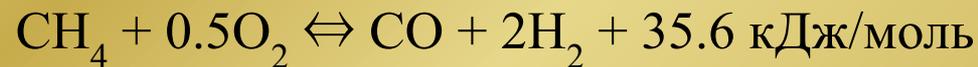
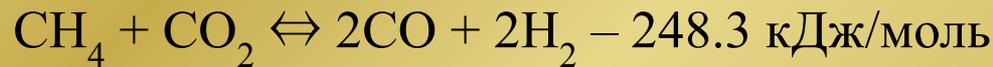


*Новые технологии переработки  
природного газа в ценные  
химические продукты*

*д.т.н., профессор Сосна Михаил Хаймович*

# КАТАЛИТИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИИ МЕТАНА. ОСНОВНЫЕ РЕАКЦИИ



Автотермический процесс

$$\Sigma Q_{\text{реак.}} = \Sigma Q_{\text{гор.}}$$

Шахтная  
конверсия

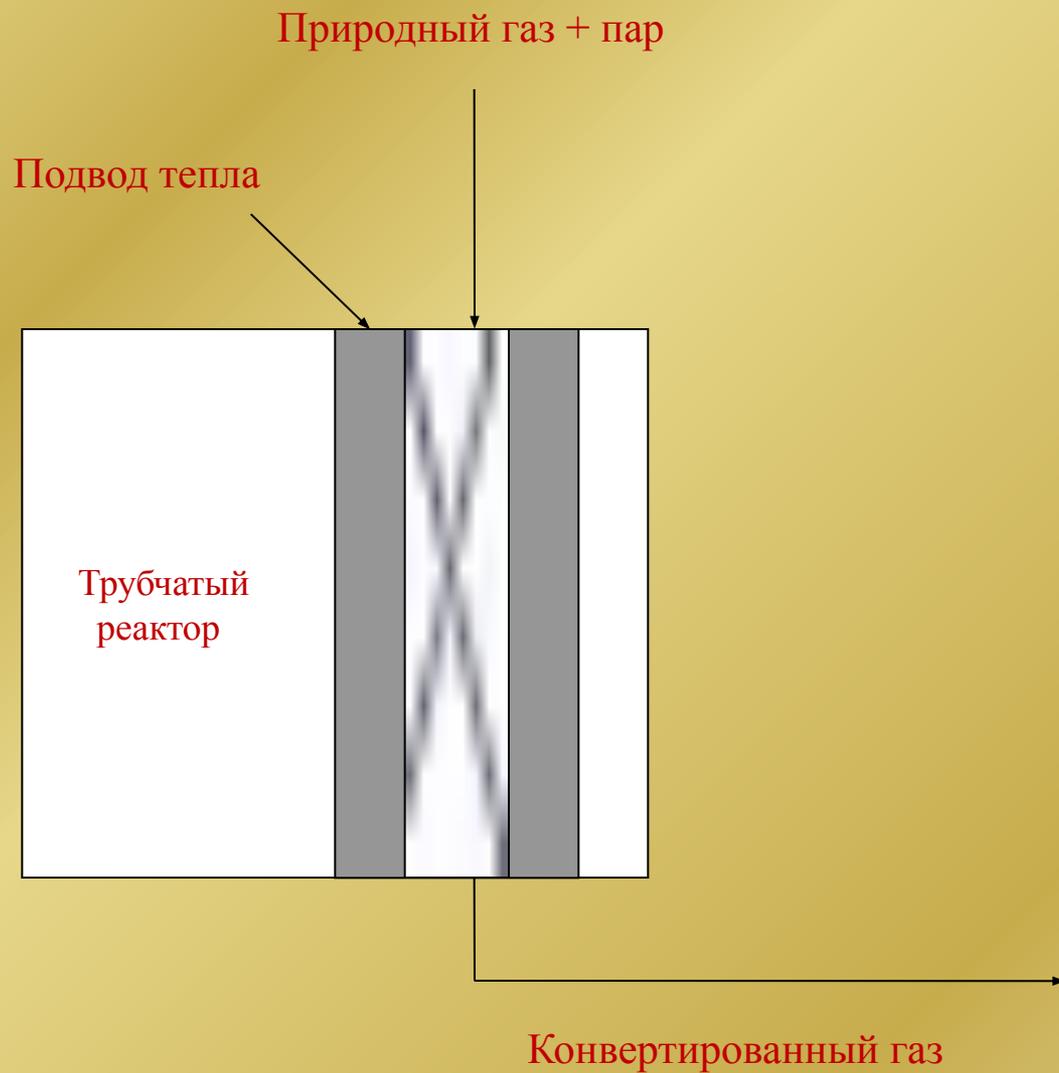
ВТКМ

С подводом тепла

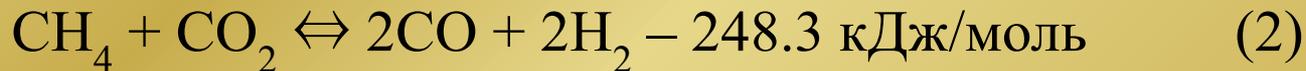
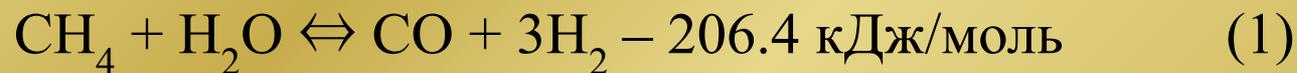
$$\Sigma Q_{\text{реак.}} = \Sigma Q_{\text{подв.}}$$

Трубчатая конверсия

# Схема газовых потоков в процессе конверсии в трубчатой печи



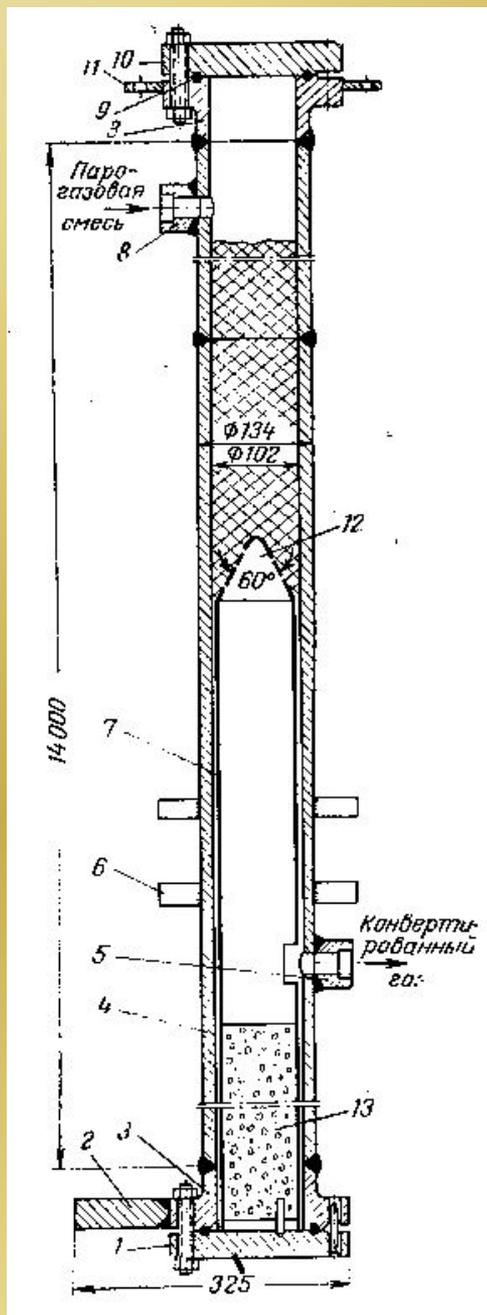
## Основные реакции процесса конверсии в трубчатой печи



$$Kp_1 = \frac{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{H}_2}^3}{P_{\text{CH}_4} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}} \quad Kp_2 = \frac{P_{\text{CO}}^2 \cdot P_{\text{H}_2}^2}{P_{\text{CH}_4} \cdot P_{\text{CO}_2}}$$

$$Kp_3 = \frac{P_{\text{CO}_2} \cdot P_{\text{H}_2}}{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}}$$

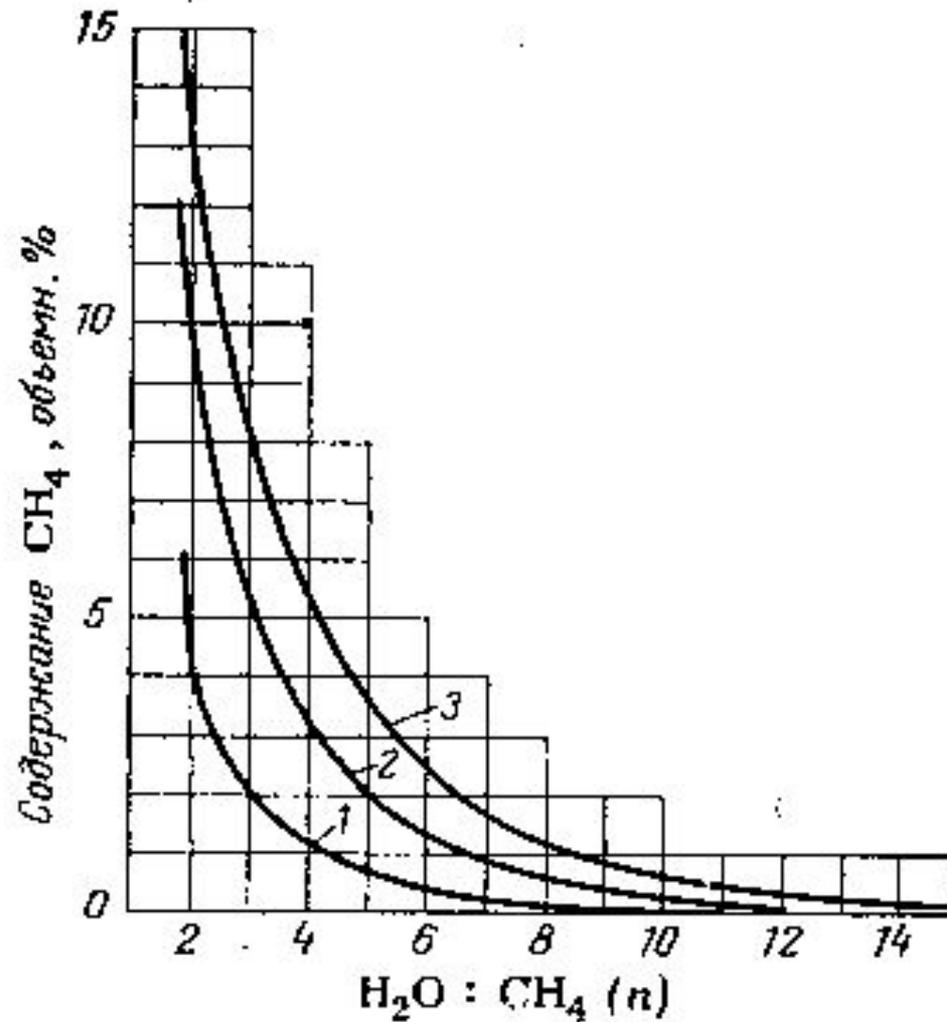
# Реакционная прямоточная труба, работающая при давлении до 32 ат



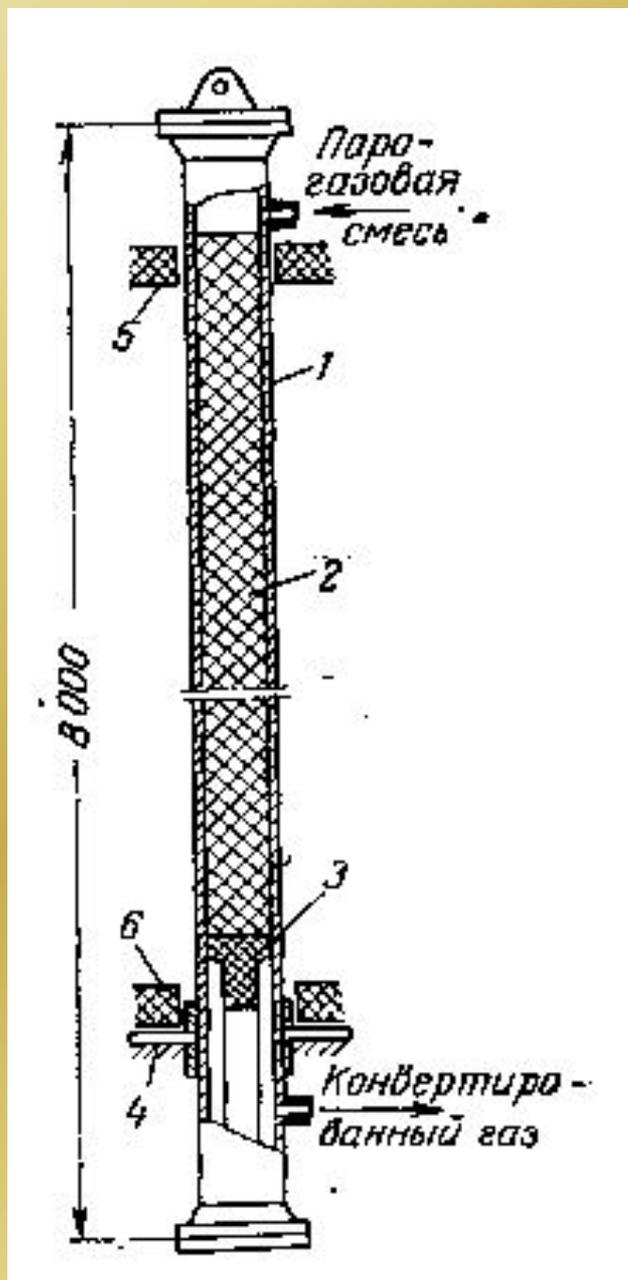
- 1 — нижняя крышка;
- 2 — опорный стержень;
- 3 — фланец;
- 4 — корпус трубы;
- 5 — бобышка к газоотводящей трубке;
- 6 — планки для распределителей (сепараторов) трубного экрана;
- 7 — опорный стакан катализаторной решетки;
- 8 — бобышка к газоподводящей трубке;
- 9 — уплотняющие кольца;
- 10 — верхняя крышка;
- 11 — серьги для подвески реакционной трубы;
- 12 — коническая катализаторная решетка;
- 13 — теплоизоляционный блок из бетона

Зависимость концентрации остаточного метана от отношения  $\text{H}_2\text{O} : \text{CH}_4$  при каталитической конверсии метана водяным паром ( $T = 827^\circ\text{C}$ ):

1- при 10 атм.; 2- при 20 атм.; 3- при 30 атм

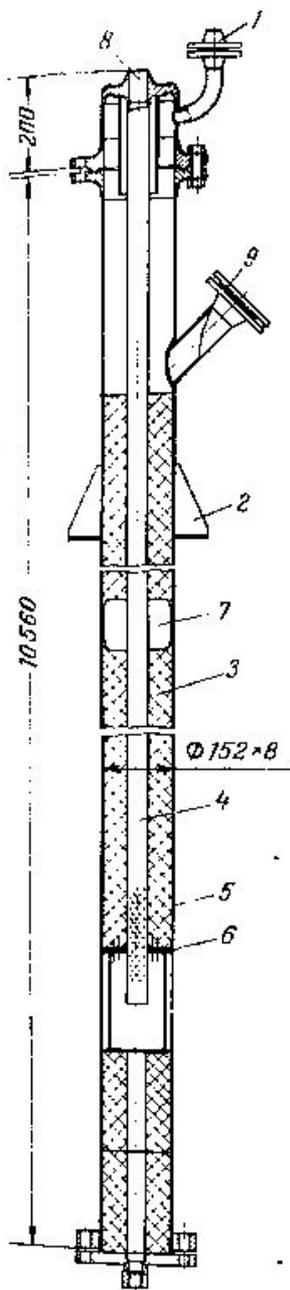


# Прямоточная реакционная труба низкого давления



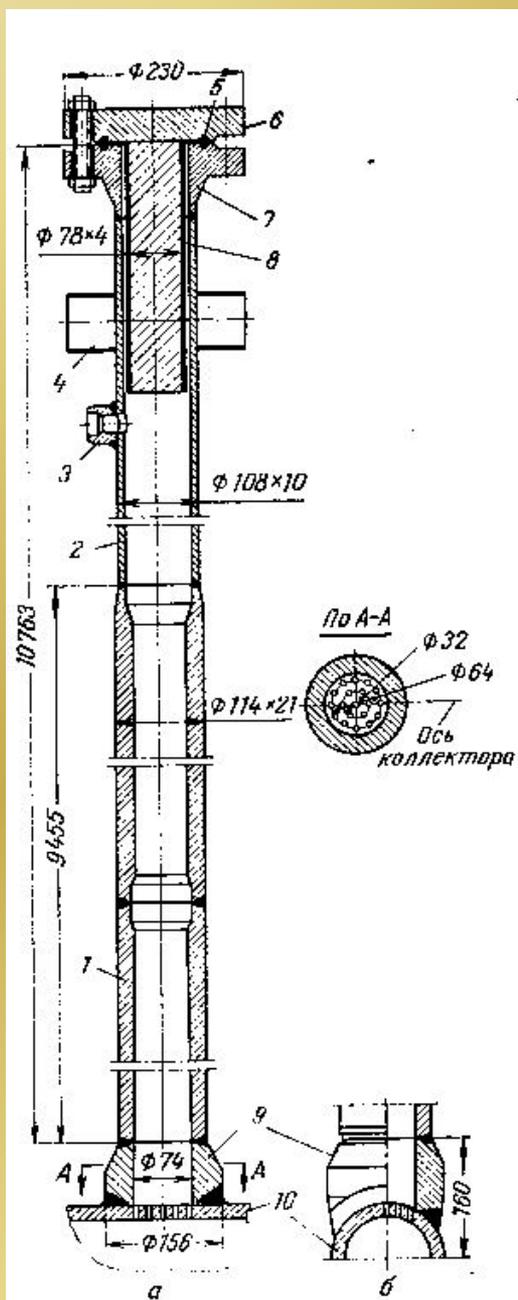
- 1 — труба;
- 2 — катализатор;
- 3 — катализаторная решетка;
- 4 — нижняя опора;
- 5 — свод;
- 6 — свод печи

# Реакционная труба низкого давления с внутренним отводом конвертированного газа



- 1 — газоподводящий штуцер;
- 2 — опорная лапа;
- 3 — катализатор;
- 4 — внутренняя газоотводная труба;
- 5 — реакционная труба;
- 6 — катализаторная решетка;
- 7 — ребра для центровки внутренней трубы;
- 8 — газоотводящий штуцер;
- 9 — люк для загрузки катализатора

# Реакционная прямоточная труба, работающая при давлении до 37 ат



а — разрез вдоль оси коллектора;

б — поперечный разрез;

1, 2 — нижняя и верхняя части реакционной трубы;

3 — бобышка к газопроводящей трубке;

4 — опора для пружинной подвески;

5 — уплотняющие кольца;

6 — верхняя крышка;

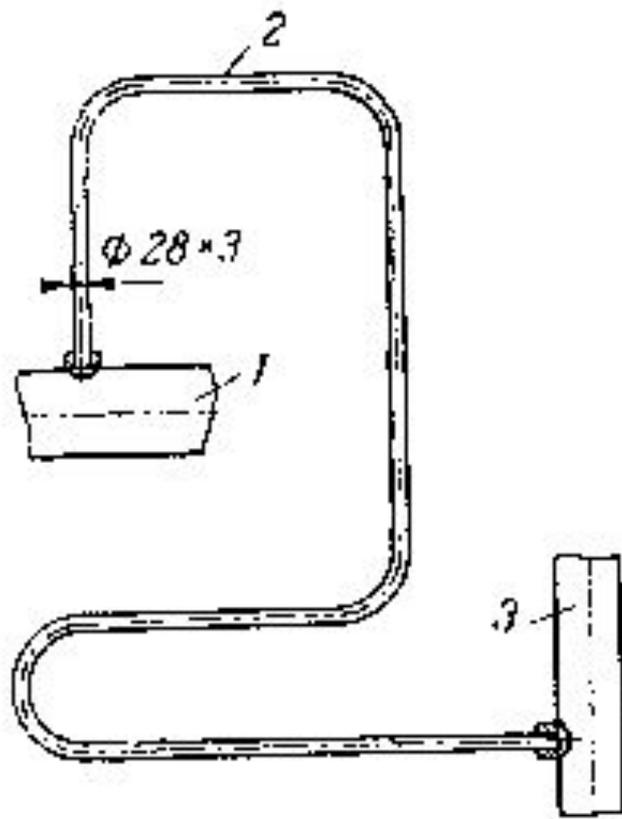
7 — верхний фланец с буртом;

8 — теплоизоляционный блок;

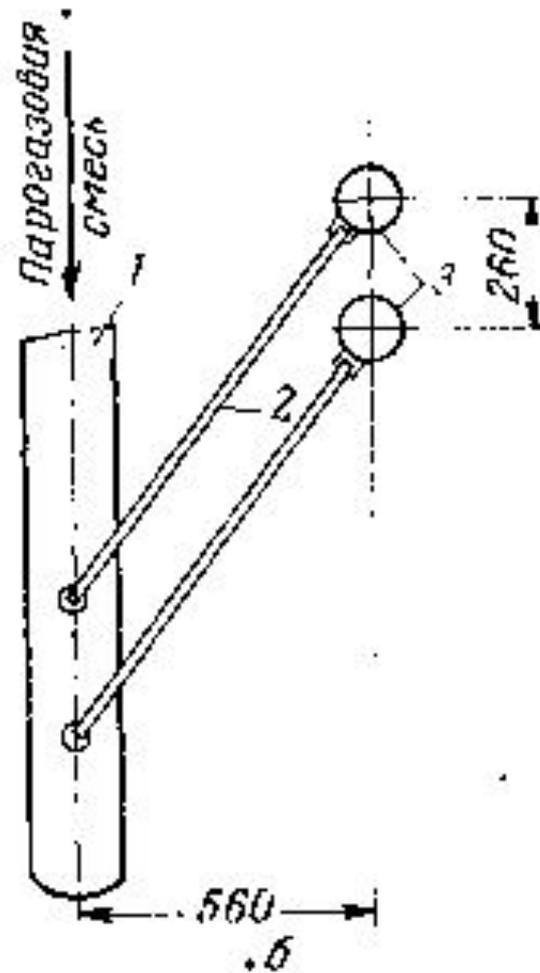
9 — бобышка для приварки трубы к коллектору;

10 — секционный коллектор

Узел подвода парогазовой смеси:  
а — вид сбоку; б — вид сверху;  
1 — коллектор; 2 — газоподводящие трубки;  
3 — реакционная труба

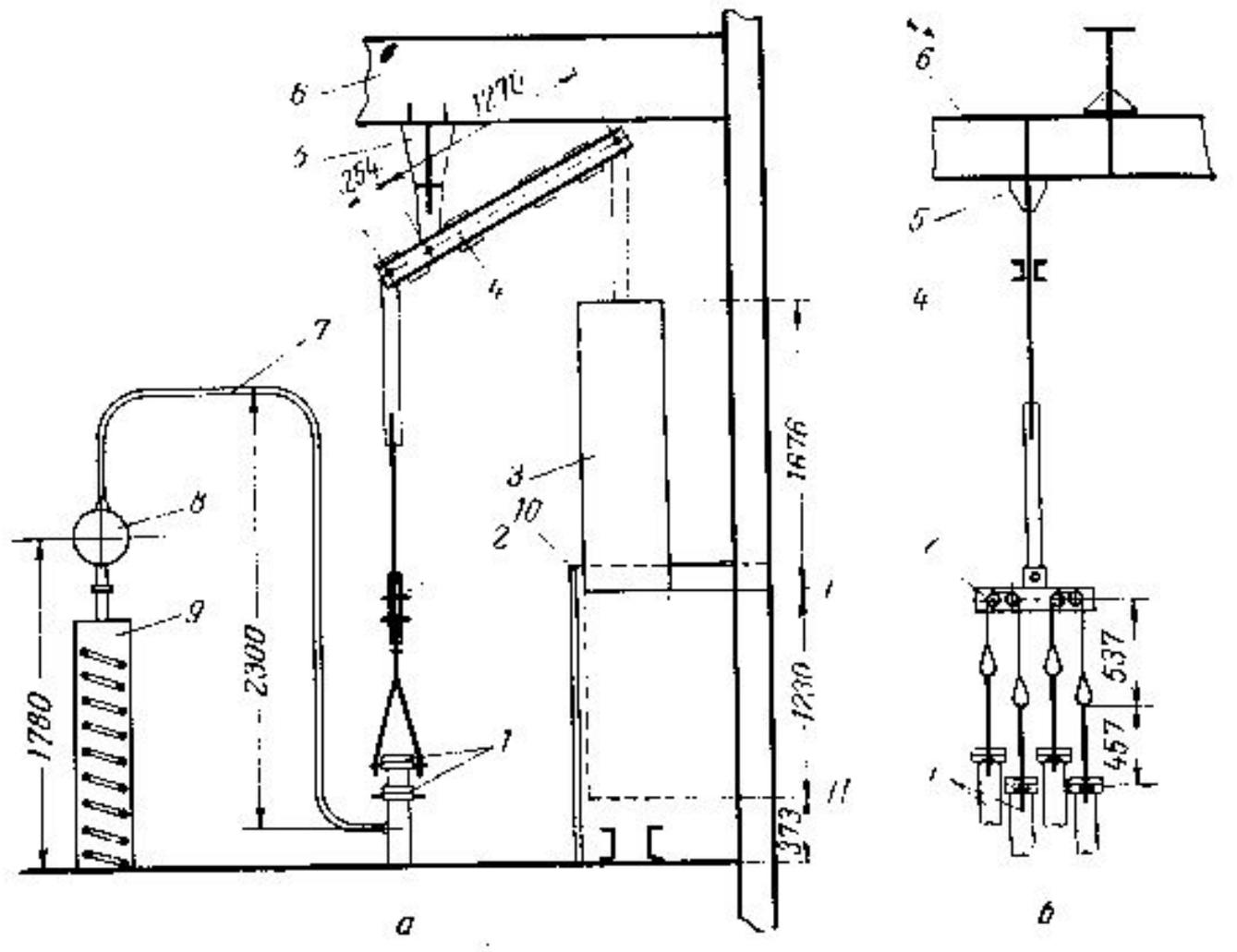


а



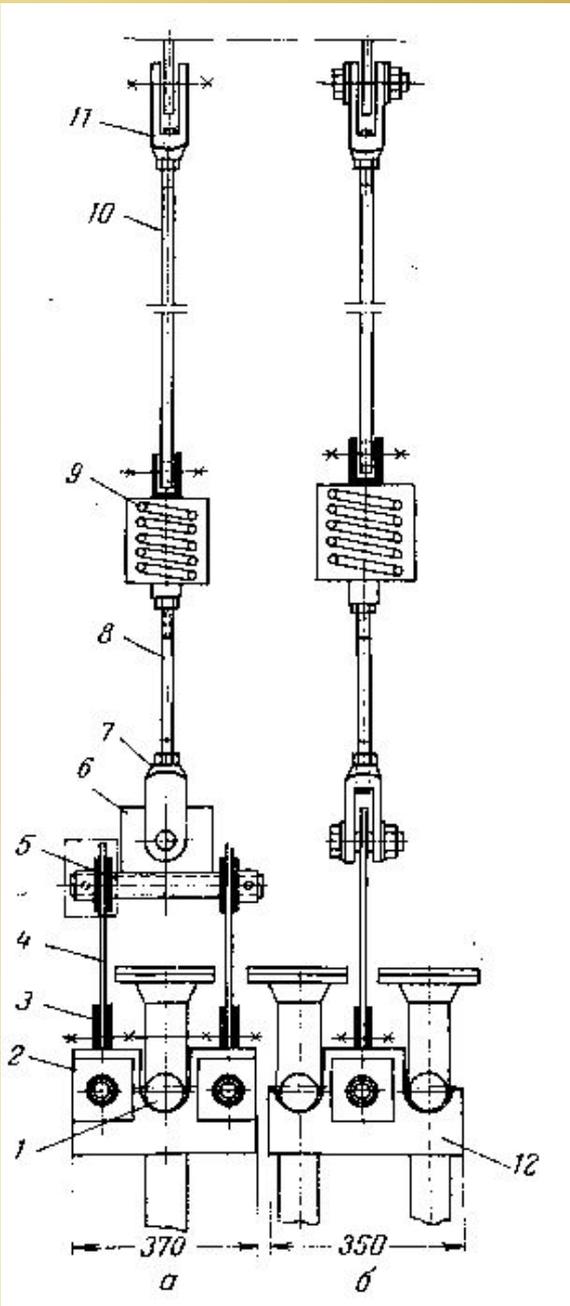
б

# Система компенсации термического удлинения труб с нижней опорой



а — общий вид; б — вид одной секции подвески; 1 — реакционные трубы; 2-траверс; 3 — противовес; 4 — коромысло; 5 — кронштейн; 6 — каркас печи 7 — газоподводящая трубка; 8 — коллектор парогазовой смеси; 9 — опорная пружина (I и II — положение нижней грани противовеса соответственно при холодном и горячем состоянии труб)

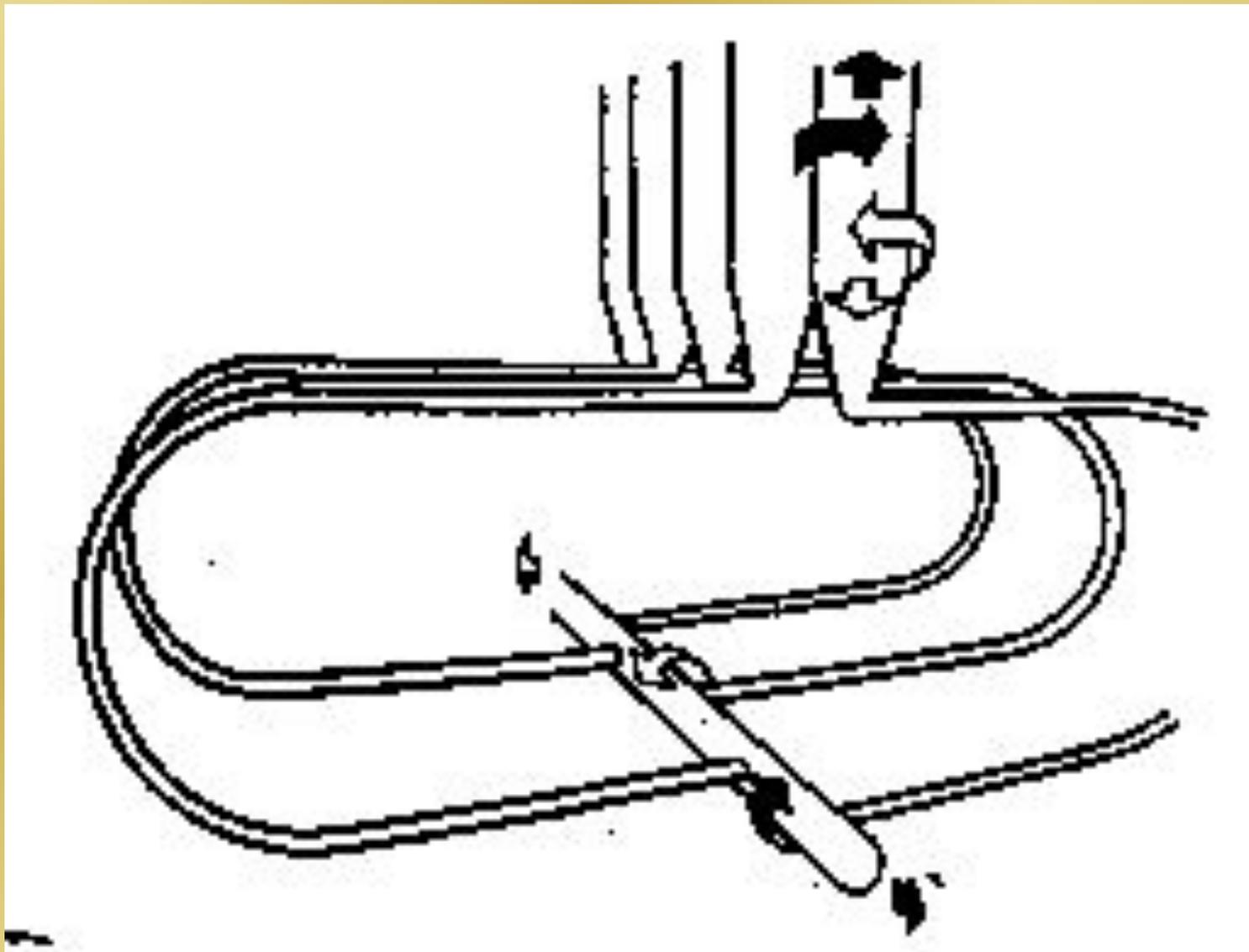
# Система пружинной подвески реакционных труб, удлиняющихся вниз



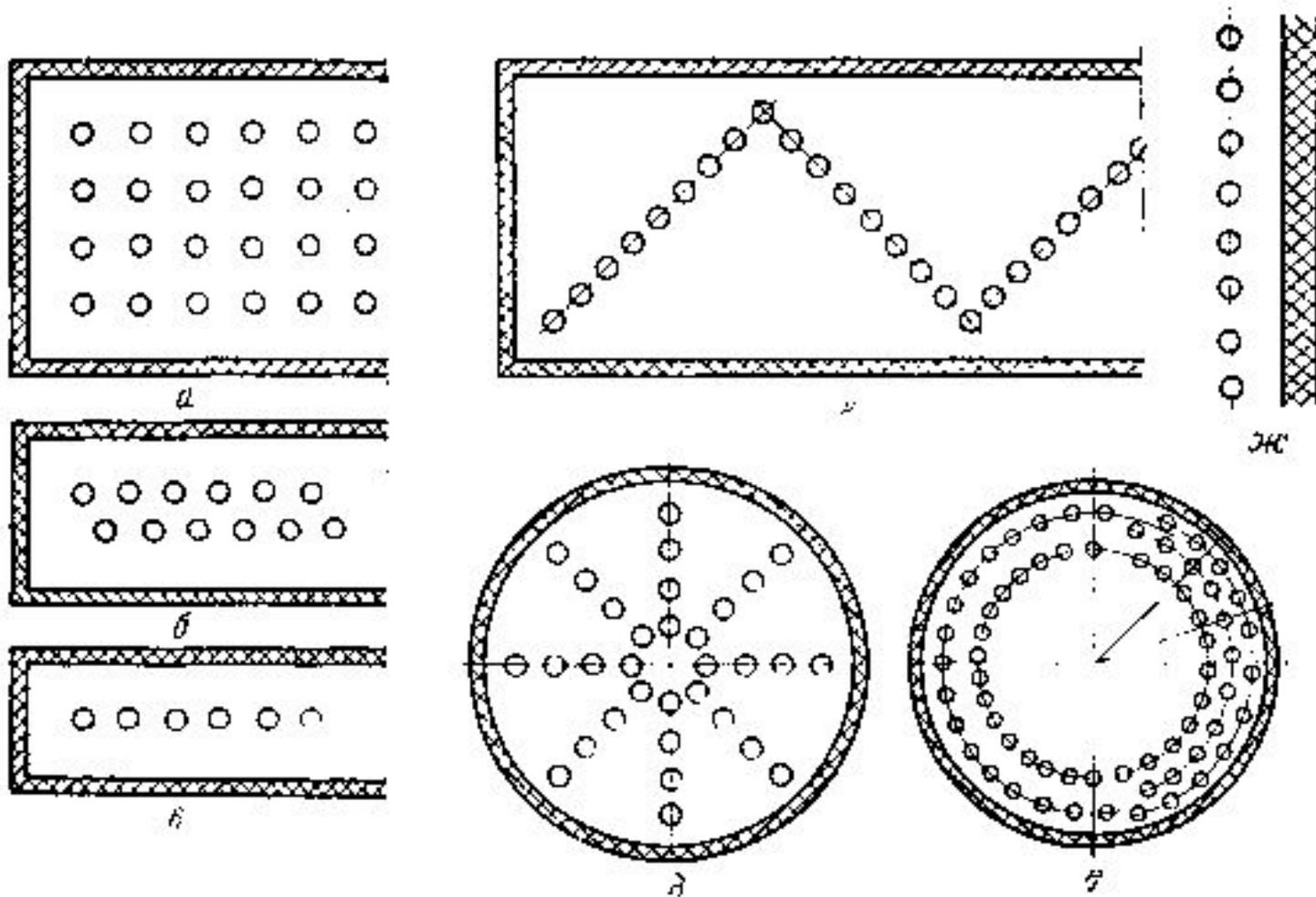
а — для одной трубы;  
б — для двух труб;

1 — опора трубы;  
2, 3, 6 — накладки;  
4 — планка;  
5 — ось подвески;  
7, 11 — серьги;  
8, 10 — стержни;  
9 — пружина;  
12 — опорная плита

Нижний газоотводящие трубки-компенсаторы (темными стрелками показаны усилия сжатия, растяжения и скручивания при разогреве, светлыми при охлаждении)



# Типы трубных экранов и конфигурации топочных камер трубчатых печей



а — многорядный экран в прямоугольной печи;

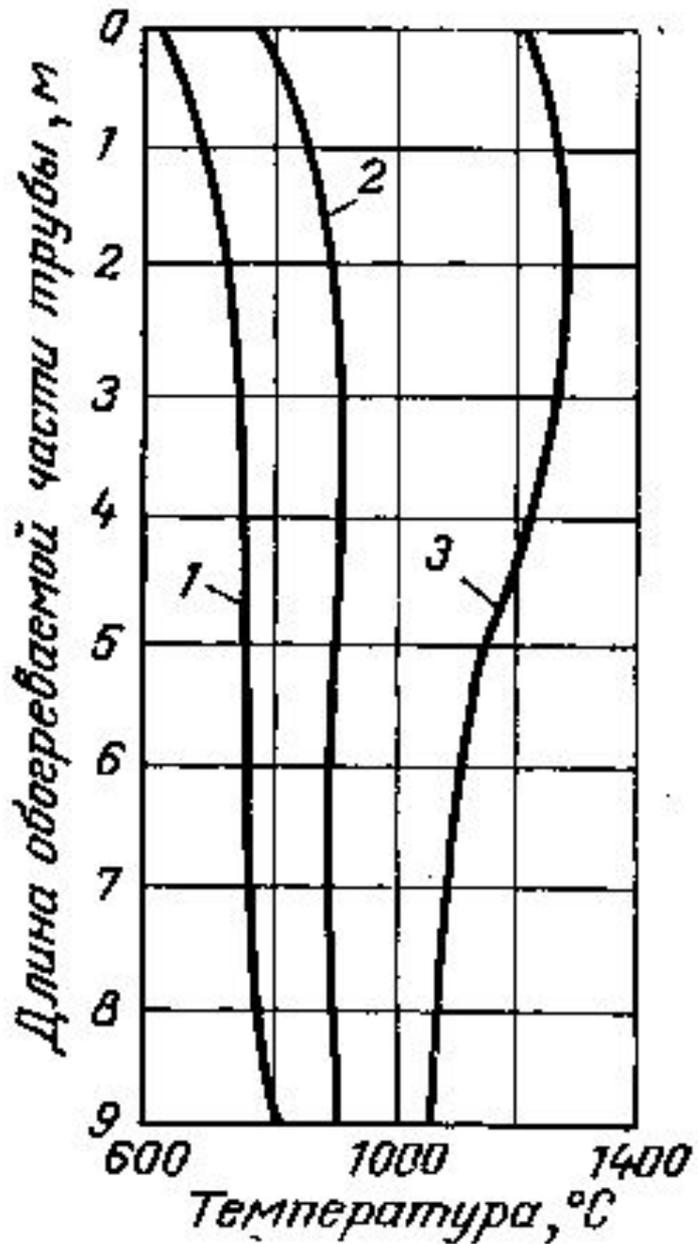
б — двухрядный экран в прямоугольной печи; в — однорядный экран в прямоугольной печи; г

— однорядный экран в виде ломаной линии в прямоугольной печи;

д — радиальный экран в цилиндрической печи; е — кольцевой экран в цилиндрических печах;

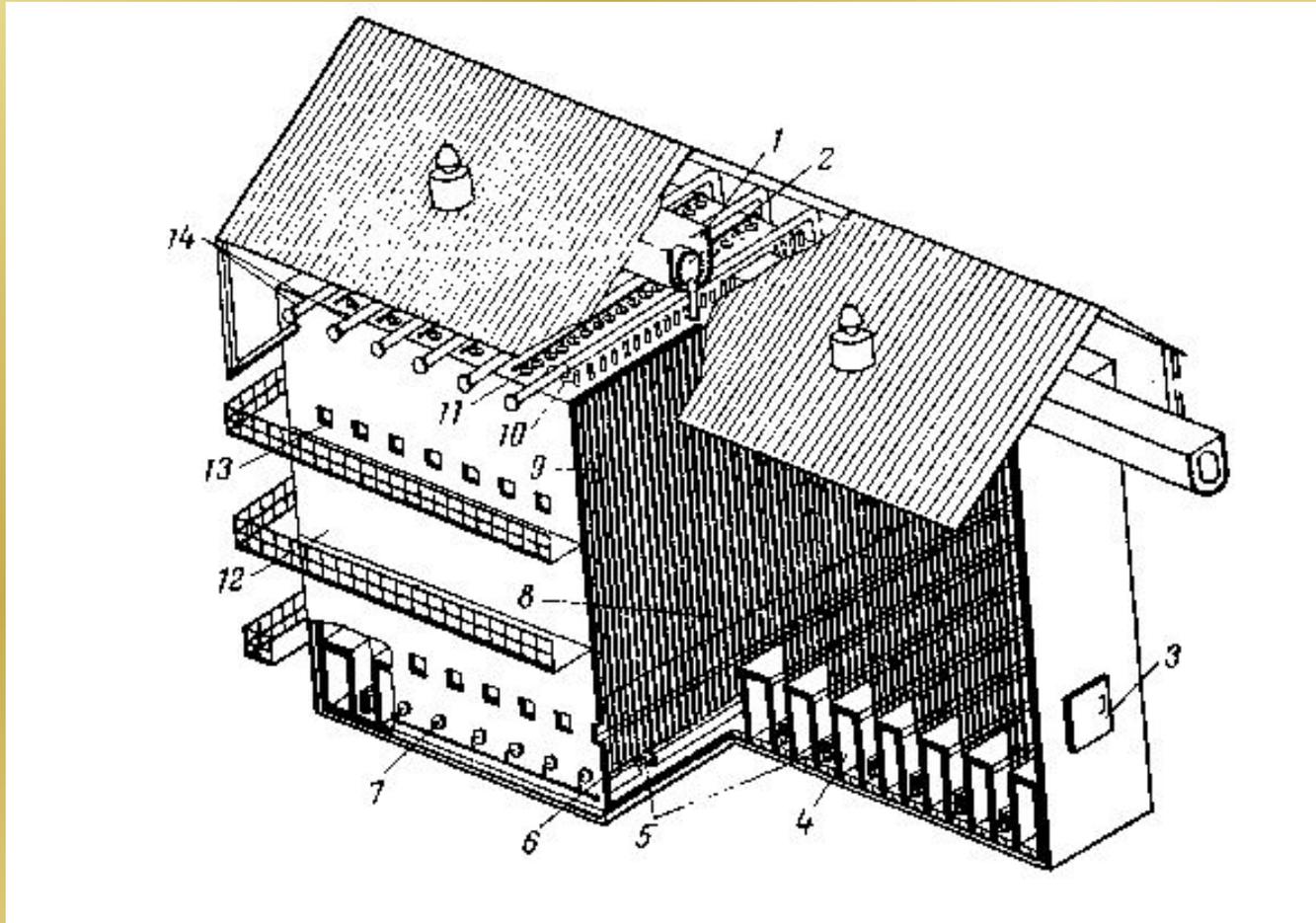
ж — однорядный экран с односторонним обогревом в прямоугольной печи

# Распределение температур по высоте топочной камеры



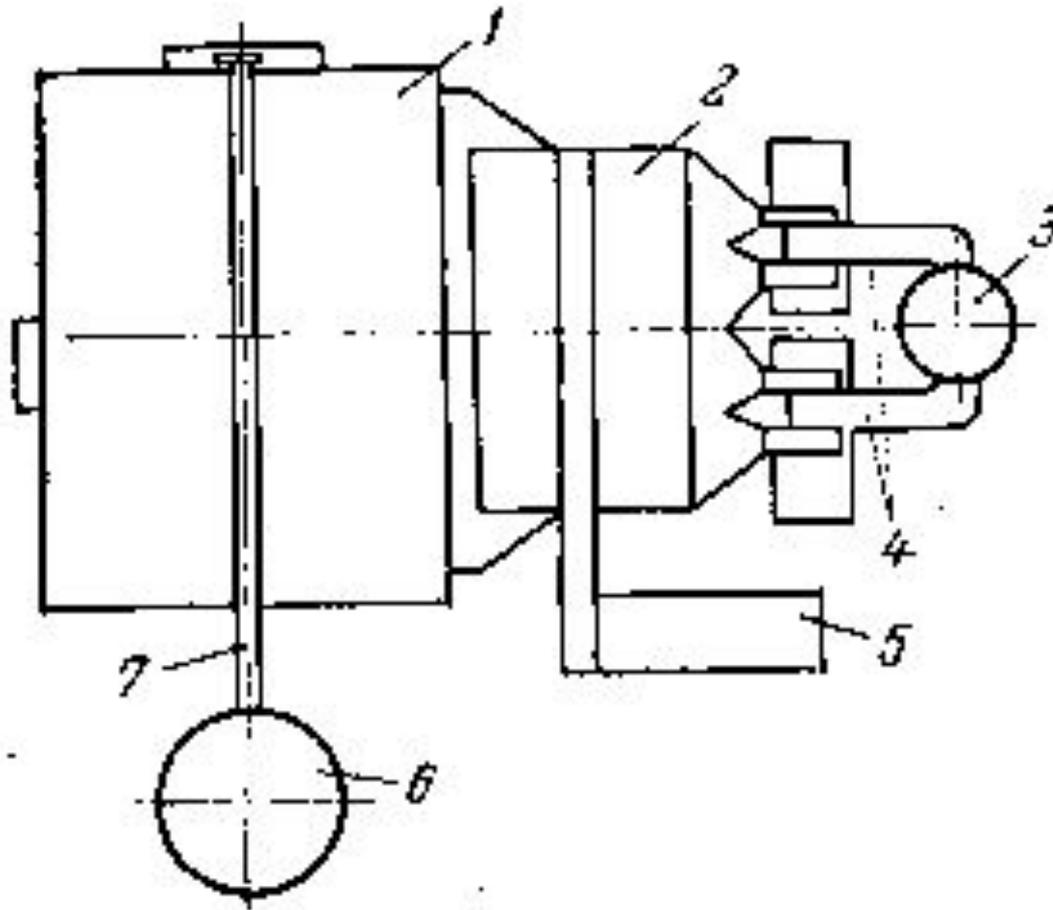
- 1 — температура газа в слое катализатора;
- 2 — температура стенки реакционной трубы;
- 3 — температура дымовых газов

# Общий вид топочной (радиационной) камеры многорядной трубчатой печи



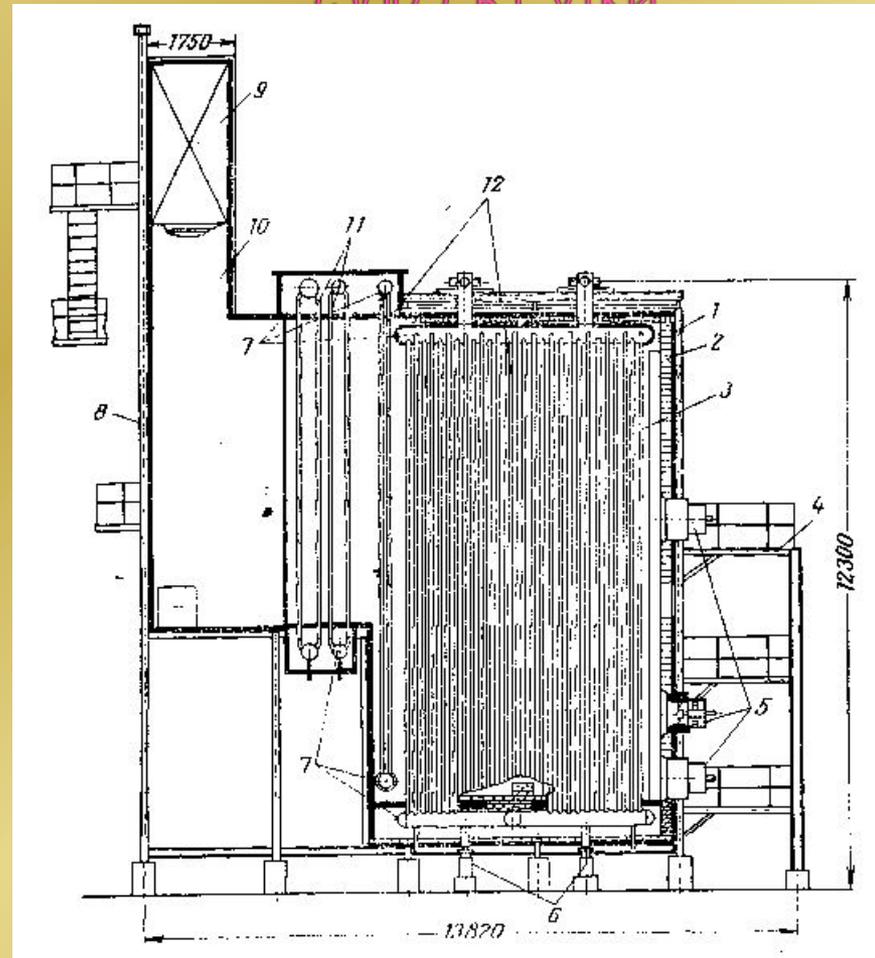
1 — водяная рубашка; 2 — общий футерованный коллектор конвертированное газа; 3 — люк-лаз; 4 — сборные газоходы; 5 — нижние секционные коллекторы; 6 — футеровка; 7 — дополнительные горелки; 8 — газоотводящая секционная труба; 9 — реакционные трубы; 10 — газоподводящие трубы; 11 — основные горелки камеры; 12 — корпус камеры; 13 — смотровое окно; 14 — коллекторы парогазовой смеси

# Компоновка трубчатой печи, вспомогательного котла и шахтного реактора в агрегате синтеза аммиака мощностью 1360 т в сутки



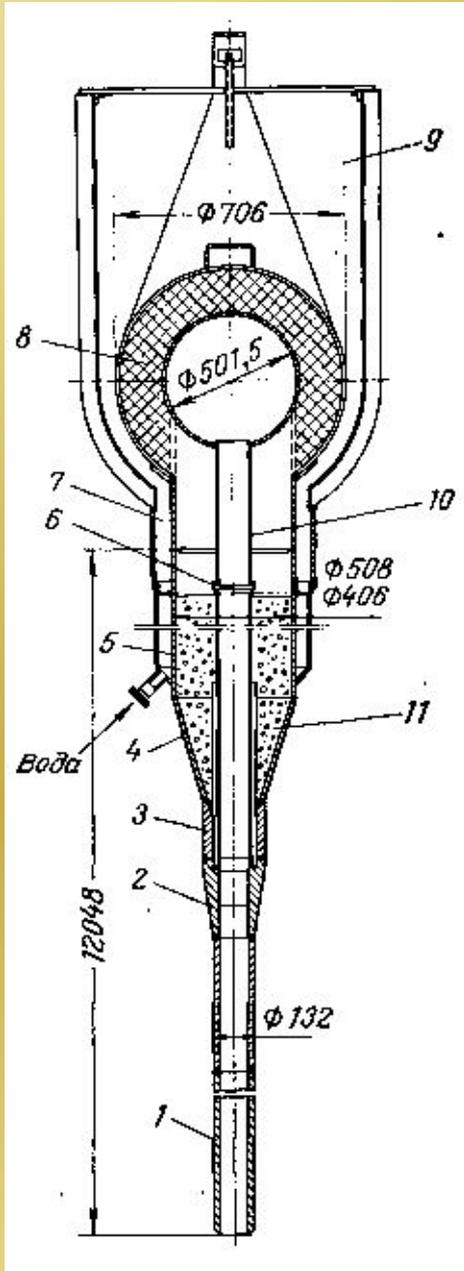
- 1 — топочная камера;
- 2 — камера конвекции;
- 3 — дымовая труба;
- 4 — газоходы;
- 5 — встроенный вспомогательный котел;
- 6 — шахтный реактор;
- 7 — футерованный трубопровод

# Вспомогательный котел агрегата синтеза аммиака мощностью 1360 т в сутки



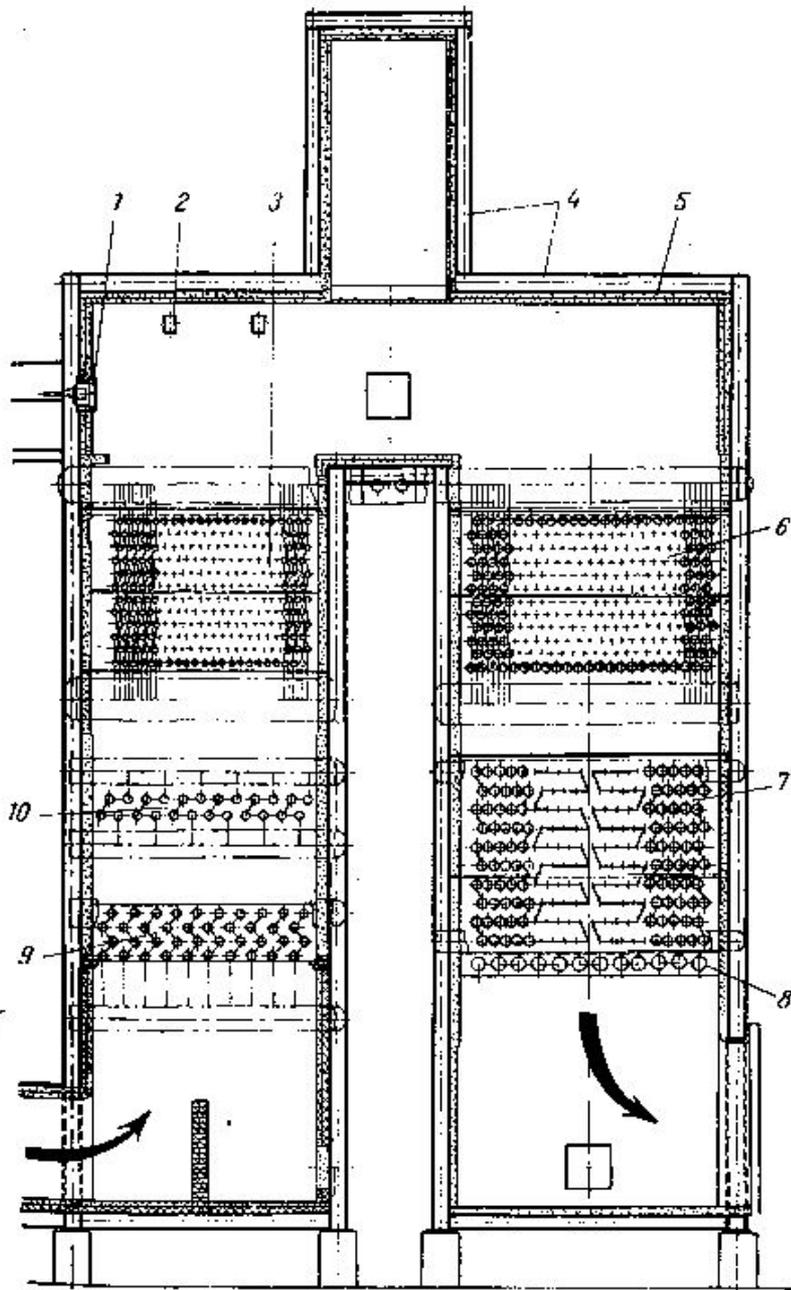
1 — каркас; 2 — теплоизоляция и футеровка; 3—камера радиационно-конвективного нагрева; 4 — площадки обслуживания; 5 — горелки; 6 — пружинные опоры трубных экранов; 7 — верхние и нижние барабаны трубных экранов и пучков;  
8 — теплоизоляция из жароупорного бетона; 9 — соединительный горизонтальный газоход; 10 — вертикальный газоход; 11 — оребренные трубные пучки конвективного нагрева; 12 — трубные экраны радиационно-конвективного нагрева

# Секционная газоотводящая труба и общий коллектор конвертированного газа



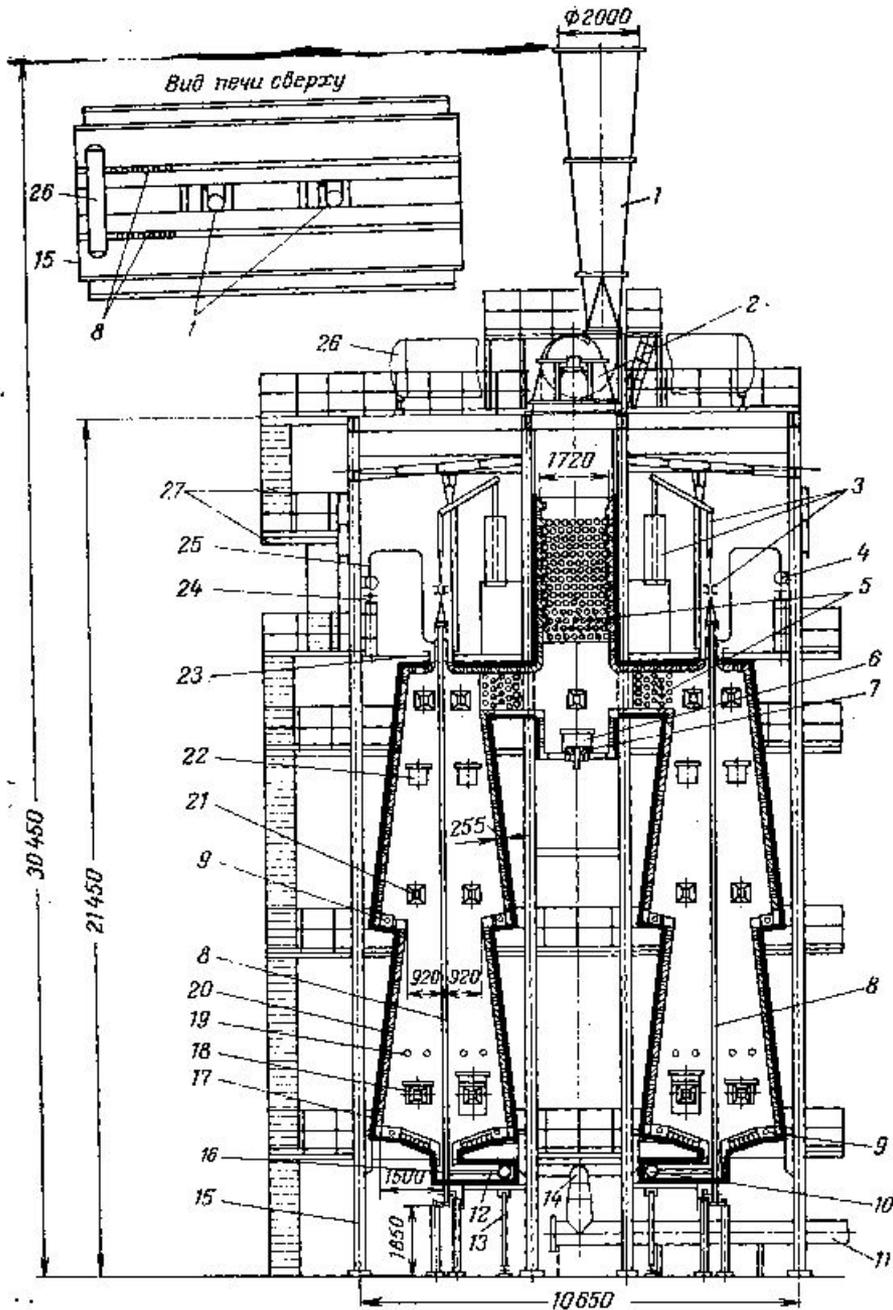
- 1 — газоотводящая труба;
- 2 — конический переходник;
- 3 — катушка;
- 4 — конус;
- 5 — обечайка;
- 6 — стакан;
- 7 — водяная рубашка газоотводящей трубы;
- 8 — футерованный коллектор;
- 9 — водяная рубашка коллектора;
- 10 — патрубок;
- 11 — теплоизоляционный бетон

# Конвективная камера многорядной трубчатой печи



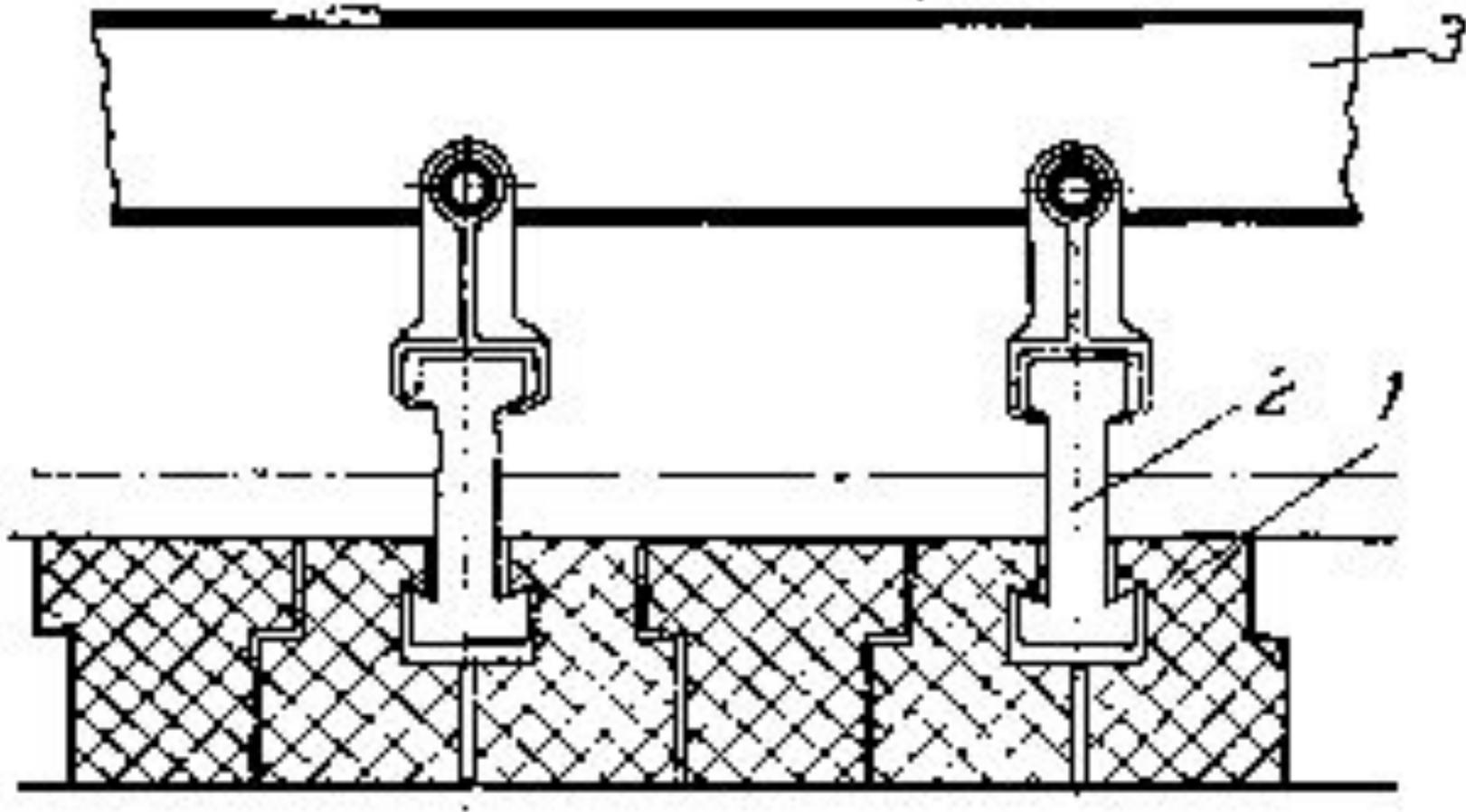
- 1 — дополнительная горелка;
- 2 — смотровое окно;
- 3 — первая ступень пароперегревателя;
- 4 — каркас;
- 5 — бетонная футеровка;
- 6 — вторая ступень пароперегревателя;
- 7 — экономайзер;
- 8 — подогреватель отопительного газа;
- 9 — подогреватель парогазовой смеси;
- 10 — подогреватель паровоздушной смеси

# Террасная двухъярусная трубчатая печь



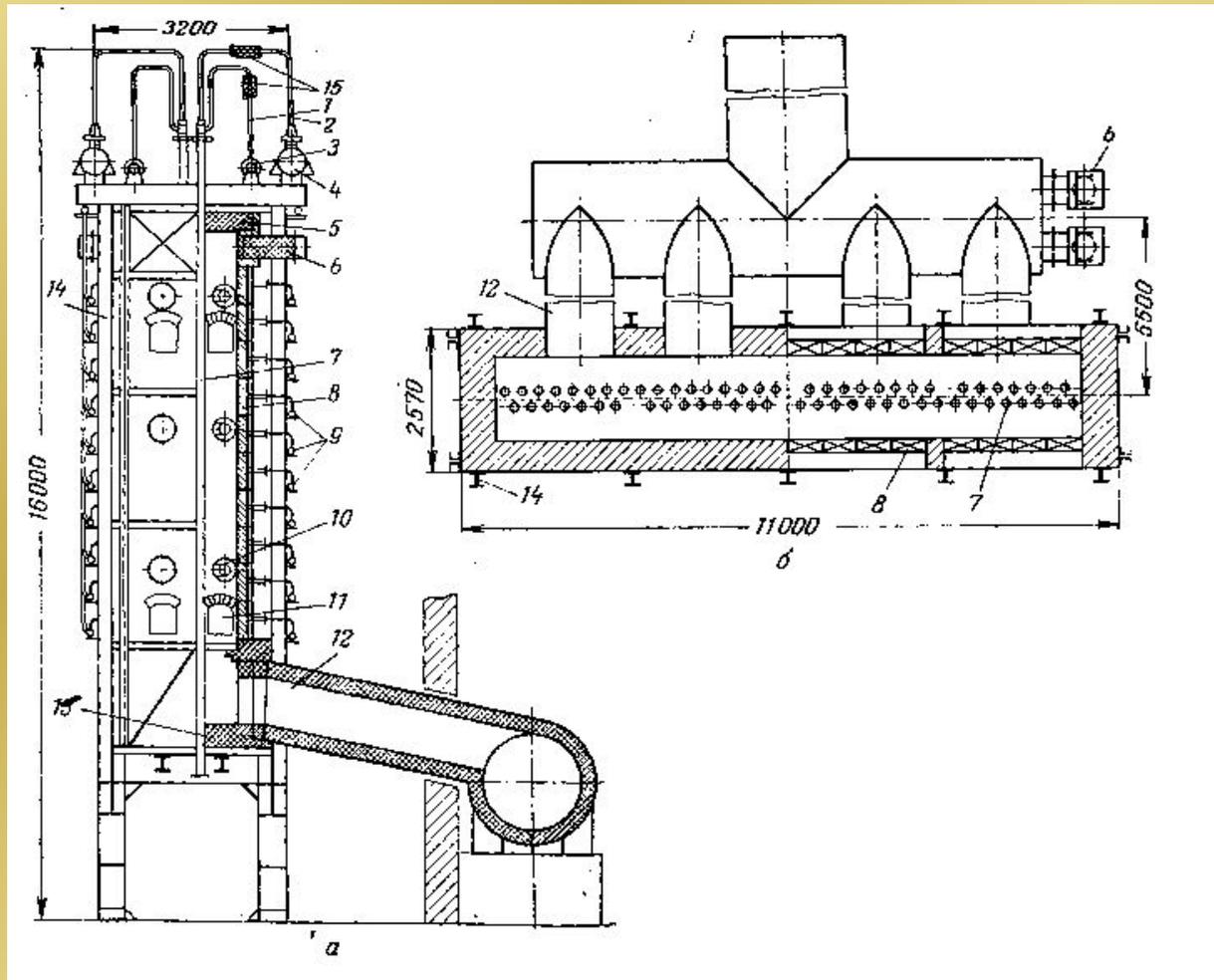
- 1 — дымовая труба; 2 — дымосос;
- 3 — подвеска реакционных труб;
- 4 — коллектор парогазовой смеси;
- 5 — теплообменники; 6 — люк-лаз;
- 7 — горелки конвективной камеры;
- 8 — реакционные трубы; 9 — горелки верхнего и нижнего ярусов радиационной камеры; 10 — коллекторы конвертированного газа радиационных камер;
- 11 — футерованный общий коллектор конвертированного газа; 12 — газоотводящие трубы; 13 — пружинная опора коллекторов; 14 — тройник; 15 — металлический каркас; 16 — кессон выходного коллектора; 17 — окно для розжига горелок; 18 — люк-лаз со смотровым окном; 19 — штуцер контрольно-измерительных приборов; 20 — футеровка печи; 21 — смотровое окно; 22 — окно взрывной панели; 23 — сальниковое уплотнение реакционных труб;
- 24 — пружинная опора;
- 25 — газоподводящая трубка;
- 26 — паросборник;
- 27 — площадки и лестницы для обслуживания печи

## Подвесной свод ярусной печи



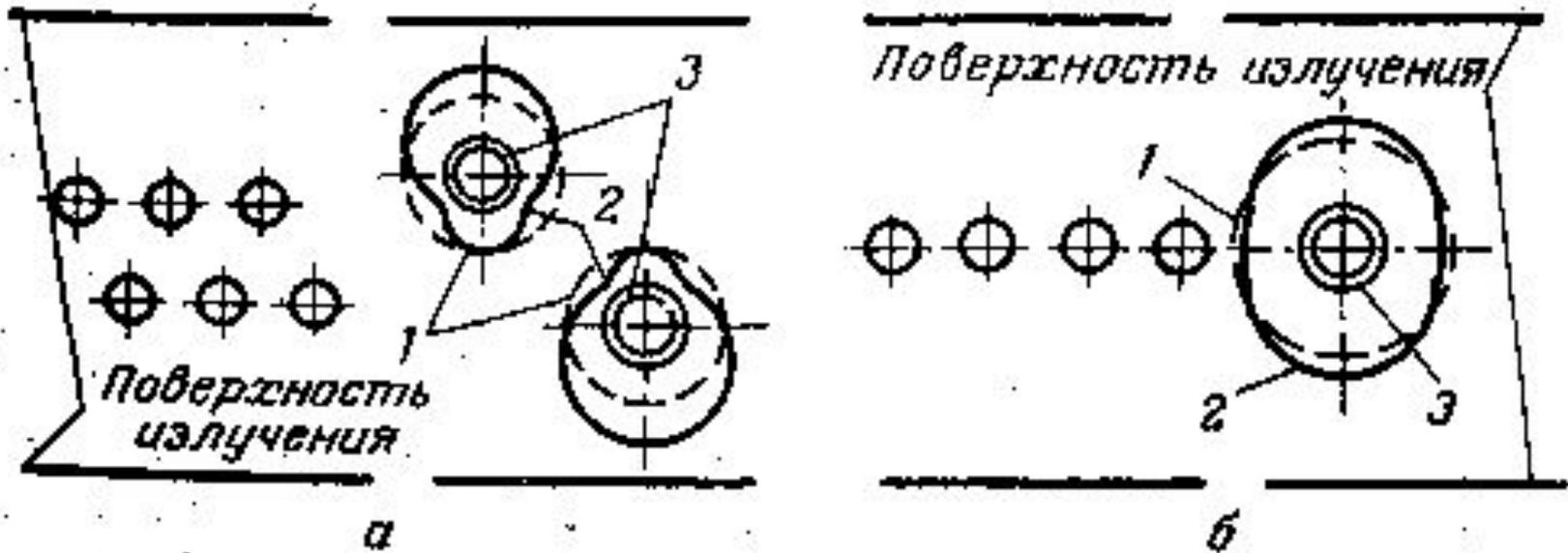
1 — фасонный кирпич; 2 — шарнирный крюк; 3 — несущая балка

# Двухрядная печь с трубами низкого давления



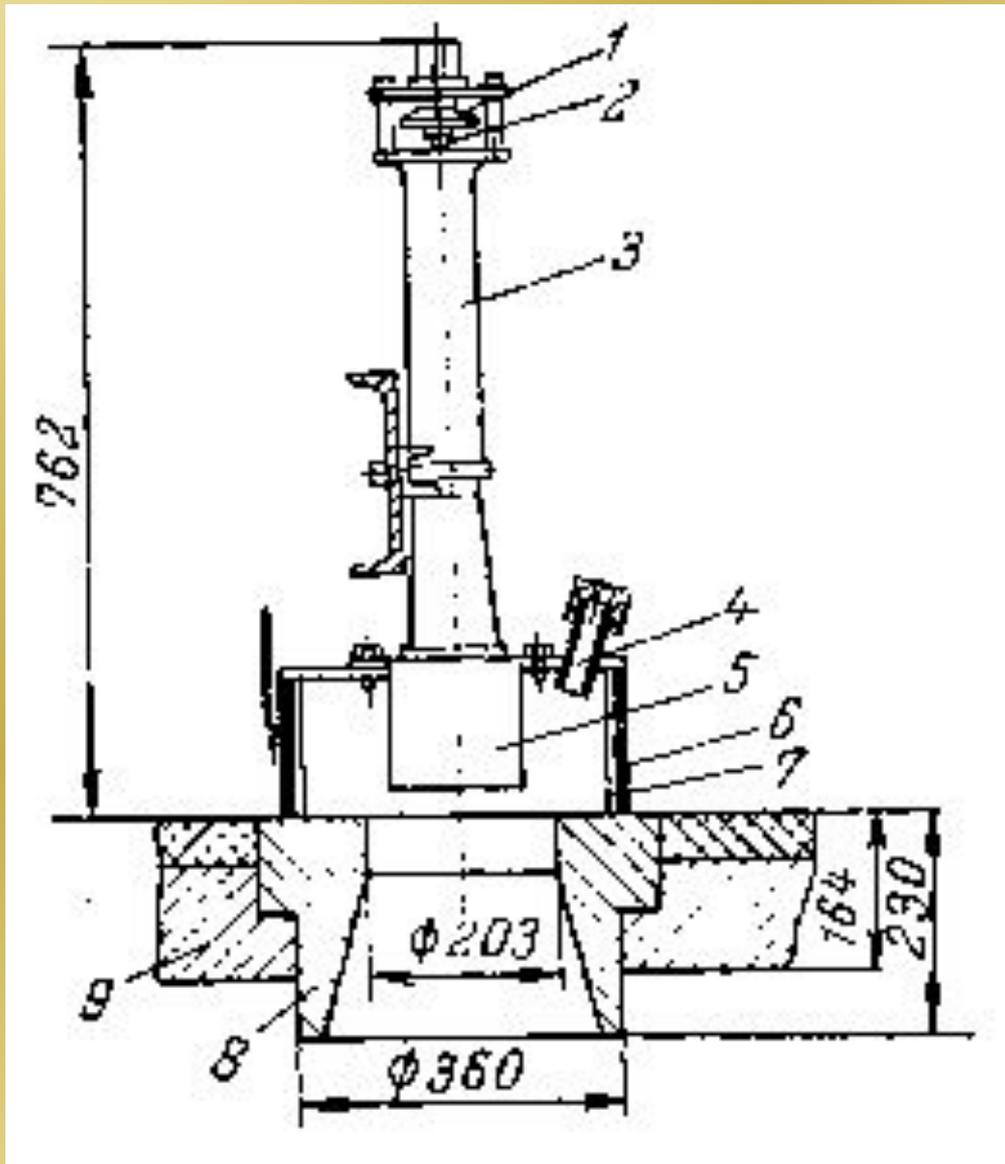
- а — поперечный разрез; б — разрез в плане; 1 — газоподводящая трубка;  
2 — газоотводящая трубка; 3 — коллектор парогазовой смеси; 4 — коллектор конвертированного  
5 — подвесной свод; 6 — взрывная панель;  
7 — реакционные трубы с внутренним отводом конвертированного газа;  
8 — панельные беспламенные горелки; 9 — коллекторы отопительного газа;  
10 — смотровые окна; 11 — люк-лаз; 12 — газоход; 13 — под; 14 — каркас;  
15 — теплоизоляция

Распределение температур (равномерность обогрева) по окружности реакционной трубы при двух- (а) и однорядном (б) трубном экране



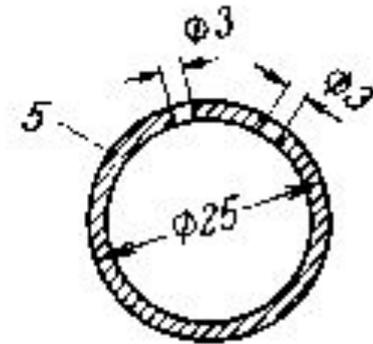
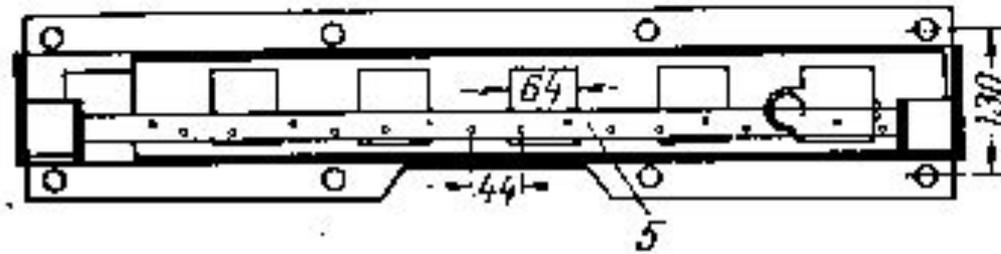
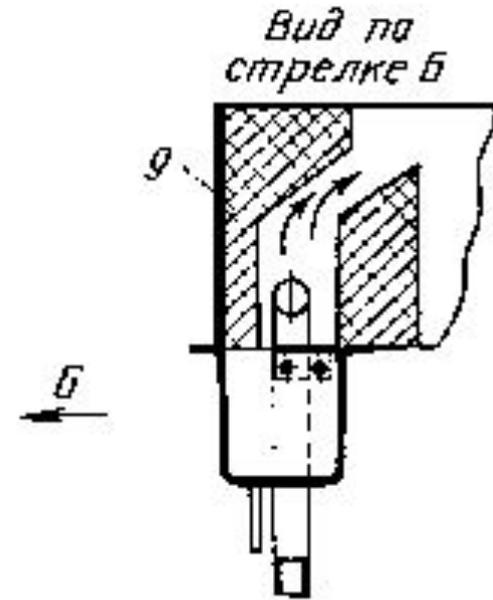
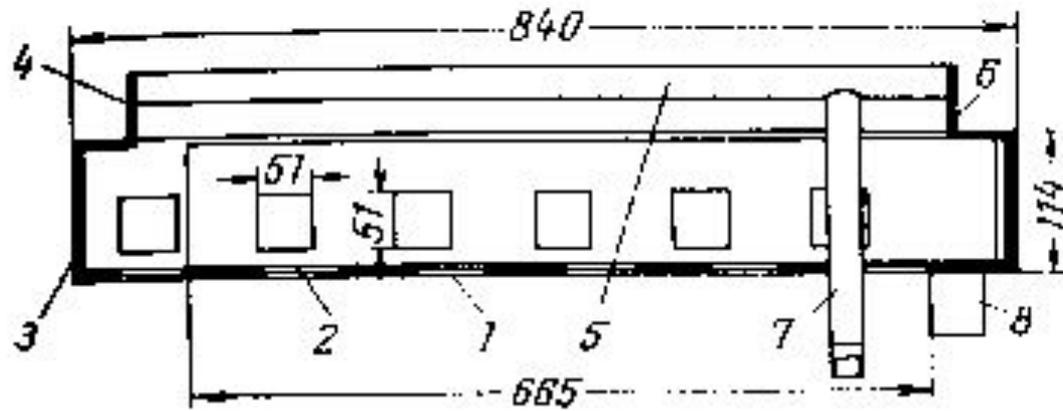
- 1 — равномерное распределение;
- 2 — действительное распределение;
- 3 — реакционные трубы

# Инспекционная горелка для свода многорядной печи



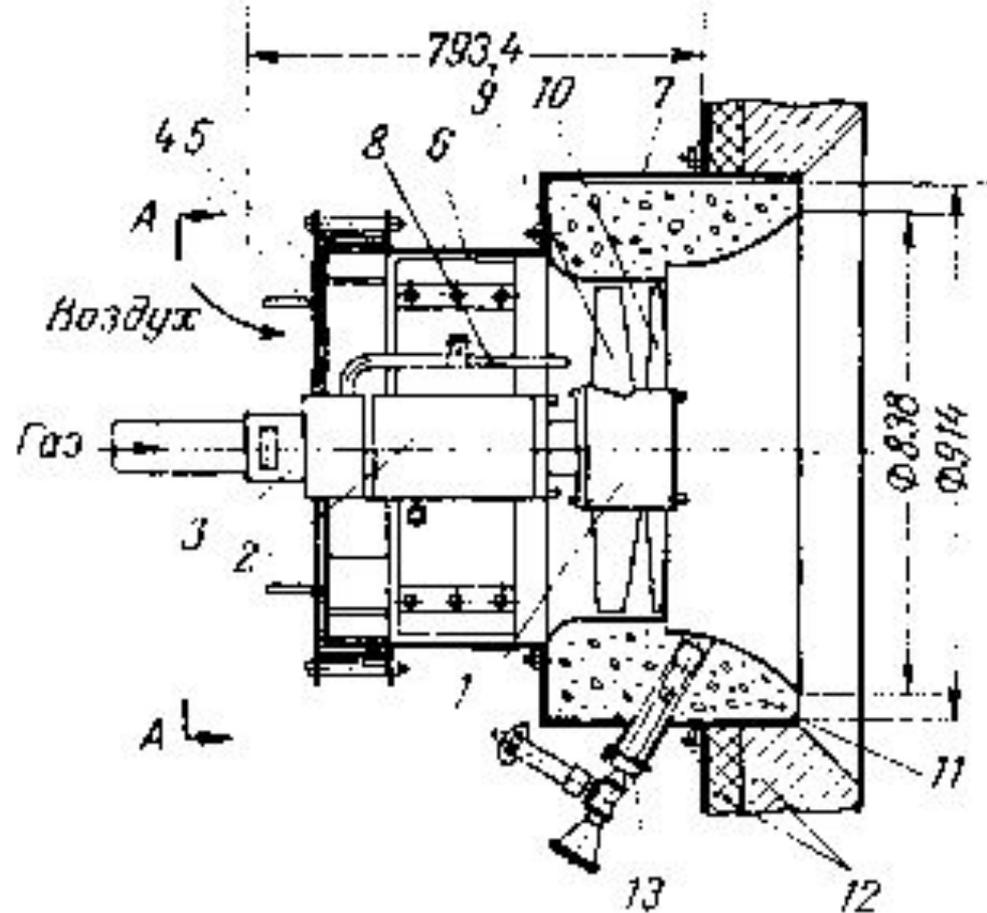
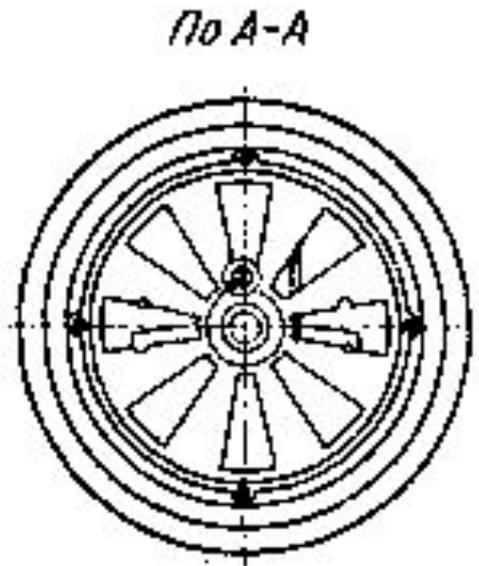
- 1 — заслонка;
- 2 — газовое сопло;
- 3 — смеситель;
- 4 — штуцер запальника;
- 5 — головка;
- 6 — корпус с крышкой;
- 7 — регулятор подсоса  
дополнительного воздуха;
- 8 — керамическое сопло факела;
- 9 — изоляция свода

# Диффузионная горелка с принудительной подачей воздуха



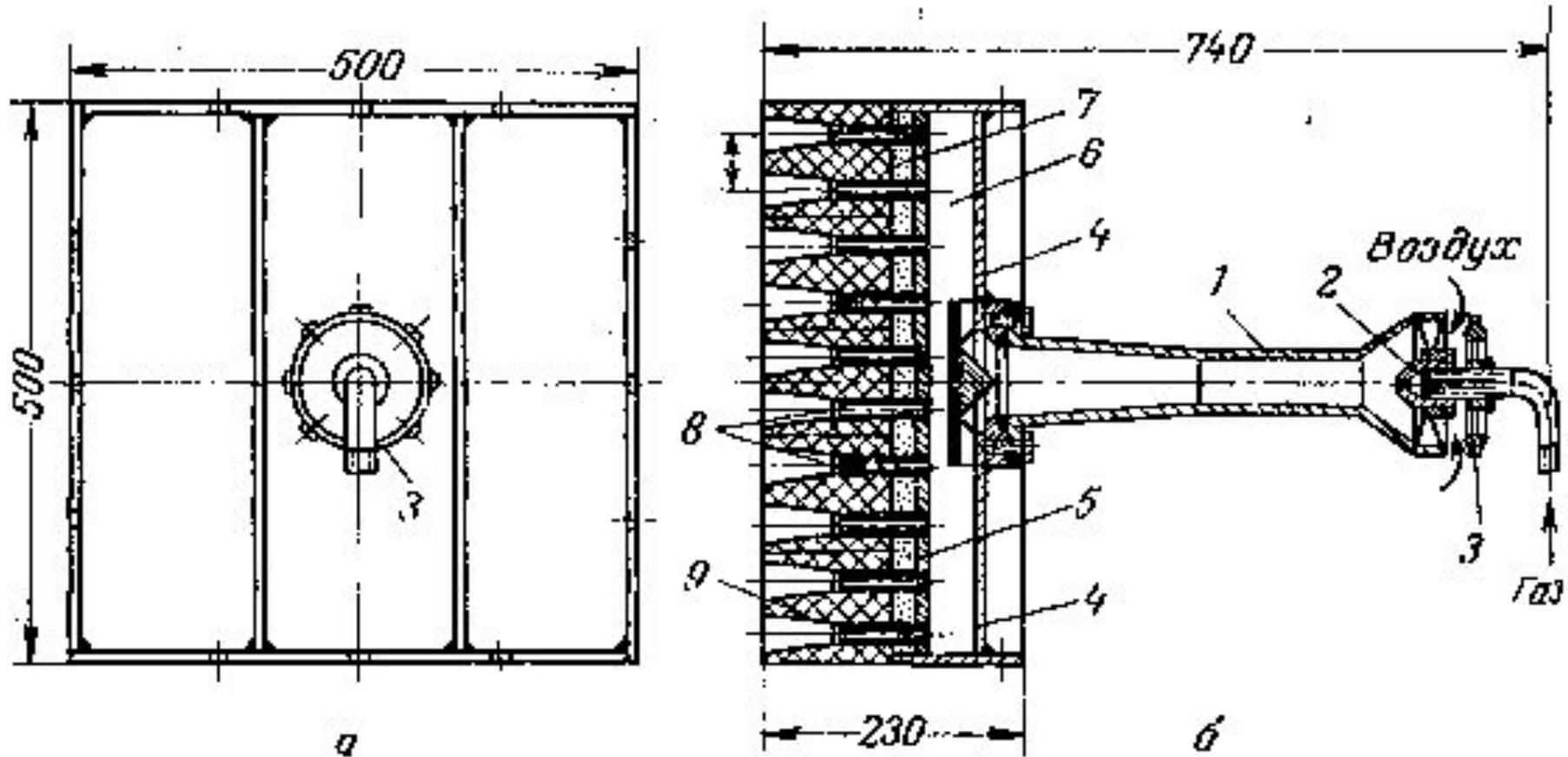
- 1 — наружный желоб; 2 — внутренний подвижный желоб; 3 — стенка;  
4, 6 — левый и правый упоры; 5 — газораспределительная трубка с соплами;  
7 — газоподводящая трубка; 8 — рукоятка внутреннего желоба;  
9 — керамическая амбразура

# Инжекционная горелка топки вспомогательного котла



1 — ротор; 2 — корпус; 3 — входной патрубок; 4 — крышка кожуха; 5 — шибер;  
6 — катушка; 7 — кожух; 8 — продувочная труба; 9 — лопасть вентилятора;  
10 — газораспределитель; 11 — керамическая изоляция горелки; 12 — корпус и  
изоляция котла; 13 — запальное устройство.

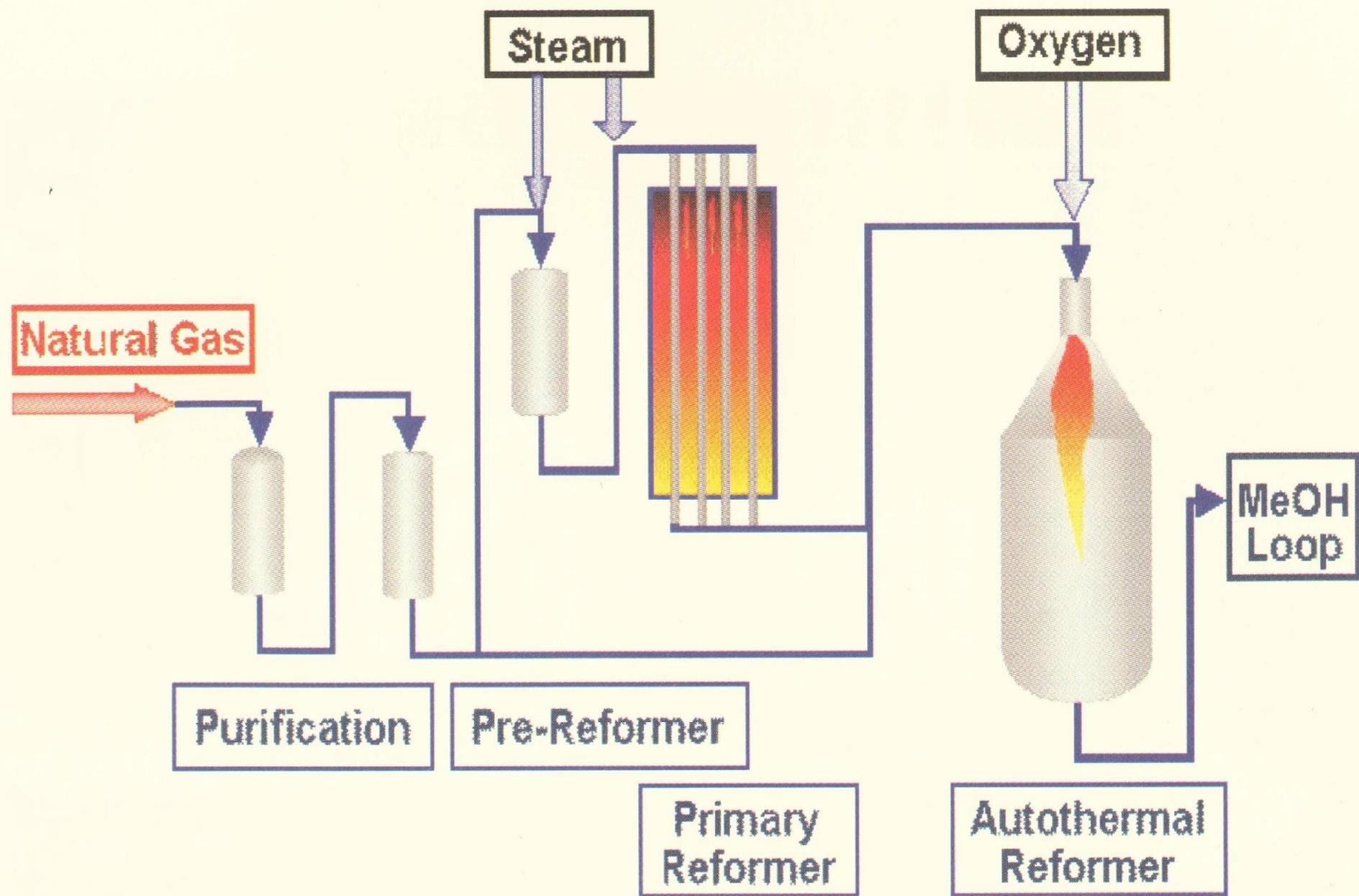
# Беспламенная панельная инжекционная горелка (ГБП-85)



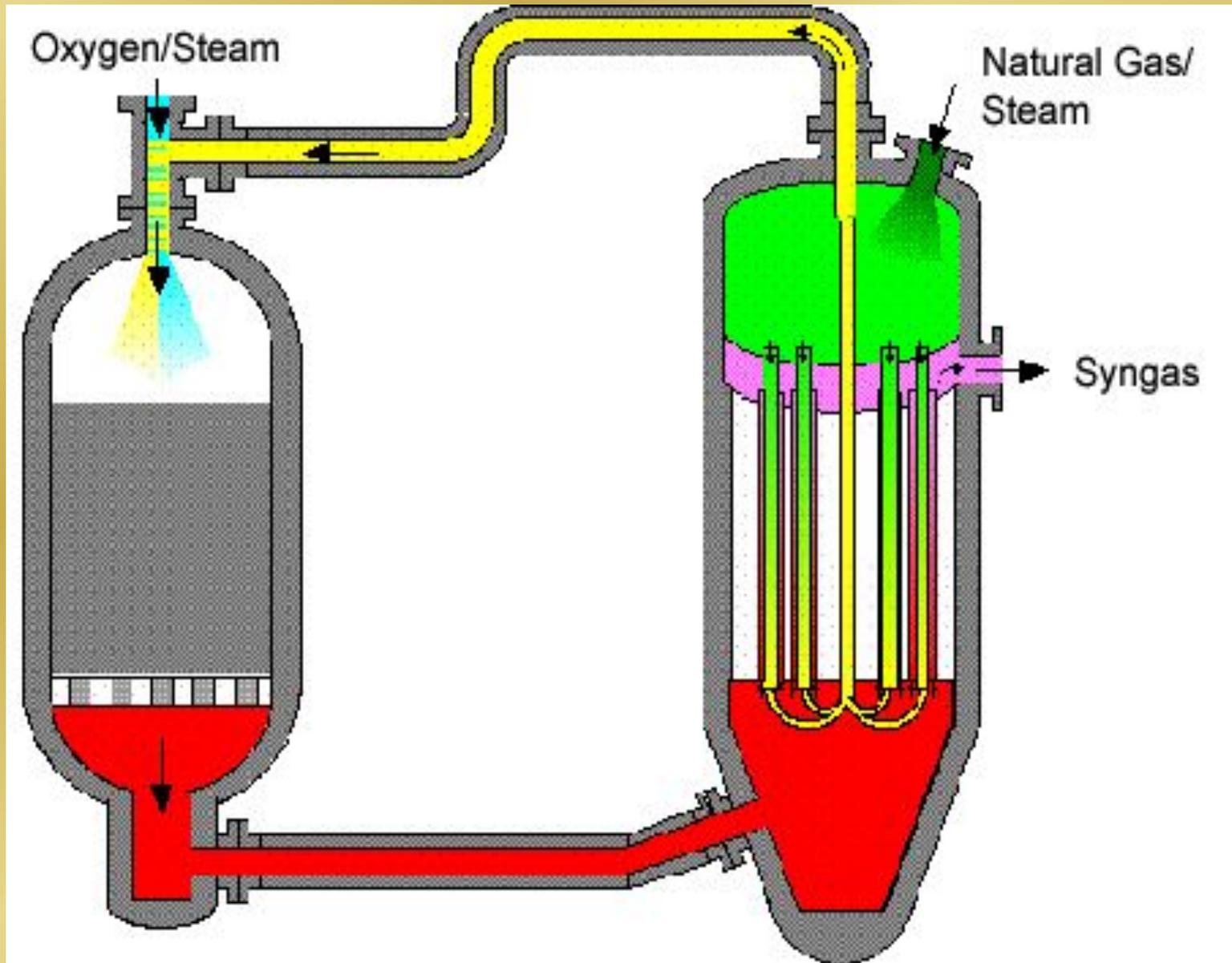
а — вид со стороны смесителя; б — вид сбоку;

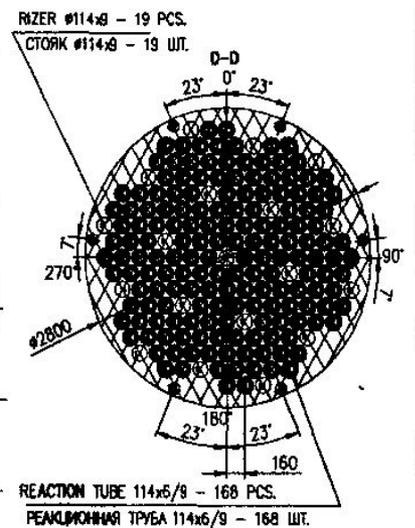
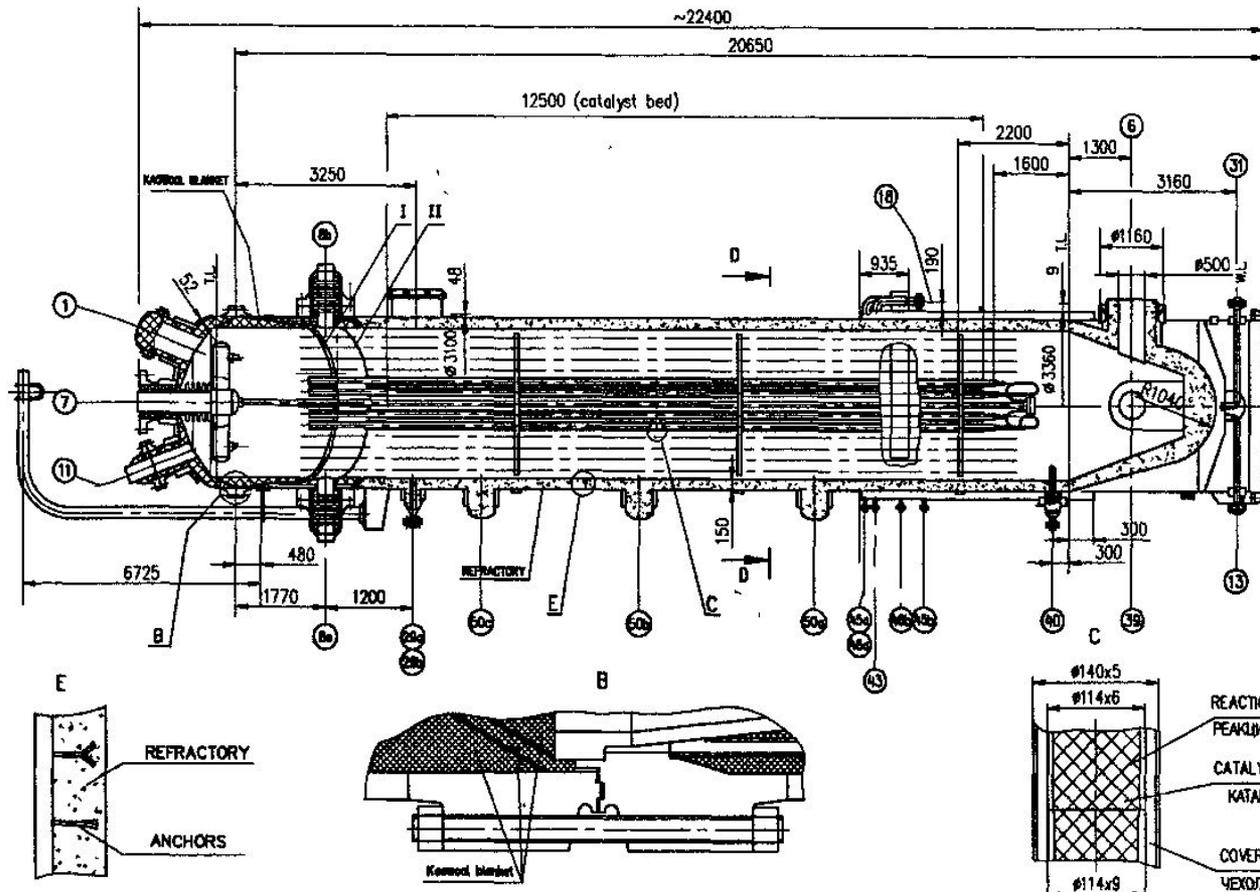
1 — смеситель; 2 — сопло; 3 — заслонка воздуха; 4 — корпус; 5 — плита-решетка; 6 — распределительная камера; 7 — изоляция; 8 — распределительные трубки-сопла; 9 — сборная керамика

**ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА СТАДИИ ПОДГОТОВКИ СИНТЕЗ-ГАЗА  
(2-Й ВАРИАНТ)**



# ПРОИЗВОДСТВО СИНТЕЗ-ГАЗА ПО МЕТОДУ «ТАНДЕМ»





**TOTAL REMARKS**  
ОБЪЕМ ПРИМЕЧАНИЯ

WEIGHT CATALYST - 16500 kg  
BULK DENSITY - 800-1000 kg/m<sup>3</sup>

WEIGHT REFRACTORY - 60000 kg  
WEIGHT WATER IN JACKET - 12800 kg

\*CL. ANSI

\*\*HYDROSTATIC AND PNEUMATIC TEST OF REFORMER AND IST COMPONENTS ARE CONDUCTED AT SITE IN ACCORDING WITH SPECIAL PROGRAM

\*\*\*BUNDLE & JACKET EXCL.

**NOZZLE SCHEDULE**  
ТАБЛИЦА ШТУЦЕРОВ

NO.	QTY	SIZE	TYPE	FACE	DESIGNATION	REMARKS
№	Кол-во	Диаметр	Тип	Лицо	Назначение	Примечания
1	3	500	W.N.	R.F.	ASSEMBLY MANHOLE	
4	2	50	W.N.	R.F.	EXTERNAL (INTERNAL) LEVEL	
4.1	2	25	W.N.	R.F.	BLAKE GLASS	
4.3	1	40	W.N.	R.F.	TEMP. GAUGE	
40	1	30	W.N.	L.W.F.	TEMP. INDICATED	
3.8	1	300	W.N.	L.W.F.	START UP BURNER	
3.1	1	30	W.N.	R.F.	DRAIN	
2.9	2	100	W.N.	L.W.F.	PROCESS STEAM	
1.8	1	100	W.N.	R.F.	OR RETURN TO HEADER	
1.3	1	80	W.N.	R.F.	OR SUPPLY FROM HEADER	
1.1	1	80	W.N.	L.W.F.	FEED INLET	
5.1	2	500	W.N.	L.W.F.	REFORMED GAS OUTLET	
7	1	400	W.N.	L.W.F.	VAPOR OUTLET	
6	1	400	W.N.	L.W.F.	GAS INLET	
1	1	700	W.N.	R.F.	MANHOLE	

**MATERIAL SPECIFICATION**  
ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ

ITEM NO.	DESCRIPTION	UNIT	CODE
1	SHELL PAD	mm	021202
2	TUBE SHEET I	mm	021202
3	REACTION TUBES	mm	021202
4	CHANNEL COVER	mm	021202
5	NOZZLE FLANGE	mm	021202
6	BAFFLE	mm	021202
7	EXTERNAL GASKET	mm	021202
8	SUPPORT	mm	021202
9	INTERNAL PRESSURE	mm	021202
10	EXTERNAL BOLT/NUT	mm	021202
11	INTERNAL BOLT/NUT	mm	021202
12	FOUNDATION BOLT/NUT	mm	021202
13	INSULATION	mm	021202
14	MESH	mm	021202
15	TUBE SHEET II	mm	021202
16	SHELL FLANGE	mm	021202
17	COVER TUBE	mm	021202
18	FRITAL	mm	021202

**DESIGN DATA**  
ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

ITEM NO.	DESCRIPTION	UNIT	CODE
1	SURFACE PER SHELL	m <sup>2</sup>	021202
2	FLUID CIRCULATED	kg/hr	021202
3	FLUID CHARACTER	kg/hr	021202
4	OPERAT. TEMPERATURE	°C	021202
5	DESIGN TEMPERATURE	°C	021202
6	OPENING PRESSURE	bar	021202
7	DESIGN PRESSURE	bar	021202
8	HYDRO. TEST PRESSURE	bar	021202
9	PNEUM. TEST PRESSURE	bar	021202
10	SPR. DESIGN PRESSURE	bar	021202
11	RADIOGRAPHY	mm	021202
12	JOINT EFFICIENCY	%	021202
13	CONVERSION ALLOWANCE	mm	021202
14	INSULATION	mm	021202

**WEIGHT & CAPACITY (ESTIMATED)**  
ВЕС И ОБЪЕМ (РАСЧЕТНЫЕ)

ITEM NO.	DESCRIPTION	UNIT	CODE
1	WEIGHT CARBON STEEL	kg	021202
2	WEIGHT STAINLESS STEEL	kg	021202
3	WEIGHT	kg	021202
4	WEIGHT BUNDLE	kg	021202
5	WEIGHT FLANGES & LINES	kg	021202
6	WEIGHT INSULATION	kg	021202
7	WEIGHT OTHERS	kg	021202
8	WEIGHT LIQUID	kg	021202
9	TOTAL WT. OPERATING	kg	021202
10	TOTAL WT. FULL WATER	kg	021202
11	CAPACITY	m <sup>3</sup>	021202
12	SHELL SIDE	m <sup>3</sup>	021202
13	TUBE SIDE	m <sup>3</sup>	021202
14	JACKET	m <sup>3</sup>	021202

**NVF TECHNOGAS-GIAP**  
НФВ ТЕХНОГАЗ-ГИАП

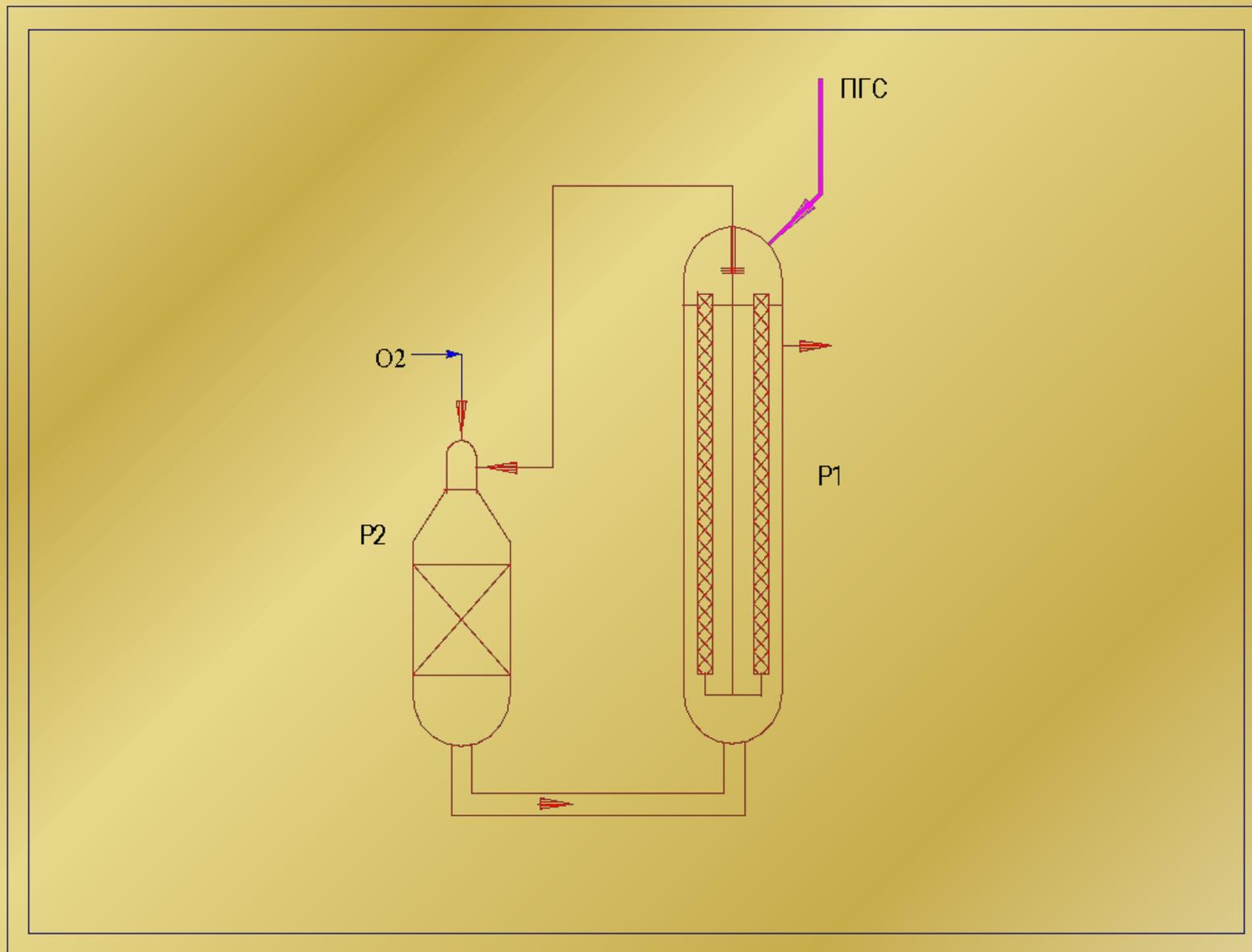
Customer: Заводская

Service: НФВ, инжиниринг

**PRIMARY CONVERTER**  
КОМБЕТОР 1<sup>01</sup> СТИП-М

ITEM No. 109  
ПКС No.

# *ПРОИЗВОДСТВО СИНТЕЗ-ГАЗА ПО МЕТОДУ «ТАНДЕМ»*



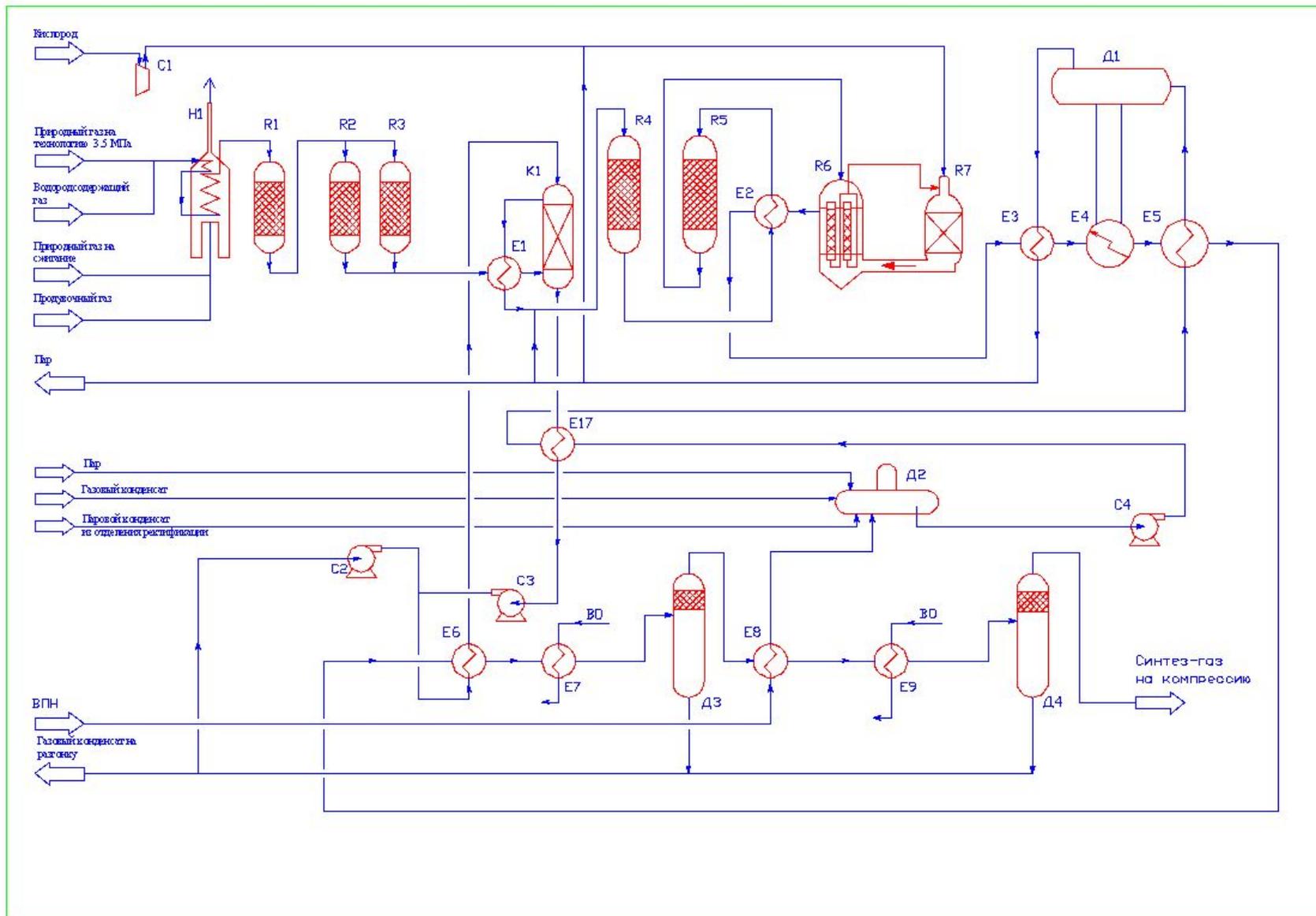
# *«Тандем»*



## *«Тандем»*

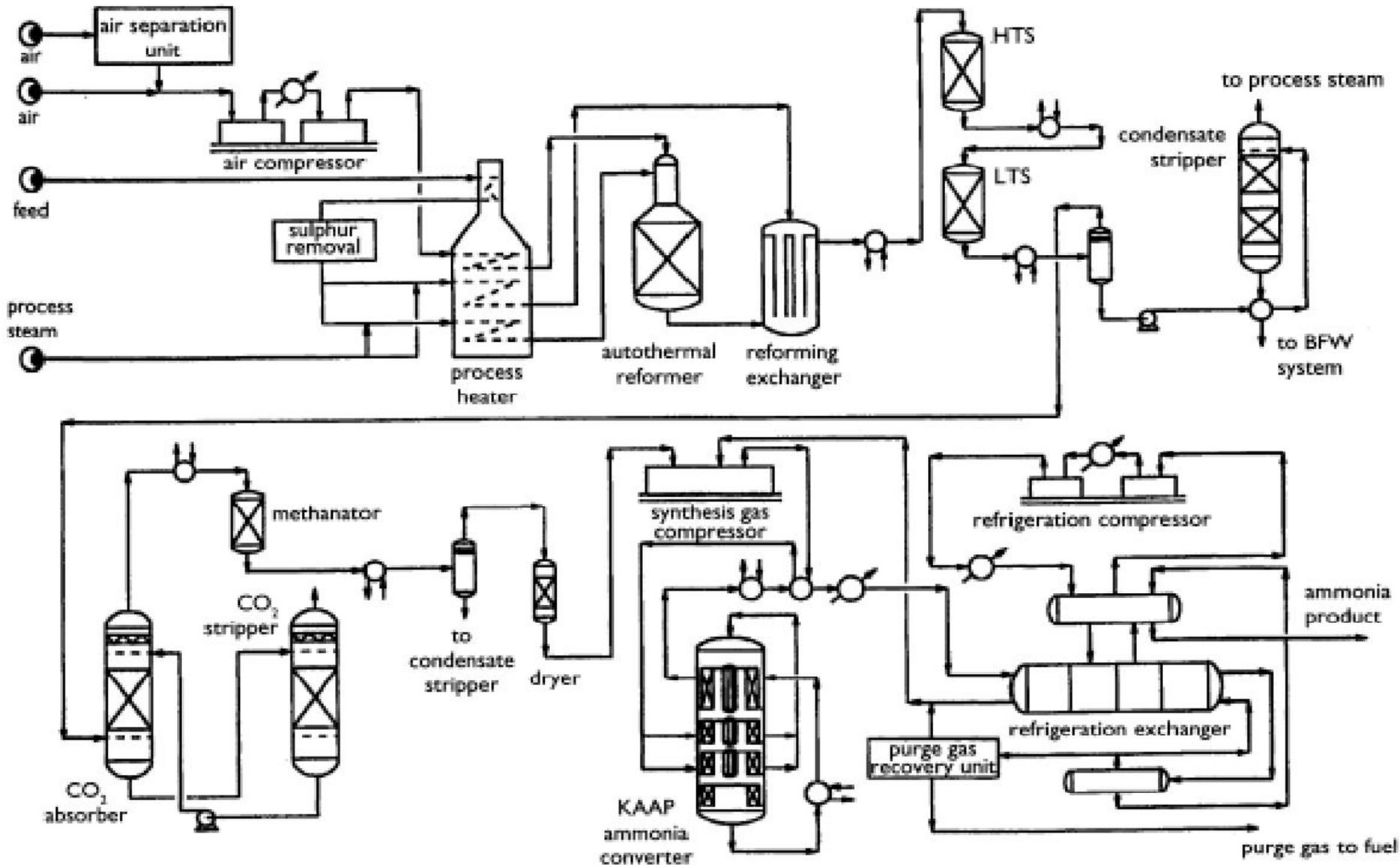


# ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ПОДГОТОВКИ СИНТЕЗ-ГАЗА

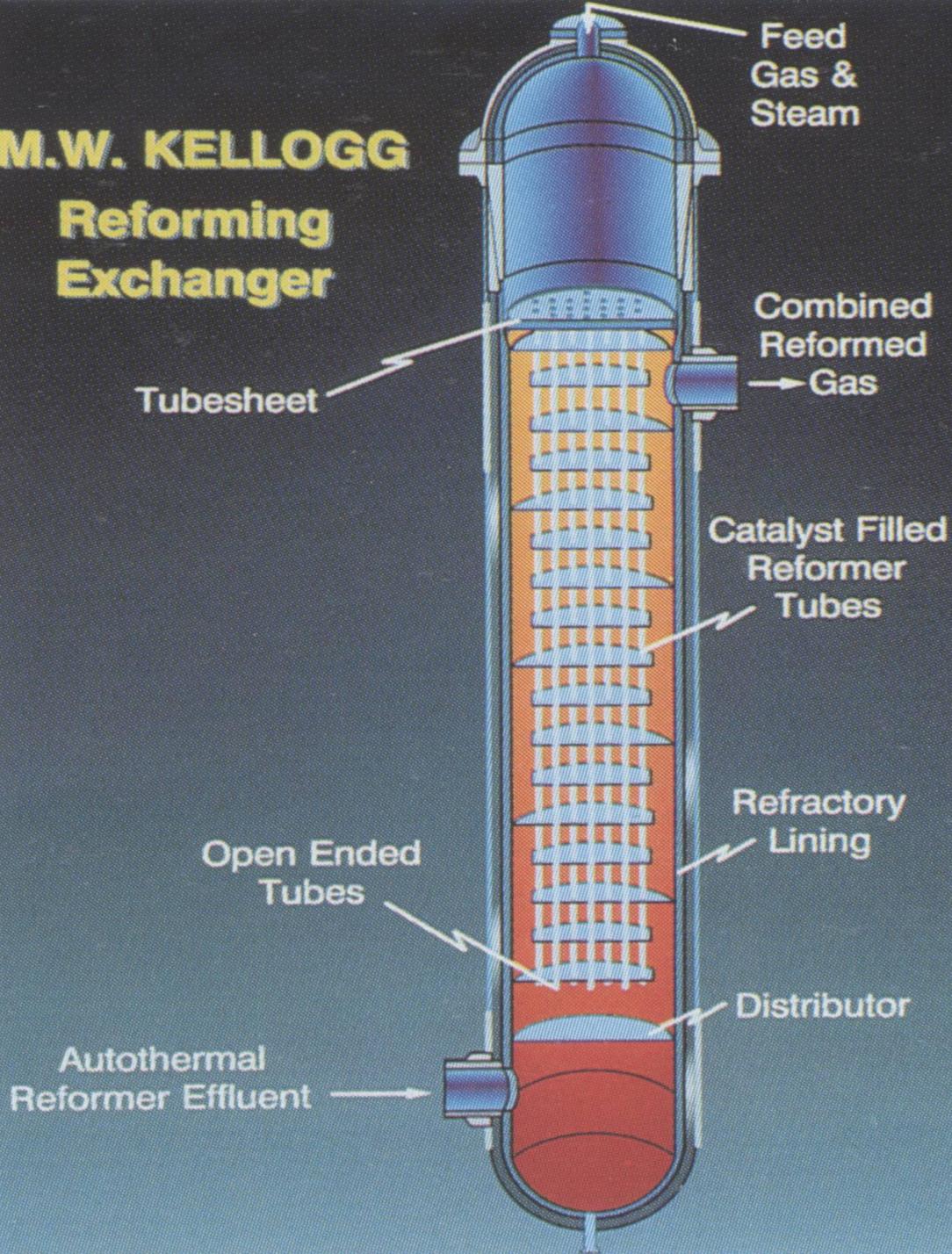


# АГРЕГАТ НА ОСНОВЕ КОНВЕРСИИ В КОНВЕРТОРАХ С ГАЗОВЫМ ОБОГРЕВОМ

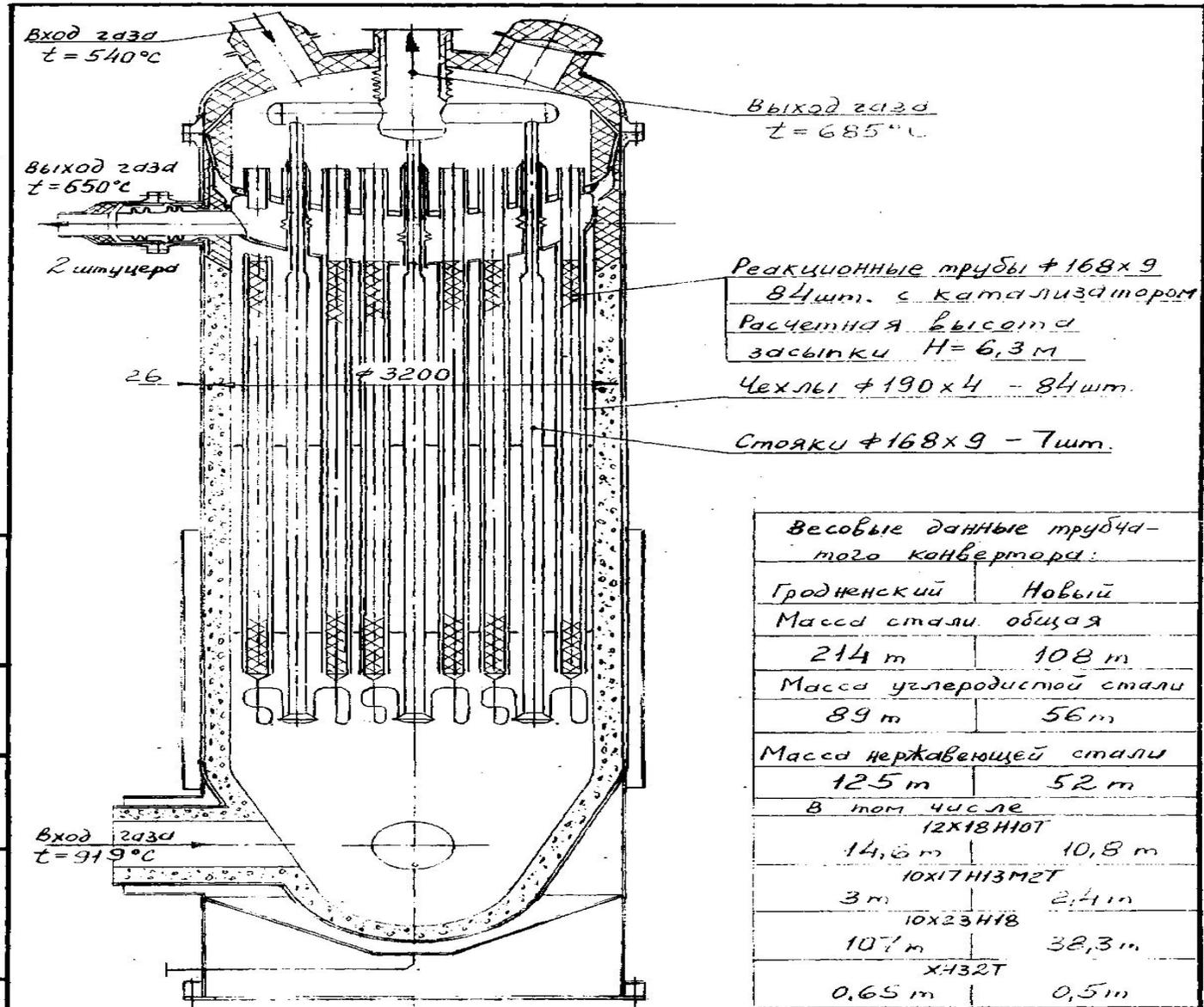
Fig. 56: Ammonia 2000 (Integrated KRES/KAAP Process)



# M.W. KELLOGG Reforming Exchanger



# КОНВЕРСИЯ МЕТАНА. ОБОРУДОВАНИЕ (6)



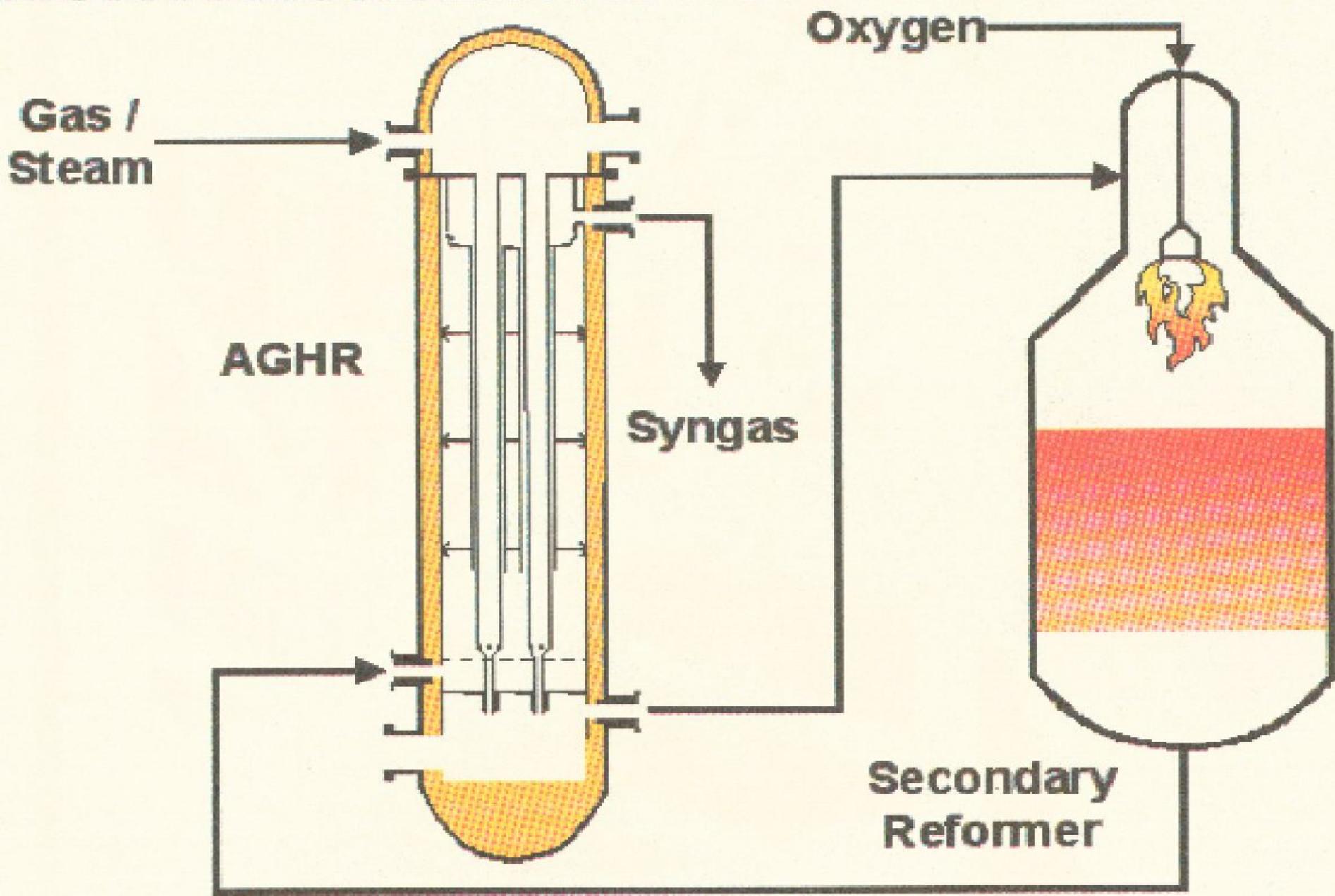
Реакционные трубы  $\phi 168 \times 9$   
 84 шт. с катализатором  
 Расчетная высота  
 засыпки  $H = 6,3 \text{ м}$   
 Чехлы  $\phi 190 \times 4$  - 84 шт.  
 Стойки  $\phi 168 \times 9$  - 7 шт.

Весовые данные трубки-  
 того конвертора:

Гродненский	Новый
Масса стали, общая	
214 т	108 т
Масса углеродистой стали	
89 т	56 т
Масса нержавеющей стали	
125 т	52 т
В том числе	
12X18H10T	
14,6 т	10,8 т
10X17H13M2T	
3 т	2,4 т
10X23H18	
107 т	38,3 т
X432T	
0,65 т	0,5 т

Ивл. № подл.	Подл. и дата
Взам. инв. №	Ивл. № дубл.
Подл. и дата	Подл. и дата

**ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА СТАДИИ ПОДГОТОВКИ СИНТЕЗ-  
ГАЗА (1-Й ВАРИАНТ)**



# ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА СТАДИИ ПОДГОТОВКИ СИНТЕЗ-ГАЗА (2-Й ВАРИАНТ)

