

6
A-68
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ
НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ им. И. М. ГУБКИНА

На правах рукописи

БЕРНД ЭРДТЕЛЬ

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОПЛИВА ГДР

(Специальность 05.283: "Комплексное энерготехнологическое использование топлива")

А в т о р е ф е р а т
диссертации, представленной на соискание ученой
степени кандидата технических
наук

Москва - 1971

+

62.6
A 68

Работа выполнена на кафедре "использования природного газа и мазута" Московского института нефтехимической и газовой промышленности им.И.М.Губкина.

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор М.Б.РАВИЧ

Официальные оппоненты:

Академик АН Уз.ССР

доктор технических наук, профессор Н.В.ЛАВРОВ,

кандидат технических наук, А.А.АВДЕЕВА

Ведущее предприятие - институт МОСТАЗПРОЕКТ

Автореферат разослан "22" апреля 1971 г.

Защита диссертации состоится "8" апреля 1971 г.

на заседании Учёного Совета по присуждению учёных степеней в области газонефтепромысловых и нефтетранспортных специальностей МИНХ и ГП.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Просим Вас принять участие в заседании Совета или прислать отзыв в двух экземплярах по адресу: Москва, В-296, Ленинский проспект, 65, МИНХ и ГП им.И.М.Губкина, Совет газонефтепромысловых и нефтетранспортных специальностей.

О дне и времени защиты за 10 дней будет сообщено в газете "Вечерняя Москва".

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА
доцент

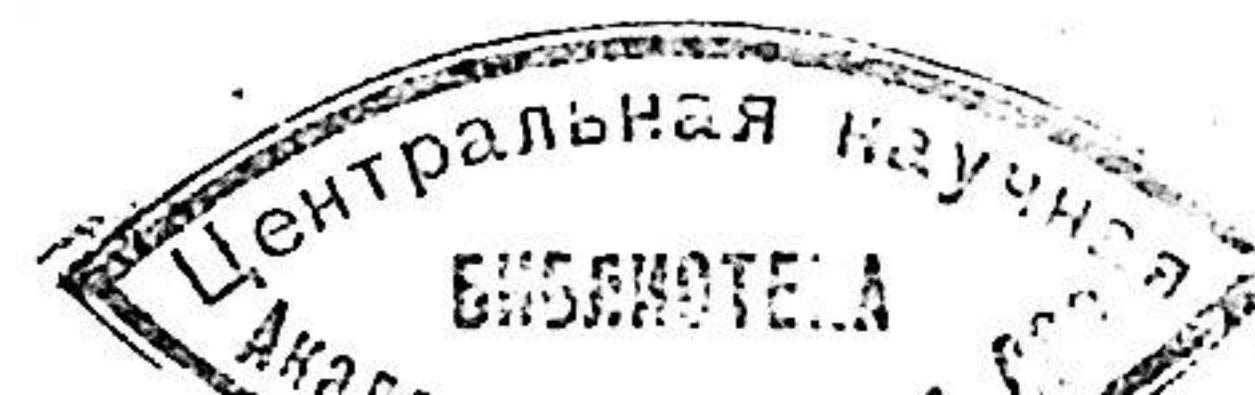
Е.М.СОЛОВЬЕВ

Германская Демократическая Республика занимает первое место в мире по добыче бурого угля. Тем не менее в стране ощущается недостаток топлива и электроэнергии. Правительством ГДР уделяется большое внимание удовлетворению потребности промышленности в горючем путем повышения эффективности его применения.

В борьбе за повышение эффективности применения топлива в народном хозяйстве большое значение имеют технико-экономические показатели, отражающие затраты одного или нескольких энергоносителей при осуществлении основных и вспомогательных процессов. Систематическое определение этих показателей и их постоянное и точное сопоставление с лучшими показателями, достигнутыми в промышленности, способствует снижению удельного расхода энергии и повышению рентабельности производства.

Применяемые в ГДР методы определения к.п.д. и к.и.т. связаны с большими затратами рабочей силы, времени и громоздкостью проведения необходимых измерений, так как их определяют, как правило, на основе замера сильно изменяющихся теплотехнических характеристик топлива. Преимуществом упрощенной методики теплотехнических расчетов, позволяющей определить потери тепла с уходящими газами и вследствие химической неполноты горения промышленных печей и котлов, не прибегая к определению расхода, состава и теплоты сгорания топлива, является существенное сокращение требуемых исходных данных и значительное упрощение соответствующих расчетов.

Цель диссертации заключается в исследовании теплотехнических характеристик бурого угля, газа дальнего снабжения и



других видов топлива ГДР и в разработке упрощенной методики теплотехнических расчетов, основанной на легко фиксируемых обобщенных характеристиках топлива.

Внедрение предлагаемой диссертантом упрощенной методики теплотехнических расчетов в промышленность ГДР имеет важное народно-хозяйственное значение в связи с необходимостью повышения эффективности использования топлива в ГДР. В ближайшем будущем отечественные запасы энергоресурсов ГДР не смогут удовлетворить потребность страны в горючем и придется импортировать топливо.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов и указателя использованной литературы.

Первая глава представляет собой краткий литературный обзор по упрощенным методам подсчета эффективности применения топлива, разработанным советскими учеными и инженерами. Значительное распространение в теплотехнике получила упрощенная методика проф. М. Б. Равича, позволяющая определить потери тепла

q_2 и q_3 промышленных печей и котлов, не прибегая к определению расхода, состава и теплоты сгорания топлива. В основу этой методики были положены теплотехнические характеристики топлива, испытывающие значительно меньшие колебания чем, например, теплота сгорания при изменении элементарного состава топлива, его зольности и влажности:

- а/ жаропроизводительность топлива $t'_{\max}$;
- б/ низшая теплота сгорания топлива, отнесенная к 1 м^3 сухих продуктов сгорания P ;

в/ отношение объемов сухих и влажных продуктов сгорания B ; и поправочные коэффициенты c' и K .

Потери тепла с уходящими газами q_2 определяют по формуле:

$$q_2 = \frac{t_{у.г.} - t_B}{t'_{\max.}} \left[c' + (h - 1) B \cdot K \right] 100 \quad (1)$$

где:

- $t_{у.г.}$ - температура уходящих газов ($^{\circ}\text{C}$);
- t_B - температура воздуха, подаваемого в топку ($^{\circ}\text{C}$);
- h - коэффициент разбавления сухих продуктов сгорания воздухом.

На основе универсальной формулы (I) разработаны для основных видов топлива локальные формулы (Ia)

$$q_2 = 0,01 \cdot Z \cdot (t_{у.г.} - t_B) \quad (Ia)$$

с табличными значениями величины Z .

Для подсчета потерь тепла вследствие химической неполноты горения предложена формула:

$$q_3 = (30 \text{ CO} + 25 \text{ H}_2 + 85 \text{ CH}_4) \frac{h \cdot 100}{P} \quad (2)$$

где:

- $\text{CO}, \text{H}_2, \text{CH}_4$ - содержание соответствующих компонентов в сухих продуктах сгорания (%).

Во второй главе дается критический анализ методов теплотехнических расчетов для определения потерь тепла q_2 и q_3 , применяемых в ГДР.

Разработке упрощенной методики теплотехнических расчетов посвятили свои работы известные ученые и исследователи. П.Розин и Р.Фелинг определили зависимость объема влажных продуктов горения от теплоты сгорания топлива и создали универсальную номограмму для определения энтальпии уходящих газов. Проф. В.Боие, продолжив работы П.Розина и Р.Фелинга, разработал упрощенные формулы, применение которых позволяет достичь значительной экономии труда и времени. Эффективность применения топлива определяют только на основе теплоты сгорания и зольности топлива, не прибегая к определению его состава и расхода. В 1970 г. проф. В.Боие опубликовал упрощенные формулы для подсчета потерь тепла q_2 и q_3 при сжигании природного газа:

а/ при сжигании природного газа с низшей теплотой сгорания ниже 85 80 ккал/м³:

$$q_2 = \left[\left(\frac{31,25}{Q_H} + 0,0274 \right) \left(\frac{0,21}{0,21 - (O_2 - 0,395 CO)} - 0,00224 \right) + 0,00976 \right] (t_{у.г.} - t_B) \quad (3)$$

б/ при сжигании природного газа с низшей теплотой сгорания выше 85 80 ккал/м³:

$$q_2 = \left[\left(\frac{3,88}{Q_H} + 0,03055 \right) \left(\frac{0,21}{0,21 - (O_2 - 0,395 CO)} + 6,066 \right) - 0,1783 \right] (t_{у.г.} - t_B) \quad (4)$$

где:

- Q_H - низшая теплота сгорания природного газа (ккал/м³);
- $t_{у.г.}$ - температура уходящих газов (°C);
- t_B - температура нагретого воздуха, подаваемого для горения (°C).

В основу упрощенных методов теплотехнических расчетов, разработанных в последние годы, положены также работы У.Бехера, В.Хайлигенштедта и Ф.Шустера.

Несмотря на значительные успехи в изучении теплотехнических свойств топлива, в ГДР подсчет потерь тепла с уходящими газами и вследствие химической неполноты горения проводится, как правило, на основе определения теплоты сгорания топлива. Применение предложенных в ГДР упрощенных формул для подсчета эффективности использования топлива на основе теплоты сгорания также достаточно сложно при сжигании твердого и газообразного топлива, состав которого сильно колеблется. Кроме того, упрощенные методы, применяемые в ГДР, не всегда обеспечивают высокую точность расчетов. В работе дается оценка точности некоторых упрощенных формул.

Третья глава посвящена разработке упрощенной методики определения потерь тепла с уходящими газами и вследствие химической неполноты горения промышленных печей и котлов при сжигании газа дальнего снабжения. (Ferngas) Под названием "газа дальнего снабжения" подразумевается многокомпонентная газовая смесь, в состав которой входят коксовый газ, получаемый при коксовании каменного и бурого углей, газ, получаемый при газификации

фикации бурого угля под давлением, газы химической и нефтеперерабатывающей промышленности, водяной и генераторный газы. Смешанные многокомпонентные газы применяют в промышленности многих европейских стран: в ГДР, во Франции, в Чехословакии. Состав газа дальнего снабжения колеблется в широких пределах. Поэтому упрощенное определение теплотехнических характеристик этого топлива имеет особо важное значение для систематических теплотехнических испытаний котельных установок и промышленных печей.

Основная цель данной главы заключается в получении аналитических формул, позволяющих определять теплотехнические характеристики газа дальнего снабжения и смесей газа дальнего снабжения и природного газа только по его плотности и $CO_{2\max}$. В промышленности эти величины легко и быстро определяют простыми методами.

На основе исследования была составлена номограмма для определения состава газовой смеси, состоящей из трех основных компонентов газа дальнего снабжения CO , H_2 , CH_4 . Приведенная номограмма позволяет определять состав газообразного топлива, зная только его плотность по воздуху и $CO_{2\max}$. Трудность разработки упрощенной методики определения теплотехнических характеристик газа дальнего снабжения заключается в том, что газовая смесь включает, помимо перечисленных трех основных, еще четыре компонента и, следовательно, состоит из семи компонентов.

Задача была решена методами математической аппроксимации. Для этой цели автором были подсчитаны теплотехнические харак-

теристики 325 газовых смесей: calorific value, enthalpy of dry combustion products, ratio of dry and wet combustion products, density by air and $CO_{2\max}$.

Исследованные газовые смеси достаточно хорошо характеризуют изменение в составе газа дальнего снабжения. Приведенные результаты показывают, что теплотехнические характеристики газа дальнего снабжения колеблются в относительно широких пределах.

Математическая обработка этих результатов была проведена методом наименьших квадратов. Для решения системы линейных уравнений был использован способ Гаусса (схема единственного деления). В результате математической обработки теплотехнических характеристик 325 газовых смесей были получены три аналитические формулы, которые с высокой точностью позволяют определить теплотехнические характеристики газовой смеси, зная только плотность по воздуху d_v и $CO_{2\max}$ смешанного газообразного топлива.

$$t'_{\max} = 2205 - 1293 d_v + 670 d_v^2 + 30 CO_{2\max} - 0,304 CO_{2\max}^2 \quad (5)$$

$$V = 0,58 + 0,58 d_v - 0,36 d_v^2 \quad (6)$$

$$P = 1426 - 1907 d_v + 1200 d_v^2 + 29,7 CO_{2\max} - 0,552 CO_{2\max}^2 \quad (7)$$

где:

$t'_{\max}$ - максимальная температура, развиваемая при полном сгорании топлива в теоретически необходимом объеме воздуха, содержащем 1% влаги по массе, без учета каких-либо потерь тепла. Температура топлива и воздуха 0°C ; $[^{\circ}\text{C}]$

ν - отношение объемов сухих и влажных продуктов сгорания,

R - энтальпия сухих продуктов сгорания $[\text{ккал/м}^3]$.

Точность полученных уравнений была проверена определением средней квадратичной ошибки ϵ :

$$\text{для } t'_{\max} \quad \epsilon = \pm 5,8^{\circ}\text{C};$$

$$\text{для } R \quad \epsilon = \pm 5,4 \text{ ккал/м}^3;$$

$$\text{для } \nu \quad \epsilon = \pm 0,003$$

Построены графики и приведены таблицы, по которым легко можно определить теплотехнические характеристики газа дальнего снабжения.

Полученные упрощенные формулы справедливы при сжигании газа дальнего снабжения современного состава, при совместном сжигании газа дальнего снабжения с природным газом в любых соотношениях, а также при сжигании коксового газа совместно с природным газом. Определяя теплотехнические характеристики омешанного газообразного топлива по полученным формулам, можно легко и с высокой точностью установить потери тепла q_2 и q_3 котельных установок и промышленных печей по формулам (1) и (2), не прибегая к определению состава, расхода и теплоты сгорания топлива.

Вычислительные операции были проведены на ЭВМ "Найри С"; в работе приведены соответствующие вычислительные программы.

Четвертая глава посвящена развитию упрощенных методов теплотехнических расчетов при комплексном энерготехнологическом использовании топлива.

В первом параграфе дается оценка точности формул для определения эффективности нагрева воздуха. Проведенные расчеты показывают, что предлагаемые формулы обеспечивают достаточно высокую точность при сжигании одного вида топлива.

Разработка упрощенной методики определения эффективности нагрева воздуха при совместном сжигании нескольких видов топлива затруднена различием их теплотехнических характеристик. Однако исследование показало, что теоретический объем сухих продуктов горения и объем нагретого воздуха, отнесенные к нижней теплоте сгорания топлива, являются достаточно постоянными величинами для многих видов топлива. Полученные упрощенные формулы базируются на более постоянных теплотехнических характеристиках, значение которых приведено в табл. I.

$$q_2' = \frac{t_B \cdot K}{100} \left[\gamma + (\eta - 1) x \right] \quad (8)$$

где:

q_2' - энтальпия нагретого воздуха, отнесенная к потенциальному теплу сжигаемого топлива $[\%]$;

η - коэффициент разбавления сухих продуктов сгорания;

t_B - температура нагретого воздуха [$^{\circ}\text{C}$],
 k - поправочный коэффициент, значение которого дается
 в зависимости от температуры воздуха (табл. 2).

Предлагаемые формулы позволяют с высокой точностью определять энтальпию нагретого воздуха, отнесенную к потенциальному теплу сжигаемого топлива, при сжигании природного газа с содержанием балласта до 30%, нефтепромыслового и сжиженных газов, жидкого топлива и каменного угля. Проведенные расчеты показали, что предложенная формула оправдана также при совместном сжигании углеводородного топлива и каменного угля при работе с коэффициентом разбавления сухих продуктов сгорания $\lambda < 1,3$.

Построены номограммы, по которым можно легко определять энтальпию нагретого воздуха по отношению к потенциальному теплу сжигаемого топлива, не прибегая к определению его состава и теплоты сгорания. Приведена формула для подсчета увеличения потерь тепла с уходящими газами вследствие сжигания топлива с повышенным избытком воздуха.

Для практики большой интерес представляет упрощенный подсчет экономии топлива, достигаемой при утилизации тепла уходящих газов.

$$\mathcal{E} = \frac{100 \cdot q_2''}{100 + q_2'' - a} \quad (9)$$

где:

$\mathcal{E}$ - экономия тепла в процентах по отношению к расходу тепла без рекуперации [%];

Таблица I

	Y	X
Природный газ с содержанием азота		
0 %	4,48	4,02
10 %	4,47	4,05
20 %	4,46	4,11
30 %	4,45	4,17
Сжиженный газ	4,45	4,06
Нефтепромысловый газ	4,50	4,07
Мазут	4,44	4,19
Каменный уголь	4,46	4,46

Таблица 2

t_B ($^{\circ}\text{C}$)	k
100	0,78
200	0,78
300	0,79
400	0,80
500	0,81
600	0,82

- η_2' - энтальпия нагретого воздуха по отношению к потенциальному теплу сжигаемого топлива [%] ;
- α - суммарные потери тепла с уходящими газами и вследствие химической неполноты горения без рекуперации [%] .

Формула (9) справедлива при раздельном и совместном сжигании нескольких видов топлива.

Во втором параграфе изложена упрощенная методика определения эффективности нагрева воздуха при сжигании газа дальнего снабжения совместно с другими видами газообразного топлива. Расчетные формулы были получены на основе математической обработки теплотехнических характеристик газа дальнего снабжения современного состава и смесей газа дальнего снабжения и природного газа. Полученные упрощенные формулы позволяют подсчитать энтальпию нагретого воздуха по отношению к потенциальному теплу сжигаемого топлива при сжигании газа дальнего снабжения совместно с природным и сжиженным газами, а также при совместном сжигании коксового, природного и сжиженного газов.

$$\eta_2' = t_B \cdot c_B \left[m + (h - 1) n \right] 10^{-1} \quad (10)$$

где:

- η_2' - энтальпия нагретого воздуха по отношению к потенциальному теплу сжигаемого топлива [%] ;
- t_B - температура нагретого воздуха [$^{\circ}\text{C}$] ;
- c_B - объемная теплоемкость воздуха [$\text{ккал/м}^3 \text{ } ^{\circ}\text{C}$] ;
- h - коэффициент разбавления сухих продуктов сгорания.

Значение теплотехнических характеристик m и n приведено в табл. 3.

Таблица 3

	m	n
Газ дальнего снабжения	1,02	0,95
Газ дальнего снабжения с содержанием природного газа < 50%	1,05	0,97
Газ дальнего снабжения с содержанием природного газа > 50%	1,08	0,99
Сжиженный газ	1,11	1,0
Природный газ	1,11	1,0

Применение предложенных формул иллюстрируется примерами.

Пятая глава посвящена развитию упрощенной методики определения эффективности применения твердого топлива.

Приведенный в первом параграфе энергетический баланс ГДР показывает, что для отечественного энергохозяйства представляет особый интерес систематическое определение потерь тепла с уходящими газами и вследствие химической неполноты горения котельных установок при сжигании бурого угольного топлива - бурого угля, подсушенного бурого угля, подсушенной бурого угольной пыли,

буроугольных брикетов, - а также при сжигании полукокса и кокса.

Во втором параграфе дается систематическое исследование теплотехнических свойств буроугольного топлива и кокса. Установлено, что общая характеристика добываемого бурого угля определяется не только месторождением, но и глубиной залегания пласта. Приведены теплотехнические характеристики буроугольного топлива основных месторождений ГДР, которые колеблются в широких пределах.

Основная цель этой главы заключается в разработке упрощенной методики определения эффективности применения топлива, которая позволяет определять потери тепла с уходящими газами и вследствие химической неполноты горения, не прибегая к определению сильно изменяющихся и трудно определяемых теплотехнических характеристик топлива.

Исследование большого числа различных видов буроугольного топлива главных месторождений ГДР и СССР показало, что приведенные теплотехнические характеристики (жаропроизводительность, энтальпия сухих продуктов сгорания, отношение объемов сухих и влажных продуктов сгорания) зависят в основном от соотношения горючей массы и содержания влаги в топливе. Приведены таблицы и графики, по которым можно легко определять теплотехнические характеристики буроугольного топлива по его влажности.

В четвертом параграфе предложены упрощенные формулы для подсчета потерь тепла с уходящими газами при сжигании бурого

угля, подсушенной буроугольной пыли и буроугольных брикетов. На основе предложенных формул была построена номограмма, по которой легко можно определить потери тепла с уходящими газами только по влажности топлива, коэффициенту разбавления сухих продуктов сгорания воздухом и по температурам уходящих газов и нагретого воздуха.

Для повышения точности номограмма была разбита на две части. По верхней части номограммы определяют потери тепла с уходящими газами без учета нагрева воздуха, а по нижней части находят энтальпию нагретого воздуха, отнесенную к потенциальному теплу сжигаемого топлива.

Такое построение номограммы обеспечивает высокую точность подсчета. Проведенные расчеты показали, что среднее отклонение от точного значения потерь тепла с уходящими газами, определенных классическим путем, составляет лишь $\pm 0,1-0,2\%$ (абс.). При исследовании точности номограммы варьировались температуры уходящих газов и нагретого воздуха в широких пределах. Высокая точность номограммы обусловлена правильным учетом влияния функциональных величин на потери тепла с уходящими газами. Применение предложенной номограммы иллюстрируется примером.

В пятом параграфе дается систематическое исследование теплотехнических характеристик полукокса и кокса. В результате исследования было установлено, что приведенные теплотехнические характеристики этих видов топлива также зависят в основном от содержания влаги.

Приведены расчетные формулы для определения потерь тепла с уходящими газами при сжигании полукокса и кокса. Для упрощения подсчета на основе предложенных формул была создана номограмма, по которой легко определяются потери тепла с уходящими газами без учета нагрева воздуха и энтальпия воздуха, отнесенная к потенциальному теплу сжигаемого топлива. Проведенные расчеты показали, что номограмма обеспечивает высокую точность расчетов. Среднее отклонение потерь тепла q_2 находится в пределах $\pm 0,1 \%$. Приведен пример применения номограммы.

В шестом параграфе предложен упрощенный метод определения потерь тепла вследствие химической неполноты горения при сжигании бурого угля, подсушенной буроугольной пыли, буроугольных брикетов, полукокса и кокса. Разработанная номограмма позволяет с высокой точностью определять потери тепла q_3 по влажности топлива и по содержанию горючих компонентов в сухих продуктах горения.

Для практики большой интерес представляют упрощенные теплотехнические расчеты при совместном сжигании нескольких видов буроугольного топлива с различным содержанием влаги и при сжигании бурого угля с непостоянной влажностью.

Один из вариантов упрощенного определения теплотехнических характеристик смешанного топлива заключается в использовании значения максимального содержания водяного пара уходящих газов в процентах по отношению к объему сухих продуктов горения $H_2O_{\max}$. В восьмом параграфе приведено среднее значение величины $H_2O_{\max}$ для буроугольного топлива с влажностью выше 30%. Определяя по

разработанной диаграмме влажность топлива на основе замера содержания влаги уходящих газов, можно легко установить потери тепла q_2 и q_3 по предложенным номограммам при совместном сжигании нескольких видов буроугольного топлива.

Выполненные расчеты показали, что точность предлагаемой методики достаточно высока для промышленных расчетов. Предложенная упрощенная методика иллюстрируется примерами.

В девятом параграфе рассматриваются упрощенные теплотехнические расчеты при совместном сжигании буроугольного топлива и полукокса. Полученная формула позволяет подсчитать потери тепла с уходящими газами, не прибегая к определению расхода, теплоты сгорания и состава сжигаемых видов топлива.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Приведен систематический анализ упрощенных методов теплотехнических расчетов для определения эффективности применения топлива.

2. Получены расчетные формулы и построены графики, по которым можно легко определить приведенные теплотехнические характеристики газа дальнего снабжения и смесей газа дальнего снабжения и природного газа, зная только их плотность по воздуху и CO_2 max. .

3. Предложены упрощенные формулы для определения энтальпии нагретого воздуха, отнесенной к потенциальному теплу сжигаемого топлива. Формулы справедливы при раздельном и совместном сжигании природного, сжиженного и нефтепромыслового газов, мазута и каменного угля.

4. Получена упрощенная формула для определения энтальпии нагретого воздуха по отношению к потенциальному теплу газа дальнего снабжения, которая справедлива и при сжигании его совместно с природным и сжиженным газами. Расчетная формула позволяет определить энтальпию нагретого воздуха, отнесенную к потенциальному теплу сжигаемого топлива, не прибегая к определению теплотехнических характеристик топливных смесей.

5. Предложен упрощенный метод определения экономии топлива, достигаемой путем нагрева воздуха. Полученные расчетные формулы справедливы и при совместном сжигании нескольких видов топлива.

6. В результате систематического исследования теплотехнических свойств бурого угля было установлено, что их приведенные теплотехнические характеристики определяются соотношением горючей массы и содержания влаги в топливе.

7. Получены упрощенные формулы и разработана номограмма для определения эффективности использования бурого угля с влажностью от 10 до 60%. Предложенная номограмма позволяет определять потери тепла с уходящими газами и энтальпию нагретого воздуха, отнесенную к потенциальному теплу сжигаемого топлива, только в зависимости от влажности топлива, коэффициента разбавления сухих продуктов горения воздухом и от температур уходящих газов и воздуха.

8. Разработана номограмма для определения потерь тепла с уходящими газами при сжигании полукокса и кокса.

9. На основе исследования разработана номограмма, позволяющая легко установить потери тепла вследствие химической неполноты горения при совместном сжигании нескольких видов твердого топлива.

10. Предложен упрощенный метод определения потерь тепла с уходящими газами при сжигании бурого угля с непостоянной влажностью и при совместном сжигании различных видов бурого угля. Теплотехнические характеристики топливной смеси определяют по максимальному содержанию водяного пара в продуктах горения.

По теме диссертации опубликованы и приняты в печать следующие работы:

1. Erdtel B. Vereinfachte Wirkungsgradbestimmung am brennstoff-beheizten Industrieofen. Teil I. - Energietechnik, 1970, N. 9.
2. Erdtel B. Vereinfachte Wirkungsgradbestimmung am brennstoff-beheizten Industrieofen. Teil II. - Energietechnik, 1970, N. 10.
3. Erdtel B. Eine vereinfachte Methode zur Bestimmung des Einflusses der Luftvorwärmung auf die Abgasverluste brennstoff-beheizter Industrieöfen. - Energietechnik, 1970, N. 11.
4. Эртель Б. Упрощенная методика определения потерь тепла q_2 и q_3 при сжигании бурого угольного топлива и кокса. Тр. МИНХ и ГП, вып. 98, М., изд-во "Недра", 1971 (в печати).
5. Эртель Б. Упрощенная методика определения эффективности нагрева воздуха при сжигании природного газа совместно с другими видами топлива. Газовая промышленность, 1971 (в печати).

Основные материалы диссертации доложены на семинаре кафедры использования природного газа и мазута в промышленности МИНХ и ГП, Москва.

Д-44943

Подписано к печати 12.4.71г.

Лаборатория оформления и размножения материалов МИНХ и ГП

в. 104

т. 200 экз.