Министерство нефтяной промышленности

Всесоюзный научно-исследовательский институт по сбору, подготовке и транспорту нефти и нефтепродуктов (ВНИИСПТнефть)

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

М Е Т О Д И К А

РАСЧЕТА И ОПТИМИЗАЦИИ БЛОЧНЫХ ТРУБЧАТЫХ ПЕЧЕЙ ТИПА ПТБ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

РД 39-0147103-317-86

1986

gost.e-ecolog.ru

Министерство нефтяной промышленности

Всесоюзный научно-исследовательский институт по сбору, подготовке и транспорту нефти и нефтепродуктов (ВНИИСПТнефть)

УТВЕРЖДЕН

Первым заместителем министра нефтяной промышленности

В.Д.Филановским

14 января 1986 года

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

М Е Т О Д И К А

РАСЧЕТА И ОПТИМИЗАЦИИ БЛОЧНЫХ ТРУБЧАТЫХ ПЕЧЕЙ ТИПА ПТБ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

РД 39-0147103-317-86

1986

Настоящая "Методика расчета и оптимизации блочных трубчатых печей типа ПТБ с помощью ЭВМ" разработана в дополнение к действующим методикам расчета трубчатых печей и предназначена для использования при проектировании новых объектов, а также при эксплуатации и модернизации действующих установок подготовки нефти.

Математическое описание алгоритма и программы охватывает тепловой, гидродинамический, аэродинамический и экономический расчеты печи.

Оптимизация и выбор рационального варианта осуществляется с помощью экономического расчета. За критерий оптимальности приняты годовые приведенные затраты, которые характеризуют режимные и технологические показатели работы печи.

Экономический эффект от внедрения данного руководящего документа только в расчете на действующие объекты составит 0,5 млн. руб./год.

Методика разработана с.н.с. Клименко В.В., с.н.с. Чуриным В.Н., ст.инж.Муравьевой Р.Ф., ст.инж. прогр.Валекжаниной Л.С.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ОПТИМИЗАЦИИ БЛОЧНЫХ ТРУБЧАТЫХ ПЕЧЕЙ ТИПА ПТБ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

РД 39-0147103-317-86

Вводится впервые

Срок введения установлен с 01.02.1986 г.

Срок действия до 01.01.1989 г.

Настоящий руководящий документ предназначен для предприятий организаций Министерства нефтяной промышленности с целью оптимизации работы блочных трубчатых печей типа ПТБ как при проектировании новых объектов сбора, подготовки и транспорта нефти, так и при эксплуатации и модернизации действующих объектов.

I. ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ РАЗРАБОТКИ РУКОВОДЯЩЕГО ДОКУМЕНТА

В последние годы потребность в нагревательном оборудовании на промыслах в основном покрывается за счет блочных трубчатых печей типа ПТБ. Указанные печи отличаются от других видов нагревателей блочной конструкцией, использованием циклонной топки с воздухонагревателем, воздуходувкой и камерой, в которой завершается процесс сгорания газообразного топлива. Раскаленные инертные газы - азот и продукты сгорания - с высокой скоростью поступают в теплоизолированную теплообменную камеру, оснащенную четырехрядным змеевиком из оребренных труб. Конструкция печи предусматривает рециркуляцию инертных газов, имеющих относительно невысокую температуру, что обеспечивает надежную и безопасную эксплуа-

тацию печи при высокой удельной тепловой мощности. Серийно выпускаются блочные трубчатые печи ПТБ-10/64, ПТБ-10/160, ПТБ-6,3. Данные печи обладают хорошими теплотехническими и технологическими характеристиками (удельная тепловая мощность, интенсивность процесса горения и теплообмена, компактность, полная автоматизация и относительно высокий коэффициент полезного действия). Конструкция печи позволяет путем несложной переобвязки осуществлять нагрев сырья по четырех, двух или однопоточной схеме. Это открывает широкие возможности по оптимальному использованию печи в различных конкретных условиях (производительность установки, физико-химические свойства сырья, особенности топливного газа и т.д.).

Однако, как показывает опыт, неправильная эксплуатация печей, несоблюдение технологических требований к режиму их работы приводят к перерасходу топлива и электроэнергии, а также к преждевременному выходу из строя основных дорогостоящих элементов: оребрения труб змеевика, самого змеевика труб, автоматики, камер сгорания и др.

Это объясняется отсутствием обоснованных рекомендаций и технологических регламентов эксплуатации печей применительно к условиям различных месторождений.

В основу методики расчета и оптимизации работы блочных трубчатых печей типа ПТБ-10 положены разработанные алгоритм и программа расчета и оптимизации работы печи, выполняемые на ЭВМ типа ЕС. По выходным параметрам расчета принимаются решения по оптимизации работы печи с учетом предлагаемой методики.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ОПТИМИЗАЦИИ БЛОЧНЫХ ТРУБЧАТЫХ ПЕЧЕЙ ТИПА ПТБ

Руководящий документ представляет собой методику, изложенную в виде алгоритма, составленного с помощью алгоритмического языка. Алгоритм (приложение I) создан на основе имеющихся нормативных методических пособий по расчету нефтезаводских печей и нефтепромысловых нагревательных аппаратов.

2.I. Методическое построение алгоритма

За методическую основу построения алгоритма приняты следующие нормативные документы:

Нормативная методика теплового расчета трубчатых печей. РТМ 26-02-40-77, М., ВНИИнефтемаш, I977.

Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. М., Энергия, I973.

Методическая указания к курсу "Расчеты трубчатых печей" М., ЦНИИТЭнефтехим, I975.

Аэродинамический расчет котельных установок. Нормативный метод. М., Энергия, I964.

Методические указания по расчетам теплообмена в нагревателях нефтяных эмульсий. РД 36-I-I073-84. Уфа, ВНИИСПТнефть, I984.

Методика определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. № 48/I6/I3/I3. М., ЦНИИПИТЭН, I978.

Математическое обеспечение ЕС-ЭВМ, выпуск I4, Минск. Институт математики АН БССР, I974.

ЕС ЭВМ ОС Программы обслуживания наборов данных. М., I98I.

Сервисные процедуры ОС ЕС Пермь, НИЦУМС, I980.

Алгоритм разработан на основе системного подхода. Системное построение алгоритма осуществлялось на двух уровнях: структурном

и модульном. В алгоритме выделены общие и специфические модули, которые распределены на иерархические уровни с учетом степени общности расчетов и их взаимосвязи. Обеспечена автономность модулей.

Алгоритм включает в себя следующие основные расчетные модули: тепловой, гидродинамический, аэродинамический и экономический.

Тепловой расчет состоит из II расчетных блок-схем, укрупненных в 4 основные. При этом проводится расчет процесса горения (БС-ПГ) для определения теплофизических свойств дымовых газов. При отсутствии в исходных данных заданного количества топлива, последнее рассчитывается в блок-схеме БС-В.

Расчет процесса горения топлива (БС-ПГ) служит для определения количества расходуемого и сжигаемого воздуха, количества и состава образующихся продуктов горения и для определения теплофизических свойств дымовых газов. Эти расчеты выполняются по данным элементарного состава топлива на основе уравнений горения.

В процессе расчета воздухоподогревателя (БС-ВП) определяется максимальная температура горения топлива (t_{max}) и температура стенки камеры сгорания ($t_{ст}$). В случае превышения $t_{ст}$ предельного значения, увеличивается расход воздуха и проводится пересчет температуры стенки камеры сгорания.

Блок-схема расчета тепла, передаваемого в теплообменной камере (БС-Q), включает в себя расчет коэффициентов теплоотдачи как со стороны дымовых газов, так и со стороны продуктов нагрева. Для расчета передачи тепла конвекцией используется уравнение Ньютона $Q = \alpha \cdot (t_{ст} - t_ж) \cdot F$. Коэффициент теплоотдачи при свободной или вынужденной конвекции определяется с помощью критериев подобия Re , Pr , Nu , которые позволяют представить расчетные уравнения в компактной и достаточно общей форме.

При расчете радиантной секции печи необходимо определить количество переданного в радиантной секции тепла Q_R , темпера-

туру уходящих дымовых газов $t_{ух}$. При этом используется метод Н.И.Белоконя, который базируется на совместном решении уравнений теплового баланса и теплопередачи. Количество тепла, переданное трубам радиацией $Q_л$, определяется законом Стефана-Больцмана, в котором за температуру излучающей поверхности принята температура уходящих газов на перевале, а тепло воспринимается эквивалентной абсолютно черной поверхностью величиной H_s , т.е.

$$Q_л = C_s \cdot H_s \cdot \left[\left(\frac{T_г}{100}\right)^4 - \left(\frac{\theta}{100}\right)^4\right]$$

В основу расчета температур стенок труб теплообменной камеры ($t_{ст\,т}$) положен закон Фурье. При превышении температуры стенок труб предельного значения снижается расход количества топлива и проводится пересчет ($t_{ст\,т}$). Заканчивается тепловой расчет определением полезного количества тепла, передаваемого в печи.

Гидродинамический расчет печи позволяет рассчитать гидродинамику потока нагреваемого продукта в трубах змеевика. При этом определяются:

- скорость эмульсии в трубах;
- гидродинамический критерий;
- потери напора.

Аэродинамический расчет позволяет определить следующие характеристики теплообменной камеры и дымоходов:

- скорость продуктов сгорания в различных сечениях;
- аэродинамические критерии;
- потери напора.

С помощью экономического расчета определяются:

- капитальные вложения;
- эксплуатационные расходы;
- приведенные затраты.

Нереальность рассчитанного варианта определяется путем сравнения величины падения давления в трубах с максимально развиваемым давлением насоса установленного перед печью.

Выбор оптимального варианта обеспечивается путем сравнения рассчитанных вариантов на основе экономических показателей. За критерий оптимальности приняты годовые приведенные затраты.

На основе разработанного алгоритма составлена программа.

2.2. Описание программы

Программа RASPECH состоит из головной программы и внешних подпрограмм: PG, B, TMAX, AKД, AB, ALKC, ABP, AL2, TR, ALK, ALL, ATR, GP, HTR, HNON, HM, IP.

Перечисленные выше подпрограммы соответствуют соответствующим блок-схемам алгоритма.

Головная программа RASPECH производит ввод переменных исходных данных, которые описаны в таблицах I÷4 И.Д. и постоянных величин, описанных в таблицах I÷I4 Пр. (см.приложение I). В программе RASPECH для каждого m_x (число ходов по трубам змеевика) производится обращение к перечисленным выше подпрограммам с помощью оператора CALL.

2.3. Технические сведения о программе

Программа написана на алгоритмическом языке PL/I, предназначена для выполнения на ЭВМ ЕС-I022 под управлением версии 6.I ОС ЕС.

Время трансляции программы - I6 мин.

Время счета возможных вариантов с выбором оптимального-I мин.

Для выполнения программы используются следующие устройства:

- устройство ввода с перфокарт (ЕС-60I2);

- АЦПУ (ЕС-7032);
- дисплей (РИН-609);
- накопители на магнитных дисках (ЕС-5052).

2.4. Исходная информация

Переменные исходные данные приведены в таблицах I÷4 И.Д. (приложение I), вводятся непосредственно с перфокарт при выполнении программы.

Постоянные исходные данные приведены в таблицах I÷I4 Пр. (приложение I). Перед выполнением программы RASPECH для удобства ее эксплуатации, данные таблиц I÷I4 Пр записаны на магнитный диск в последовательный набор данных ДАН программой

Для визуального контроля за правильностью ввода исходной информации, последние выводятся на АЦПУ программой

2.5. Результаты расчета

Руководящий документ позволяет оперативно производить следующие расчеты:

I. Определять наибольшую тепловую мощность печи при реальных параметрах нагреваемой среды, что является важнейшим показателем при проектировании объектов добычи, сбора, подготовки и транспорта нефти.

2. Расход топлива и КПД печи.

3. Температуру стенки трубы и стенки камеры сгорания.

4. Наличие отложений солей на поверхности трубы с целью определения момента остановки печи для ремонта, очистки или замены змеевика.

5. Потери давления продукта в трубах.

6. Температуру дымовых газов в улитке камеры сгорания и ухо-

дных дымовых газов.

7. Годовые приведенные затраты на эксплуатацию печи по трем вариантам - с обвязкой змеевика в один, два или четыре потока.

Применение РД позволит производить поверочные расчеты при проектировании привязки печей, при корректировании технологических показателей установки и своевременно производить изменение схемы обвязки печи или ее змеевиков, переходить на работу с I или 2-мя вентиляторами, своевременно производить ремонт или очистку печей от отложений.

Программа отлажена и апробирована на примере работы печей ПТБ-IO Ижевского НГДУ ПО "Удмуртнефть". Были получены оптимальные значения технологических параметров работы печей. В частности, годовые приведенные затраты при 2-х поточной схеме обвязки печи меньше, чем при 4-х поточной схеме, на IO,I тыс.руб/год.

Техдокументация по эксплуатации программы имеется в ВЦ ВНИИСПТнефть и высылается по запросу пользователей.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Алгоритм расчета и оптимизации
блочных трубчатых печей ПТБ-10

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Таблица I И.Д.

Состав топливного газа
(заполняется одна из строк: либо r_i, либо g_i)

Доли	Компоненты газообразного топлива										
	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	C_6H_{14}	N_2	CO_2	H_2	O_2	CO	H_2
r_i % об.												
g_i % мас.												

Таблица 2 И.Д.

Технологические величины

№ п/п	Обозначение	Наименование	Размерность	Принимаемое значение	Примечание
I	2	3	4	5	6
I	$G_э$	Расход эмульсии	кг/ч		
2	$t_{вх}$	Температура эмульсии на входе в печь	^oC		
3.	$t_{вых}$	Температура эмульсии на выходе из печи	^oC		
4	$t_в$	Температура окружающего воздуха	^oC		
5	$O_э$	Обводненность эмульсии	доли ед.		
6.	δt	Изменение температуры уходящих дымовых газов	^oC		

Таблица 3 И.Д.

Теплофизические свойства нагреваемой среды

№№ п/п	Обозначение	Наименование	Размерность	Принимаемое значение	Примечание
I.	$\rho_в$	плотность пластовой воды	кг/м^3		
2.	$\rho_н$	плотность нефти	-"-		
3.	$C_{рв}$	теплоемкость пластовой воды	$\frac{ккал}{кг.гр}$		
4.	$C_{рн}$	теплоемкость нефти	-"-		
5.	$\lambda_в$	теплопроводность пластовой воды	$\frac{ккал}{м \cdot ч \cdot гр}$		
6.	$\lambda_н$	теплопроводность нефти	-"-		
7.	$\vartheta_э$	вязкость кинематическая эмульсии	м^2/с		
8.	$\rho_н^{20}$	плотность нефти при t = 20 °С	кг/м^3		
9.	t_1	температура	°С		
I0.	t_2	температура	°С		
II.	ϑ_1	вязкость нефти при t_1	сст		
I2.	ϑ_2	вязкость нефти при t_2	сст		
I3.	$d_н^{15}$	относит.плотность нефти при I5°С	-		

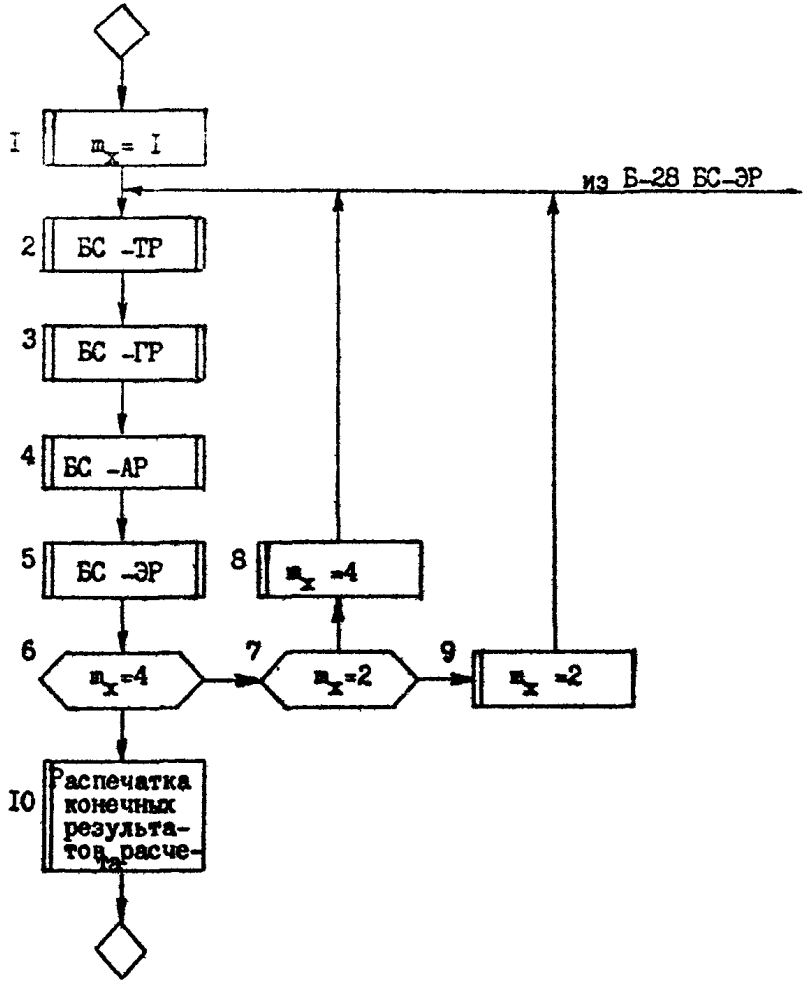
ПРОЧИЕ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Таблица 4 И.Д.

№№ п/п	Обозначение	Наименование	Размерность	Принимаемое значение	Примечание
I.	Δ	Абсолютная шероховатость теплообменных труб	м		
2.	φ	Относительная влажность воздуха	-		
3.	T	Фактическое время работы печи в году	час		
4.	P	Максимально развиваемое давление насоса	$кг/м^2$		
5.	P_o	Давление после печи	-"-		
6.	$n_н$	Количество нагнетательных насосов перед печью	шт.		
7.	$n_{эл}$	Количество электродвигателей (компрессоров)	шт.		
8.	$K_{эл}$	Коэффициент использования компрессоров в году	-		
9.	$П_{от}$	Признак склонности пластовых вод к отложению солей на поверхностях нагрева Принимаемые значения: несклонные - 0 склонные - I	-		
I0.	$\delta_{от}$	Толщина отложений на поверхностях нагрева	м		
II.	$\lambda_{от}$	Коэффициент теплопроводности отложений	$\frac{ккал}{м \cdot ч \cdot гр}$		
I2.	B	Количество газообразного топлива	кг/ч		Величина B задается только в случае ограниченности газообразного топлива.

БС- РП

Расчет печи



Приложение к БС-РП

Б-I. Принять: число потоков змеевика:

$m_x = I$

Б-2. Обращение к БС-ТР (тепловой расчет)

Б-3. Обращение к БС-ГР (гидравлический расчет)

Б-4. Обращение к БС-АР (аэродинамический расчет)

Б-5. Обращение к БС-ЭР (экономический расчет)

Б-6. Проверка: $m_x = 4$,

где m_x из Б-I или Б-8,9

Б-7. Проверка: $m_x = 2$,

где m_x из Б-I или из Б-8,9

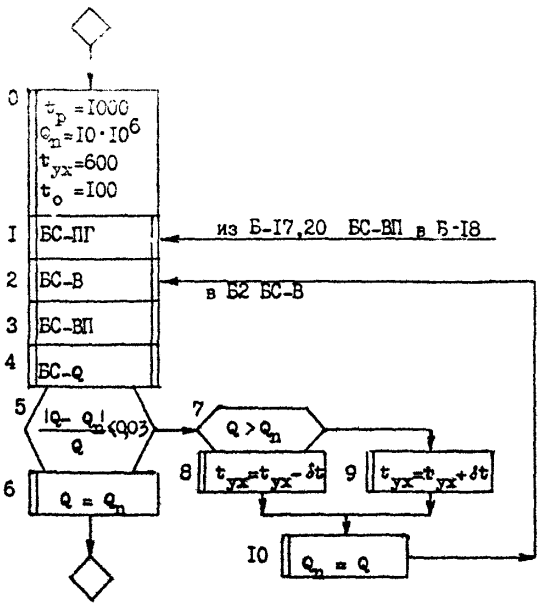
Б-8. Принять: $m_x = 4$

Б-9. Принять: $m_x = 2$

Б-I0. Распечатка результатов расчета. Результаты должны быть выданы при $m_x = I,2,4$.

БС - ТР

Тепловой расчет печи



Приложение к БС-ТР

Б-0 Принять t_o = I00 °C

$t_{ух}$ = 600 °C

$t_р$ = I008 °C

Б-I Обращение к БС-ПГ

Б-2 Обращение к БС-В

Б-3 Обращение к БС-ВП

Б-4 Обращение к БС- Q

Б-5 Проверка $\frac{|Q - Q_п|}{Q} \leq 0{,}03$,

где Q из Б-5 БС- Q

$Q_п$ из Б-0 или Б-I0

Б-6 Принять $Q = Q_п$

Б-7 Проверка $Q > Q_п$

Б-8 Принять $t_{ух} = t_{ух} - \delta t$,

где $t_{ух}$ из Б-0 или Б-8,9

δt из Т2ИД

Б-9 Принять $t_{ух} = t_{ух} + \delta t$,

где $t_{ух}$ из Б-0 или Б-8,9

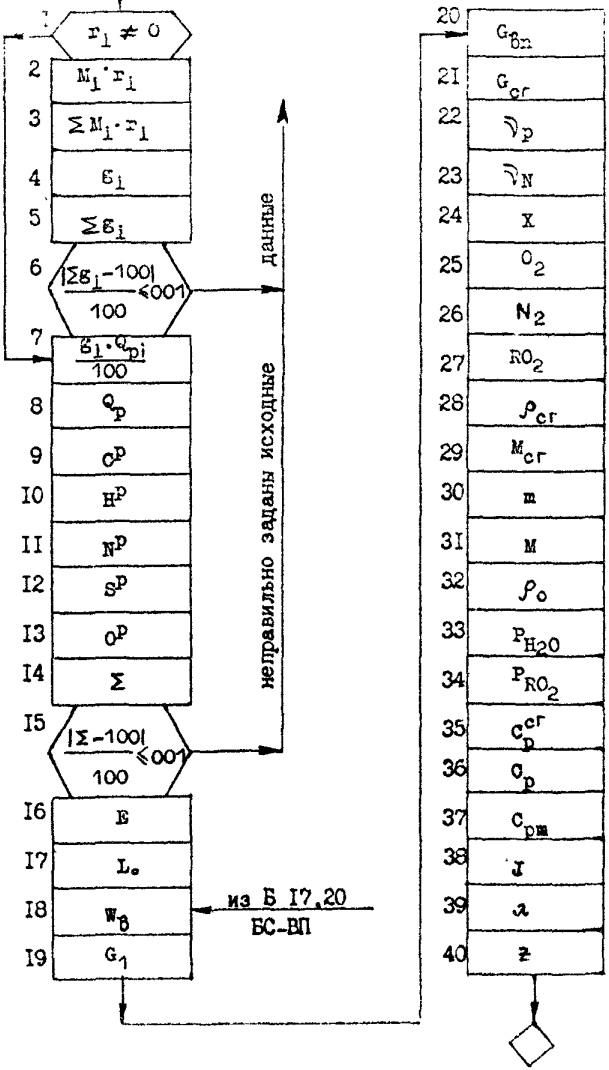
δt из Т2ИД

Б-I0 Принять $Q_п = Q$,

где Q из Б-5 БС- Q

БС-ПГ

Расчет процесса горения



Приложение к БС-ПГ

Б-I. Проверка $r_i \neq 0$ (состав топлива задан в весовых или объемных единицах),

где r_i из TI И.Д.

Б-2 Произведение молекулярного веса отдельных газообразных компонентов на их объемное содержание

$M_i \cdot r_i$,

где M_i из TI Пр

r_i из TI И.Д.

Б-3 Сумма $\Sigma M_i \cdot r_i$, где $M_i \cdot r_i$ из Б-2

Б-4 Массовое содержание отдельных газообразных компонентов:

$$g_i = \frac{M_i \cdot r_i}{\Sigma M_i \cdot r_i} \cdot 100,$$

где $M_i \cdot r_i$ из Б-2

$\Sigma M_i \cdot r_i$ из Б-3

Б-5 Сумма Σg_i, где g_i из Б-4

Б-6 Проверка $\frac{|\Sigma g_i - 100|}{100} \leq 0{,}01$,

где Σg_i из Б-5

Б-7 Произведение $\frac{g_i \cdot Q^н_{pi}}{100}$,

где g_i из Б-4

$Q^н_{pi}$ из TI Пр

Б-8 Низшая теплотворная способность топлива

$$Q^н_p = \Sigma \frac{g_i \cdot Q^н_{pi}}{100},$$

где g_i из Б-4,

$Q^н_{pi}$ из TI Пр.

Б-9 Рабочее количество углерода в топливе

$$C_p = 12{,}01 \ \Sigma \frac{g_i m_i}{M_i},$$

где g_i из Б-4 или TI И.Д.

m_i из TI Пр

M_i из TI Пр.

Б-I0 Рабочее количество водорода в топливе,

$$H^P = 1{,}008 \sum \frac{q_i \cdot n_i}{M_i},$$

где n_i из TI Пр.

Б-II Рабочее количество азота в топливе,

$$N^P = 14{,}01 \sum \frac{q_i \cdot s_i}{M_i},$$

где S_i из TI Пр.

Б-I2 Рабочее количество серы в топливе,

$$S_л^P = 32{,}06 \sum \frac{q_i \cdot p_i}{M_i},$$

где p_i из TI Пр.

Б-I3 Рабочее количество кислорода в топливе,

$$O^P = 16{,}00 \sum \frac{q_i \cdot q_i}{M_i},$$

где q_i из TI Пр.

Б-I4 Сумма рабочих количеств компонентов в топливе,

$$\sum = C^P + H^P + N^P + S_л^P + O^P,$$

где C^P, H^P, N^P, $S_л^P$, O^P из Б-9-I3

Б-I5 Проверка $\frac{|\sum - 100|}{100} \leq 0{,}01$,

где $\sum$ из Б-I4.

Б-I6 Характеристика элементарного состава рабочего топлива:

$$E = 2{,}98 \frac{H^P - 0{,}126 \cdot O^P}{C^P + 0{,}375 \cdot S_л^P},$$

C^P, H^P, $S_л^P$, O^P из Б-9,I0,I2,I3.

Б-I7 Расход воздуха на I кг топлива,

$$L_o = 0{,}1154\ (1+E) \cdot (C^P + 0{,}375 \cdot S_л^P),$$

где E из Б-I6
C^P из Б-9
$S_л^P$ из Б-I2

Б-I8. Содержание водяных паров в атмосфере воздуха:

$$W_в = \varphi \cdot \delta_з \cdot \alpha \cdot L_o ,$$

где φ - относит. влажность воздуха из Т4 И.Д.

$\delta_з$ -из Т6 Пр при $t_ц$ из Т2 И.Д.

α -из Т7 Пр или из Б-I7,20 БС-ВП.

L_o - Б-I7.

Б-I9. Количество газообразных продуктов сгорания:

$$G_1 = 1 + \alpha \cdot L_o + W_в ,$$

где α из Т7 Пр или Б-I7,20 БС-ВП.

L_o из Б-I7

$W_в$ из Б-I8.

Б-20. Содержание водяных паров в продуктах сгорания:

$$G_{вп} = \frac{8{,}94 \cdot H^р + W^р}{100} + W_в ,$$

где $H^р$ из Б-I0

$W^р$ из Т7 Пр.

$W_в$ из Б-I8.

Б-2I. Количество сухих газов

$$G_{сг} = G_1 - G_{вп} ,$$

где G_1 из Б-I9

$G_{вп}$ из Б-20

Б-22. Характеристика рабочей массы топлива:

$$\vartheta^р = \frac{G_{сг} - \alpha L_o}{L_o} ,$$

где $G_{сг}$ из Б-2I

α из Т7 Пр или из Б-I7,20 БС-ВП

L_o из Б-I7.

Б-23. Характеристика содержания азота в топливе:

$$\vartheta^N = \frac{0{,}0I3 \cdot N^р}{L_o} ,$$

где $N^р$ из Б-II

L_o из Б-I7.

Б-24. Относительное изменение мольного состава сухих газов продуктов сгорания:

$$x = \frac{0,209E}{I + E} - 0,79I \cdot \vartheta^N ,$$

где E из Б-I6

ϑ^N из Б-23

Б-25. Содержание кислорода в продуктах сгорания,

$$O_2 = 20,9 \frac{\alpha - 1}{\alpha - x} ,$$

где α из Т7 Пр или Б-I7,20 БС-ВП

x из Б-24.

Б-26. Содержание азота в продуктах сгорания

$$N_2 = 79,I \frac{\alpha - \vartheta^N}{\alpha - x},$$

где α из Т7 Пр или Б-I7,20 БС-ВП

ϑ^N из Б-23

X из Б-24.

Б-27. Содержание трехатомных газов в продуктах сгорания:

$$RO_2 = \frac{20,9}{(\alpha - x)\ (I + E)},$$

где α из Т7 Пр или Б-I7,20 БС-ВП

X из Б-24

E из Б-I6.

Б-28. Плотность сухих газов:

$$\rho_{сг} = I,293 \frac{\alpha + \vartheta^\rho}{\alpha - x},$$

где α из Т7 Пр или Б-I7,20 БС-ВП

ϑ^ρ из Б-22

x из Б-24.

Б-29. Молекулярный вес сухих газов:

$$M_{сг} = 28,96 \frac{\alpha + \vartheta^\rho}{\alpha + x},$$

где α из Т7 Пр или Б-I7,20 БС-ВП.

Б–30. Величина m :

$$m = \frac{M_{cr}}{M_{вп}} - 1,$$ где M_{cr} из Б–29, $M_{вп} = 18$.

Б–31. Молекулярный вес продуктов сгорания:

$$M = \frac{M_{cr}}{1 + m\frac{G_{вп}}{G_1}},$$ где M_{cr} из Б–29, m из Б–30, $G_{вп}$ из Б–20, G_1 из Б–19

Б–32. Плотность газообразных продуктов сгорания:

$$\rho_г = \frac{M}{22{,}4207},$$ где M из Б–31

Б–33. Парциальное давление водяных паров,

$$P_{H_2O} = \frac{M}{M_{вп}} \cdot \frac{G_{вп}}{G_1} \cdot P_г ,$$

где M из Б–31
$M_{вп} = 18$
$G_{вп}$ из Б–20
G_1 из Б–19
$P_г$ из Т7 Пр

Б–34. Парциальное давление трех-атомных сухих газов:

$$P_{RO_2} = (P_г - P_{H_2O}) \frac{RO_2}{100} \cdot P_г ,$$

где $P_г$ из Т7 Пр
P_{H_2O} из Б–33
RO_2 из Б–27

Б–35. Теплоемкость сухих газов,

$$C_p^{cr} = C_p^{в} + \frac{\Delta C_p^{cr}}{\alpha + \vartheta^{г}} \cdot 10^{-4} ,$$

где $C_p^{в}$ из Т2 Пр
ΔC_p^{cr} из Т3 Пр
α из Т7 Пр или Б–17,20 БС–ВП
$\vartheta^{г}$ из Б–22

Б–36. Истинная теплоемкость продуктов сгорания:

$$C_p = C_p^{cr} + \frac{G_{вп}}{G_1}(C_p^{вп} - C_p^{cr}),$$

где C_p^{cr} из Б–35
$G_{вп}$ из Б–20
G_1 из Б–19
$C_p^{вп}$ из Т2 Пр.

Б–37. Средняя теплоемкость газообразных продуктов сгорания,

$$C_{pm}(t) = C_p f\left(\frac{t}{2}\right),$$

где C_p из Б–36.

Б–38. Энтальпия продуктов сгорания

1 кг топлива,

$$J = G_1 \cdot C_{pm} \cdot t,$$

где G_1 из Б–19

C_{pm} из Б–37.

Б–39. Теплопроводность продуктов сгорания ,

$$\lambda = \lambda_T \cdot \xi_\lambda \cdot 10^{-4},$$

где λ_T из Т3 Пр

ξ_λ из Т8 Пр

Б–40. Абсолютная вязкость продуктов сгорания,

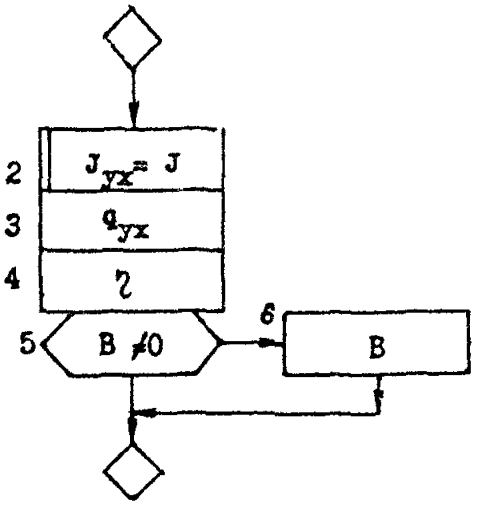
$$z = z_T \cdot \xi_z \cdot 10^{-6},$$

где z_T из Т3 Пр

ξ_z из Т9 Пр

БС -В

Расчет количества топлива



БС-В

Расчет количества топлива

Б-2 Энтальпия дымовых газов при $t_{ух}$ $J_{ух} = J_{}$

где J из б-38 БС-ПГ при

$t_{ух}$ из Б-0 БС-ТР или Т-8,9 БС-ТР

Б-3 Потери тепла с уходящими дымовыми газами

$$q_{ух} = \frac{J_{ух}}{Q_р^н},$$

где $J_{ух}$ из Б-2

$Q_р^н$ из Б-8 БС-ПГ

Б-4 Коэффициент полезного действия печи

$$\eta = 1 - q_{ух} - q_{пот},$$

где $q_{ух}$ из Б-3

$q_{пот}$ из Т7 Пр

Б-5 Проверка: $B \neq 0$,

где B из Т4 И.Д.

Б-6. Расход топлива

$$B = \frac{Q_п}{\eta \cdot Q_р^н},$$

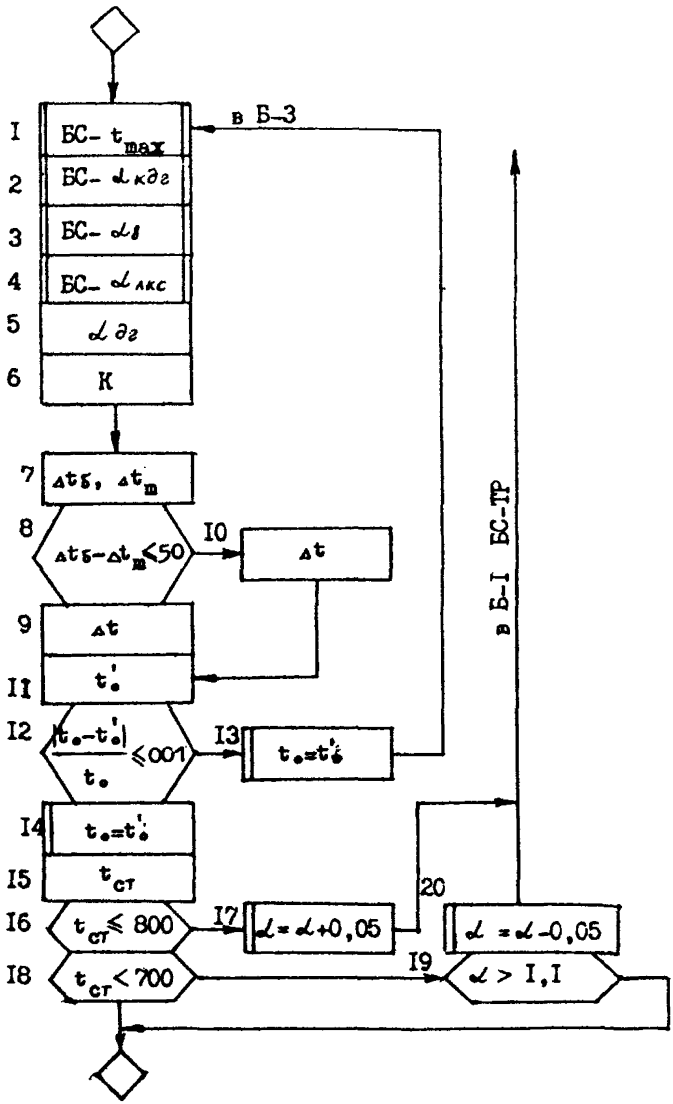
где $Q_п$ из Т7 Пр

η из Б-4

$Q_р^н$ из Б-8 БС-ПГ.

БС-ВП

Расчет воздухоподогревателя



Приложение к БС-ВП

Расчет воздухоподогревателя

Б-I Обращение к БС- t_{max}

Б-2 Обращение к БС- $\alpha_{кдг}$

Б-3 Обращение к БС- $\alpha_{лкс}$

Б-4 Обращение к БС- $\alpha_{з}$

Б-5 Коэффициент теплоотдачи со стороны дымовых газов

$$\alpha_{дг} = \alpha_{кдг} + \alpha_{лкс},$$

где $\alpha_{кдг}$ из Б-6, БС-$\alpha_{кдг}$

$\alpha_{лкс}$ из Б-I0 БС-$\alpha_{лкс}$

Б-6 Коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{I}{\frac{1}{\alpha_{дг}} + \frac{1}{\alpha_{з}} + \frac{\delta_{кс}}{\lambda_{ст}}},$$

где $\alpha_{дг}$ из Б-4

$\alpha_{з}$ из Б-9 БС-$\alpha_{з}$

$\delta_{кс}$ из Т5 Пр

$\lambda_{ст}$ из Т7 Пр

Б-7 Принять $\Delta t_{б} = t_{max} - t_{н}$

$\Delta t_{м} = t'_{max} - t_{о}$

где t_{max} из Б-I0 БС-t_{max}

t'_{max} из Б-II БС-t_{max}

$t_{н}$ из Т2 И.Д.

$t_{о}$ из Б-2 БС-t_{max} или Б-I3,I4.

Б-8 Проверка $\Delta t_{б} - \Delta t_{м} \leq 50$,

где $\Delta t_{б}, \Delta t_{м}$ из Б-7.

Б-9 Среднеарифметический температурный напор:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{б} + \Delta t_{м}}{2},$$

где $\Delta t_{б}, \Delta t_{м}$ из Б-7.

Б-I0 Среднелогарифмический температурный напор:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_б - \Delta t_м}{2{,}3 \lg \frac{\Delta t_б}{\Delta t_м}},$$

где $\Delta t_б, \Delta t_м$ из Б-7

Б-II. Уточненная температура воздуха на горение,

$$t'_в = \frac{4 K F \Delta t}{B \alpha L_0 C_p^t} + t_н,$$

где K из Б-6; F из Т5 Пр

Δt из Б-9,I0

B из Б-5 БС-В

α из Т7 Пр или из Б-I7,20

C_p^t из Т2 Пр при $t_{ср}^t$ из Б-3 БС- t_{max}

Б-I2. Проверка $\frac{|t_в - t'_в|}{t_в} < 0{,}0I,$

где $t_в$ из Б-2 БС- t_{max} или Б-I3,I4

Б-I3,I4. Принять $t_в = t'_в$,

где $t'_в$ из Б-II.

Б-I5. Температура стенки камеры сгорания:

$$t_{ст} = t_{ср\,кс} - \frac{K (t_{ср\,кс} - t_{ср}^t)}{\alpha_{гг}}$$

где $t_{ср\,кс}$ из Б-3 БС- $\alpha_{кгг}$

$K_б$ из Б-6

$t_{ср}$ из Б-3 БС- t_{max}

$\alpha_{гг}$ из Б-5

Б-I6. Проверка $t_{ст} < 800,$

где $t_{ст}$ из Б-I5.

Б-I7. Принять $\alpha = \alpha + 0{,}05,$

где α из Т7 Пр или Б-I7,20

Б-I8. Проверка $t_{ст} < 700$

где $t_{ст}$ из Б-I5.

Б-I9. Проверка $\alpha > I{,}I$

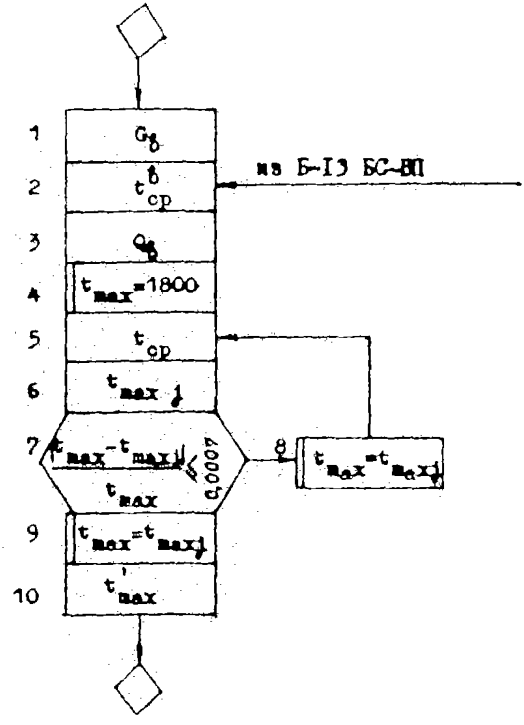
где α из Т7 Пр или из Б-I7,20.

Б-20 Принять $\alpha = \alpha - 0{,}05$

где α из Т7 Пр или из Б-I7,20.

БС - t_{max}

Расчет максимальной температуры горения топлива



Приложение к БС- t_{max}

Б-I. Расход воздуха на горение: $G_в = \alpha \cdot L_0 \cdot B$,

где α из Т7 Пр или из Б-I7,20, БС-ВП.

L_0 из Б-I7 БС-ПГ

B из Б-5 БС-В.

Б-3. Средняя температура воздуха:

$$t_{ср}^{в} = \frac{t_н + t_0}{2},$$

где $t_н$ из Т2 И.Д.

t_0 из Б-0 БС-ТР или из Б-I3,I4, БС-ВП.

Б-4. Количество тепла, полученного воздухом:

$$Q_в = 1{,}02\, B \alpha L_0 C_{рм}^{в} (t_0 - t_н),$$

где B из Б-5 БС-В

α из Т7 Пр или из Б-I7,20, БС-ВП

L_0 из Б-I7 БС-ПГ

$C_{рм}^{в}$ из Т2 Пр при $t_{ср}^{в}$ из Б-3

t_0 из Б-0 БС-ТР или Б-I3,I4, БС-ВП

Б-5. Принять t_{max} = I800 °С.

Б-6. Средняя температура горения топлива:

$$t_{ср} = \frac{t_0 + t_{max}}{2},$$

где t_0 из Б-0 БС-ТР или из Б-I3,I4 БС-ВП.

t_{max} из Б-5 или Б-9

Б-7. Максимальная температура горения:

$$t_{max} = t_0 + \frac{\eta_т\, Q_р^н}{G_1 \cdot C_{рм}},$$

где t_0 из Б-0 БС-ТР или Б-I3,I4, БС-ВП.

$\eta_т$ из Т7 Пр.

$Q_р^н$ из Б-8 БС-ПГ

G_1 из Б-I9 БС-ПГ

$C_{рм}$ из Б-37 БС-ПГ при $t_{ср}$ из Б-6.

Б-8. Проверка $\frac{|t_{max} - t_{max\,j}|}{t_{max}} \leq 0{,}0007$,

где t_{max} из Б-5 или Б-9

$t_{max\,j}$ из Б-7

Б-9,I0. Принять $t_{max} = t_{max\,j}$,

где $t_{max\,j}$ из Б-7.

Б-II. Уточненная максимальная температура горения:

$$t'_{max} = t_{max} - \frac{Q_i}{\beta G_i C_{pm}}$$

где t_{max} из Б-I0

Q_i из Б-4

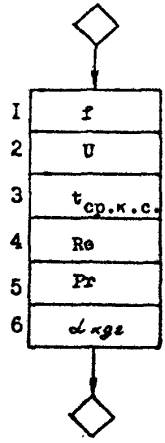
β из Б-5 ВС-В

G_i из Б-I9 ВС-ПГ

C_{pm} из Б-37 ВС-ПГ при $t_{ср}$ из Б-6.

БС - $\alpha_{кгг}$

Расчет коэффициента теплоотдачи конвекцией со стороны дымовых газов в камере сгорания



Приложение к БС- $\alpha_{кдг}$

Б-I. Живое сечение камеры сгорания:

$$f = \frac{\pi D_{\delta}^{2}}{4},$$

где D_{δ} из Т5 Пр.

Б-2. Весовая скорость продуктов сгорания:

$$U = \frac{B G_{1}}{3600 \cdot f \cdot n_{к}},$$

где B из Б-5 БС-В

G_{1} из Б-I9 БС-ПГ

f из Б-I

$n_{к}$ из Т5 Пр.

Б-3. Средняя температура продуктов сгорания в камере сгорания:

$$t_{гк} = \frac{t_{max} + t'_{max}}{2},$$

где t_{max} из Б-I0 БС- t_{max}

t'_{max} из Б-II -"-

Б-4 Число Рейнольдса

$$Re = \frac{U D_{\delta}}{\nu},$$

где U из Б-2

D_{δ} из Т5 Пр.

ν из Б-40 при $t_{гк}$ из Б-3.

Б-5. Число Прандтля

$$P_{r} = \frac{3600\, C_{pm}\, \nu}{\lambda},$$

где C_{pm} из Б-37

ν из Б-40 БС-ПГ при $t_{гк}$ из Б-3

λ из Б-39

Б-6. Коэффициент теплоотдачи конвекцией в камере сгорания:

$$\alpha_{кдг} = 0{,}021 \frac{\lambda}{d_{э}} \cdot C_{e} \cdot Re^{0{,}8} \cdot P_{r}^{0{,}43},$$

где λ из Б-39 БС-ПГ при $t_{гк}$ из Б-3

$d_{э} = D_{\delta}$ из Т5 Пр

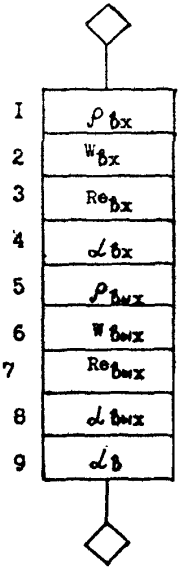
C_{e} из Т7 Пр

Re из Б-4

P_{r} из Б-5

БС - $\alpha_в$

Расчет коэффициента теплоотдачи
со стороны воздуха



Приложение к БС- $\alpha\beta$

Б-I. Плотность воздуха при $t_н$:

$$\rho_{вх} = 1{,}293 \frac{273}{273 + t_н},$$

где $t_н$ из Т2 И.Д.

Б-2. Скорость воздуха во входном сечении:

$$w_{вх} = \frac{G\beta}{3600\, \rho_{вх}\, f_{вх}\, n_к},$$

где $G\beta$ из Б-I БС- t_{max}

$\rho_{вх}$ из Б-I

$f_{вх}$ из Т5 Пр.

$n_к$ из Т5 Пр.

Б-3. Число Рейнольдса во входном сечении

$$Re_{вх} = \frac{w_{вх}\, d_{э вх}}{\vartheta\beta},$$

где $w_{вх}$ из Б-2

$d_{э вх}$ из Т5 Пр.

$\vartheta\beta$ из Т2 Пр при $t_н$ из Т2 И.Д.

Б-4. Коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха во входном сечении:

$$\alpha_{вх} = 0{,}023 \cdot Re_{вх}^{0{,}82} \frac{\lambda\beta}{d_{э вх}},$$

где $Re_{вх}$ из Б-3

$\lambda\beta$ из Т2 Пр при $t_н$ из Т2 И.Д.

$d_{э вх}$ из Т5 Пр.

Б-5. Плотность воздуха при $t_в$:

$$\rho_{вых} = 1{,}283 \frac{273}{273 + t_в},$$

где $t_в$ из Б-0 БС- ТР или из Б-I3,I4 БС-ВП.

Б-6. Скорость воздуха в выходном сечении:

$$w_{вых} = \frac{G\beta}{3600 \cdot \rho_{вых} \cdot f_{вых} \cdot n_к},$$

где $G\beta$ из Б-I БС- t_{max} $f_{вых}$ из Т5 Пр

$\rho_{вых}$ из Б-5 $n_к$ из Т5 Пр.

Б-7. Число Рейнольдса в выходном сечении:

$$Re_{вых} = \frac{w_{вых} \cdot d_{эвых}}{\nu_в},$$

где $w_{вых}$ из Б-6

$d_{эвых}$ из Т5 Пр

$\nu_в$ из Т2 Пр при $t_в$ из Б-0 БС-ТР или Б-I3,I4,БС-ВП

Б-8. Коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха в выходном сечении:

$$\alpha_{вых} = 0{,}023 \cdot Re_{вых}^{0{,}8} \frac{\lambda_в}{d_{эвых}},$$

$Re_{вых}$ из Б-7

$\lambda_в$ из Т2 Пр при $t_в$ из Б-0 БС-ТР Б-I3,I4, БС-ВП

$d_{эвых}$ из Т5 Пр.

Б-9. Коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха:

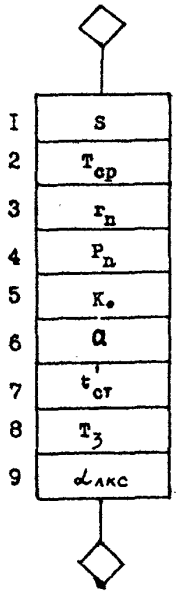
$$\alpha_в = \frac{\alpha_{вх} - \alpha_{вых}}{2{,}3 \lg \frac{\alpha_{вх}}{\alpha_{вых}}},$$

где $\alpha_{вх}$ из Б-4

$\alpha_{вых}$ из Б-8.

БС - $\alpha_{лкс}$

Расчет лучистого теплообмена в камере сгорания



Приложение к БС- $\alpha_{кс}$

Б-I. Эквивалентная толщина излучающего слоя:

$$S_{кс} = 3{,}6 \frac{V_{кс}}{F_{кс}},$$

где $V_{кс}$ из Т5 Пр.

$F_{кс}$ из Т5 Пр.

Б-2. Средняя температура продуктов в камере сгорания, К:

$$T_{ср} = t_{ср\,кс} + 273,$$

где $t_{ср\,кс}$ из Б-3 БС- $\alpha_{кдг}$

Б-3. Суммарная объемная доля трехатомных газов:

$$r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O},$$

где $r_{RO_2} = p_{RO_2}$ из Б-34 БС-ПГ

$r_{H_2O} = p_{H_2O}$ из Б-33 БС-ПГ

Б-4. Суммарное парциальное давление газов:

$$p_n = p_o \cdot r_n,$$

где p_o из Т7 Пр.

r_n из Б-4.

Б-5. Коэффициент ослабления лучей для трехатомных газов:

$$K_o = \frac{0{,}78 + 1{,}6}{\sqrt{p_n + S_{кс}}} \cdot \left(1 - 0{,}37 \frac{T_{ср}}{1000}\right),$$

где $r_{H_2O} = p_{H_2O}$ из Б-33 БС-ПГ

p_n из Б-5

$S_{кс}$ из Б-I

$T_{ср}$ из Б-3

r_n из Б-4

Б-6. Степень черноты потока газов:

$$a = 1 - e^{-K_o p_o S_{кс}},$$

где K_o из Б-6

p_o из Т7 Пр

$S_{кс}$ из Б-I

Б-7. Средняя температура стенки камеры сгорания:

$$t'_{ст} = t^{в}_{ср} + \frac{t_{ср\,кс} - t^{в}_{ср}}{1 + \frac{\alpha^{в}}{\alpha_{кдг}}}$$

где $t^{в}_{ср}$ из Б-3 БС- b_{max}

$t_{ср\,кс}$ из Б-3 БС- $\alpha_{кдг}$

α_δ из Б-9 ЕС- $\alpha\delta$

$\alpha_{кд}$ из Б-6 ЕС- $\alpha_{кдг}$

Б-8. Температура стенки трубы без загрязнения:

$$T_з = t'_{ст} + 273, \quad \text{где} \quad t'_{ст} \text{ из Б-8.}$$

Б-9. Коэффициент теплоотдачи излучением продуктов сгорания:

$$\alpha_{лис} = 4{,}9 \cdot 10^{-8} \; \frac{a_з + 1}{2} \cdot a \cdot (T_{ср})^3 \cdot \frac{1 - (\frac{T_з}{T_{ср}})^{3{,}6}}{1 - \frac{T_з}{T_{ср}}},$$

где $a_з$ из Т7 Пр

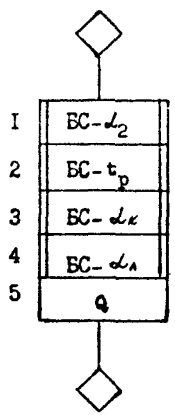
a из Б-7

$T_{ср}$ из Б-3

$T_з$ из Б-9

БС - Q

Расчет тепла, переданного продуктами сгорания в теплообменной камере нагреваемому продукту



Приложение к БС- Q

Б-I. Обращение к БС- $\alpha_л$

Б-2. Обращение к БС- $t_р$

Б-3. Обращение к БС- $\alpha_к$

Б-4. Обращение к БС- $\alpha_л$

Б-5. Полное тепло, переданное в печи:

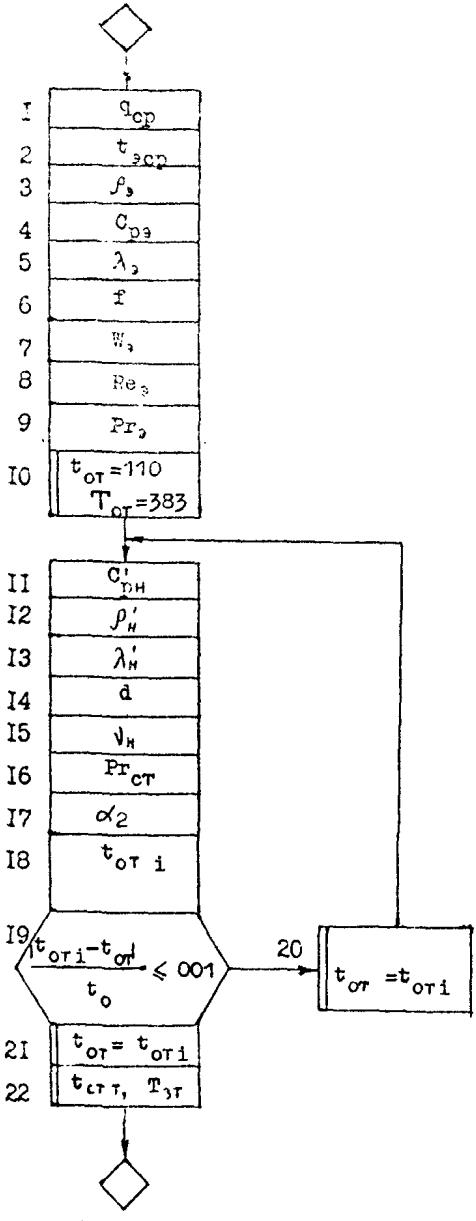
$$Q = Q_к + Q_л$$

где $Q_к$ из Б-20 БС- $\alpha_к$

$Q_л$ из Б-II БС- $\alpha_л$

БС- α_2

Расчет коэффициента теплоотдачи от стенки трубы к эмульсии



Вынести в таблицу результатов расчета:

$t_{от}$- температура стенки трубы с отложениями из Б-24

Приложение к БС- 2

Б-1. Средняя теплонапряженность гладких труб:

$$q_{ср} = \frac{Q_п}{H_р},$$ где $Q_п$ из Б-0 или Б-II БС-ТР

Б-2. Средняя температура эмульсии в трубах:

$$t_{эср} = \frac{t_{вх} + t_{вых}}{2},$$ где $t_{вх}$, $t_{вых}$ из Т2 И.Д.

Б-3. Плотность эмульсии:

$$\rho_э = \rho_в O_э + \rho_н (1 - O_э),$$ где $\rho_в$, $\rho_н$ из Т3 И.Д.
$O_э$ из Т2 И.Д.

Б-4. Теплоемкость эмульсии:

$$C_{рэ} = C_{рв} O_э + C_{рн} (1 - O_э),$$ где $C_{рв}$, $C_{рн}$ из Т3 И.Д.
$O_э$ из Т2 И.Д.

Б-5. Теплопроводность эмульсии:

$$\lambda_э = \lambda_в \cdot O_э + \lambda_н (1 - O_э),$$ где $\lambda_в$, $\lambda_н$ из Т3 И.Д.
$O_э$ из Т2 И.Д.

Б-6. Площадь проходного сечения трубы:

$$f = \frac{\pi d_{вн}^2}{4},$$ где π = 3,14
$d_{вн}$ из Т4 Пр

Б-7. Средняя линейная скорость эмульсии в трубах:

$$w_э = \frac{G_э}{3600 \rho_э f m_x},$$ где $G_э$ из Т2 И.Д.
$\rho_э$ из Б-3
f из Б-6
m_x из Б-I,7,8 БС-РП

Б-8. Число Рейнольдса в трубах:

$$Re_э = \frac{w_э d_{вн}}{\nu_э},$$ где $w_э$ из Б-7
$d_{вн}$ из Т4 Пр
$\nu_э$ из Т3 И.Д.

Б-9. Число Прандтля

$$Pr_э = \frac{3600 C_{рэ} \nu_э \rho_э}{\lambda_э},$$ где $C_{рэ}$ из Б-4
$\nu_э$ из Т3 И.Д.

$\rho_э$ из Б-3

$\lambda_э$ из Б-5

Б-10. Принять $t_{от} = 110\ ^{o}C$

$T_{от} = 383\ ^{o}K.$

Б-11. Теплоемкость нефти при температуре стенки трубы с отложениями

$$C'_{рн} = \frac{(0{,}403 + 0{,}00081\ t_{от})}{\sqrt{d_н^{15}}},$$ где $t_{от}$ из Б-10 или Б-20

$\rho_н^{20}$ из ТЗ И.Д.

$d_н^{15}$ из ТЗ И.Д.

Б-12. Плотность нефти при температуре стенки трубы с отложениями

$$\rho'_н = \rho_н^{20} - (0{,}1828 - 0{,}132\ d_н^{15}) \cdot (T_{от} - 293),$$

где $\rho_н^{20}$ из ТЗ И.Д.

$T_{от}$ из Б-10 или Б-20

$d_н^{15}$ из ТЗ И.Д.

Б-13. Теплопроводность нефти:

$$\lambda'_н = \frac{0{,}1}{d_н^{15}} (1 - 0{,}00054 \cdot t_{от}),$$ где $d_н^{15}$ из ТЗ И.Д.

$t_{от}$ из Б-10 или Б-20

Б-14. Показатель степени:

$$d = 10^{\lg\lg(\vartheta_1+0{,}8) + \frac{[\lg\lg(\vartheta_1+0{,}8) - \lg\lg(\vartheta_2+0{,}8)]}{\lg T_1 - \lg T_2} \cdot (\lg T_{от} - \lg T_1)},$$

где t, ϑ из ТЗ И.Д.

$T_{от}$ из Б-10 или Б-20

Б-15. Вязкость нефти при температуре стенки трубы с отложениями

$$\vartheta_н = (10^d - 0{,}8) \cdot 10^{-6},$$ где d из Б-14.

Б-16. Число Прандтля стенки:

$$Pr_{ст} = \frac{3600 \cdot C'_{рн} \cdot \vartheta_н \cdot \rho'_н}{\lambda'_н},$$ где $C'_{рн}$ из Б-11

$\vartheta_н$ из Б-15

$\rho'_н$ из Б-12

$\lambda'_н$ из Б-13

Б-17. Коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к эмульсии:

$$\alpha_э = 0{,}023 \frac{\lambda_э}{d_{вн}} Re_э^{0{,}8} Pr_э^{0{,}43} \left(\frac{Pr_э}{Pr_{ст}}\right)^{0{,}25} C_t C_e,$$

где $\lambda_э$ из Б-5

$d_{вн}$ из Т4 Пр

$Re_э$ из Б-8

$Pr_э$ из Б-9

$Pr_{ст}$ из Б-16

C_t, C_e из Т7 Пр.

Б-I8. Уточненная температура стенки трубы с отложениями

$$t_{ст\,i} = t_{эср} + \frac{q_{ср}}{\alpha_2},$$

где $t_{эср}$ из Б-2 α_2 из Б-I7

$q_{ср}$ из Б-I

Б-I9. Проверка

$$\frac{|t_{ст} - t_{ст\,i}|}{t_{ст}} \leqslant 0{,}0I,$$ где $t_{ст}$ из Б-I0 или Б-20

$t_{ст\,i}$ из Б-I8

Б-20,2I. Принять $t_{ст} = t_{ст\,i}$ где $t_{ст\,i}$, $T_{ст\,i}$ из Б-I8

$T_{ст} = T_{ст\,i}$

Б-22. Температура стенки трубы со стороны ребер:

$$t_{стг} = t_{ст} + q_{ср}\left(\frac{\delta_т}{\lambda_м} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}}\right),$$

где $t_{ст}$ из Б-20,

$q_{ср}$ из Б-I

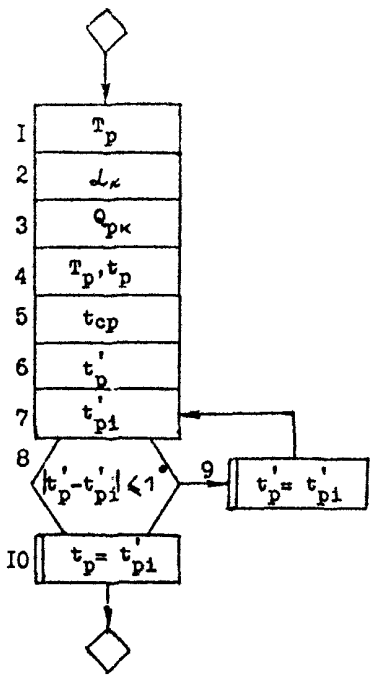
$\delta_т$ из Т4 Пр

$\lambda_м$ из Т7 Пр

$\delta_{ст}, \lambda_{ст}$ из Т4 И.Д.

БС - t_p

Расчет температуры дымовых газов на перевале



Приложение к БС- t_p

Б-I $T_p = t_p + 273$, где t_p из Б-0 БС-ТР или Б-I4

Б-2 Средняя теплонапряженность гладких труб:

$$q_{ср} = \frac{Q_л}{F_{гл}},$$ где $Q_л$ из Б-0 или Б-I0 БС-ТР

$F_{гл}$ из Т4 Пр.

Б-3 Коэффициент теплоотдачи от стенки труб к эмульсии конвекцией:

$$\alpha_к = 1{,}8\sqrt[4]{T_p - T_{зт}},$$ где T_p из Б-2

$T_{зт}$ из Б-2I БС- α_2

Б-4. Тепло, переданное конвекцией от газов к экрану:

$$Q_{рк} = \alpha_к \cdot F_{гл}(\varphi_к \cdot T_р - T_{зт}),$$

где $\alpha_к$ из Б-6

$F_{гл}$ из Т4 Пр

$\varphi_к$ из Т7 Пр

$T_р$ из Б-2

$T_{зт}$ из Б-2I БС- α_2

Б-5. Температура на перевале без учета рециркуляции:

$$T_р = \sqrt{\frac{1}{\psi}\left[\frac{100^4}{C_s H_s}\left(Q_л - Q_{рк}\right) + T_{зт}\right]},$$

где C_s, ψ из Т7 Пр

H_s из Т4 Пр

$Q_л$ из Б-0 или Б-I0, БС-ТР

$Q_{рк}$ из Б-7, $T_{зт}$ из Б-2I, БС- α_2

$t_р = T_р - 273$.

Б-6. Средняя температура дымовых газов между перевалом и выходом из печи:

$$t_{ср} = \frac{t_р + t_{ух}}{2},$$

где $t_р$ из Б-8

$t_{ух}$ из Б-0 БС-ТР или из Б-9, I0, БС-ТР

Б-7. Температура газов на перевале с учетом рециркуляции дымовых газов:

$$t'_{рi} = \frac{C_{рпр} \cdot t_р + I{,}5\, C_{рпер} \cdot t_{ср}}{2{,}5\, C'_{рпер}},$$

где C_{pmp} из Б-37 БС-ПГ при t_p из Б-8
C_{pmcp} из Б-37 БС-ПГ при t_{cp} из Б-9
C'_{pmp} из Б-37 БС-ПГ при $t'_p = t_p - 50$, t_p из Б-8.

Б-8 Уточнение температуры дымовых газов на перевале с учетом рециркуляции:

$$t'_{pi} = \frac{C_{pmp}\, t_p + 1{,}5\, C_{pmcp}\, t_{cp}}{2{,}5\, C'_{pmcp}},$$

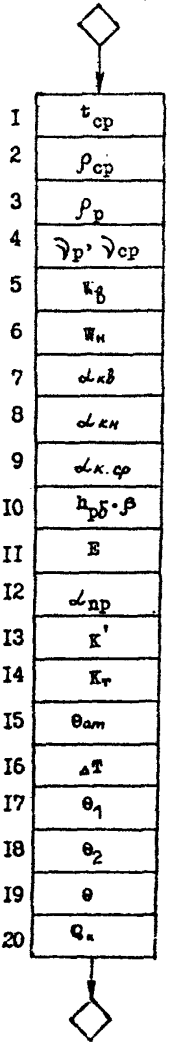
где C_{pmp}, C_{pmcp} как и в Б-10
C'_{pmp} из Б-43 БС-ПГ при t'_p из Б-10 или 13

Б-9 Проверка $|t'_p - t'_{pi}| \leqslant 1^\circ$

где t'_p из Б-10,13; t'_{pi} из Б-11.

БС- $\alpha_к$

Расчет количества тепла, переданного конвекцией в теплообменной камере



Приложение к БС- α к

Б-I. Средняя температура дымовых газов

$$t_{cp} = \frac{t_p + t_{yx}}{2}$$, где t_p из Б-I4 БС- t_p
t_{yx} из Б-0 БС-ТР или Б-8,9 БС-ТР

Б-2. Плотность дымовых газов при средней температуре

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_0\ 273}{273 + t_{cp}}$$, где t_{cp} из Б-I
ρ_0 из Б-32 БС-ПГ

Б-3. Плотность дымовых газов при температуре перевала

$$\rho_p = \frac{\rho_0\ 273}{273 + t_p}$$, где ρ_0 из Б-32 БС-ПГ
t_p из Б-I4 БС- t_p

Б-4. Коэффициент кинематической вязкости дымовых газов при средней температуре дымовых газов и температуре перевала

$$\nu_{cp} = \frac{z_{cp}}{\rho_{cp}}\ ;\quad \nu_p = \frac{z_p}{\rho_p}\ ,$$

где $z_{cp} = z$ из Б-40 БС-ПГ при t_{cp} из Б-I
$z_p = z$ из Б-40 БС-ПГ при t_p из Б-I4 БС- t_p
ρ_{cp} из Б-2
ρ_p из Б-3

Б-5. Скорость омывания экрана в верхних 3-х рядах

$$w_в = \frac{n\ B\ G_1}{3600 \cdot 2 \cdot F_в\ \rho_p}$$, где n из Т7 Пр
B из Б-5 БС-В
G_1 из Б-I9 БС-ПГ
F из Т4 Пр
ρ_p из Б-3

Б-6. Скорость омывания экрана в нижних 5-ти рядах.

$$w_н = \frac{(n-1)\ B\ G_1}{3600 \cdot 2 \cdot F_н\ \rho_{cp}}$$, где n из Т7 Пр
B из Б-5 БС-В
G_1 из Б-I9 БС-ПГ
$F_н$ из Т4 Пр
ρ_{cp} из Б-2

Б-7. Коэффициент теплоотдачи конвекцией в верхней части теплообменной камеры

$$\alpha_{кв} = 0{,}23\, C_2 \varphi_2^{0{,}2} \frac{\lambda_p}{S_{p\delta}} \left(\frac{d}{S_{p\delta}}\right)^{-0{,}54} \left(\frac{h_{p\delta}}{S_{p\delta}}\right)^{-0{,}14} \left(\frac{W_в\, S_{p\delta}}{\vartheta_p}\right)^{0{,}65},$$

где C_2 из Т7 Пр
φ_2 из Т7 Пр
$\lambda_p = \lambda$ из Б-39 ВС-ПГ при t_p из Б-I4 ВС- t_p
$S_{p\delta}$ из Т4 Пр
d из Т4 Пр
$h_{p\delta}$ из Т4 Пр
$W_в$ из Б-5
ϑ_p из Б-4

Б-8. Коэффициент теплоотдачи конвекцией в нижней части теплообменной камеры

$$\alpha_{кн} = 0{,}23\, C_2 \varphi_2^{0{,}2} \frac{\lambda_{ср}}{S_{p\delta}} \left(\frac{d}{S_{p\delta}}\right)^{-0{,}54} \left(\frac{h_{p\delta}}{S_{p\delta}}\right)^{-0{,}14} \left(\frac{W_н\, S_{p\delta}}{\vartheta_{ср}}\right)^{0{,}65},$$

где $\lambda_{ср} = \lambda$ из Б-39 ВС-ПГ при $t_{ср}$ из Б-I
$W_н$ из Б-6
$\vartheta_{ср}$ из Б/4

Б-9. Средний коэффициент теплоотдачи конвекцией

$$\alpha_{к\,ср} = \frac{\alpha_{кв}\, H_в + \alpha_{кн}\, H_н}{H_в + H_н},$$

где $\alpha_{кв}$ из Б-7
$\alpha_{кн}$ из Б-8
$H_в$, $H_н$ из Т4 Пр

Б-I0. $$h_{p\delta} \cdot \beta = h_{p\delta} \sqrt{\frac{2\,\psi_{p\delta}\,\alpha_{к\,ср}}{S_{p\delta}\,\lambda_m (1 + \delta\,\psi_{p\delta}\,\alpha_{к\,ср})}},$$

где $\psi_{p\delta}$ из Т7 Пр
$\alpha_{к\,ср}$ из Б-9
$h_{p\delta}$, $S_{p\delta}$ из Т4 Пр
δ из Т7 Пр λ_m из Т7 Пр

Б-II. Коэффициент эффективности ребер

$$E = f(\lambda, h_{ps}, \rho) \quad ,$$ где E из Т10 Пр при h_{ps} и ρ из Б-10.

Б-I2. Приведенный коэффициент теплоотдачи, отнесенный к полной поверхности с газовой стороны,

$$\alpha_{np} = \left[\frac{F_p}{F_n} E \beta_M + \frac{F_{TP}}{F_n}\right] \frac{\psi_{ps} \cdot \alpha_{kcp}}{1 + \ell \psi_{ps} \alpha_{kcp}} \quad ,$$

где F_p, F_n, F_{TP} из Т4 Пр

ℓ, β_M, ψ_{ps} из Т7 Пр

E из Б-II

α_{kcp} из Б-9

Б-I3. Коэффициент теплопередачи, отнесенный к полной поверхности (чистые трубы),

$$K' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{np}} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{F_n}{F \beta_H}} \quad ,$$

где α_{np} из Б-I2

α_2 из Б-9 БС- α_2

$F_n, F\beta_H$ из Т4 Пр

Б-I4. Коэффициент теплопередачи, отнесенный к гладкой поверхности труб,

$$K_T = K' \frac{F_n}{F_{TA}} \quad ,$$

где K' из Б-I3

F_n, F_{TA} из Т4 Пр

Б-I5. Средняя арифметическая разность температур потоков:

$$\theta_{a\tau} = \frac{t_p + t_{yx}}{2} - \frac{t\beta_{ux} + t\beta_x}{2} \quad ,$$

где t_p из Б-I4 БС- t_p

t_{yx} из Б-0 БС-ТР или Б-8,9 БС-ТР

$t\beta_{ux}, t\beta_x$ Т2 И.Д.

Б-I6. Характеристическая разность температур потоков:

$$\Delta T = \sqrt{[(t_p - t_{yx}) + (t\beta_{ux} - t\beta_x)]^2 - 4P(t_p - t_{yx})(t\beta_{ux} - t\beta_x)} \quad ,$$

где $t_p, t\beta_{ux}, t\beta_x, t_{yx}$ - см. Б-I5

P из Т7 Пр.

Б-I7. Наибольшая разность температур

$$\theta_1 = \theta_{\partial T} + \frac{1}{2}\Delta T,$$

где $\theta_{\partial T}$ из Б-I5

ΔT из Б-I6

Б-I8. Наименьшая разность температур

$$\theta_2 = \theta_{\partial T} - \frac{1}{2}\Delta T.$$

Б-I9. Средняя разность температур между нагревающим и нагреваемым потоками:

$$\theta_m = \frac{\theta_1 - \theta_2}{2{,}3 \lg \frac{\theta_1}{\theta_2}},$$

где θ_1 из Б-I7

θ_2 из Б-I8

Б-20. Тепло, переданное нагреваемому продукту конвекцией,

$$\theta_к = \theta_m K_T F_{гл},$$

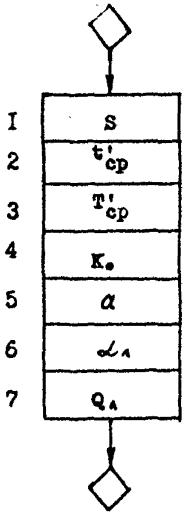
где θ_m из Б-I9

K_T из Б-I4

$F_{гл}$ из Т4 Пр.

БС - $\alpha_л$

Расчет количества тепла, переданного излучением дымовых газов в теплообменной камере



Приложение к БС- $\alpha_л$

Б-I. Эффективная толщина излучающего слоя, м :

$$S = 3{,}6 \frac{V_т}{F_{ст}},$$ где $V_т$ из Т4 Пр; $F_{ст}$ из Т4 Пр

Б-2. Средняя температура дымовых газов до перевала, °С:

$$t'_{ср} = \frac{t'_{max} + t_р}{2},$$ t'_{max} из Б-II БС- t_{max}; $t_р$ из Б-I4 БС- $t_р$

Б-3. $T'_{ср} = t'_{ср} + 273,$

где $t'_{ср}$ из Б-2.

Б-4. Коэффициент ослабления лучей для трехатомных газов:

$$K_0 = \left(\frac{0{,}78 + I{,}6 r_{H_2O}}{\sqrt{P_п \cdot S}} \right) \left(I - 0{,}37 \frac{T'_{ср}}{1000} \right) \cdot r_п,$$

где $r_{H_2O} = r_{O_2}$ из Б-33 БС-III

$P_п$ из Б-5 БС- $\alpha_{лис}$

S из Б-I

$T'_{ср}$ из Б-3

$r_п$ из Б-4 БС- $\alpha_{лис}$

Б-5. Степень черноты потока газов:

$$a = 1 - e^{-K_0 P_п S},$$

где K_0 из Б-4

$P_п$ из Т7 Пр

S из Б-I.

Б-6. Коэффициент теплоотдачи излучением продуктов сгорания:

$$\alpha_л = 4{,}9 \cdot 10^{-8} \frac{a_э + I}{2} \cdot a \left(T_{ср} \right)^3 \frac{1 - \left(\frac{T'_{ср}}{T_{ср}} \right)^{3{,}6}}{1 - \frac{T_{ЗТ}}{T_{ср}}},$$

где $a_э$ из Т7 Пр; $T'_{ср}$ из Б-3

a из Б-7; $T_{ЗТ}$ из Б-2I БС- $\alpha_л$

Б-7. Тепло, переданное излучением продуктов сгорания:

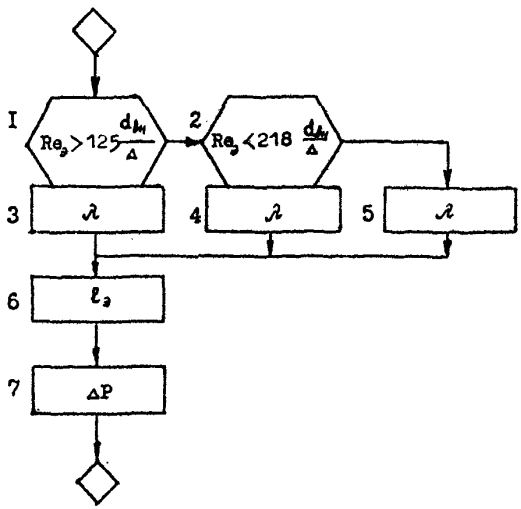
$$Q_л = \alpha_л \left(T'_{ср} - T_{ЗТ} \right) H_л,$$ где $\alpha_л$ из Б-I0

$T_{ЗТ}$ из Б-2I БС- $\alpha_л$; $T'_{ср}$ из Б-3

$H_л$ из Т4 Пр

БС -ГР

Гидравлический расчет печи



Приложение к БС-IГ

Б-I. Проверка

$$Re > 125 \frac{d_{вн}}{\Delta},$$

где Re из Б-7 БС-$\mathcal{L}_2$

$d_{вн}$ из Т4 Пр

Δ из Т4 И.Д.

Б-2. Проверка $2300 < Re < 218 \frac{d_{вн}}{\Delta}$.

Б-3. Коэффициент гидравлического сопротивления:

$$\lambda = 0{,}11 \sqrt[4]{\frac{\Delta}{d_{вн}}},$$

Б-4. $$\lambda = 0{,}1 \left(\frac{\Delta}{d_{вн}} + \frac{100}{Re}\right)^{0{,}25},$$

Б-5. $$\lambda = 0{,}11 \left(\frac{\Delta}{d_{вн}} + \frac{68}{Re}\right)^{0{,}25},$$

Б-6. Эквивалентная длина труб одного потока:

$$\ell_э = n_n \cdot \ell + (n_n - 1)\, \psi_\ell\, d_{вн},$$

m_x	I	2	4
n_n	32	I6	8

где $\ell, d_{вн}$ из Т4 Пр

ψ_ℓ из Т7 Пр

Б-7. Потери напора в трубах:

$$\Delta P = \lambda \frac{\ell_э}{d_{вн}} \frac{W_э^2}{2g} \rho_э,$$

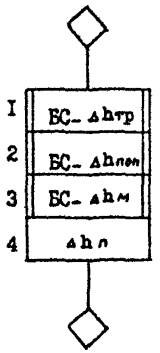
где λ из Б-3,4,5, $\ell_э$ из Б-6, $W_э$ из Б-6, БС-$\mathcal{L}_2$

$d_{вн}$ из Т4 Пр, g из Т7 Пр

$\rho_э$ из Б-2 БС-$\mathcal{L}_2$

БС - АР

Аэродинамический расчет печи



Приложение к БС-АР

Б-I Обращение к БС- $\Delta h_{тр}$

Б-2 Обращение к БС- $\Delta h_{пов}$

Б-3 Обращение к БС - $\Delta h_{м}$

Б-4 Аэродинамическое сопротивление печи:

$$\Delta h_{п} = \Delta h_{тр} + \Delta h_{пов} + \Delta h_{м},$$

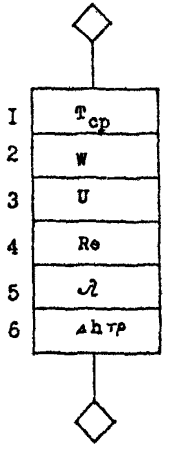
где $\Delta h_{тр}$ из Б-6 БС- $\Delta h_{тр}$

$\Delta h_{пов}$ из Б-I2 БС- $\Delta h_{пов}$

$\Delta h_{м}$ из Б-7 БС- $\Delta h_{м}$

БС – $\Delta h_{тр}$

Расчет сопротивления трения



Приложение к БС- $\Delta h_{тр}$

Б-I. Средняя температура дымовых газов, К :

$$T_{ср} = t_{ср} + 273,$$

где $t_{ср}$ из Б-I БС- $\alpha_к$.

Б-2. Скорость дымовых газов в теплообменной камере:

$$W = \frac{n\ \beta\ G_1}{3600 \cdot 2\ F\ \rho_{ср}},$$

где n из Т.7 Пр; β из Б-5 БС-В;
G_1 из Б-I9 БС-ПГ; F из Т.4 Пр

$$\rho_{ср} = \rho_0 \frac{273}{273 + t_{ср}},$$ где ρ_0 из Б-32 БС-ПГ
$t_{ср}$ из Б-I БС- $\alpha_к$

Б-3. Массовая скорость дымовых газов в теплообменной камере:

$$U = W \rho_{ср},$$

где $W, \rho_{ср}$ из Б-2.

Б-4. Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{U\ d_э}{z_{ср}},$$

где U из Б-3; $d_э$ из Т.4. Пр.
$z_{ср} = z$ из Б-I0 БС-ПГ при $t_{ср}$ из Б-I БС- $\alpha_к$

Б-5. Коэффициент сопротивления трения:

$$\lambda = 0{,}I\ (I{,}46\ \frac{K}{d_э} + \frac{I00}{Re})^{0{,}25},$$

где K из Т.7 Пр; $d_э$ из Т.4 Пр.
Re из Б-4.

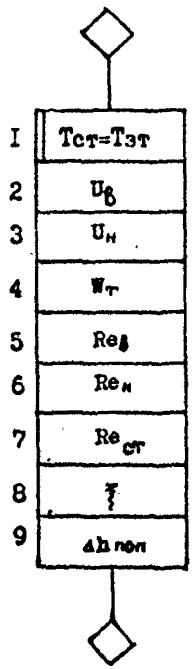
Б-6. Сопротивление трения:

$$\Delta h_{тр} = \lambda \frac{\ell_x}{d_э} \frac{W^2}{2g} \rho_{ср} .$$

где λ из Б-5, ℓ_x из Т.4 Пр
$d_э$ из Т.4Пр W из Б-2
g из Т.7 Пр.
$\rho_{ср}$ из Б-2.

БС - Δh_{non}

Расчет сопротивлений поперечно омываемых труб



Приложение к БС– $\Delta h_{пол}$

Б–I. Принять $T_{ср} = t_{ср} + 273$, где $t_{ср}$ из Б–2I БС–$\mathit{I}_к$.

Б–2. Массовая скорость дымовых газов в верхних 3–х рядах труб:

$$W = \frac{n\,B\,G_г}{3600 \cdot 2 \cdot F \cdot \rho_{ср}}$$, где B из Б–5

$$\rho_{ср} = \frac{273 \cdot \rho_0}{273 + t_{ср}}$$, ρ_0 из Б–32 БС–III; БС–$\mathit{I}_к$

$t_{ср}$ из Б–8 Б–2I БС–I_2

Б–3. Массовая скорость дымовых газов в нижних 5–ти рядах труб:

$$w_н = W_н \cdot \rho_{ср}$$, где $W_н$ из Б–6 БС–$\mathit{I}_к$.

Б–4. Средняя скорость дымовых газов, омывающих трубный экран:

$$w_т = \frac{w_г H_г + w_н H_н}{H_г + H_н}$$,

где $w_г, w_н$ из Б–5, 6 БС–$\mathit{I}_к$

$H_г, H_н$ из Т4 Пр.

Б–5. Число Рейнольдса в верхних 3–х рядах труб:

$$Re_г = \frac{u_г H_г}{\nu_{ст}}$$,

где $u_г$ из Б–2; $H_г$ из Т4 Пр.

$\nu_{ст}$ из Б–40 БС–III при $t_{ст}$ из Б–2I БС–I_2.

Б–6. Число Рейнольдса в нижних 5–ти рядах труб:

$$Re_н = \frac{u_н H_н}{\nu_{ст}}$$, где $u_н$ из Б–3

$H_н$ из Т4 Пр.

Б–7. Среднее число Рейнольдса в теплообменной камере:

$$Re_{ст} = \frac{Re_г H_г + Re_н H_н}{H_г + H_н}$$,

где $Re_г, Re_н$ из Б–5,6 $H_г, H_н$ из Т4 Пр.

Б–8. Коэффициент сопротивления шахматного пучка оребренных труб:

$$\zeta = 1{,}7\, z_2 \left(\frac{h_{рб}}{d}\right)^{0{,}45} \left(\frac{S_{рб}}{d}\right)^{-0{,}72} Re_{ст}^{-0{,}20}$$,

где $z_2, h_{рб}, d, S_{рб}$ из Т4 Пр $Re_{ст}$ из Б–7.

Б–9. Сопротивление поперечно омываемых труб:

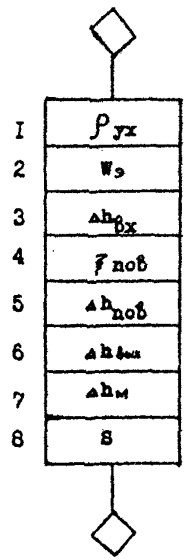
$$\Delta h_{пол} = \zeta \frac{W_т^2}{2g} \rho_{ср}$$, где ζ из Б–8

$W_т$ из Б–4 g из Т7 Пр

$\rho_{ср}$ из Б–2 БС–$\mathit{I}_к$

БС – $\Delta h_м$

Расчет местных сопротивлений



Приложение к БС- $\Delta h_м$

Б-I. Плотность дымовых газов при температуре $t_{ух}$:

$$\rho_{ух} = \rho_0 \frac{273}{273 + t_{ух}},$$

где ρ_0 из Б-32 БС-ПГ
$t_{ух}$ из Б-0 БС-ТР или Б-8,9 БС-ТР .

Б-2. Скорость дымовых газов в дымовой трубе:

$$W_э = \frac{B\, G_1}{3600 \cdot 4 \cdot f_{эт}\, \rho_{ух}},$$

где B из Б-5 БС-В
G_1 из Б-I9 БС-ПГ
$f_{эт}$ из Т4 Пр
$\rho_{ух}$ из Б-I .

Б-3. Сопротивление входа в газоотводящий канал:

$$\Delta h_{вх} = \zeta_{вх} \frac{W_э^2}{2g} \rho_{ух},$$

где $\zeta_{вх}$ из Т7 Пр
$W_э$ из Б-2
g из Т7 Пр
$\rho_{ух}$ из Б-I

Б-4. Коэффициент сопротивления для поворотов:

$\zeta_{пов} = K_\Delta \zeta_0 B C$, где K_Δ, ζ_0, B, C из Т7 Пр .

Б-5. Сопротивление поворотов газохода:

$$\Delta h_{пов} = \zeta_{пов} \frac{W_э^2}{2g} \rho_{ух},$$

где $\zeta_{пов}$ из Б-4, g из Т7 Пр
$W_э$ из Б-2
$\rho_{ух}$ из Б-I .

Б-6. Сопротивление выхода из дымовой трубы:

$$\Delta h_{вых} = \zeta_{вых} \frac{W_э^2}{2g} \rho_{ух},$$

где $\zeta_{вых}$ из Т7 Пр
$W_э$ из Б-2
$\rho_{ух}$ из Б-I .

Б-7. Местные сопротивления:

$$\Delta h_м = \Delta h_{вх} + \Delta h_{пов} + \Delta h_{вых},$$

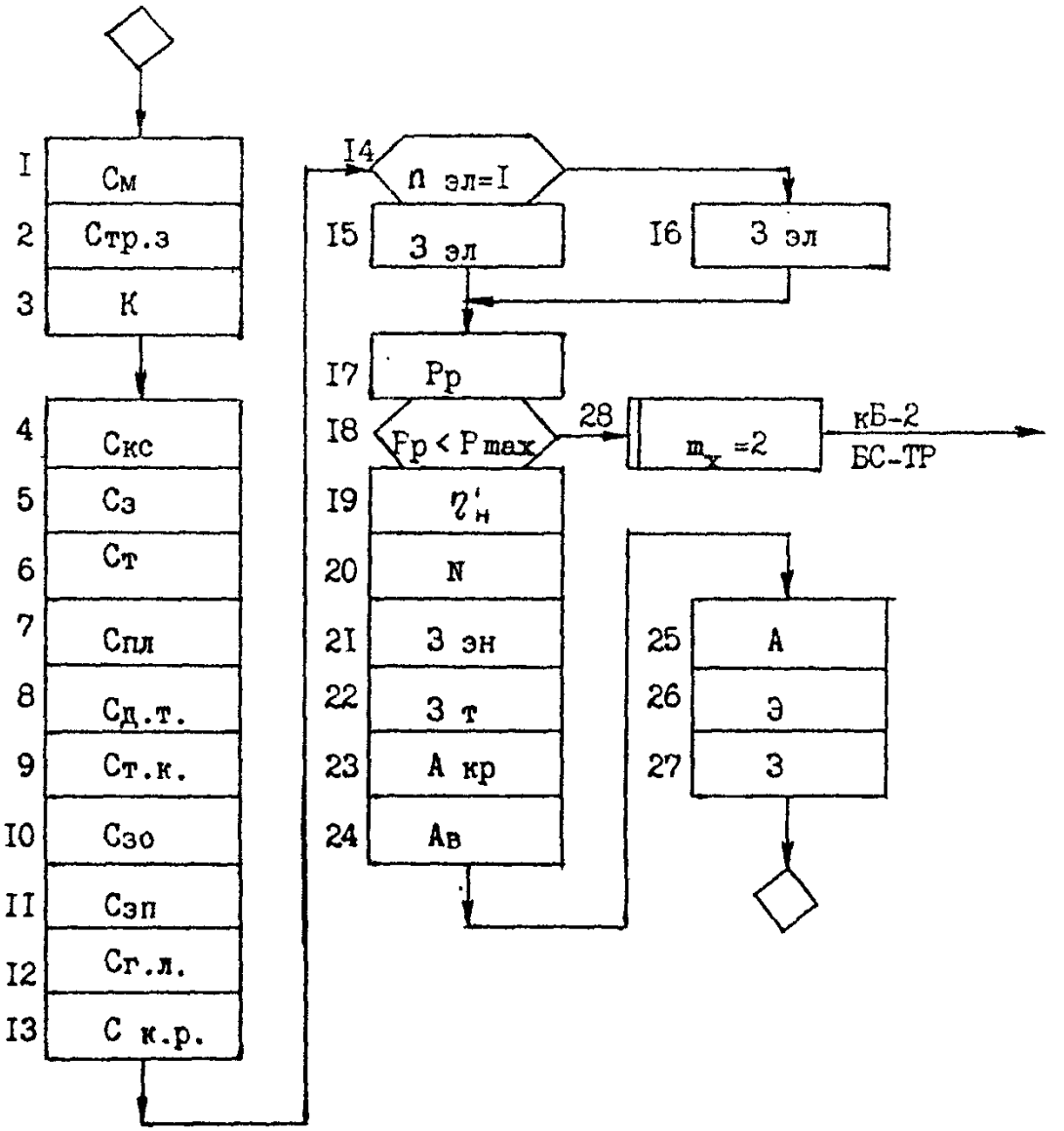
где $\Delta h_{вх}$ из Б-3
$\Delta h_{пов}$ из Б-5
$\Delta h_{вых}$ из Б-6 .

Б-8. Разряжение, создаваемое дымовым каналом:

$$S = \frac{H\left(\frac{1}{273 + t_н} - \frac{1}{273 + t_{ух}}\right)\delta}{2{,}15},$$

где H из Т4 Пр
$t_н$ из Т2 Пр
$t_{ух}$ из Б-0 БС-ТР или Б-8,9 БС-ТР
δ из Т7 Пр .

БС -ЭР
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПЕЧИ



Приложение к БС-ЭР

Б-1. Стоимость строительно-монтажных работ:

$$С_м = Ц_{о.п.} \cdot К_{с.м.},$$

где $Ц_{о.п.}$, $К_{с.м.}$ из ТП Пр.

Б-2. Стоимость транспортно-заготовительных работ:

$$С_{тр.з.} = Ц_{о.п.} \cdot К_{тр.з.},$$

где $Ц_{о.п.}$, $К_{тр.з.}$ из ТП Пр.

Б-3. Стоимость капитальных затрат:

$$К = Ц_{о.п.} + С_м + С_{тр.з.},$$

где $Ц_{о.п.}$ из ТП Пр.
$С_м$ из Б-1
$С_{тр.з.}$ из Б-2

Б-4. Стоимость ремонта камеры сгорания:

$$С_{к.с.} = С_д^1 + С_м^1 + Ц_{к.с.},$$

где $С_д^1$, $С_м^1$, $Ц_{к.с.}$ из ТП Пр.

Б-5. Стоимость ремонта задвижек:

$$С_{з.} = С_д^2 + С_м^2 + Ц_{з.}$$

где $С_д^2$, $С_м^2$, $Ц_{з.}$ из ТП Пр.

Б-6. Стоимость ремонта трубопроводов:

$$С_т = С_д^3 + С_м^3 + Ц_т,$$

где $С_д^3$, $С_м^3$, $Ц_т$ из ТП Пр.

Б-7. Стоимость ремонта площадки обслуживания:

$$С_{пл.} = С_д^4 + С_м^4 + Ц_{пл.}$$

где $С_д^4$, $С_м^4$, $Ц_{пл}$ из ТП ПР

Б-8. Стоимость ремонта дымогарных труб:

$$С_{д.т.} = С^{5}_{д} + С^{5}_{м} + Ц_{д.т.},$$

где $С^{5}_{д}, С^{5}_{м}, Ц_{д.т.}$ из ТII Пр.

Б-9. Стоимость ремонта теплообменной камеры:

$$С_{т.к.} = С^{6}_{д} + С^{6}_{м} + Ц_{т.к.},$$

где $С^{6}_{д}, С^{6}_{м}, Ц_{т.к.}$ из ТII Пр.

Б-I0. Стоимость ремонта змеевиков отопления:

$$С_{з.о.} = С^{7}_{д} + С^{7}_{м} + Ц_{з.о.},$$

где $С^{7}_{д}, С^{7}_{м}, Ц_{з.о.}$ из Т II Пр.

Б-II. Стоимость ремонта змеевиков паротушения:

$$С_{з.п.} = С^{8}_{д} + С^{8}_{м} + Ц_{з.п.},$$

где $С^{8}_{д}, С^{8}_{м}, Ц_{з.п.}$ из Т II Пр.

Б-I2. Стоимость ремонта газовой линии:

$$С_{г.л.} = С^{9}_{д} + С^{9}_{м} + Ц_{г.л.},$$

где $С^{9}_{д}, С^{9}_{м}, Ц_{г.л.}$ из Т II Пр.

Б-I3. Стоимость капитального ремонта печи:

$$С_{к.р.} = С_{об.} + С_{об.} К_{н} + С_{об} \cdot К_{пл.},$$

где $С_{об.} = С_{к.с.} + С_{з.} + С_{т.} + С_{пл.} + С_{д.т.} + С_{т.к.} + С_{з.о.} + С_{з.п.} + С_{г.л.},$

где $С_{к.с.}$ из Б-4
$С_{з}$ из Б-5
$С_{т}$ из Б-6
$С_{з.о.}$ из Б-I0
$С_{г.л.}$ из Б-I2
$С_{пл.}$ из Б-7
$С_{д.т.}$ из Б-8
$С_{т.к.}$ из Б-9
$К_{н}, К_{пл.}$ из Т II Пр.

Б-I4. Проверка $\eta_{эл.} = I$

где $\eta_{эл.}$ из Т4 И.Д.

Б-I5. Затраты на электроэнергию для компрессоров (по схеме ГДР):

$$З_{эл.} = Р^{2}_{э.д.} \cdot Ц_{эл.} \cdot Т,$$

где $Р^{2}_{э.д.}$ из Т I2 Пр

$Ц_{эл.}$ из Т II Пр

Т из Т 4 И.Д.

Б-I6. Затраты на электроэнергию для компрессоров (по схеме СССР):

$$З_{эл.} = 2 \cdot Р^{I}_{э.д.} \cdot Ц_{эл.} \cdot Т \cdot К_{эл.},$$

где $Р^{I}_{э.д.}$ из Т I2 Пр

$Ц_{эл.}$ из Т II Пр

Т, К из Т 4 И.Д.

Б-I7. Расчетное давление, необходимое для прокачки эмульсии:

$$Р_{р} = Р_{о} + \Delta Р,$$

где $Р_{о}$ из Т 4 И.Д.

$\Delta Р$ из Б-8 БС-ГР

Б-I8. Проверка $Р_{р} < Р_{мах}$,

где $Р_{р}$ из Б-I7

$Р_{мах}$ из Т 4 И.Д.

Б-I9. Коэффициент полезного действия насоса при перекачке эмульсии:

$$\eta'_{н} = \frac{\eta_{н}}{I + 0{,}4\,(\vartheta_{э} - I{,}006 \cdot I0^{-6}) \cdot I0^{4}},$$

(формула Шищенко)

где $\eta_{н}$ из Т I2 Пр

$\vartheta_{э}$ из Т 3 И.Д.

Б-20. Мощность насоса:

$$\eta'_н = \frac{\eta_н}{1 + 0{,}4\,(\vartheta_э - 1{,}006 \cdot 10^{-6}) \cdot 10^{4}},$$

где $G_э$ из Т 2 И.Д.

$\rho_р$ из Б-17

$\eta'_н$ из Б-19

Б-21. Затраты на электроэнергию для насосов:

$$З_{эн.} = N \cdot Ц_{эл.} \cdot T \cdot n_н,$$

где N из Б-20

$Ц_{эл.}$ из Т II Пр

T, $n_н$ из Т 4 И.Д.

Б-22. Затраты на топливо:

$$З_т = B \cdot Ц_т \cdot T / \rho_о,$$

где B из Б-5 БС-В

$Ц_т$ из Т II Пр

T из Т 4 И.Д.

$\rho_о$ из Б-32 БС-ПГ

Б-23. Амортизационные отчисления на капитальный ремонт печи:

$$А_{к.р.} = К \cdot Q_{к.р.}$$

где $К$ из Б-3

$Q_{к.р.}$ из Т II Пр

Б-24. Амортизационные отчисления на полное восстановление печи:

$$А_в = К \cdot Q_в,$$

где $К$ из Б-3

$Q_в$ из Т II Пр

Б-25. Годовые затраты на капитальный ремонт с учетом межремонтного пробега печи:

$$А = \frac{С_{к.р.}}{m_{мп}},$$

где $С_{к.р.}$ из Б-13

$m_{мп}$ из Т I3 Пр

Б-26. Годовые эксплуатационные затраты:

$$Э = З_{эл.} + З_{э.н.} + З_{т} + А_{к.р.} + А_{в} + А,$$

где $З_{эл}$ из Б-I4
$З_{э.н.}$ из Б-2I
$З_{т}$ из Б-22
$А_{к.р.}$ из Б-23
$А_{в}$ из Б-24
А из Б-25

Б-27. Годовые приведенные затраты:

$$З = Э + 0,I5 \cdot К,$$

где Э из Б-26
0,I5 из Т II Пр
К из Б-3

Б-28. Принять $m_{ч} = 2$ и в Б-2 БС-ТР.

Таблица I Пр

Физические параметры индивидуальных компонентов газообразного топлива

Компоненты	Mi	$Q^{н}_{pi}$	mi	ni	Si	Pi	gi
CH_4	I6,04	II953	I	4	-	-	-
C_2H_6	30,07	II349	2	6	-	-	-
C_3H_8	44,I0	II079	3	8	-	-	-
C_4H_{I0}	58,I2	I0929	4	I0	-	-	-
ΣC_5H_{I2}	72,I5	I0840	5	I2	-	-	-
C_6H_{I4}	86,I7	I0790	6	I4	-	-	-
N_2	28,02	-	-	-	2	-	-
CO_2	44,0I	-	I	-	-	-	2
H_2S	34,08	3577	-	2	-	I	-
O_2	32,00	-	-	-	-	-	2
CO	28,0I	24I5	I	-	-	-	I
H_2	2,02	28667	-	2	-	-	-

Таблица 2 Пр

Теплофизические свойства воздуха и водяных паров

Температура, t	Истинная теплоемкость воздуха, C_p^{δ}	Истинная теплоемкость водяных паров, $C_p^{\delta n}$	Коэффициент теплопроводности, $\lambda \cdot 10^4$	Средняя теплоемкость воздуха, C_{pm}^{δ}	Кинематическая вязкость воздуха, $\vartheta \cdot 10^6$
°C	ккал / кг.гр	ккал / кг.гр	ккал / м·ч·гр	ккал / кг.гр	$м^2/с$
0	0,2397	0,4441	214	0,2397	13,2
100	0,2413	0,4515	274	0,2405	23,2
200	0,2447	0,4635	329	0,2413	34,8
300	0,2495	0,4778	383		48,2
400	0,2552	0,4931	434	0,2447	62,9
500	0,2609	0,5092	484		79,3
600	0,2663	0,5258	532	0,2495	96,7
700	0,2712	0,5429	578		115
800	0,2756	0,5601	622	0,2552	135
900	0,2795	0,5769	664		155
1000	0,2829	0,5929	705	0,2609	177
1200	0,2886	0,6220	781	0,2663	223
1400	0,2930	0,6470		0,2712	273
1600	0,2966	0,6683		0,2756	327
1800	0,2996	0,6865		0,2795	384
2000	0,3022	0,7017		0,2829	448

Таблица 3 Пр

Теплофизические свойства дымовых газов

Температура, t	$\Delta C_p^{cr} \cdot 10^4$	Коэффициент теплопроводности дымовых газов, $\lambda_T \cdot 10^4$	Коэффициент абсолютной вязкости дымовых газов, $\mu_T \cdot 10^6$
°С	ккал / кг.гр	ккал / м·ч·гр	кг / м.с
0	0		
100	3		20,38
200	21	345	24,48
300	32	416	28,22
400	43	490	31,67
500	50	564	34,84
600	56	638	37,85
700	64	701	40,67
800	70	767	43,36
900	74	861	45,88
1000	78	937	48,33
1200	84	1085	52,96
1400	96	1235	57,46
1600	87	1385	61,86
1800	86	1535	66,06
2000	83	1685	70,02

Таблица 4 Пр.

Конструктивные параметры теплообменной камеры печи

№ п/п	Буквенное обозначение	Размерность	Принимаемое значение	Наименование
I.	d	м	0,I59	наружный диаметр теплообменных труб
2.	$d_{вн}$	м	0,I43	внутренний диаметр теплообменных труб
3.	D	м	0,I97	диаметр теплообменных труб с оребрением
4.	$\delta_т$	м	0,008	толщина стенки трубы
5.	$h_{рб}$	м	0,0I9	высота ребра
6.	$S_{рб}$	м	0,006	шаг оребрения
7.	$\delta_{рб}$	м	0,00I5	толщина ребра
8.	$F_{гл}$	$м^2$	I48,6	поверхность гладких труб
9.	$F_{тр}$	$м^2$	II2,	поверхность труб свободная от ребер
I0.	$F_{бн}$	$м^2$	I37,4	внутренняя поверхность труб
II.	$F_р$	$м^2$	I254	суммарная поверхность ребер
I2.	$F_п$	$м^2$	I366	полная поверхность оребренных труб
I3.	$F_в$	$м^2$	3,97	свободное сечение верхних 3-х рядов трубного экрана
I4.	$F_н$	$м^2$	II,36	свободное сечение нижних 5-ти рядов трубного экрана
I5.	$H_в$	$м^2$	I3,9	поверхность теплообмена верхних5-ти рядов труб
I6.	$H_н$	$м^2$	23,2	поверхность теплообмена нижних 5-ти рядов труб
I7.	$F_{ст}$	$м^2$	I00,4	поверхность воспринимающего экрана
I8.	$V_т$	$м^3$	29,5	объем теплообменной камеры
I9.	$H_л$	$м^2$	42	лучевоспринимающая поверхность экрана теплообменных труб

I	2	3	4	5	6
20.	H_s	$м^2$	44	эквивалентная абсолютно-черная поверхность	
2I.	ℓ	м	9,0	длина теплообменной трубы без калача	
22.	z_2	-	2	число рядов труб в одном пучке	
23.	$\ell_к$	м	I	длина прохождения дымовыми газами трубного экрана	
24.	F	$м^2$	I,I	проходное сечение для дымовых газов между экраном теплообменных труб и обечайкой	
25.	$d_э$	$м^2$	0,8I4	эквивалентный диаметр	
26.	$f_{э.т.}$	$м^2$	0,502	площадь живого сечения дымового канала	
27.	H	м	6	высота дымовой трубы	

Таблица 5 Пр

Конструктивные параметры камеры сгорания печи

№ п/п	Обозначение	Размерность	Значение	Наименование	Примечание
I	$D_б$	м	0,54	внутренний диаметр камеры сгорания по среднему сечению	
2	$\delta_{к.с.}$	м	0,005	толщина стенки камеры сгорания	
3	$F_{к.с.}$	$м^2$	2,3	поверхность стен камеры сгорания	
4	$V_{к.с}$	$м^3$	0,237	объем камеры сгорания	
5	F	$м^2$	I,836	теплопередающая поверхность камеры сгорания	
6.	$f_{бх}$	$м^2$	0,03	входное сечение воздуховода	
7.	$f_{бых}$	$м^2$	0,0832	выходное сечение воздуховода	
8.	$d_{эвх}$	м	0,I5	эквивалентный диаметр входного сечения воздуховода	
9.	$d_{эвых}$	м	0,I	эквивалентный диаметр выходного сечения воздуховода	
I0.	$n_к$	шт.	4.	число камер сгорания в печи	

Таблица 6 Пр

Абсолютное влагосодержание I кг атмосферного воздуха в зависимости от температуры окружающей среды

$t_н$	-20	-I0	0	I0	20	30	40
δ_s	0,00063	0,00I59	0,0038	0,0077	0,0I47	0,0272	0,049

Таблица 7 Пр

Коэффициенты, поправки и прочие величины

№№ п/п	Обозначение	Размерность	Значение	Наименование	Примечание
I	2	3	4	5	6
I	$\psi_{p\delta}$	-	0,85	коэффициент, учитывающий неравномерную теплоотдачу по поверхности ребра, для ребер с цилиндрическим основанием	
2	$\varphi_{к}$	-	0,9	коэффициент, учитывающий полноту участия экрана в конвективном теплообмене	
3	$a_{з}$	-	0,8	степень черноты загрязненных стенок лучевоспринимающих поверхностей	
4	$\varphi_{з}$	-	I	коэффициент, учитывающий геометрическое расположение труб	
5	ψ	-	I,2	коэффициент, зависящий от отношения $\frac{H_{sp}}{H_s}$, при $\frac{H_{sp}}{H_s} = 0$ $\psi = I,2$	
6	μ	-	I	коэффициент, зависящий от формы ребер (влияние уширения ребер к основанию)	
7	g $\frac{м^2 \cdot ч \cdot гр.}{ккал}$		0,005	коэффициент загрязнения ребер для газового топлива	
8	C_t	-	I	поправка на температуру нагреваемой среды	
9.	C_{ℓ}	-	I	поправка на относительную длину труб. При $\frac{\ell}{d} = \frac{9}{0,159} = 57$ $C_{\ell} = I$	
I0	C_s	-	4,96	коэффициент лучеиспускания абсолютно черной поверхности	
II	C_z	-	0,88	поправка на число рядов, поперечное направлению газов при $C_z = 2$	

I	2	3	4	5	6
I2.	P	без разм.	0,54	индекс противоточности	
I3.	P_o	кг/см^2	I,05	давление в печи	
I4.	$\lambda_{ст}$	$\frac{ккал}{м \cdot ч \cdot гр}$	30	теплопроводность стенки камеры сгорания	
I5.	$\lambda_м$	-"-	40	теплопроводность стенки теплообменной трубы	
I6.	α	-	I,3	коэффициент избытка воздуха	
I7.	$q_{пот}$	-	0,05	потери тепла в окружающую среду	
I8.	$\eta_т$	-	0,96	коэффициент полезного действия топки	
I9.	n	-	2,5	коэффициент рециркуляции дымовых газов	
20.	$W^р$	%	0	влажность топлива	
2I.	ψ_e	-	60	коэффициент,зависящий от вида соединения труб	
22.	g	м/сек^2	9,8I	ускорение свободного падения	
23.	K	м	$0,2 \cdot I0^{-3}$	абсолютная шероховатость стенки	
24.	$\xi_{вх}$	-	0,5	к-т местного сопротивления	
25.	K_Δ	-	I	к-т,учитывающий шероховатость стенок	
26.	ξ_o	-	I,2	к-т сопротивления поворотов	
27.	B	-	I	к-т	
28.	C	-	I	к-т	
29.	$\xi_{вых}$	-	I,I	к-т сопрот.выхода	
30.	b мм рт. ст.		760	барометрическое давление	

Таблица 8 П$_1$

Поправочный коэффициент ξ_2

P_{H_2O} = 0,05, где P_{H_2O} из Б-33 ЕС-ПГ

t °C	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800	2000
ξ_2	0,95	0,944	0,938	0,935	0,926	0,92	0,914	0.908	0,902	0,896	0,89	0,884	0,878	0,872	0,866

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6
	P_{H_2O}=0,07														
ξ_2	0,966	0,962	0,958	0,954	0,95	0,946	0,943	0,939	0,935	0,93	0,926	0,922	0,918	0,914	0,91
	P_{H_2O} = 0,09														
ξ_2	0,982	0,98	0,979	0,977	0,975	0,973	0,971	0,969	0,967	0,965	0,963	0,961	0,959	0,957	0,955
	P_{H_2O} = 0,II														
ξ_2	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	P_{H_2O} = 0,I3														
ξ_2	I,0I3	I,0I4	I,0I6	I,0I7	I,0I9	0,02I	I,023	I,025	I,026	I,027	I,028	I,029	I,03	I,03I	I,032
	P_{H_2O} =0,I5														
ξ_2	I,0I8	I,022	I,026	I,03	I,034	I,038	I,042	I,046	I,05	I,054	I,058	I,062	I,066	I,07	I,074
	P_{H_2O} = 0,I7														
ξ_2	I,025	I,03I	I,037	I,043	I,049	I,055	I,06I	I,067	I,073	I,079	I,085	I,09I	I,097	I,I03	I,I09

I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6
	I,03I			P_{H_2O}= 0,I9												
ξ_1			I,04	I,048	I,056	I,064	I,073	I,08I	I,089	I,098	I,I06	I,II5	I,I23	I,I3I	I,I39	I,I47
				P_{H_2O}= 0,2I												
ξ_2	I,037	I,048	I,059	I,07	I,08	I,09I	I,I02	I,II2	I,I23	I,II3	I,II4	I,I25	I,I36	I,I47	I,I58	
				P_{H_2O}= 0,23												
ξ_3	I,044	I,056	I,069	I,082	I,095	I,I08	II,2I	I,I33	I,I46	I,I58	I,I72	I,I85	I,I98	I,2II	I,224	
				P_{H_2O}= 0,25												
ξ_4	I,05	I,065	I,08	I,095	I,II	I,I25	I,I4	I,I55	I,I7	I,I85	I,20	I,2I5	I,23	I,245	I,250	

Таблица 9 Пр

Поправочный коэффициент γ_z

P_{H_2O} = 0,05, где P_{H_2O} из Б-33 ЕС-ПГ

t °C	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800	2000
γ_z	1,04	1,033	1,028	1,025	1,022	1,02	1,018	1,017	1,016	1,06	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
				P_{H_2O} = 0,07													
γ_z		1,026	1,021	1,018	1,015	1,013	1,012	1,011	1,010	1,01	1,01	1,01	1:01	1,01	1,01	1,01	1,01
				P_{H_2O} = 0,09													
γ_z		1,014	1,011	1,009	1,008	1,007	1,006	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005
				P_{H_2O} = 0,11													
γ_z		1,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
				P_{H_2O} = 0,13													
γ_z	0,991	0,994	0,995	0,996	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997
				P_{H_2O} = 0,15													
γ_z	0,982	0,987	0,99	0,992	0,993	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994
				P_{H_2O} = 0,17													
γ_z	0,974	0,981	0,986	0,988	0,99	0,991	0,991	,991	0,991	0,991	0,991	0,991	0,991	0,991	0,991	0,991	0,991
				P_{H_2} = 0,19													

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	Ib	I6	I7
					P_{H_2O} = 0,I9											
$\bar{\varphi}_z$	0,965	0,974	0,98I	0,985	0,987	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988
					P_{H_2O} = 0,2I											
$\bar{\varphi}_z$	0,956	0,967	0,967	0,982	0,985	0,986	0,986	0,986	0,986	0,986	0,986	0,986	0,986	0,986	0,986	0,986
					P_{H_2O} = 0,23											
$\bar{\varphi}_z$	0,946	0,96	0,97I	0,977	0,982	0,983	0,984	0,984	0,984	0,984	0,984	0,984	0,984	0,984	0,984	0,984
					P_{H_2O}= 0,25											
$\bar{\varphi}_z$	0,936	0,952	0,965	0,972	0,977	0,987	0,98I	0,98I	0,98I	0,98I	0,98I	0,98I	0,98I	0,98I	0,98I	0,98I

Таблица I0 Пр

$h_{p\delta} \cdot \rho$	0	0,I	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	I	I,I	I,2	I,3	I,4	I,5	I,6	I,7
E	I	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,9I	0,88	0,84	0,79	0,75	0,7	0,68	0,63	0,6	0,58	0,55	0,53

Таблица II

Стоимостные величины по печи ПТБ-10

№ п/п	Обозначение	Размерность	Значение	Наименование	Примечание
1	2	3	4	5	6
1.	$Ц_{оп}$	руб.	50000	Оптовая цена печи	
2.	$С^{1}_{д}$	руб.	48,8	Стоимость демонтажа камеры сгорания	
3.	$С^{1}_{м}$	руб.	97,6	Стоимость монтажа камеры сгорания	
4.	$Ц_{к.с.}$	руб.	562,0	Стоимость камеры сгорания	
5.	$С^{2}_{д}$	руб.	22,8	Стоимость демонтажа задвижек	
6.	$С^{2}_{м}$	руб.	45,6	Стоимость монтажа задвижек	
7.	$Ц_{з}$	руб.	725,0	Стоимость задвижек	
8.	$С^{3}_{д}$	руб.	36,2	Стоимость демонтажа трубопроводов	
9.	$С^{3}_{м}$	руб.	72,3	Стоимость монтажа трубопроводов	
10.	$Ц_{т}$	руб.	147,0	Стоимость трубопроводов	
11.	$С^{4}_{д}$	руб.	155,5	Стоимость демонтажа площадки обслужив.	
12.	$С^{4}_{м}$	руб.	130,5	Стоимость монтажа площадки обслужив.	
13.	$Ц_{пл.}$	руб.	1150,0	Стоимость площадки обслуживания	
14.	$С^{5}_{д}$	руб.	87,6	Стоимость демонтажа дымогарных труб	
15.	$С^{5}_{м}$	руб.	175,2	Стоимость монтажа дымогарных труб	
16.	$Ц_{д.т.}$	руб.	415,5	Стоимость дымогарных труб	
17.	$С^{6}_{д}$	руб.	214,2	Стоимость демонтажа теплообменной камеры	
18.	$С^{6}_{м}$	руб.	428,4	Стоимость монтажа теплообменной камеры	
19.	$Ц_{т.к.}$	руб.	28000	Стоимость теплообменной камеры	

I	2	3	4	5	6
20.	$С_д^7$	руб.	I5,2	Стоимость демонтажа змеевиков отопления	
2I.	$С_м^7$	руб.	30,4	Стоимость монтажа змеевиков отопления	
22.	$Ц_{з.о.}$	руб.	64,2	Стоимость змеевиков отопления	
23.	$С_д^8$	руб.	2I,6	Стоимость демонтажа змеевиков паротушения	
24.	$С_м^8$	руб.	43,2	Стоимость монтажа змеевиков паротушения	
25.	$Ц_{з.п.}$	руб.	63,2	Стоимость змеевиков паротушения	
26.	$С_д^9$	руб.	I5,2	Стоимость демонтажа газовой линии	
27.	$С_м^9$	руб.	30,4	Стоимость монтажа газовой линии	
28.	$Ц_{г.л.}$	руб.	64,8	Стоимость газовой линии	
29.	$Ц_{эл.}$	руб.	0,0I	Стоимость I кВт.ч эл.энергии	
30.	$Ц_т$	руб.	0,026	Стоимость I $м^3$ топлива (газа)	
3I.	$α_{к.р.}$	-	0,068	Норма амортизации на кап.ремонт	
32.	$α_в$	-	0,I2	Норма амортизации на полное восстановление	
33.	$К_{с.м.}$	-	0,49	Процент строймонтажных работ	
34.	$К_{рт.з.}$	-	0,07	Процент транспортно-заготовительных работ	
35.	$К_н$	-	0,I7	Процент накладных расходов	
36.	$К_{пл.}$	-	0,06	Процент плановых накоплений	
37.	$Т_в$	лет	I0	Нормативный срок службы печи	
38.	Ен	-	0,I5	Нормативный коэффициент	

Таблица I2

Показатели по мощности

№№ п/п	Обозначение	Размерность	Значение	Наименование	Примечание
I.	$P^{I}_{э.д.}$	кВт	55	Мощность электродвигателя для компрессора (по схеме СССР)	
2.	$P^{2}_{э.д.}$	кВт	II0	Мощность электродвигателя для компрессора (по схеме ГДР)	
3.	$\eta_{н}$	кВт	0,8	К.П.Д. насоса при перекачке воды	

Таблица I3

Зависимость межремонтного пробега печи от склонности пластовых вод в эмульсии к отложению осадков

Тип пластовых вод	Число потоков $m_к$		
	I	2	4
Воды не склонные к образованию отложений $П_{от}$= 0	8	4	2
склонные $П_{от}$= I	2	I	0,5 и меньше

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Контрольный пример

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Таблица № I И.Д.

доли	компон.	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	C_6H_{14}	N^2	CO_2	H_2	O_2	CO	H_2
%	об.	58,6	I4,3	I2,6	7,5	4,7	0,6	I,3	0,5	0	0	0	0
%	мас.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица № 2 И.Д.

№ п/п	Обозначение	Наименование	размерность	Принимаемые значения варианты I	2	3	4
I	$G_э$	Расход эмульсии	кг/ч	375000			
2	$t_{вх}$	Температура эмульсии на входе в печь	°С	24			
3	$t_{вых}$	Температура эмульсии на выходе из печи	°С	47			
4	$t_н$	Температура окружающего воздуха	°С	I2			
5	$O_э$	Обводненность эмульсии	доли ед.	0,55			
6	δt	Изменение температуры уходящих дымовых газов	°С	I0			

Таблица № 3 И.Д.

№ п/п	обозначение	Наименование	размерность	Принимаемые значения варианты I	2	3	4
I	2	3	4	5	6	7	8
I	$\rho_в$	плотность пластовой воды	кг/м³	I048			
2	$\rho_н$	плотность нефти	-"-	858			
3	$C_{рв}$	теплоемкость пластовой воды	$\frac{ккал}{кг.гр}$	0,95			
4	$C_{рн}$	теплоемкость нефти	-"-	0,47			
5	$\lambda_в$	теплопроводность пластовой воды	$\frac{ккал}{м \cdot ч \cdot гр}$	0,48			
6	$\lambda_н$	теплопроводность нефти	-"-	0,I32			
7	$\vartheta_э$	Вязкость кинематическая эмульсии	$м^2/с$	29I,8· $\cdot I0^{-6}$			

Продолжение табл.№ 3 И.Д.

I	2	3	4	5	6	7	8
8.	$\rho_н^{20}$	плотность нефти при t = 20°C	кг/м^3	864			
9.	t_1	температура	°C	20			
IO.	t_2	температура	°C	50			
II.	ϑ_1	вязкость нефти при t_1	сст	34,7			
I2.	ϑ_2	вязкость нефти при t_2	сст	3I,5			
I3.	$d_н^{15}$	относит.плотность нефти при I5°C	-	0,868			

Таблица № 4 И.Д.

№№ п/п	обозначение	Наименование	размерность	Принимаемые значения варианты I	2	3	4
I.	Δ	Абсолютная шероховатость теплообменных труб	м	0,0002			
2.	φ	Относительная влажность воздуха	-	0,7			
3.	T	Фактическое время работы печи в году	час	8000			
4.	P	Максимально-развиваемое давление насосов	кг/м^2	I7,I·I0^4			
5.	P_0	Давление после печи	-"-	6,8·I0^{-4}			
6.	$n_н$	Количество нагнетательных насосов перед печью	шт.	I			
7.	$n_{эл}$	Количество электродвигателей (компрессоров)	шт.	2			
8.	$K_{эл}$	Коэффициент использования компрессоров в году		0,7			
9.	$П_{от}$	Признак склонности пластовых вод к отложению солей на поверхностях нагрева. Принимаемые значения: не склонные - 0 склонные - I		0			
I0.	$\delta_{от}$	Толщина отложений на поверхностях нагрева, м	м	0,00I			
II.	$\lambda_{от}$	Коэффициент теплопроводности отложений	ккал/м·ч·гр.	0,5			
I2.	B	Количество газообразного топлива, кг/ч	кг/ч	I000			

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

ПЕЧИ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ЧИСЛЕ ПОТОКОВ ПО ТРУБАМ

№ п/п	НАИМЕНОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА	ОБОЗНАЧЕНИЕ	РАЗМЕРНОСТЬ	ЧИСЛО ХОДОВ ПО ТРУБАМ МХ		
				1	2	4
1	РАСХОД НАГРЕВАЕМОЙ ЖИДКОСТИ	GJ	КГ/Ч	375000	375000	375000
2	РАСХОД ТОПЛИВА НА ГОРЕНИЕ	B	КГ/Ч	1.528374E+03	1.514237E+03	1.447422E+03
3	МАКСИМАЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА	TM1	ГРАД.С	1.684955E+03	1.684954E+03	1.684952E+03
4	ТЕМПЕРАТУРА НАГРЕВА СТЕНКИ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ	TCT	ГРАД.С	6.691389E+02	6.788962E+02	6.793794E+02
5	ТЕМПЕРАТУРА НАГРЕВА ВОЗДУХА В УЛИТКЕ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ	TB	ГРАД.С	8.273938E+01	8.310521E+01	8.487828E+01
6	КОЭФФИЦИЕНТ ИЗБЫТКА ВОЗДУХА	ALFA	ГРАД.С	1.349996E+00	1.349996E+00	1.349996E+00
7	ЛИНЕЙНАЯ СКОРОСТЬ ЖИДКОСТИ В ТРУБАХ	WJ	М/С	7.444742E+00	3.722371E+00	1.861185E+00
8	КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛООТДАЧИ ОТ СТЕНОК ТРУБ ЭМУЛЬСИИ	ALF2	ККАЛ/Ч/М.2.ГР	4.371352E+03	2.575838E+03	1.528041E+03
9	ТЕМПЕРАТУРА СТЕНКИ ТРУБ	TST	ГРАД.С	6.815686E+01	7.798717E+01	9.180916E+01
10	КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛА, ПЕРЕДАННОЕ В ПЕЧИ	QP	ККАЛ/Ч	9.412087E+06	9.323685E+06	8.836556E+06
11	ТЕМПЕРАТУРА УХОДЯЩИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ	TYX	ГРАД.С	5.182238E+02	5.180021E+02	5.280002E+02
12	ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ В ТРУБАХ	DELTP	КГ/Ч/М	2.028112E+05	2.495[illegible]E+04	3.408378E+03
13	РАЗРЯЖЕНИЕ, СОЗДАВАЕМОЕ ДЫМОВЫМ КАНАЛОМ	S	КГ/Ч/М	5.068251E+00	5.068251E+00	5.294409E+00
14	АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПЕЧИ	HN	КГ/Ч/М	6.058582E+00	5.947999E+00	5.594790E+00
15	ГОДОВЫЕ ПРИВЕДЕННЫЕ ЗАТРАТЫ	ZAT	РУБ	НЕРЕАЛЬНОСТЬ ВАР	2.556521E+05	2.713869E+05

СОДЕРЖАНИЕ

I. Основная цель разработки руководящего документа 3

2. Методика расчета и оптимизации блочных трубчатых печей типа ПТБ 5

Приложение I. Алгоритм расчета и оптимизации блочных трубчатых печей ПТБ-10 II

Приложение 2. Контрольный пример 90

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

М Е Т О Д И К А
РАСЧЕТА И ОПТИМИЗАЦИИ БЛОЧНЫХ ТРУБЧАТЫХ ПЕЧЕЙ ТИПА ПТБ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

РД 39-0147103-317-86

450055, Уфа, просп.Октября,144/3

Подписано в печать 15.02.86 г. П0 1223

Формат 60х90 1/16. Уч.-изд.л. 4,8. Тираж 160 экз.

Заказ 152

Ротапринт ВНИИСПТнефти

gost.e-ecolog.ru