

3. Тимошпольский В. И. Теплотехнологические основы металлургических процессов и агрегатов высшего технического уровня. – Мн.: Наука і тэхніка, 1995. – 256 с.

4. Расчетно-теоретическое исследование температурных полей и термонапряжений заготовок в ходе непрерывного литья / В. И. Тимошпольский, И. А. Трусова, С. М. Козлов и др. // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2001. – № 4. – С. 54–60.

5. Стальной слиток: В 3 т. – Т. 2: Затвердевание и охлаждение / Ю. А. Самойлович, В. И. Тимошпольский, И. А. Трусова, В. В. Филиппов; Под общ. ред. В. И. Тимошпольского, Ю. А. Самойловича. – Мн.: Белорусская наука, 2000. – 636 с.

6. Теплотехнология нагрева высокоуглеродистых марок сталей в печах с механизированным подом РУП «Белорусский металлургический завод» / В. И. Тимошпольский, В. В. Филиппов, И. А. Трусова и др. // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2001. – № 5. – С. 71–81.

Представлена

НТС УНПО «БГПА–БМЗ»

Поступила 17.01.2002

УДК 536.244

ТЕПЛОИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЯХ

Докт. техн. наук, проф. **НЕСЕНЧУК А. П.**

Белорусская государственная политехническая академия

Человек привык рассматривать природную среду как неисчерпаемый источник сырья, энергии, пищи и как сток бесконечной емкости для отходов жизнедеятельности. Несмотря на имевшие место в истории человечества экологические кризисы, преодоление которых приводило к новому, более совершенному типу хозяйства, вопросы взаимодействия человека со средой обитания привлекли пристальное внимание лишь в последние десятилетия.

Уже сейчас стала серьезной проблема дефицита органического топлива, породившая проблему мирового значения, связанную со сбросом в атмосферу диоксида углерода и сохранением климата Земли. Быстрый рост добычи топлива в последние годы, обусловленный научно-технической революцией, привел к исчерпанию дешевых и доступных источников.

Две трети добываемого топлива расходуется в промышленности. К примеру, только в Российской Федерации в 2000 г. добыто 323,1 млн т нефти (рис. 1), не считая твердого и газообразного топлива. Такое количество нефти (без учета технологической ее части, не участвующей в сжигании) при использовании в качестве топлива в промышленности и энергетике только в 2000 г. обеспечило сброс в мировой воздушный бассейн до 180 млн м³ диоксида углерода. Если же учесть топливную составляющую добычи угля и газа, то вклад Российской Федерации в такой сброс в 2000 г.

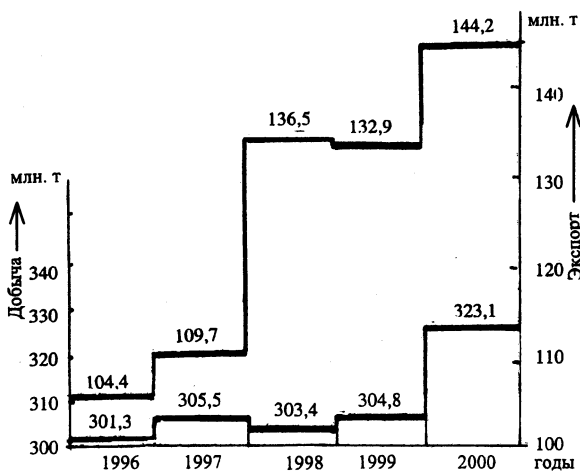


Рис. 1. Динамика добычи и экспорта нефти Россией

составил до 400 млн м³. При этом нужно помнить, что топливо сжигается в теплотехнологических установках с коэффициентом полезного действия в среднем 30...35 %. Следовательно, большая часть добываемого органического топлива расходуется без всякой цели, минуя технологический продукт, рассеиваясь в атмосфере Земли в виде продуктов полного и неполного сгорания, загрязняющих воздушный бассейн, воды и почву.

Что же касается горючего природного газа, то начальные суммарные и разведанные его ресурсы по странам и регионам выглядят примерно так, трлн м³ (источники – «Газпром», ВНИИГаз):

- Россия – 236,1 (49,2);
- Северная и Южная Америка – 86,2 (14,6);
- Ближний и Средний Восток – 85,6 (49,3);
- Юго-Восточная Азия и Австралия – 51,3 (14,3);
- Страны СНГ (кроме России) – 38,9 (8,7);
- Европа – 26,0 (7,7);
- Африка – 23,9 (10,3).

Добыча газа в России в 1990...2020 гг.; млрд м³ (источник – ИнфоТЭК): 1990 – 647; 1995 – 596; 2000 – 584; 2005* – 645...660; 2010* – 680...700; 2015* – 690...725 и 2020* – 700...750**.

Сегодня техногенное потребление кислорода составляет 50 % от количества, которое продуцируется растительностью, а к 2005 г. оно возрастет до 90 %. В последнее десятилетие это привело к изменению не только локального, но и среднего на планете состава атмосферы, возникла глобальная проблема сохранения климата Земли. В этом плане достаточно характерными могут быть показатели теплотехнологий черной металлургии (табл. 1).

Анализируя приведенные в таблице данные, а также учитывая то, что мировое годовое производство стали составляет 780...800 млн т, можно рассчитать количество сжигаемого топлива и ущерб, наносимый природе при реализации только металлургических теплотехнологий, обеспечивающих эту годовую производительность.

Катастрофичность положения послужила поводом к созданию чрезвычайной Рамочной Конвенции ООН по сохранению климата Земли, в которую вошли практически все страны мира.

Указом Президента Республики Беларусь от 10.04.2000 № 177 в республике создана Межведомственная рабочая группа по выполнению поло-

* «Энергетическая стратегия до 2020 г.».

** Из них 170 млрд м³ на ныне действующих месторождениях.

жений Рамочной Конвенции ООН, координатором которой является Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Беларуси.

Таблица 1

Энергозатраты, связанные с металлургическими теплотехнологиями [1]

Показатель	Величина
Расход кокса, т/т чугуна	0,6...0,8
Расход угля, т/т кокса	1,25...1,35
Выход побочного продукта на 1 т коксующегося угля:	
коковского газа, м ³	400...450
коксика, %	3
коксовой мелочи, %	2,5
Выход доменного газа при атмосферном дутье, м ³ /т кокса	3300...3500
Расход доменного газа на нагрев доменного дутья в камерах, % от выхода доменного газа	20...35
Расход теплоты на обогрев коксовых печей, МДж/т кокса	2900...3800
Расход условного топлива на выплавку стали в мартеновской печи при жидкой завалке, т/т стали	0,12...0,17
Расход условного топлива на производство проката, т/т проката	0,12...0,18
Расход природного газа (дутье, обогащенное кислородом до 27 %), м ³ /т чугуна	95
Расход кислорода (дутье, обогащенное кислородом до 27 %), м ³ /т чугуна	70

Серьезное потепление климата Земли обусловлено громадным выбросом в атмосферу CO₂, образующегося при сжигании органического топлива при реализации промышленных и станционных теплотехнологий. Если снизить удельный выход диоксида углерода при горении С и Н (их связей) нельзя, то вал такого выброса в значительной мере может быть сокращен за счет количества сжигаемого топлива, ограничивая (правильное нормирование на конечный продукт, но не на теплотехнологию – переход) его расход в отрасли, а, что радикальнее, в регионе стран за счет установления жесткой нормы поставок.

Ограничение поставок в отрасль (регион стран) в меньшей мере коснется станционных теплотехнологий (выработка электрической энергии и теплоты на базе электрической выработки), так как в них органически увязаны такие понятия, как регенеративное (внутреннее) и утилизационное (внешнее). теплоиспользование. Здесь, более того, само строительство станционных теплотехнологий ведется на базе напередзаданной комбинации регенеративной (подогрев питательной воды) и утилизационной (отпуск пара на промышленные и теплофикационные цели) частей схемы комбинированного теплоиспользования (рис. 2). Конечно, кроме всего прочего, такая комбинация во многом объясняется желанием сократить отвод теплоты к нижнему источнику (конденсатору), что, опять-таки, блестяще укладывается в рамки рассматриваемой схемы.

При строительстве комбинированной схемы (рис. 2) могут возникнуть трудности с выбором оптимального соотношения регенеративной ее части $\sum \alpha_i^{per}$ и утилизационной $\alpha_i^{yt} (\sum \alpha_i^{yt})$

$$\alpha = \sum \alpha_i^{\text{рег}} + \sum \alpha_i^{\text{ут}} + \alpha_k, \quad (1)$$

где $\alpha_i^{\text{рег}}$, $\alpha_i^{\text{ут}}$ и α_k – соответственно доли теплоиспользования в устройствах регенерации теплоты, утилизации тепловых вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) и конденсаторе.

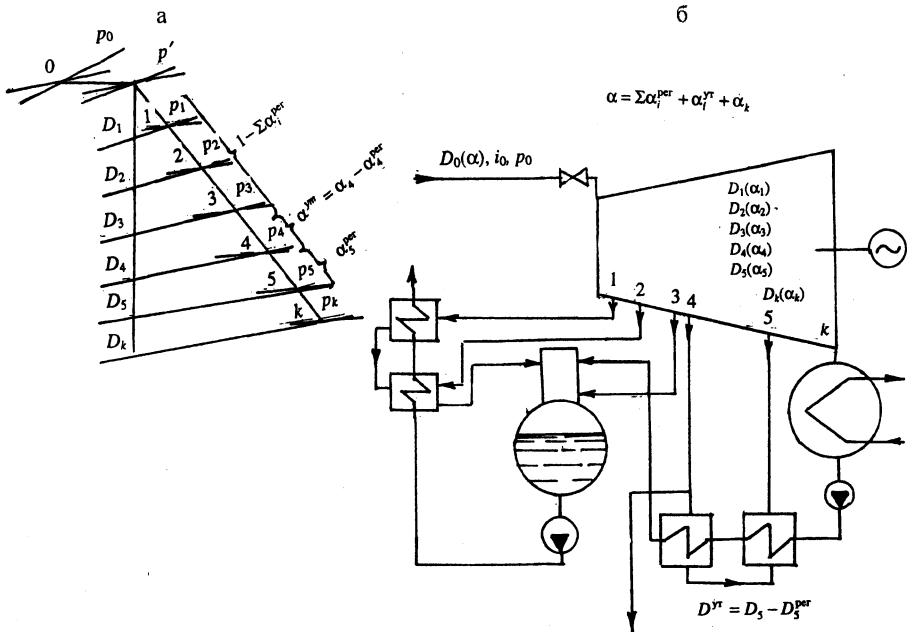


Рис. 2. Характер распределения регенеративного и утилизационного теплоиспользования: а – i - s -диаграмма; б – схема теплоиспользования

В конечном итоге такое оптимальное соотношение находится, и на его основании выполняется разработка тепловой схемы, в которой жестко увязаны между собой $\sum \alpha_i^{\text{рег}}$ и $\sum \alpha_i^{\text{ут}}$ (к примеру, рис. 2б).

Записываются соотношение (1) и баланс энергии

$$N = D_0(i_0 - i_1) + (D_0 - D_1)(i_1 - i_2) + (D_0 - D_1 - D_2)(i_2 - i_3) + \dots, \quad (2)$$

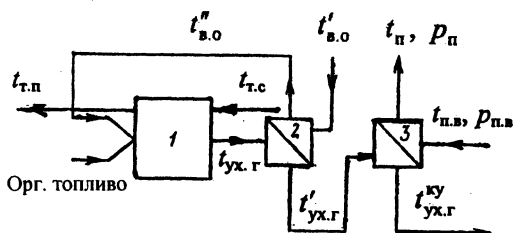
где N – мощность турбины.

Рассматривая выражения (1) и (2), нужно помнить, что в станционной теплотехнологии топливо нормируется на конечный продукт. Значения энтальпий $i(n)$ выбираются в соответствии с рис. 2а.

По аналогии со схемой рис. 2 схема комбинированного теплоиспользования промышленной теплотехнологии (к примеру, предпрокатный нагрев стали) должна иметь вид рис. 3, на котором достаточно четко выделены регенеративная и утилизационная части. Регенерации подвергаются тепловые отходы, имеющие температуру $t_{\text{ух.г}}$; продукты же сгорания за устройством для регенерации с температурой $t'_{\text{ух.г}}$ (тепловые ВЭР) – использованию в утилизационной установке (поз. 3, рис. 3). Однако в отличие от станционных теплотехнологий даже при внедрении схемы рис. 3 ее составители не задаются целью установления экономически целесообразного соотно-

шения между $\alpha^{\text{рег}}$ и $\alpha^{\text{ут}}$, что приводит к очень неблагоприятным последствиям, когда в различных теплотехнологиях (смежных по назначению и объединяемых выпуском одного и того же продукта) используются свежие порции топлива.

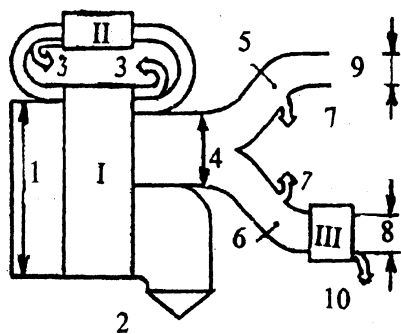
Рис. 3. Схема высокотемпературной установки предпрокатного нагрева стали с комбинированным теплоиспользованием: 1 – технологические зоны установки (печи) предпрокатного нагрева; 2 – устройство для регенеративного теплоиспользования тепловых отходов, поступающих с поз. 1 схемы; 3 – устройство для утилизационного (внешнего) использования тепловых ВЭР (котел-утилизатор); $t_{\text{т.п}}$ – температура технологического целевого продукта на выходе из нагревательной печи; $t_{\text{т.с}}$ – то же технологического сырья (стальные заготовки) на входе в печь; $t'_{\text{в.о}}$ и $t''_{\text{в.о}}$ – соответственно температуры воздуха-окислителя на входе и выходе из регенератора тепловых отходов печи (поз. 1); $t_{\text{п}}, p_{\text{п}}$ – параметры дополнительного продукта (водяного пара), полученного в котле-утилизаторе при утилизации тепловых ВЭР; $t_{\text{п.в}}, p_{\text{п.в}}$ – параметры дополнительного технологического сырья (питательной воды), поступающего в котел-утилизатор; $t_{\text{ух.г}}$ – температура тепловых отходов (продукты сгорания топлива) на выходе из теплотехнологической установки (поз.1); $t'_{\text{ух.г}}$ – температура продуктов сгорания (тепловых ВЭР), покидающих утилизационную установку (котел-утилизатор)



При составлении схемы рис. 3 и полосовой диаграммы рис. 4 использованы понятия:

тепловые отходы (рассматриваются на выходе из основной установки, в которой используется сырое топливо; подлежат обязательному использованию с возвратом замещаемого топлива (теплоты) в технологическую камеру);

Рис. 4. Теплоиспользование по комбинированному принципу: 1 – источник ВЭР (топливо, поступающее в технологическую установку); 2 – полезно использованная энергия; 3 – потери; 4 – выход ВЭР; 5 – ВЭР, не требующие утилизационных установок; 6 – ВЭР, требующие утилизационных установок; 7 – неизбежные потери; 8 – возможная выработка энергии; 9 – возможное использование ВЭР; 10 – потери в утилизационной установке; I – основная технологическая установка (печь предпрокатного нагрева стали); II – устройство для регенеративного теплоиспользования отходов (продукты сгорания топлива из печи); III – установка для утилизационного использования тепловых ВЭР (котел-утилизатор, рис. 3)



тепловые ВЭР – утилизационная часть теплоты с температурой $t'_{\text{ух.г}}$ (за устройством для регенеративного использования); тепловые ВЭР направляются в устройство 3 (рис. 3) и II (рис. 4) для внешнего теплоиспользования; теплота, полученная в результате утилизации, в технологическую камеру, куда подается сырое топливо, не поступает, а используется на стороне.

Территориальная разобщенность элементов II и III схемы (рис. 4), отсутствие методик по оценке $\alpha^{\text{рег}}$ и $\alpha^{\text{УТ}}$ приводят к тому, что утилизационная составляющая $\alpha^{\text{УТ}}$ исчезает из поля зрения как при разработке промышленной теплотехнологии, так и при контроле теплоиспользования. Существуют и другие препятствия в рациональном освоении тепловых ВЭР. Поэтому сегодня нормирование топлива в промышленных теплотехнологиях ведется раздельно на каждый технологический переход теплотехнологии получения конечного продукта. К примеру, для изготовления коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания топливо нормируется на переходы:

порезка проката на заготовки;

нагрев заготовок;

термическая обработка поковок коленчатого вала или уже готового изделия.

Как видим, на каждый из трех технологических переходов единой теплотехнологии изготовления коленчатого вала нормируется сырое топливо без учета регенеративной и утилизационной долей не только в единой теплотехнологии, но и в отдельном переходе (к примеру, нагрев заготовки перед ее горячим формообразованием). В стационарных же теплотехнологиях, в которых традиционно совершенно иное отношение к сырому топливу, теплоиспользование направлено на выпуск конечного продукта (пар технологический и теплофикационный). Такое отличие в организации теплоиспользования в промышленных теплотехнологиях позволяет игнорировать рациональное использование топлива.

Особенно это проявляется в машиностроении, автотракторостроении и других отраслях народного хозяйства. На этих предприятиях сырое топливо практически полностью перерабатывается в тепловые ВЭР, а разобщенность переходов – теплотехнологии исключает их дальнейшее использование даже в принципе.

Выход из создавшегося положения – это нормирование сырого топлива на конечный продукт, при котором возможно исчезновение различия между тепловыми отходами и тепловыми ВЭР.

Работа по установлению нормирования сырого топлива на конечный продукт весьма сложна. Во-первых, потребуется сломать существующие традиции в нормировании, переориентировать производства на совершенно иные, исключительно целесообразные в смысле теплоиспользования промышленные теплотехнологии, предусматривающие внедрение нормирования на конечный продукт (что сравнимо с переходом с топливно-воздушного на топливно-кислородный источник энергии, который, видимо, будет второй ступенью сохранения климата Земли).

Жизненная необходимость перехода к нормированию топлива по целевому конечному продукту уже сегодня отражена Рамочной Конвенцией ООН, когда планирование затрат органического топлива будет выполняться на регион государств (крупный промузел с достаточно рациональными теплотехнологиями, использующими ВЭР взамен сырого топлива).

Рациональное построение комбинированного теплоиспользования и энерготехнологий невозможно без корректной оценки доли вытесняемого сырого топлива в промышленных теплотехнологиях. Для оценки доли вытесняемого топлива, к примеру в результате реализации регенеративной части схемы комбинированного теплоиспользования, обычно записывают

$$\Delta B = B \mathcal{E}, \quad (3)$$

где $(B - \Delta B)$ – норма затрат сырого органического топлива на теплотехнологический переход (к примеру, предпрокатный нагрев) с комбинированным теплоиспользованием;

ΔB – часть сырого органического топлива, вытесняемая теплотой, полученной при регенеративном использовании тепловых отходов;

\mathcal{E} – доля вытесняемой теплоты сырого топлива.

Величина \mathcal{E} подсчитывается следующим образом [2]:

$$\mathcal{E}^B = \frac{i''_{B.O}}{i_m - i_{y.x.g} + i''_{B.O}};$$

$$\mathcal{E}^T = \frac{i''_{B.O} + i_T}{i_m - i_{y.x.g} + (i''_{B.O} + i_T)}, \quad (4)$$

где \mathcal{E}^B и \mathcal{E}^T – соответственно доли теплоты топлива, вытесняемого в результате регенеративного подогрева воздуха-окислителя и сырого топлива;

i_m – пирометрическая характеристика сырого топлива,

$$i_m = \frac{Q_H^p}{\sum V_i};$$

$i_{y.x.g}$ – энтальпия тепловых отходов при температуре $t_{y.x.g}$ (рис. 3);

$i''_{B.O}$ – энтальпия воздуха-окислителя,

$$i_{y.x.g} = c'_{p_{B.O}} t_{y.x.g}; \quad i''_{B.O} = \frac{V_0''}{\sum V_i} c'_{p_{B.O}} t''_{B.O}.$$

Тогда будем иметь

$$\Delta B = \frac{i''_{B.O}}{i_m - i_{y.x.g} + i''_{B.O}}. \quad (5)$$

На рис. 4 величина поступления сырого топлива $(B - \Delta B)$ отмечена поз. 1. Такое представление о норме подачи топлива $(B - \Delta B)$ существует до настоящего времени, а выражение (5) используется для оценки величины $(B - \Delta B)$.

В действительности же ΔB значительно ниже фактической величины:

$$\Delta B_{\text{факт}} > \Delta B; \quad (6)$$

$$\Delta B_{\text{факт}} = \Delta B \mathcal{E}_{\text{под}}.$$

В (6) $\mathcal{E}_{\text{под}}$ – топливный эквивалент подогрева,

$$\varepsilon_{\text{под}} = \frac{1}{\eta_{\text{и.т}}},$$

где $\eta_{\text{и.т}} < 1$.

Здесь $\eta_{\text{и.т}}$ – коэффициент использования топлива,

$$\eta_{\text{и.т}} = \frac{i_{\text{т}} + i''_{\text{в.о}} - i_{\text{ух.г}}}{i_{\text{т}}}.$$

Так как $\eta_{\text{и.т}} < 1$, площадка, обозначенная поз. 1 на рис. 4, должна учитывать ($B' + \Delta B_{\text{факт}}$), где $B' < B$; B' – поступление сырого топлива с учетом (6).

Как видим, 1 кДж, поступивший на поз. 1 (рис. 4 и 5) из регенеративной части схемы (рис. 3), вытесняет более 1 кДж в расчете на поступившее сырое топливо.

Тогда реально соотношение между ΔB и B , а также $\Delta B_{\text{факт}}$ и B' выглядит, как показано на рис. 5.

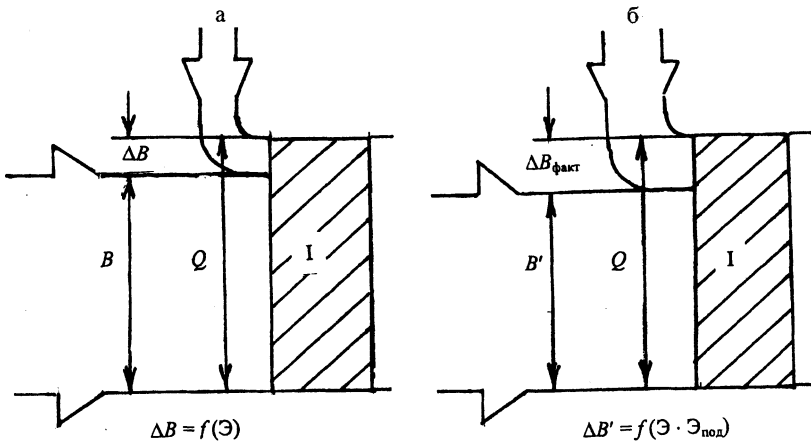


Рис. 5. Соотношение между ΔB и $\Delta B_{\text{факт}}$ при $Q = \text{const}$ (расход теплоты на реализацию теплотехнологии – перехода)

До настоящего времени разница ($\Delta B_{\text{факт}} - \Delta B'$) в отдельных случаях позволяла создавать сверхнормативные, практически ничем не оправданные запасы топлива, которые не фигурировали в топливно-энергетическом балансе предприятия, что, в свою очередь, исключало его бережное использование.

При переходе с одного вида (сорта) топлива на другой, а также изменении производительности основной теплотехнологической установки нормирование его расхода должно выполняться с учетом коэффициента нормирования K_q . Этот коэффициент может быть представлен [3]

$$\frac{1}{K_{\eta_{\text{и.т}}}} K_q = \frac{ak + \frac{1}{b} \frac{P_1}{P_2}}{1+a}, \quad (7)$$

где

$$\frac{ak + \frac{1}{b} \frac{P_1}{P_2}}{1+a} = K_p; \quad k = \frac{q_1 - q_{\text{экз}}}{q_2 - q_{\text{экз}}}$$

Окончательно с учетом (7) запишем

$$K_q = K_{\eta_{и.т}} K_p, \quad (8)$$

где K_p – коэффициент, учитывающий влияние производительности при нормировании расхода топлива; $K_{\eta_{и.т}}$ – то же, но учитывает изменение вида (сорта) органического топлива.

Для удобства анализа на рис. 6 и 7 приведены расчетные данные зависимостей $K_{\eta_{и.т}} = f(t_{\text{yx.г}}; Q_n^p)$ и $K_p = f(P_1/P_2)$.

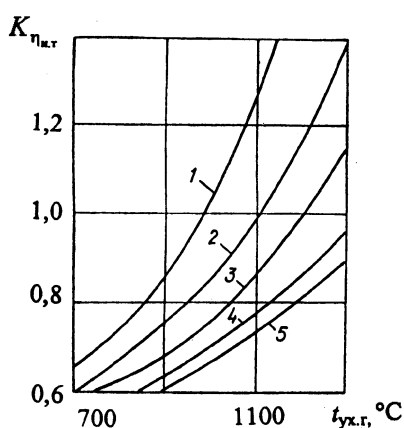


Рис. 6. Влияние $t_{\text{yx.г}}$ на отношение коэффициентов использования топлива $K_{\eta_{и.т}}$: 1 – 5 – соответственно для доменного газа ($Q_n^p = 4,1$); коксо- доменного ($Q_n^p = 6,3$); коксо- доменного ($Q_n^p = 8,37$); природного газа ($Q_n^p = 35$); мазута ($Q_n^p = 39,64$ МДж/кг)

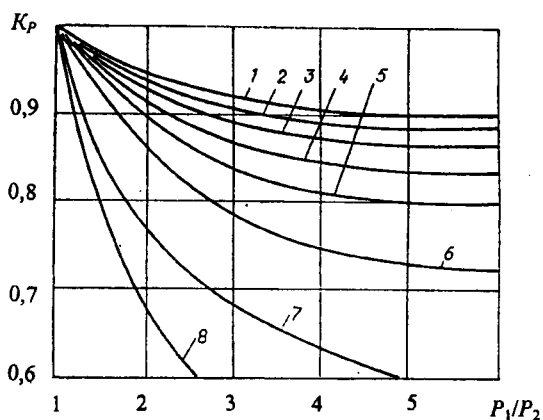


Рис. 7. Графики зависимости $K_p = f(P_1/P_2)$: 1 – 8 соответственно для значений $a = 7; 6; 5; 4; 3; 2; 1$ и $0,5$

Изложенное направлено на упорядочение понятий, присутствующих в процессе нормирования расхода органического топлива, но ни в коем случае не касается затрат теплоты на тепловую обработку в промышленных теплотехнологиях.

К примеру, если на предпрокатный нагрев 1 кг стали в печи нужно затратить 2000 кДж/кг (следует из теплового баланса печи), то эта норма при любом характере теплоиспользования сохраняется. Изменится лишь поступление топлива за счет упорядочения расчетов (с учетом выражений (6) и (8)).

Для обоснования экономической эффективности использования тепловых ВЭР на стадии перспективного планирования сегодня используется достаточно простое соотношение, в котором учитываются лишь укрупненные сопоставимые показатели утилизационной и энергетической установок. Для каждого варианта возможного использования ВЭР экономия расчетных затрат

$$\Xi = B_{\text{эк}} \varphi_{\text{T}} + W_{\text{ф}} (C_{\text{зам}} - C_{\text{у.у}}) + E(\psi K_{\text{зам}} - K_{\text{у.у}}),$$

где $(C_{\text{зам}} - C_{\text{у.у}})$ – разность между удельными эксплуатационными расходами, связанными с выработкой единицы энергии на замещаемой $C_{\text{зам}}$ и утилизационной $C_{\text{у.у}}$ установках, без учета топливной составляющей, руб/ГДж (руб/(кВт·ч)); ψ – коэффициент надежности при замещении мощности основных источников энергоснабжения утилизационными установками; $K_{\text{зам}}$ – капиталовложения в замещаемую установку для выработки того же количества энергии, которое производится утилизационной установкой, руб; $K_{\text{у.у}}$ – капиталовложения в утилизационную установку, руб.

Коэффициент ψ определяется в зависимости от типа утилизационной установки (по гарантированной мощности) с учетом энергоснабжения от утилизационных установок.

При определении эффективности использования ВЭР на действующих предприятиях, когда энергетическая установка, работа которой будет полностью или частично замещена, не может быть использована для других целей, капиталовложения в замещающую установку не учитываются ($K_{\text{зам}} = 0$).

Заводская эффективность использования ВЭР (прирост чистой прибыли за счет сокращения поставок топлива, поступления теплоты и электроэнергии со стороны) может быть определена по формуле

$$\Delta\Pi = \Delta B_{\text{эк}} \Pi + \Delta W_{\text{ф.т}} (\Pi^{\text{T}} - C_{\text{у.т}}^{\text{T}}) + \Delta W_{\text{ф.э}} (\Pi^{\text{э}} - C_{\text{у.т}}^{\text{э}}) + \Delta C - \alpha \Delta\Phi,$$

где $\Delta B_{\text{эк}}$ – уменьшение поставок топлива на предприятие в результате использования ВЭР, т у. т./год; Π – цена сэкономленного топлива по действующим тарифам, руб/т у.т.; $\Delta W_{\text{ф.т}}$ – сокращение потребления теплоты со стороны за счет использования ВЭР, ГДж/год; Π^{T} – цена тепловой энергии от ТЭЦ, руб/ГДж; $C_{\text{у.т}}^{\text{T}}$ – себестоимость получения теплоты в утилизационной установке, руб/ГДж; $\Delta W_{\text{ф.э}}$ – сокращение потребления электроэнергии со стороны за счет утилизации ВЭР, кВт·ч/год; $\Pi^{\text{э}}$ – тариф энергосистемы, руб/(кВт·ч); $C_{\text{у.т}}^{\text{э}}$ – себестоимость производства электроэнергии на утилизационной установке, руб/(кВт·ч); ΔC – сокращение эксплуатационных затрат по предприятию в связи с переходом на использование вторичных энергоресурсов (кроме расхода на обслуживание утилизационных установок), руб/год; α – нормативная плата за производственные фонды; $\Delta\Phi$ – увеличение стоимости производственных фондов предприятия в связи с переходом на использование ВЭР, руб.

Срок окупаемости капиталовложений на утилизацию ВЭР

$$T = \Delta\Phi / \Pi .$$

В качестве выводов следует отметить, что работы по сохранению климата Земли, выполняемые в свете решений Рамочной Конвенции ООН, должны носить системный характер и потребуют коренного изменения многих традиционных теплотехнологий. Они должны планироваться на несколько десятилетий и включать два этапа.

Перевод промышленных теплотехнологий на нормирование сырого топлива по целевому продукту (конечно, такое нормирование должно отличаться от существующего формального). В рамках этого этапа нужно создать математические подходы к оценке экономически целесообразного для промышленных теплотехнологий соотношения между $\alpha^{\text{пер}}$ и $\alpha^{\text{ут}}$. При существующем нормировании следует использовать уточненные выражения для оценки $\Delta V_{\text{факт}}$ и K_p . При этом необходимо помнить, что при нормировании сырого топлива на отдельные переходы – теплотехнологии сокращение выброса диоксида углерода возможно на данном этапе только за счет валового расхода сырого топлива.

Итогом второго этапа работ должен стать перевод промышленных теплотехнологий на топливно-кислородный источник энергии, который предложил в свое время коллектив ученых МЭИ, руководимый докт. техн. наук, профессором А. Д. Ключниковым.

Преодоление экологического кризиса приведет к новому, более совершенному типу промышленного хозяйствования, что, несомненно, положительно отразится на социальной сфере жизнедеятельности человечества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Златопольский А. Н., Прузнер С. Л., Чинакаева Н. С. Материалы к типовым расчетам по экономике и организации производства. – М.: МЭИ, 1972.
2. Промышленные теплотехнологии: Методики и инженерные расчеты оборудования высокотемпературных теплотехнологий машиностроительного и металлургического производства: Учеб. / В. И. Тимошпольский, А. П. Несенчук, И. А. Трусова; Под общ. ред. А. П. Несенчука, В. И. Тимошпольского. – Мн.: Выш. шк., 1988.
3. Тройб С. Г. Нормирование расхода тепла. – Свердловск: Изд-во Уральского политехнического института, 1963.

Представлена кафедрой
промышленной теплоэнергетики
и теплотехники

Поступила 12.12.2001