

ТЕПЛОТЕХНИКА

шпаргалки



*Испытай сам,
пердай 5 секунд
и будешь мастером
на всю жизнь*

Шпаргалки

Наталья Бурханова

Теплотехника

«Научная книга»

Бурханова Н.

Теплотехника / Н. Бурханова — «Научная книга», — (Шпаргалки)

ISBN 978-5-457-11784-6

Информативные ответы на все вопросы курса «Теплотехника» в соответствии с Государственным образовательным стандартом.

ISBN 978-5-457-11784-6

© Бурханова Н.
© Научная книга

Содержание

1. Основные виды ресурсов.	5
2. Основные составляющие газообразного топлива	6
3. Теплота сгорания топлива	7
4а	8
5. Основные положения теории горения	9
6. Аналитический расчет горения топлива	10
7. Контроль коэффициента расхода воздуха	11
8. Использование энергии	12
9. Температурный и тепловой режимы	13
10. Тепловой баланс. Приходные статьи баланса	14
11. Расходные статьи баланса	15
Конец ознакомительного фрагмента.	16

Наталья Бурханова

Теплотехника

1. Основные виды ресурсов.

Основные составляющие жидкого топлива

Топливо – источник получения энергии; горючее вещество, вырабатывающее при сгорании значительное количество теплоты.

По агрегатному состоянию выделяют твердое, жидкое и газообразное топливо.

К **твердому естественному топливу** относят дрова, бурые и каменные угли, торф, антрацит; к твердому искусственному топливу – кокс, древесный уголь, брикеты и пыль из бурого и каменного углей, термоантрацит. Естественного жидкого топлива нет. В качестве искусственного жидкого топлива используют различные смолы и мазут. Газообразное топливо может быть естественным, таким как природный газ. В качестве искусственного газообразного топлива применяют газы, получаемые в коксовых печах (коксовые), в доменных печах (доменные или колошниковые) и в газогенераторах (генераторные).

Жидкие топлива – это в основном вещества органического происхождения, основные составляющие элементы которых – углерод, водород, кислород, азот и сера.

Углерод (С) – основной носитель теплоты. При сгорании 1 кг углерода выделяется 34 000 кДж теплоты. Углерод может содержаться в мазуте до 85%, образуя соединения.

Водород (Н) – второй наиболее важный элемент топлива: при сгорании 1 кг водорода выделяется около 125 000 кДж теплоты. Содержание водорода в жидких топливах составляет 10%.

В состав жидкого топлива входят также влага (W) и до 0,5% золы (A).

Азот (N) и кислород (O) входят в состав сложных органических кислот и фенолов, содержатся в топливе в небольших количествах (около 3%).

Сера (S) при сгорании выделяет большое количество теплоты, однако сернистые соединения при взаимодействии с расплавленными или нагреваемыми металлами ухудшают их качество: продукты горения, содержащие сернистые соединения, повышают коррозию металлических деталей печей, сталь, насыщенная серой, обладает повышенной краснотомкостью. Сера обычно входит в состав углеводородов (до 4% и более).

Состав рабочего топлива:

$$C^p + H^p + O^p + N^p + S^p + A^p = 100 \%$$

Высушенное топливо, не имеющее влаги, называют сухой массой (с):

$C^c + H^c + O^c + N^c + S^c + A^c = 100\%$. Органическую массу топлива, содержащую серу, называют горючей массой (г):

$$C^g + H^g + O^g + N^g + S^g = 100.$$

2. Основные составляющие газообразного топлива

Газообразные топлива – это в основном смесь различных газов, таких как метан, этилен, и других углеводородов. Также в состав газообразного топлива входят оксид углерода, диоксид углерода или углекислого газа, азот, водород, сероводород, кислород и другие газы, а также водяные пары.

Природный газ добывают из чисто газовых месторождений или вместе с нефтью (попутный газ). В первом случае основной горючей составляющей является метан, содержание которого может достигать до 95–98%. Попутные газы, помимо метана, содержат значительные количества других углеводородов: этан (C_2H_6), пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}), пентан (C_5H_{12}) и др. Попутные газы имеют высокую теплоту сгорания, но в качестве топлива их используют редко. Их применяют в основном в химической промышленности.

С помощью приборов, называемых газоанализаторами, определяют состав газообразного топлива.

В состав сухого газообразного топлива входят:



Метан (CH_4) – основная составляющая часть многих природных газов. При сгорании 1 м^3 метана выделяется 35 800 кДж теплоты. Метана в природных газах может содержаться до 93-98%.

Этилен (C_2H_4) – при сгорании 1 м^3 этилена выделяется 59 000 кДж теплоты. В газах может содержаться небольшое его количество.

Водород (H_2) – при сгорании 1 м^3 водорода выделяется 10 800 кДж теплоты. Многие горючие газы, кроме коксового, содержат относительно небольшое количество водорода. Однако в коксовом газе его содержание может достигнуть 50-60%.

Пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}) – при горении этих углеводородов выделяется большее количество теплоты, чем при сгорании этилена, но в горючих газах их содержание незначительно.

Оксид углерода (CO) – при сгорании 1 м^3 этого газа выделяется 12 770 кДж теплоты. Оксид углерода – основная горючая составляющая доменного газа. Этот газ не имеет ни цвета, ни запаха, очень ядовит.

Сероводород (H_2S) – при горении 1 м^3 сероводорода выделяется 23 400 кДж теплоты. При наличии в газообразном топливе сероводорода повышается коррозия металлических частей печи и газопровода. При одновременном присутствии в газе кислорода и влаги коррозирующее воздействие сероводорода усиливается. Сероводород – тяжелый газ с неприятным запахом, обладает высокой токсичностью.

Остальные газы (CO_2 , N_2 , O_2) и пары воды – балластные составляющие. Их присутствие в топливе приводит к понижению температуры его горения. При повышении содержания этих газов снижается содержание горючих составляющих. Содержание в топливе более 0,5% свободного кислорода считается опасным по условиям техники безопасности.

3. Теплота сгорания топлива

Теплота сгорания топлива – это то количество теплоты Q (кДж), которое выделяется при полном сгорании 1 кг жидкого или 1 м³ газообразного топлива.

В зависимости от агрегатного состояния влаги в продуктах сгорания имеет место разделение на высшую и низшую теплоту сгорания.

Влага в продуктах сгорания жидкого топлива образуется при горении горючей массы водорода H , а также при испарении начальной влаги топлива w . В продукты сгорания попадает также и влага воздуха, использованного для горения. Однако ее обычно не учитывают. При содержании в топливе водорода с горючей массой H^P кг при горении образуется $9H^P$ кг влаги. При этом в продуктах сгорания содержится $(9H^P + W^P)$ кг влаги. На превращение 1 кг влаги в парообразное состояние затрачивается около 2500 кДж теплоты. Теплота, затраченная на испарение влаги, не будет использована, если конденсации паров воды не произойдет. В этом случае получим низшую теплоту сгорания.

$$Q_{H=}^P = Q_B^P - 25(H^P + W^P).$$

Теплоту сгорания определяют двумя методами: экспериментальным и расчетным.

При экспериментальном определении теплоты сгорания применяют калориметры.

Методика определения: навеску топлива сжигают в приборе (калориметре), теплота, выделяющаяся при горении топлива, поглощается водой. Зная массу воды, по изменению ее температуры можно вычислить теплоту сгорания. Этот метод хорош тем, что прост. Для определения теплоты сгорания достаточно иметь данные технического анализа.

Расчетный метод. Здесь теплоту сгорания определяют по формуле Д. И. Менделеева:

$$Q_{H=}^P = 339C^P + 1030H^P - 109(O^P - S^P) - 25 W^P \text{ кДж/кг},$$

где C^P , H^P , O^P , S^P и W^P соответствуют содержанию углерода, водорода, кислорода, серы и влаги в рабочем топливе, %.

Условное топливо – это понятие, которое используют для нормирования и учета расхода топлива.

Условным принято называть топливо с низшей теплотой сгорания (29 310 кДж/кг). Для перевода любого топлива в условное следует разделить его теплоту сгорания на 29 310 кДж/кг, т. е. найти эквивалент данного топлива: для мазута он равен 1,37-1,43, для природных газов – 1,2-1,4.

4а

4. Основное топливо для печей

Мазут является продуктом переработки нефти, его используют для розжига печей. Теплота сгорания мазута равна 39-42 МДж/кг. Примерный состав мазута: 85-80% С; 10-12,5% Н^P; 0,5-1,0% (О^P + N^P); 0,4– 2,5% S^P; 0,1-0,2% А^P; 2% W^P. Содержание влаги в мазуте не должно превышать 2% при отправлении с нефтеперегонного завода. В мазуте также содержится сера, в зависимости от процентного содержания которой мазут подразделяют на малосернистый (<0,5% Sp), сернистый (0,5-1% Sp) и высокосернистый (>1% Sp).

Мазут подразделяют также по содержанию парафина и способу переработки нефти. Бывает мазут прямой перегонки (маловязкий) и крекинг-мазут, обладающий повышенной вязкостью. В зависимости от вязкости мазут классифицируют по маркам. Номер марки мазута показывает условную вязкость при температуре 50°С (ВУ50). Вязкость определяют с помощью приборов – вискозиметров. За условную вязкость принимают отношение времени истечения 200 см³ нефтепродукта при температуре испытания ко времени истечения такого же объема воды, имеющей температуру 20°С. В связи с этим показателем мазут подразделяют на марки 40, 100, 200 и МП (мазут для мартеновских печей).

С увеличением номера марки мазута увеличивается его плотность, которая составляет 0,95-1,05 г/см³ при 20°С; при повышении температуры плотность уменьшается.

При подготовке мазута к сжиганию необходимо учитывать его плотность и марку. Подготовка заключается в отстое и фильтрации мазута для отделения воды и механических примесей (глины, песка и т. п.), которая проходит при повышенной температуре, в результате чего происходит отделение мазута от воды: вязкость и плотность мазута при нагреве уменьшаются, вследствие чего он всплывает вверх. Внизу емкости скапливается влага,верху – обезвоженный мазут.

При сливе из железнодорожных цистерн, при подаче по трубопроводам из заводских и цеховых емкостей к печам, а также при распылении форсунками (мазут обычно сжигают в распыленном состоянии) большое значение имеет вязкость мазута. На перекачку и распыление мазута затрачивается тем меньше энергии, чем ниже его вязкость. Следовательно, чем выше температура, тем ниже вязкость. Температуру выбирают по графикам вязкости, исходя из обеспечения условной вязкости мазута 5-10 ед.

Температуру вспышки мазута, т. е. температуру нагрева, при достижении которой начинается интенсивное выделение летучих составляющих, способных загораться от искры или пламени, необходимо учитывать при разогреве. Температура вспышки обычно изменяется в пределах 80-190°С. И не следует путать температуру вспышки и температуру воспламенения, под которой понимают температуру нагрева, при достижении которой (температура воспламенения мазута 530-600°С, газов – 500-700°С) мазут самопроизвольно воспламеняется и при благоприятных условиях продолжает гореть.

5. Основные положения теории горения

Горением называют процесс быстрого химического соединения горючих элементов топлива с окислителем (обычно с кислородом воздуха), сопровождающийся выделением теплоты и света.

Факел – один из видов пламени, который образуется при струйной подаче топлива и воздуха в печь. В факеле, который имеет конкретные формы и размеры, происходят одновременно процессы непосредственно горения, подогрева смеси до температуры воспламенения и перемешивания.

В теории горения различают гомогенное и гетерогенное горение. Гомогенное горение происходит в объеме, а гетерогенное горение – на поверхности капелек, а затем, после испарения летучих составляющих – на сажистых частицах. Чем меньше размер частиц жидкого топлива, тем больше будет удельная поверхность взаимодействия жидкой фазы с газовой. Поэтому распыление жидкого топлива позволяет сжечь больше топлива в единице объема, т. е. интенсифицировать горение.

Гомогенное горение может происходить в двух случаях, которые называются кинетическим и диффузионным. В кинетическом случае в зону горения (скажем, в рабочее пространство печи) подают заранее подготовленную топливно-воздушную смесь. Главная часть процесса – это непосредственный прогрев смеси и окисление горючих составляющих топлива и горение. При этом факел становится коротким и высокотемпературным. Предварительный подогрев смеси или обогащение воздуха кислородом ускоряют процесс горения: подогрев практически всех газозооных смесей до 500 °С способствует увеличению скорости горения почти в 10 раз.

Но температура предварительного подогрева смеси не должна превышать температуры ее воспламенения. При диффузионном горении процессы прогрева, смешения смеси и горения осуществляются в факеле одновременно. Наиболее медленная стадия – встречная диффузия молекул микро- и макрообъемов газа и воздуха, другими словами – смесеобразование. Поэтому факел будет длиннее, чем в первом случае. В стремлении сократить длину факела производят дробление газового и воздушного потоков на отдельные струйки. Также уменьшить факел помогает увеличение скоростей струй и направление потоков газа и воздуха под углом друг к другу и т. д.

Воспламенение смеси горючего газа и воздуха возможно только при их определенном соотношении. Их предельные соотношения называют концентрационными пределами. Различают нижний и верхний пределы, определяемые предельным содержанием горючего газа в смеси, %. Для водорода пределы имеют значения 4,1 – 75; оксида углерода – 12,5-75; метана – 5,3-14; коксового газа – 5,6-30,4, а для природного газа – 4-13.

В теплотехнике часто используют понятие теплового напряжения, под которым подразумевают количество теплоты, выделяющееся при сжигании топлива в единицу времени, отнесенное к 1 м³ топки или рабочего пространства печи. Для жидкого топлива оно доходит до 600 кВт/м³, а для газообразного – вдвое больше.

6. Аналитический расчет горения топлива

Для расчетов используют следующие соотношения и величины:

1) отношение объемного содержания азота к кислороду в обычном воздухе, не обогащенном кислородом, $k=3,76$;

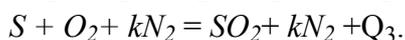
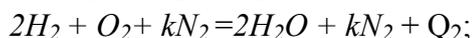
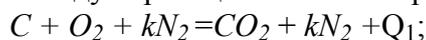
2) молекулярную массу химических элементов (для водорода она приближенно равна 2, для азота – 28, кислорода и серы – 32 кг/моль);

3) объемы воздуха и продуктов горения при нормальных условиях (температура 0 °С, давление 101,3 кПа).

Рассмотрим состав жидкого топлива:

$$C^P + H^P + O^P + N^P + S^P + A^P + W^P = 100.$$

Горючими составляющими являются углерод, водород и сера. При использовании сухого воздуха реакции полного горения составляющих имеют вид:



При горении 1 моля углерода и серы расходуется по 1 молю кислорода. При горении 2 молей водорода расходуется также 1 моль кислорода. С каждым молем кислорода в печь вносятся k молей азота. Азот переходит в продукты горения. Поэтому, например, при горении 1 моля углерода получаются 1 моль углекислого газа и $3,76$ моля азота. При горении углерода по этой реакции выделяется количество теплоты Q_t . При горении водорода образуется свой состав продуктов горения и выделяется иное количество теплоты.

На горение 1 моля углерода затрачивается 1 кмоль кислорода объемом $22,4 \text{ м}^3$. Если надо рассчитать расход кислорода на 1 кг углерода, то объем 1 кмоль кислорода делят на молекулярную массу углерода, равную 12. Поэтому на 1 кг углерода расходуется $22,4 / 12 = 1,867 \text{ м}^3/\text{кг}$ кислорода. Рассуждая аналогично, получим, что на горение 1 кг водорода затрачивается $22,4 / (2 \text{ O}_2) = 5,5 \text{ м}^3$ кислорода (произведение в знаменателе означает, что в реакции горения принимают участие две молекулы водорода с молекулярной массой 2). На горение 1 кг серы расходуется $22,4 / 32 = 0,7 \text{ м}^3$ кислорода.

Отношение действительного расхода воздуха к теоретически необходимому расходу называют коэффициентом расхода воздуха:

$$\alpha = L_a / L_0, \text{ или } L_a = \alpha L_0,$$

где L_a и L_0 – действительный и теоретический расходы воздуха, $\text{м}^3/\text{кг}$ или $\text{м}^3/\text{м}^3$. Коэффициент расхода воздуха зависит от вида топлива, конструкции топливосжигающего устройства (горелки или форсунки) и температуры подогрева воздуха и газа.

7. Контроль коэффициента расхода воздуха

При недостатке воздуха или несовершенстве топли-восжигающих устройств горение может быть неполным.

Наличие в продуктах горения горючих составляющих (оксида углерода, водорода, метана или сажистого углерода) обуславливает химическую неполноту горения или, как чаще говорят, химический недожог топлива. Последний характеризуется потерями теплоты в процентах от низшей теплоты сгорания топлива.

Чем больше коэффициент расхода воздуха, тем полнее протекает процесс горения. Однако увеличение этого коэффициента приводит к повышенному расходу воздуха и значительным потерям теплоты с газами, уходящими из печи. Температура в печи снижается, что приводит к ухудшению теплоотдачи в рабочем пространстве и усиленному окислению металлов. Поэтому в практике эксплуатации печей стремятся к выбору оптимального коэффициента расхода воздуха a .

Контроль a осуществляют двумя методами. По одному из них измеряют расходы топлива и воздуха и с помощью заранее вычисленных таблиц определяют a . Однако этот метод не позволяет учесть воздух, попадающий в печь через рабочие окна и неплотности в кладке печей. Поэтому периодически коэффициент расхода воздуха проверяют по составу продуктов сгорания при помощи газоанализаторов. Химическим анализом определяют содержание в продуктах сгорания RO_2 , CO , H_2 , CH_4 и O_2 , а затем с помощью формулы С. Г. Тройба определяют a :

$$a = 1 + O_2^{изб} / \Sigma RO_2.$$

Здесь $O_2^{изб} = O_2 - 0,5CO - 0,5H_2 - 2CH_4$ – содержание избыточного кислорода.

$$\Sigma RO_2 = RO_2 + CO + CH_4 + \dots, \%$$

U – коэффициент, зависящий от вида топлива.

Для мазута $U=0,74$, для природного газа – $0,5$.

Рассмотрим примеры.

Задача.

Определить a , если RO_2 14%, CO 4%, CH_4 0,5%; H_2 1%, O_2 2%.

$$O_2^{изб} = 2 - 0,5(4 + 1) - 2 \cdot 0,5 = -1,5\%;$$

$$\Sigma RO_2 = 14 + 4 + 0,5 = 18,5\%;$$

$$a = 1 - 0,5 \cdot 1,5 / 18,5 = 0,96.$$

8. Использование энергии

Некоторые положения в области тепловой работы печей могут быть получены непосредственно из классической термодинамики обратимых процессов.

Под тепловой работой печи понимается совокупность происходящих в ней тепловых процессов, конечной целью которых является совершение того или иного технологического процесса.

Представим себе печь как сочетание зон технологического процесса ЗТП и генерации тепла ЗГТ, огражденных от окружающей среды кладкой (футеровкой) К. В зоне технологического процесса сосредоточен материал М. Согласно первому закону термодинамики может быть записано следующее уравнение:

$$Q_3 \eta_{К.И.Э} = Q_M + Q_k$$

где Q_3 – введенная мощность, Вт/кг;

$\eta_{К.И.Э}$ – коэффициент использования энергии в пределах рабочего пространства печи;

Q_M, Q_k – соответственно мощность, усвоенная материалом М и кладкой К, Вт/кг.

Все величины в уравнении (1) отнесены к 1 кг массы материала М.

Коэффициент использования энергии $\eta_{К.И.Э}$ зависит прежде всего от вида энергии. Так, электрическая энергия может полностью превращаться в тепло, усвоенное материалом (полезное) и кладкой, поэтому $\eta_{К.И.Э} = 1$. При использовании в печах химической энергии топлива коэффициент использования энергии $\eta_{К.И.Э}$ всегда меньше единицы. В топливных печах этот коэффициент называют **коэффициентом использования тепла** $\eta_{К.И.Т}$. Коэффициент характеризует важнейшее понятие о работоспособности энергии в конкретных условиях. В общем виде значение $\eta_{К.И.Э}$ может быть записано следующим образом:

$$\eta_{К.И.Э} = (Q_3 - Q'_3) / Q_3 = 1 - Q'_3 / Q_3,$$

где Q'_3 – мощность, которая в виде химического и физического тепла газовой фазы уходит за пределы рабочего пространства печи, Вт/кг.

Величина $\eta_{К.И.Э}$ определяется, с одной стороны, полнотой сжигания топлива при данном коэффициенте расхода кислорода, т. е. быстротой смешиваний топлива и кислорода, и, значит, совершенством процессов мас-сообмена. С другой стороны, величина $\eta_{К.И.Э}$ зависит от температуры уходящих из печи газов, т. е. от совершенства процессов теплообмена.

Работоспособность тепла и химической энергии зависит от заданных условий протекания технологического процесса и организации процессов тепло– и массопереноса и поэтому представляет собой величину, значение которой не может быть найдено с помощью термодинамики обратимых процессов, так как связано с кинетикой тепло– и массообмена.

9. Температурный и тепловой режимы

Внутренняя энергия системы складывается из кинетической и потенциальной энергий. **Кинетическая энергия** – энергия беспорядочного движения атомов и молекул, потенциальная энергия – энергия их взаимного притяжения и отталкивания.

В соответствии с кинетической теорией газов (закон Максвелла-Больцмана) термодинамическое понятие равновесной температуры для идеального газа может быть расшифровано с помощью уравнения:

$$T = 2NE_n / 3R = Nm v_n^2 / 3R,$$

где E_n – энергия n частиц с массой m в узком диапазоне значений их скоростей;

N – число Авогадро;

R – газовая постоянная.

Эффективная температура представляет собой некоторую условную (приведенную) температуру греющей части печи, при которой обеспечивается такая же плотность теплового потока излучения на поверхность нагрева только от греющей части печи, какая в действительности имеется в рассматриваемой печи.

Действительные температуры пламени (нагревателя) и внутренней поверхности футеровки зависят от температуры поверхности нагрева и теплогенерации и в общем случае, кроме того, от месторасположения в печи и от времени. Изменение этих величин по длине печи и во времени $T = f(l, t)$ характеризует температурный режим печи.

Величина теплогенерации, выражаемая в ваттах, называется тепловой мощностью $Q_{Т.М.}$. При стационарном режиме тепловая мощность является величиной постоянной, не зависящей от времени ($Q_{Т.М.} = \text{const}$). При нестационарном режиме $Q_{Т.М.} = f(t)$. Отношение максимальной тепловой мощности к средней мощности иногда называют **коэффициентом форсирования**:

$$\xi_{\text{ф}} = (Q_{Т.М.})_{\text{max}} / (Q_{Т.М.})_{\text{cp}}$$

Если через Dt обозначить длительность технологической операции:

$$(Q_{Т.М.})_{\text{cp}} = Q_{\Sigma} / \Delta t.$$

Сочетания температурного и теплового режимов.

1. Практически постоянные во времени температурный и тепловой режимы ($T_n(t) = \text{const}$; $Q_{Т.М.}(t) = \text{const}$).
2. Переменный температурный и постоянный во времени тепловой режимы ($T_n(t) = \text{const}$; $Q_{Т.М.}(t) = \text{const}$).
3. Переменные во времени температурный и тепловой режимы ($T_n(t) = \text{const}$; $Q_{Т.М.}(t) = \text{const}$), например нагревательные колодцы для слитков.
4. Постоянный во времени температурный и переменный тепловой режимы ($T_n(t) = \text{const}$; $Q_{Т.М.}(t) = \text{const}$).

10. Тепловой баланс. Приходные статьи баланса

Тепловой баланс, составляемый на малые промежутки времени, иногда называют **мгновенным**. **Назначение мгновенного баланса** – выяснение динамики расхода энергии на технологический процесс, если процесс происходит в нестационарных тепловых условиях (печи периодического действия).

Для печей периодического действия составление тепловых балансов отличается тем, что у них все статьи теплового баланса изменяются во времени (у печей непрерывного действия постоянны во времени), поэтому при составлении баланса за какой-то отрезок времени приходится брать средние значения за указанный период. Второй особенностью является наличие в статье потерь тепла составляющей на аккумуляцию тепла кладкой $Q_{акк}$, которая может иметь различный знак: положительный – при увеличении температуры в печи и отрицательный – при ее уменьшении в ходе технологического процесса.

В большинстве случаев уравнения тепловых балансов решаются относительно расхода топлива B .

Обратные тепловые балансы, в том числе мгновенные, используются обычно при исследовании действующих печей. Уравнения обратных тепловых балансов обычно решаются относительно полезно используемого тепла $Q_{п}$ и служат для его нахождения на основании экспериментальных определений всех остальных статей баланса.

При составлении теплового баланса необходимо следить за тем, чтобы все входные и выходные величины, используемые в тепловом балансе, брались для границ той части объекта, для которой составляется тепловой баланс. Во избежание возможных ошибок в выборе величины для составления теплового баланса удобно пользоваться схемой соответствующего объекта. Необходимо провести на этой схеме вспомогательные контуры, пересекающие в соответствующих местах линии потоков материалов.

Статьи баланса могут выражаться в количестве тепла в джоулях за какой-то промежуток времени или в соответствующих величинах тепловой мощности.

Приходные статьи баланса

1. Химическая энергия топлива $Q_{ХТ}$ или электроэнергия $Q_{э}$. Если B – расход топлива, кг/с или m^3/c , а $Q_{Н}^p$ – теплота его сгорания, то:

$$Q_{ХТ} = BQ_{Н}^p$$

2. Тепло, вносимое нагретым топливом, $Q_{ФТ}$.

3. Результирующий тепловой эффект химических реакций, протекающих при технологическом процессе, $Q_{ТЕХН}$. Если эффект отрицательный, то данная статья переносится в расходную часть баланса.

4. Тепло, вносимое воздухом, вводимым для сжигания топлива для технологических целей, $Q_{ФВ}$, в.

5. Тепло, вносимое нагретыми твердыми и жидкими шихтовыми материалами, $Q_{ФМ}$.

11. Расходные статьи баланса

1. Тепло твердых и жидких продуктов технологического процесса $Q_{\text{ФП}}$
2. Тепло уходящих газов (химическое и физическое), включая газообразные продукты технологического процесса и подсосанный из атмосферы воздух, $Q_{\text{УХ}}$.
3. Тепловые потери (в сумме) от механического недожога через кладку (теплопроводностью и аккумуляцией), излучением через отверстия с охлаждающей водой $Q_{\text{ПОТ}}$.

Суммируя приходные и расходные статьи баланса, приравнивая эти суммы, получаем уравнение теплового баланса, одинаково справедливого для любого класса и вида печей, причем, естественно, не все статьи в каждом конкретном балансе могут иметь место:

$$Q_{\text{ХТ}} + Q_{\text{ЭЭ}} + Q_{\text{ФТ}} \pm Q_{\text{ТЕХН}} + Q_{\text{ФВ}} + Q_{\text{ФМ}} = Q_{\text{ФП}} + Q_{\text{УХ}} + Q_{\text{ПОТ}}$$

В правой части уравнения представлено полезно использованное тепло $q_{\text{м}}$, в левой – его выражение через теплотехнические величины, сравнительно легко измеряемые в практических условиях.

Отношение полезно использованного тепла к приходу тепла с топливом и воздухом называется коэффициентом полезного теплоиспользования:

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.