

### Лекция 3.

#### 1.4. Твердое топливо

Наиболее распространенными видами твердого топлива являются бурые и каменные угли, антрациты, горючие сланцы, древесина и торф.

Бурые угли не спекаются, отличаются большим выходом летучих веществ ( $V^r = 40...60\%$ ), высокими зольностью ( $A^p = 15...30\%$ ) и влажностью ( $W^p = 30...40\%$ ). Теплота сгорания  $Q_H^p = 23...27$  МДж/кг.

Каменные угли по составу и свойствам разнообразны. Они обладают сравнительно невысокими зольностью ( $A^p = 5...25\%$ ) и влажностью ( $W^p = 5...10\%$ ) при широком диапазоне выхода летучих веществ ( $V^r = 10...40\%$ ). Основная масса каменных углей спекается. Теплота сгорания  $Q_H^p = 23...27$  МДж/кг. Каменные угли классифицируются по выходу летучих веществ и характеру коксового остатка.

Для обозначения сортов углей, предназначенных для использования в теплоэнергетике, используют следующую схему: Сорт = “марка” + “размер кусков”

Таблица 1.4. Марка угля

Бурые		Б
Каменные	Длиннопламенные	Д
	Газовые	Г
	Жирные	Ж
	Коксовые	К
	Отощенно-спекающиеся	ОС
	Слабоспекающийся	СС
	Тощие	Т
Антрациты		А

Кроме основных марок, приведенных в таблице, выделяют также промежуточные марки каменного угля: ДГ (длиннопламенно-газовые), ГЖ (газовые жирные), КЖ (коксовые жирные), ПА (полуантрациты), бурые угли делятся по группам (1Б, 2Б, 3Б). Коксующиеся марки угля (Г, кокс, Ж, К, ОС) в теплоэнергетике практически не используются, так как они являются дефицитным сырьем для коксохимической промышленности.

Таблица 1.4. Класс крупности (размеру кусков, фракции) сортового каменного угля

Класс	Условное обозначение	Пределы крупности кусков	
		нижний	верхний
Плитный	П	100(80)	200;300
Крупный (кулак)	К	50(40)	100(80)
Орех	О	25(20)	50(40)
Мелкий	М	13(10)	25(20)
Семечко	С	6(5;8)	13(10)
Штыб	Ш	0	6(5;8)
Рядовой	Р	0	200;300

Кроме сортового угля присутствуют совмещенные фракции и отсевы (ПК, КО, ОМ, МС, СШ, МСШ, ОМСШ). Размер угля определяют исходя из меньшего значения самой мелкой фракции и большего значения самой крупной фракции, указанных в названии марки угля. Например, фракция ОМ (М — 13–25, О — 25–50) составляет 13–50 мм.

Кроме указанных сортов угля можно встретить угольные брикеты, которые прессуют из низкообогащенного угольного шлама.

*Уголь марок Б, Д, Г* содержит большое количество летучих веществ, поэтому такой уголь быстро разгорается и быстро сгорает. Уголь этих марок доступен и пригоден практически для всех видов котлов, однако для полного сгорания этот уголь должен подаваться маленькими порциями, чтобы выделяющиеся летучие вещества успевали полностью соединиться с кислородом воздуха. Полное сгорание угля характеризуется желтым пламенем и прозрачными дымовыми газами; неполное сгорание летучих веществ дает багровое пламя и чёрный дым.

*Уголь марок СС, Т, А* разжечь труднее, зато он горит долго и выделяет намного больше тепла. Уголь можно загружать большими партиями, так как в них горит преимущественно коксовый остаток, нет массового выделения летучих веществ. Очень важен режим поддува, так как при недостатке воздуха горение происходит медленно, возможно его прекращение, либо, напротив, чрезмерное повышение температуры, приводящее к уносу тепла и прогоранию котла.

Антрациты отличаются от других твердых топлив плотной структурой, высоким содержанием углерода ( $C^F = 93...96 \%$ ), малым выходом летучих веществ ( $V^F = 3...5 \%$ ), малой зольностью ( $A^P = 13...17 \%$ ) и влажностью ( $W^P = 5...7 \%$ ), высокой теплотой сгорания ( $Q_H^P = 30...35$  МДж/кг).

Горючие сланцы характеризуются большой зольностью ( $A^P = 50...60 \%$ ) и высоким выходом летучих веществ ( $V^F = 80...90 \%$ ); влажность их невелика

( $W^P = 15...20\%$ ), они имеют самую низкую для твердых топлив теплоту сгорания ( $Q_H^P = 5,7...10$  МДж/кг).

Древесина отличается очень малой зольностью ( $A^P < 1\%$ ) и большим выходом летучих веществ ( $V^F = 85\%$ ). Значительная влажность древесины ( $W^P = 40...60\%$ ) определяет весьма низкую теплоту сгорания ( $Q_H^P = 10...12$  МДж/кг).

Торф – самый молодой вид твердого органического топлива. Он имеет большой выход летучих веществ ( $V^F = 70\%$ ), высокую влажность ( $W^P = 30-50\%$ ) и малое содержание золы ( $A^P = 5...10\%$ ). Теплота сгорания торфа небольшая ( $Q_H^P = 10...13$  МДж/кг).

### 1.5. Жидкое топливо

Природное жидкое топливо – нефть – одновременно является источником получения искусственного жидкого топлива. Нефть состоит из различных углеводородов с примесью кислородных, азотных и сернистых соединений. Природную нефть в качестве топлива, как правило, не применяют. Жидкие искусственные топлива делят на жидкие дистиллятные, тяжелые дистиллятные и остаточные.

Основными характеристиками тяжелого дистиллятного топлива являются вязкость, температуры застывания и вспышки, процентное содержание кокса, определяющее склонность топлива к нагарообразованию. Остаточное топливо, например мазут, сжигают в топках котлов и печей. Мазут характеризуется высокой теплотой сгорания  $Q_H^P = 40...42$  МДж/кг и представляет собой вязкую жидкость, которую необходимо подогревать до  $310...320$  К при транспортировании по трубам, а при сжигании – до  $350...390$  К.

Жидкое топливо получается из нефти методом термической разгонки (крекинга). В зависимости от температуры получают фракции: бензин ( $200...225$  °С), керосин ( $140...300$  °С), дизельные топлива ( $190...350$  °С), мазуты ( $> 350$  °С).

Мазуты для котельных делятся на:

- флотские Ф-5 и Ф-12 – для использования в судовых котлах, газотурбинных установках и двигателях;
- топочные мазуты М-40, М-100 и другие, которые в зависимости от содержания серы делятся на малосернистые ( $S < 0,5\%$ ), сернистые ( $S = 0,5...2\%$ ), высокосернистые ( $S > 2\%$ ).

Характеристики мазута:

- относительная плотность – отношение плотности нефтепродукта при  $20$  °С к плотности дистиллированной воды при  $4$  °С.
- вязкость условная (ВУ) – отношение времени истечения  $200$  см<sup>3</sup> нефтепродукта при определенной ( $50, 80, 100$  °С) температуре, ко времени истечения этого же объема дистиллированной воды при  $20$  °С (прибор –

вискозиметр).

- температура вспышки – температура нагретого топлива, при которой выделяются пары, которые в смеси с воздухом могут вспыхнуть при подносе к ним пламени.

- температура застывания – температура, при которой нефтепродукт загустеет настолько, что при наклоне пробирки с топливом на  $45^\circ$  к горизонту его уровень остается неподвижным в течение 1 мин.

## 1.6.Газообразное топливо

Горючие газы, употребляемые как топливо, по своему происхождению разделяются на природные и искусственные. К природным относятся газы, добываемые из недр Земли, а к искусственным – получаемые на газовых заводах из твердого или жидкого топлива. Природные газы представляют собой смесь различных углеводородов метанового ряда. Они не содержат водорода и оксида углерода. Содержание кислорода, азота и углекислого газа обычно бывает невысоким. Газы некоторых месторождений содержат в небольших количествах сероводород.

*Природные газы* можно подразделить на три группы:

1. Газы, добываемые из чисто газовых месторождений. Они в основном состоят из метана и являются тощими или сухими. Тяжелых углеводородов (от пропана и выше) сухие газы содержат менее  $50 \text{ г/м}^3$ .

2. Газы, которые выделяются из скважин нефтяных месторождений совместно с нефтью, в которой его бывает растворено от 10 до 50 % от веса добываемой нефти. В этом случае выделение газа из нефти и его улавливание производится при снижении давления выходящей из скважины нефти в специальных металлических резервуарах-сепараторах или траппах, в которые нефть поступает из скважины. Полученные таким образом газы называются попутными (нефтяными). Помимо метана они содержат значительное количество (до 60 %) более тяжелых углеводородов и являются жирными газами.

3. Газы, которые добывают из конденсатных месторождений. Они представляют собой смесь сухого газа ( $> 75\%$ ) и паров конденсата, который выпадает при снижении давления. Пары конденсата представляют собой смесь паров тяжелых углеводородов (бензина, лигроина, керосина).

Сухие газы легче воздуха, а жирные легче или тяжелее в зависимости от содержания тяжелых углеводородов. Низшая теплота сгорания сухих газов, добываемых в нашей стране, составляет  $31000 \dots 38000 \text{ кДж/м}^3$ . Теплота сгорания попутных газов выше и изменяется от  $38000$  до  $63000 \text{ кДж/м}^3$ .

Природные газы подразделяются также на бессернистые, в которых сернистых соединений нет или есть только их следы, и сернистые газы, в которых содержание сернистых соединений достигает 1 % и более.

*Искусственные газы* получают из твердого или жидкого топлива. При термической переработке твердых топлив в зависимости от способа переработки получают газы сухой перегонки и генераторные газы.

Сухая перегонка твердого топлива представляет собой процесс его термического разложения, протекающий без доступа воздуха. При сухой перегонке топливо проходит ряд стадий физико-химических преобразований, в результате которых оно разлагается на газ, смолу и коксовый остаток. Характер преобразований, претерпеваемых топливом, определяется его природой и температурой процесса. Сухую перегонку топлива, происходящую при высоких температурах (900–1100 °С), называют коксованием, в результате которого получают кокс и *коксый газ* с низшей теплотой сгорания  $Q_H = 16000 \dots 18000$  кДж/м<sup>3</sup> и плотностью  $\rho = 0,45 \dots 0,5$  кг/м<sup>3</sup>. Из одной тонны каменного угля коксованием можно получить 300...350 м<sup>3</sup> коксового газа.

Получать газ методом сухой перегонки можно и при температуре 500...550 °С (полукоксование). В этом случае выход газа незначителен (в пределах 25...100 м<sup>3</sup> с 1 т угля), а основным продуктом перегонки служат смолы, идущие на выработку моторных топлив, и полукоксы.

Газовое топливо может быть получено также путем газификации твердого топлива. *Газификация* – процесс термохимической переработки топлива. В результате реакции углерода топлива с кислородом и водяным паром образуются горючие газы: оксид углерода и водород. Одновременно с процессом газификации протекает частичная сухая перегонка топлива. Продуктами газификации топлива являются горючий газ, зола и шлаки. Аппараты, в которых осуществляют газификацию топлива, называют газогенераторами.

При подаче в газогенератор паровоздушной смеси получают *генераторный газ*, называемый смешанным. Низшая теплота сгорания смешанного газа  $Q_H = 5000 \dots 7000$  кДж/м<sup>3</sup>, плотность  $\rho = 1,15$  кг/м<sup>3</sup>.

*Водяной газ* получают путем периодической продувки газогенератора воздухом и паром. Горючими компонентами в нем являются водород и оксид углерода.

Ввиду того, что большинство генераторных газов при сгорании способны давать сравнительно немного тепла и содержат в себе значительное количество негорючих и ядовитых веществ, они в чистом виде в городские газовые сети не подаются, а только добавляются к другим газам или употребляются для сжигания в металлургических, стекловаренных и других печах, требующих газового нагрева.

При выплавке чугуна в доменных печах получают *доменный газ*. Основной горючий компонент доменного газа – СО (28...30 %). Теплота сгорания доменного газа  $Q_H = 3 \dots 4$  МДж/м<sup>3</sup>.

В состав различных видов газового топлива входят:

1. горючая часть: углеводороды метанового ряда, водород, оксид углерода;
2. негорючая часть: диоксид углерода, кислород, азот;

3. вредные примеси: сероводород.

*Метан* ( $\text{CH}_4$ ) – нетоксичный газ без цвета, вкуса и запаха. Представляет собой химическое соединение углерода с водородом. Является основной горючей частью природных газов.

*Тяжелые углеводороды* ( $\text{C}_m\text{H}_n$ ) – этан, пропан, бутан и др. – характеризуются высокой теплотой сгорания.

*Водород* ( $\text{H}_2$ ) – нетоксичный газ без цвета, вкуса и запаха.

*Оксид углерода* или *угарный газ* ( $\text{CO}$ ) – газ без цвета, вкуса и запаха. На организм человека оказывает токсическое воздействие. Опасна для жизни при воздействии на человека в течение 5...6 мин. Концентрация оксида углерода около 0,4 %. Даже незначительное содержание  $\text{CO}$  в воздухе (0,02 %) вызывает заметное отравление.

*Диоксид углерода* или *углекислый газ* ( $\text{CO}_2$ ) – газ без цвета, без запаха, со слабым кисловатым вкусом.

*Кислород* ( $\text{O}_2$ ) – газ без цвета, вкуса и запаха. Содержание кислорода в газе снижает его теплоту сгорания. Не горит, но поддерживает горение.

*Азот* ( $\text{N}_2$ ) – газ без цвета, вкуса и запаха. Не горит и горения не поддерживает.

*Сероводород* ( $\text{H}_2\text{S}$ ) – тяжелый газ с сильным неприятным запахом, напоминающим запах тухлых яиц. Сероводород обладает высокой токсичностью. При сжигании газа сероводород сгорает и образует сернистый газ, вредный для здоровья.