{-6}$	$0,278 \cdot 10^{-6}$	$0,378 \cdot 10^{-6}$
1эрг	10^{-2}	1	$10,2 \cdot 10^{-9}$	$23,9 \cdot 10^{-12}$	$27,8 \cdot 10^{-15}$	$37,8 \cdot 10^{-15}$
1кгс м	9,81	98,1	1	$2,343 \cdot 10^{-3}$	$2,724 \cdot 10^{-6}$	$3,704 \cdot 10^{-6}$
1ккал	$4,187 \cdot 10^3$	$41,87 \cdot 10^9$	427	1	$1,163 \cdot 10^{-3}$	$1,581 \cdot 10^{-3}$
1кВт ч	$3,6 \cdot 10^6$	$36 \cdot 10^{12}$	$367,1 \cdot 10^3$	859,8	1	1,36
1л.с. ч	$2,65 \cdot 10^6$	$26,5 \cdot 10^{12}$	$270 \cdot 10^3$	632,4	0,736	1

Мощность равномерно работающей системы – работа, совершенная в единицу времени. (Таблица 4)

Таблица 4

Соотношения между единицами мощности

Единицы	Вт	кВт	Эрг/с	кгс· м/с	ккал/с	ккал/ч	л.с.
1Вт	1	10^{-3}	10^7	0,102	0,239	0,86	$1,36 \cdot 10^{-3}$
1кВт	10^3	1	10^{10}	102	239	860	1,36
1эрг/с	10^{-7}	10^{-10}	1	$10,2 \cdot 10^{-9}$	$23,9 \cdot 10^{-9}$	$86 \cdot 10^{-9}$	$0,136 \cdot 10^{-9}$
1кгс м/с	9,81	$9,81 \cdot 10^{-3}$	$98,1 \cdot 10^6$	1	2,343	8,435	$13,33 \cdot 10^{-3}$
1кал/с	4,187	$4,187 \cdot 10^{-3}$	$41,87 \cdot 10^6$	$427 \cdot 10^{-3}$	1	3,6	$5,69 \cdot 10^{-3}$
1ккал/ч	1,163	$1,163 \cdot 10^{-3}$	$11,63 \cdot 10^6$	$118,5 \cdot 10^{-3}$	0,2778	1	$1,58 \cdot 10^{-3}$
1л.с.	735,5	0,7355	$7,355 \cdot 10^9$	75	175,7	632,4	1

Термодинамическая работа – работа, затраченная не только на изменение положения тела, но и на изменение его формы. Под действием внешней среды меняется состояние газа, а следовательно, и его внутренняя энергия. При этом газ совершает работу, количество которой соответствует величине передаваемой энергии.

Термодинамическая работа изменения объема простых тел $L_{1,2}$ есть произведение среднего давления p_m на изменение объема $V_2 - V_1$:

$$L_{1,2} = p_m (V_2 - V_1).$$

Потенциальная работа - изменение давления $W_{1,2}$ – работа перемещения жидкостей, газов, паров из области с давлением p_1 в область с давлением p_2 , определяемая как произведение среднего объема V_m на разность давлений:

$$W_{1,2} = V_m (p_1 - p_2).$$

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО ЭЛЕМЕНТА

2.1. Основные свойства мазутов

В качестве жидкого котельного топлива на электростанциях и промышленно – отопительных котельных в системе РАО ЕЭС используются высокосернистые мазуты, вырабатываемые на НПЗ (нефтеперерабатывающих заводах)

Следует заметить, что качество мазутов систематически меняется с изменением качества исходной нефти и технологии производства на НПЗ.

Изменение качества топлива связано в первую очередь с изменением содержания серы и концентрации золы.

Свойство топочных мазутов заметно меняются с увеличением их вязкости, что видно из таблицы 5, в которой приведены данные о мазутах, выработанных на Уфимском НПЗ.

Таблица 5

Изменение отдельных свойств мазута в зависимости от его вязкости

Характеристики мазута					
Марка мазута	Относительная плотность при 20°C	Вязкость при 80°C, °ВУ	Температура застывания, °C	Температура вспышки в открытом тигле, °C	Коксуемость, %
M40	0,983	5,6	+6	-	7,4
M100	0,985	12,4	-	170	16,5
M200	1,026	19,1	+13	-	16,1

Марка мазута	Содержание, %					Низшая теплота сгорания, ккал/кг
	Золы	Серы	Ванадия	Углерода	водорода	
M40	0,13	2,8	0,10	86,1	10,7	9643
M100	0,18	3,2	0,010	86,3	10,5	9524
M200	0,20	3,2	0,027	86,5	9,6	9354

Таблица показывает, что с увеличением вязкости возрастает плотность мазута, повышается содержание углерода, а концентрация водорода, наоборот, снижается.

Современные товарные мазуты получают в результате смешения различных нефтепродуктов, остающихся при переработке нефти по топливной или топливно- масляной схеме.

В [1] приведены две наиболее распространенные на НПЗ схемы получения товарного мазута.

В соответствии с первой схемой (рис. 2, а), по которой работают на НПЗ топливного направления, основными компонентами котельного топлива являются прямогонный мазут и остатки его термического крекинга.

Принципиальная схема получения товарного мазута

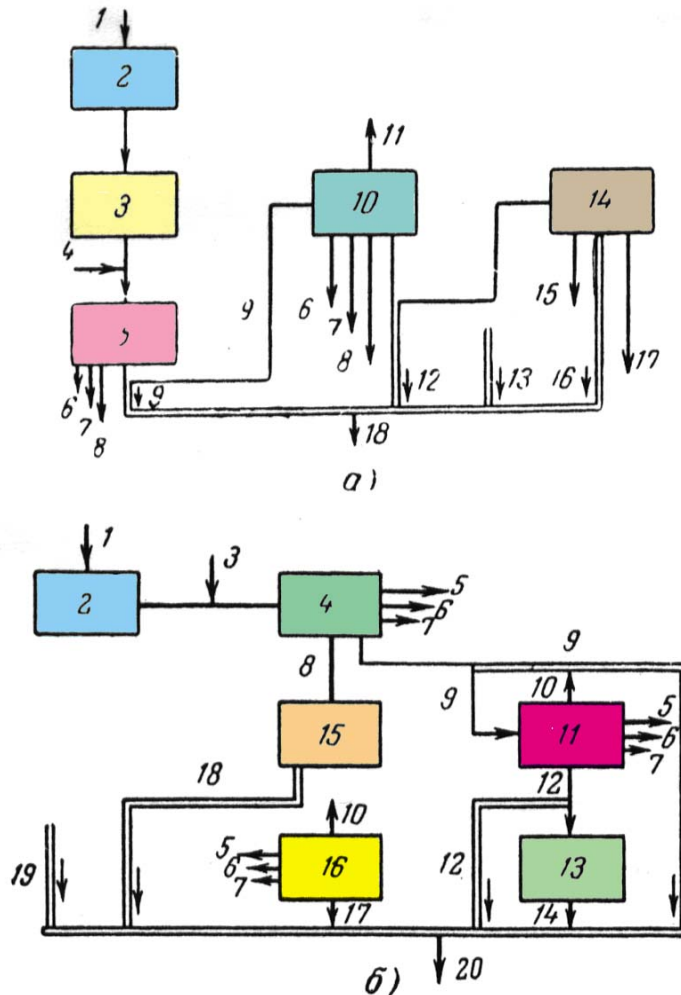


Рис. 2

а – при неглубокой переработке нефти: 1 – сырая нефть; 2 – предварительное обессоливание; 3 – электрообессоливание; 4 – защелачивание; 5 – атмосферная трубчатка; 6 – бензин; 7 – керосин; 8 – дизельное топливо; 9 – мазут прямой гонки; 10 – термический крекинг; 11 – газ; 12 – крекинг-остаток; 13 – ловушечный мазут; 14 – коксование; 15 – лёгкие дистилляты; 16 – коксовый дистиллят; 17 – нефтебитум; 18 – товарный мазут; б – при глубокой переработке нефти: 1 – сырая нефть; 2 – обессоливание; 3 – защелачивание; 4 – атмосферно-вакуумная трубчатка; 5 – бензин; 6 – керосин; 7 – дизельное топливо; 8 – вакуумный дистиллят; 9 – мазут прямой гонки; 10 – газ; 11 – термический крекинг; 12 – крекинг-остаток; 13 – коксование; 14 – коксовый дистиллят; 15 – очистка масляных фракций; 16 – каталитический крекинг; 17 – каталитический газойль; 18 – отходы масляного производства; 19 – ловушечный продукт; 20 – товарный мазут

Для получения полноценной версии необходимо обращаться по адресу...



«Лаборатория информационных технологий в энергетике»,
Кафедра «Тепловые электрические станции»
Красноярского государственного технического университета
e-mail: boiko@krgtu.ru
р.т.: (8-3912) 49-72-99, 49-74-63
660074, г. Красноярск, ул. Академика Киренского, 26
Красноярский государственный технический университет