



Babcock Wanson
— Groupe **CNIM** —

ОПТИМИЗАЦИЯ КПД БОЙЛЕРОВ



План презентации

- Коэффициент полезного действия
- Бойлер без дополнительного оборудования
- Бойлер с экономайзером
- Бойлер с экономайзером + водо-водяной теплообменник
- Бойлер с экономайзером + воздухоподогреватель
- Бойлер с экономайзером + водо-водяной теплообменник + воздухоподогреватель
- Бойлер с конденсирующим экономайзером
- Перегретая вода - Водогрейный котел
- Регенерация стоков
- Бак для конденсата под давлением
- Датчики O₂ и CO
- Регулируемый насос питательной воды
- Окупаемость инвестиций





КПД, заявленный компанией BW

Гарантированный КПД = Расчетный КПД +/- запас

Эксплуатационные испытания в соответствии с EN 12953-11

Погрешность измерений +/- 0,5 %

Пример: Гарантированный КПД = 89% +/- 0,5%

Эксплуатационные испытания: 88%

Достигнутый КПД 88%

+ 0,5% (погрешн. измер.)

+ 0,5% (запас BW)

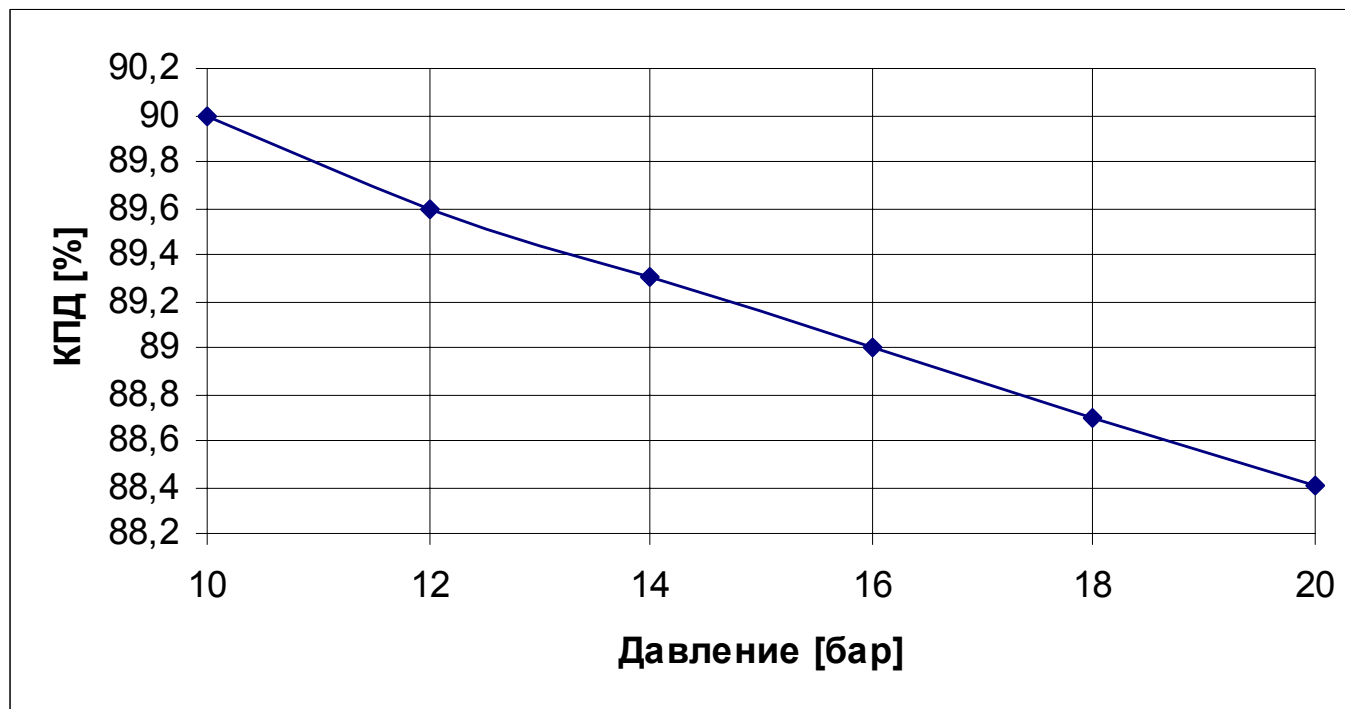
89%





Бойлер без дополнительного оборудования

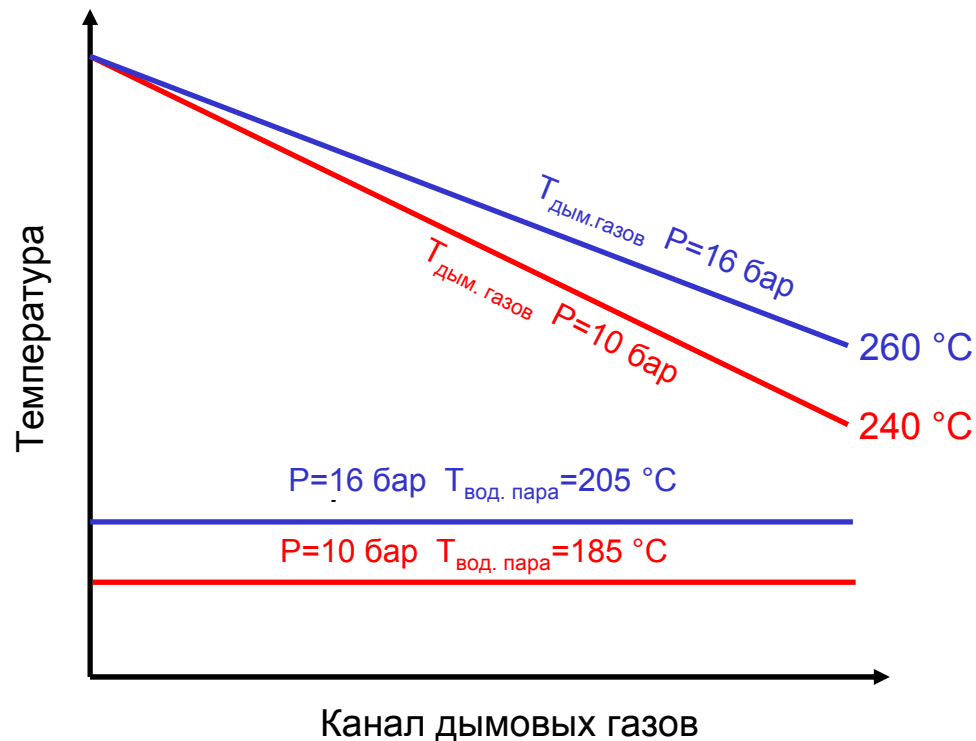
Зависимость КПД от рабочего давления





Бойлер без дополнительного оборудования

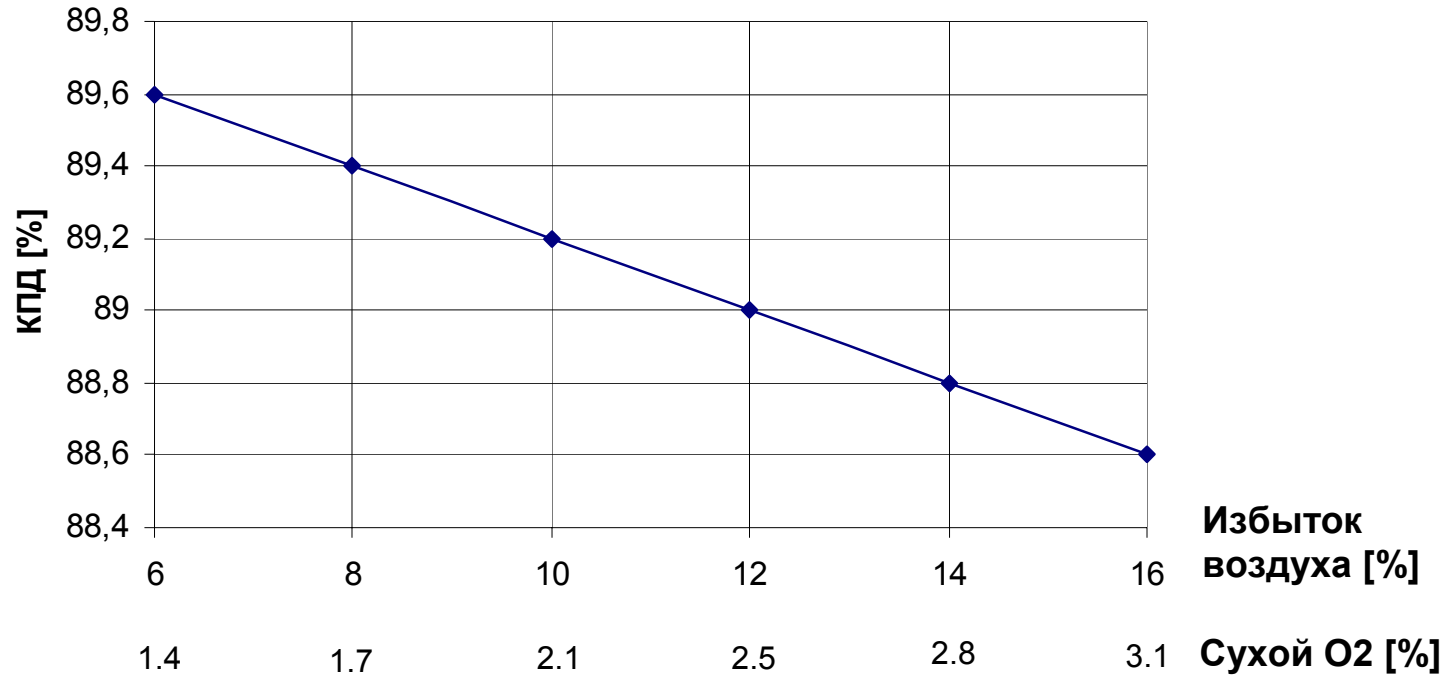
Зависимость КПД от рабочего давления





Бойлер без дополнительного оборудования

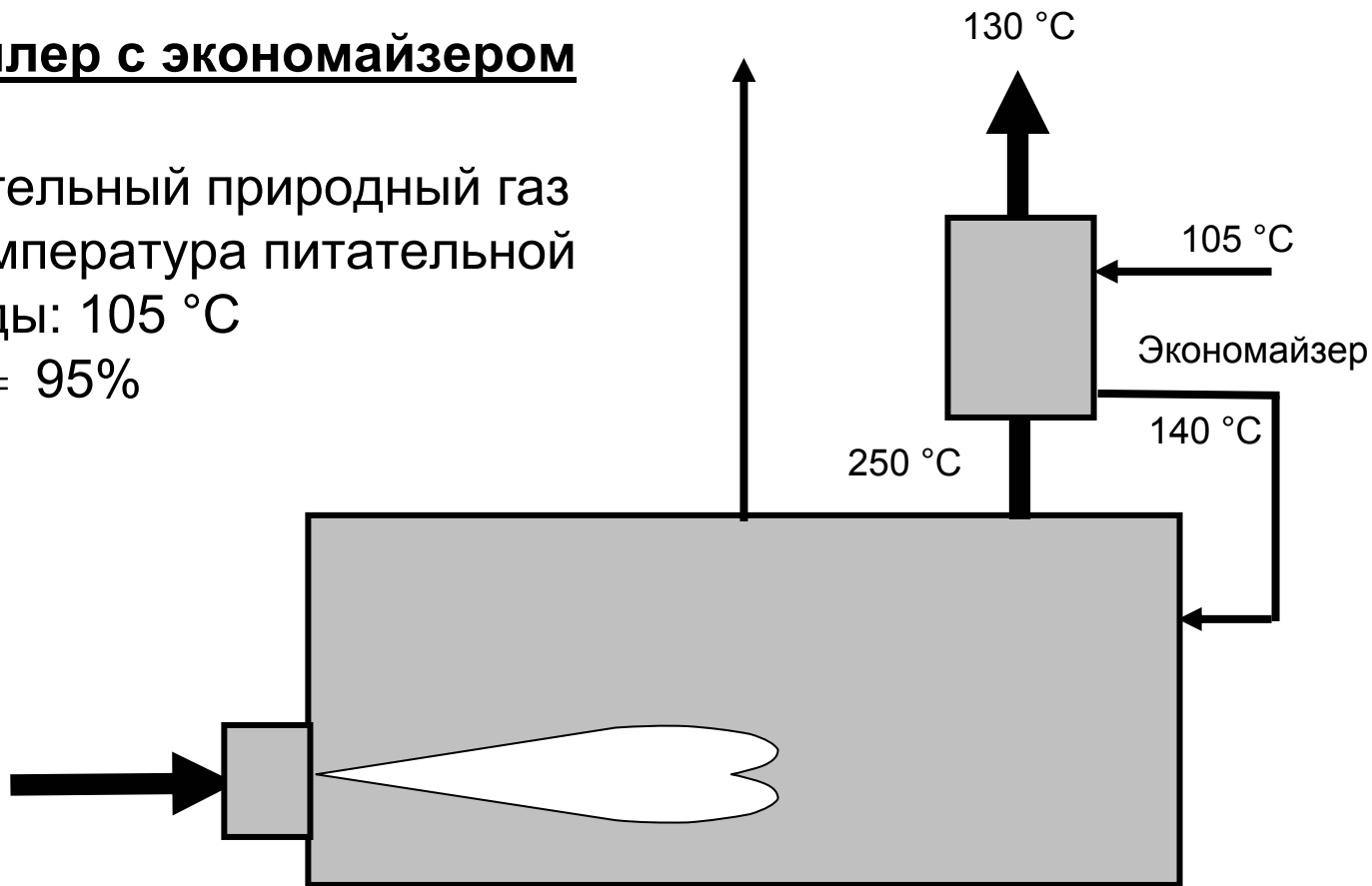
Зависимость КПД от избыточного объема воздуха





Бойлер с экономайзером

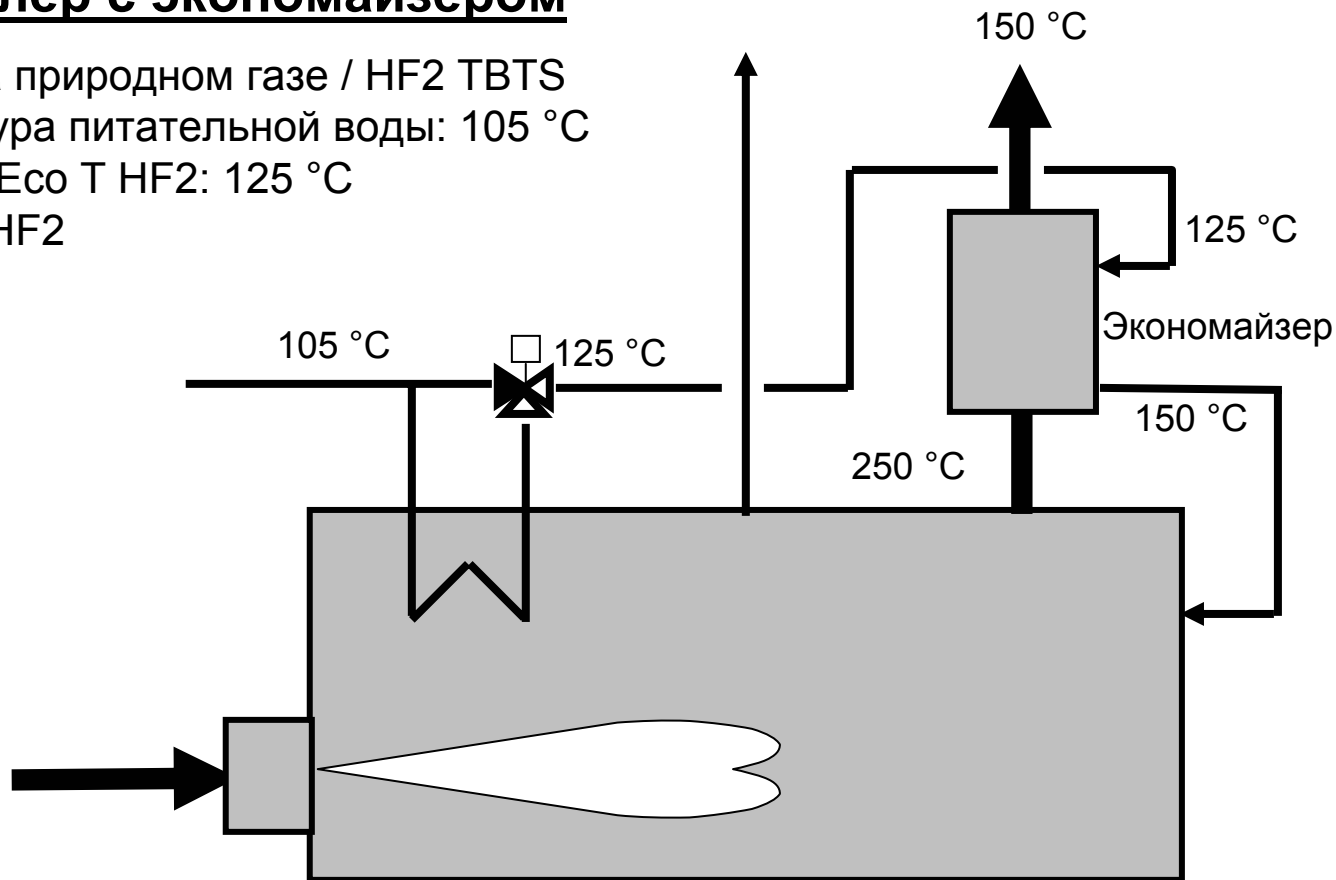
Котельный природный газ
Температура питательной
воды: 105 °C
 $\eta = 95\%$





Бойлер с экономайзером

Бойлер на природном газе / HF2 TBTS
Температура питательной воды: 105 °C
Заборник Есо Т HF2: 125 °C
 $\eta = 94\%$ HF2





Бойлер с экономайзером

Природный газ

Типовой КПД: 94% - 95% (в настоящее время)

Максимальный КПД:

95,5% при температуре питательной воды 105 °С (Температура дымовых газов 120 °С)

96,5% при температуре питательной воды 80 °С (Температура дымовых газов 95 °С)

LF / HF2 TBTS

Типовой КПД: 94%

Максимальный КПД: 94,5% при температуре питательной воды 125 °С

(Температура дымовых газов 140 °С)

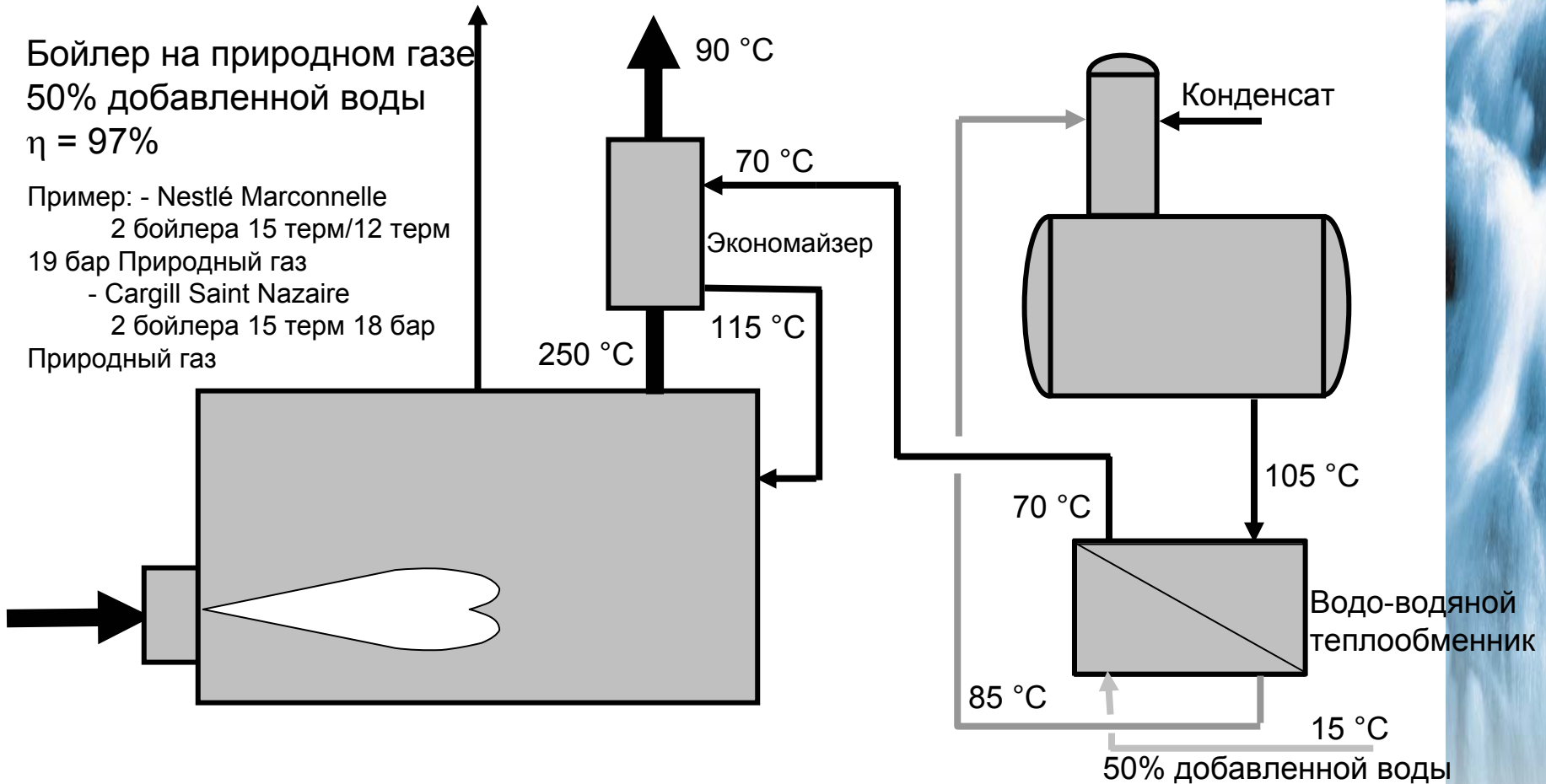




Бойлер с экономайзером + водо-водяной теплообменник

Бойлер на природном газе
50% добавленной воды
 $\eta = 97\%$

Пример: - Nestlé Marconnelle
2 бойлера 15 терм/12 терм
19 бар Природный газ
- Cargill Saint Nazaire
2 бойлера 15 терм 18 бар
Природный газ





Бойлер с экономайзером + водо-водяной теплообменник

Условия / Ограничения

- Необходимость потока добавленной воды (имеет важное значение)
- Подогрев добавленной воды максимум до 85°C
(при температуре воздухоотделителя 105 °C)
- Только на природном газе
(Топливо содержит серу → Кислотная коррозия при низкой температуре)

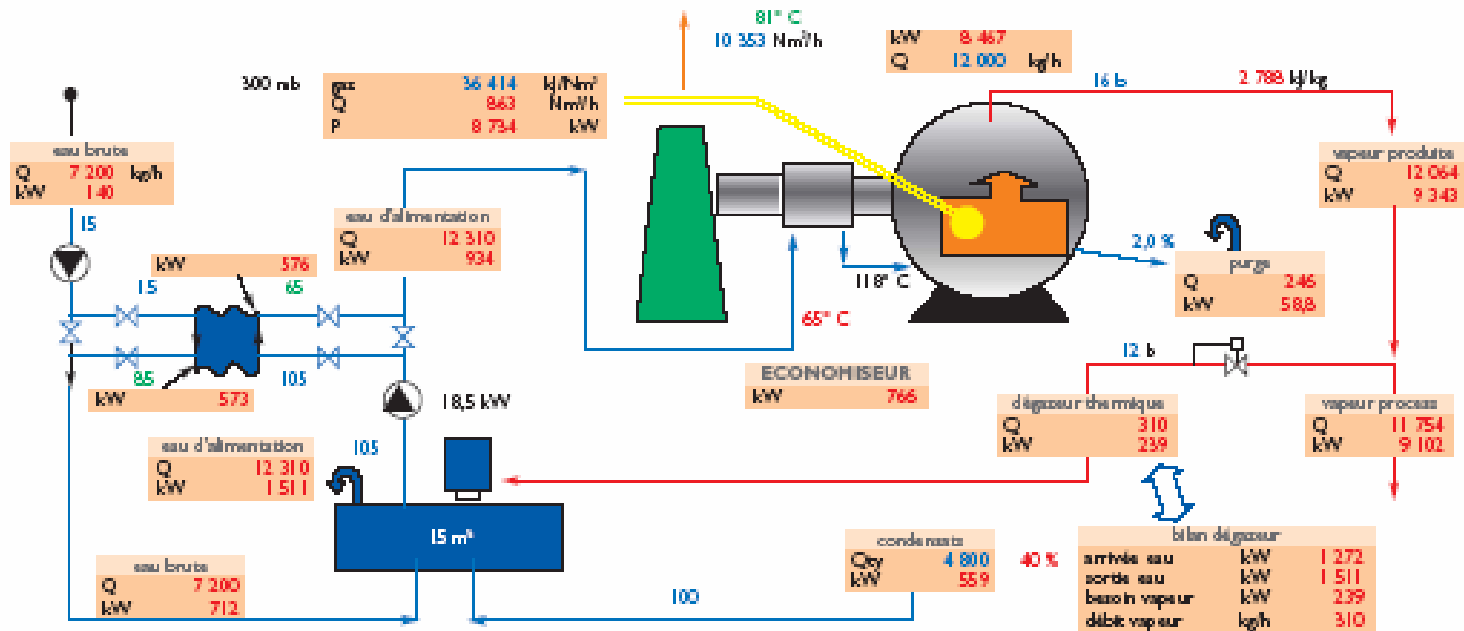
Увеличение КПД благодаря применению водо-водяного теплообменника: до 2,5%

Расход добавленной воды	30%	50%	100%
η бойлера	96%	97%	97,5% (без конденсации дымовых газов)





chaudière BWR + économiseur



température ambiante °C 25
humidité 60 %

Site : CARGILL / Saint-Nazaire
Nominal 100 %

BILAN TOTAL DU SYSTÈME					
eau brute	kW	140	vapeur process	kW	9 102
condensats	kW	559	débit de vapeur u	kW	8 467
total arrivée eau	kW	699	puissance brûleur	kW	8 734
rendement = débit de vapeur utile/puissance brûleur			%		96,9

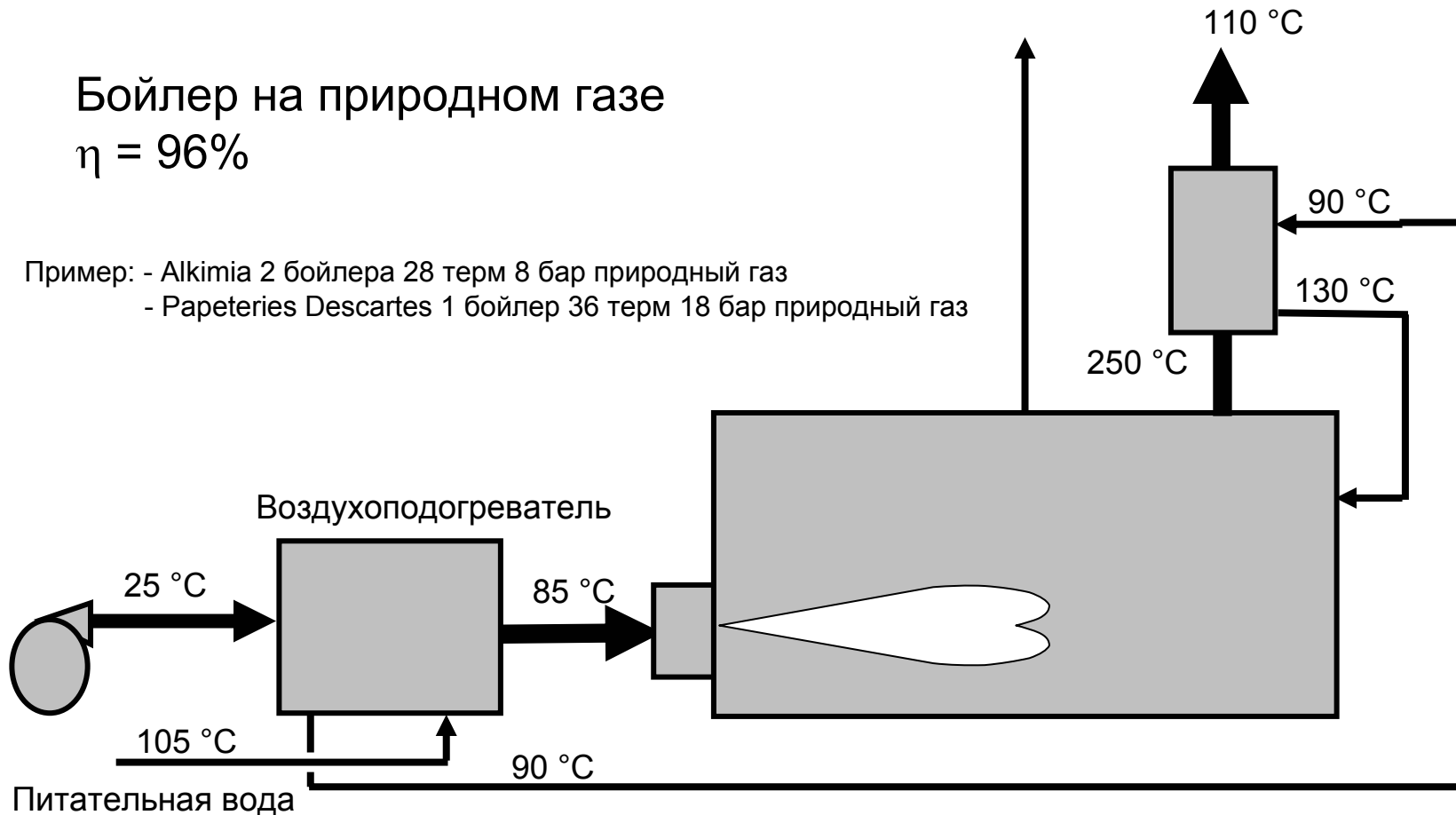




Бойлер с экономайзером + воздухоподогреватель

Бойлер на природном газе
 $\eta = 96\%$

Пример: - Alkimia 2 бойлера 28 терм 8 бар природный газ
- Papeteries Descartes 1 бойлер 36 терм 18 бар природный газ





Бойлер с экономайзером + воздухоподогреватель

Условия / Ограничения

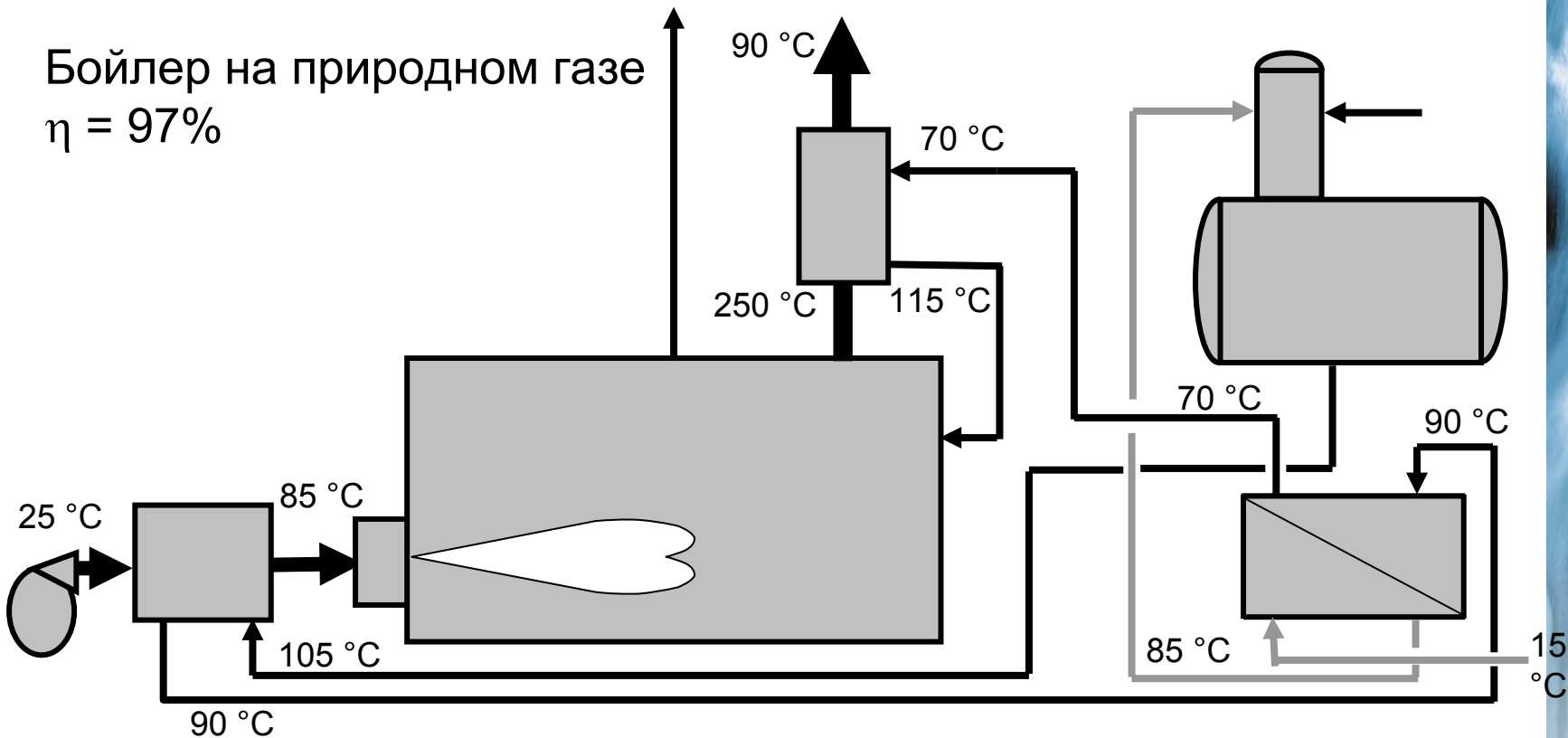
- Только на природном газе
(Топливо содержит серу → Кислотная коррозия при низкой температуре)
- Не используется с горелками со сниженным содержанием окислов азота
(Горячий воздух → Выше температура пламени → NOx)

Максимальное повышение КПД: 1%
(Температура питательной воды 105 °C)



Бойлер с экономайзером + водо-водяной теплообменник + воздухоподогреватель

Бойлер на природном газе
 $\eta = 97\%$



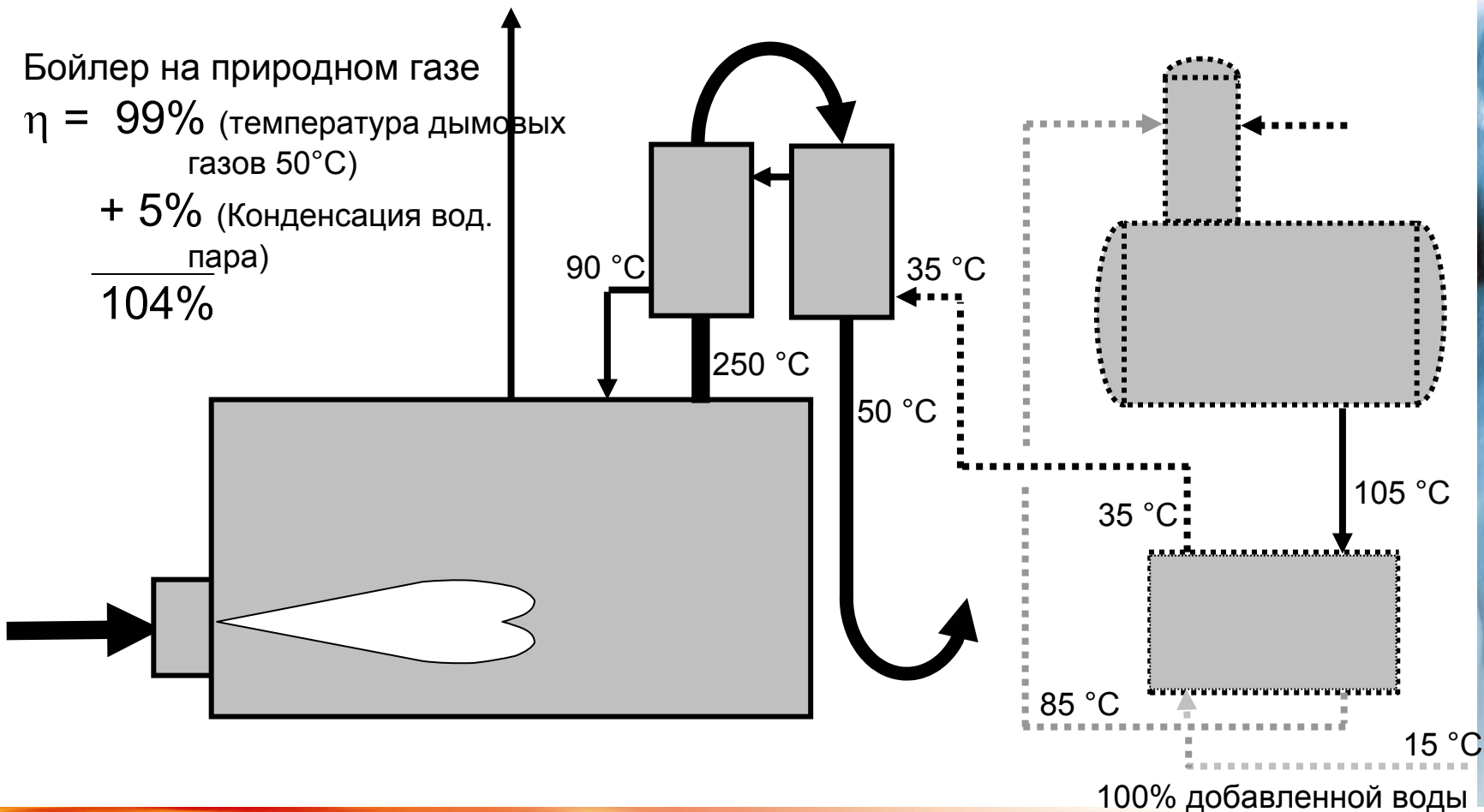
25% добавленной воды



Бойлер с конденсирующим экономайзером

Бойлер на природном газе
 $\eta = 99\%$ (температура дымовых газов 50°C)
+ 5% (Конденсация вод. пара)

104%





Бойлер с конденсирующим экономайзером

= конденсация водяного пара из дымовых газов при температуре дымовых газов $< 60^{\circ}\text{C}$

Только на природном газе

(Топливо содержит серу \longrightarrow Кислотная коррозия при низкой температуре дымовых газов)

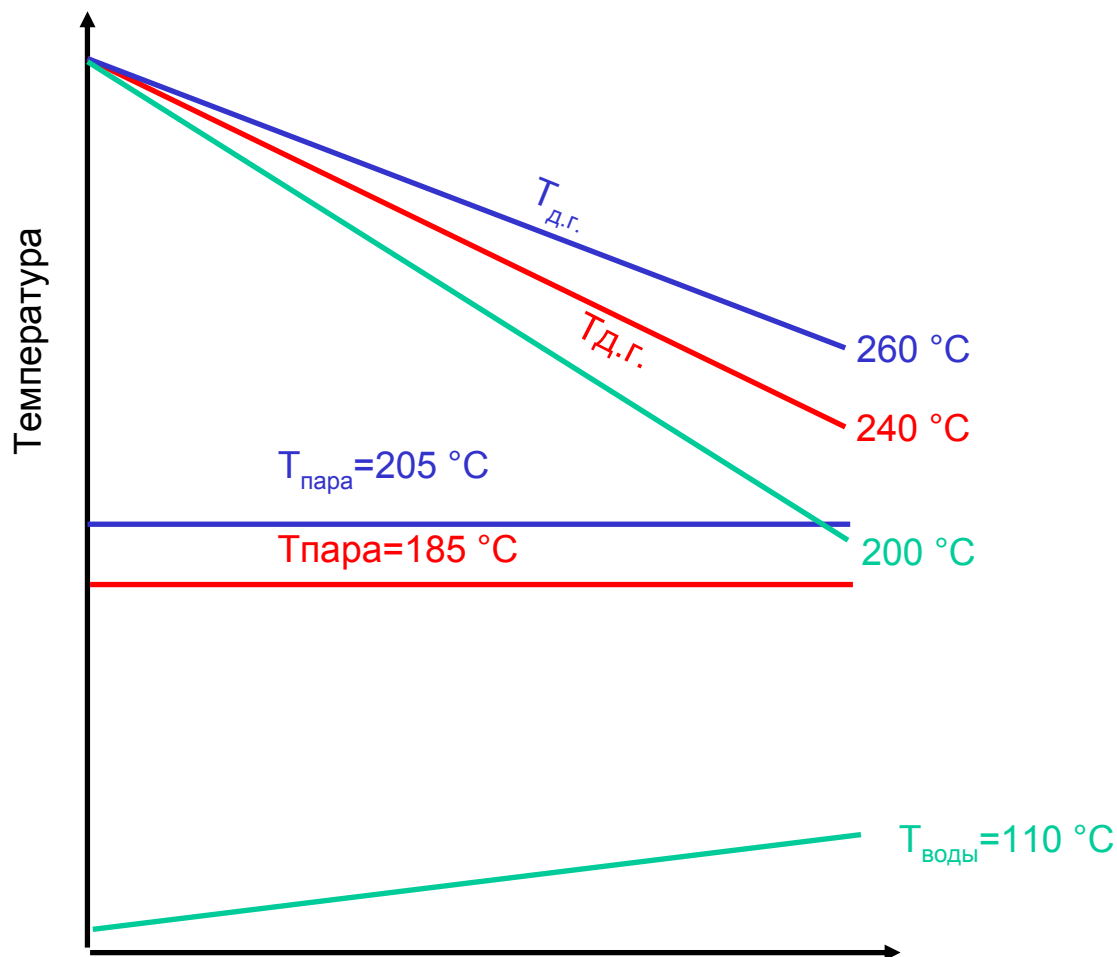
Нисходящий поток дымовых газов при $T_{д.г.} < 60^{\circ}\text{C}$
для удаления водяного конденсата

Конденсирующий экономайзер из нержавеющей стали



Перегретая вода - Водогрейный котел

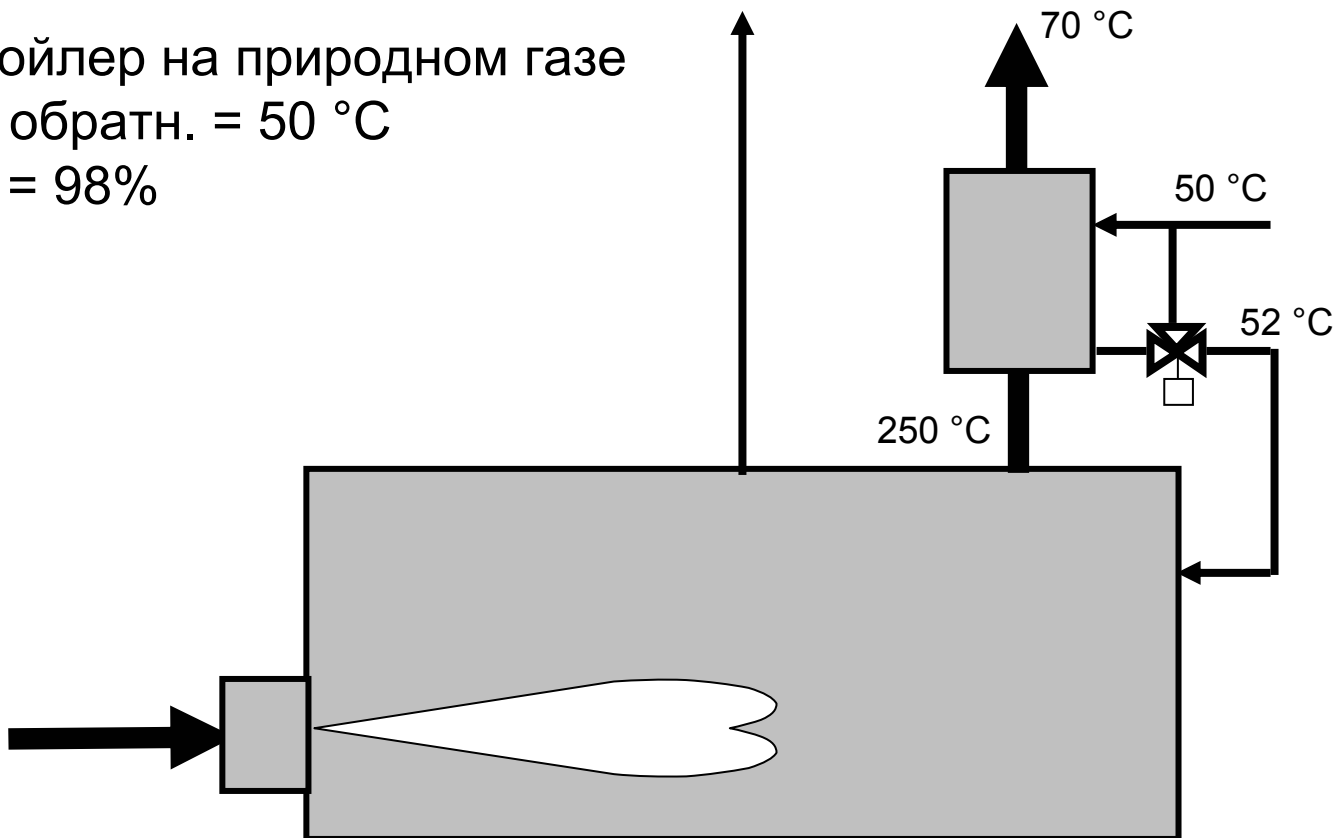
Водогрейный котел
Т на выходе = 110 °С
 $\eta = 92\%$





Перегретая вода - Водогрейный котел

Бойлер на природном газе
 $T_{\text{обратн.}} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $\eta = 98\%$





Перегретая вода - Водогрейный котел

Коэффициент полезного действия

Бойлер без дополнительного оборудования

до 92% при низкой температуре на выходе (110 °С - горячая вода)

Бойлер с экономайзером

до 98% при низкой температуре обратного потока (50 °С)

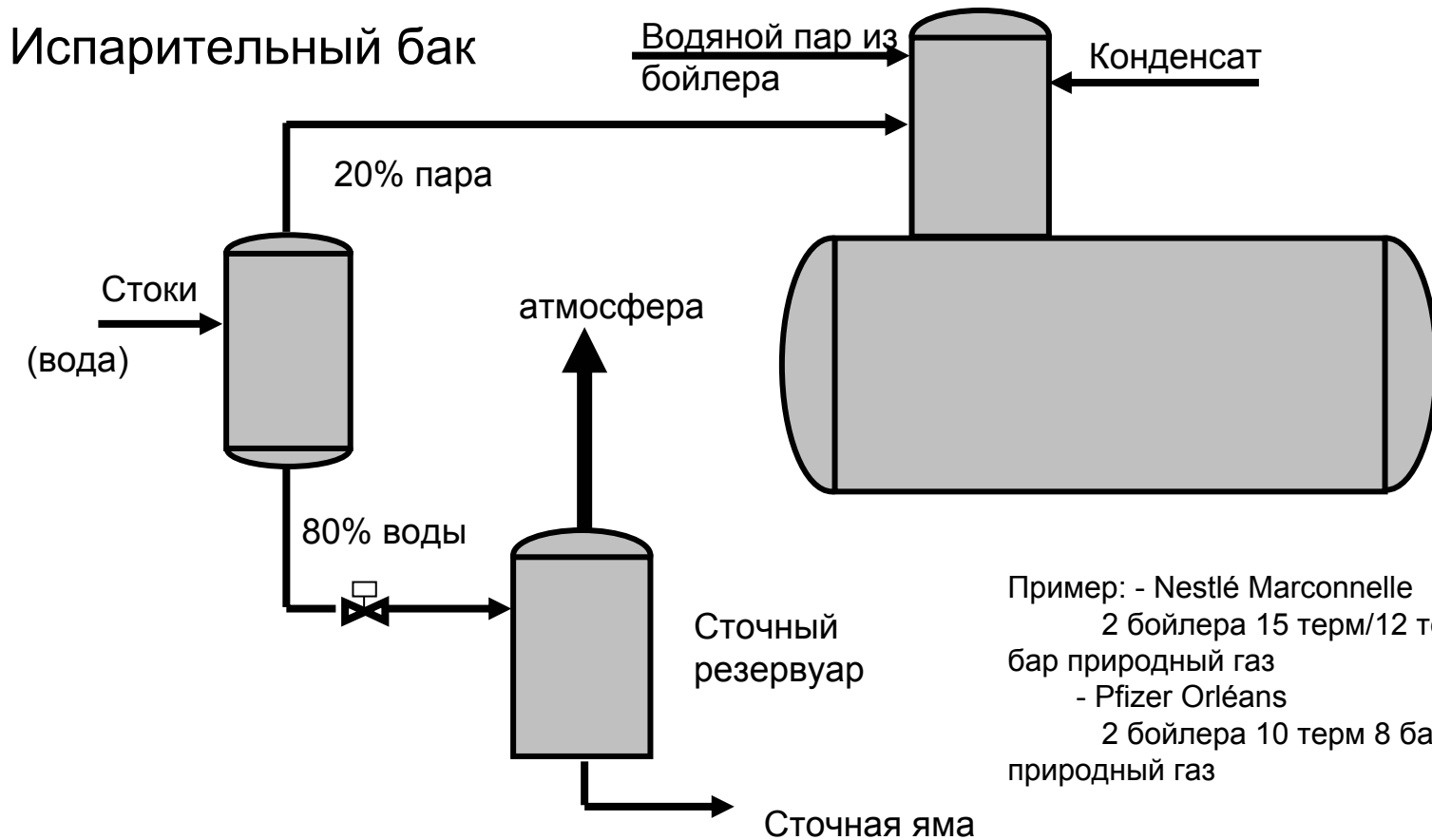
Экономайзер с частичным перепуском (при очень высоком расходе воды)

Отсутствует возможность подключения водо-водяного теплообменника (нет добавленной воды)

Отсутствует потребность в воздухоподогревателе (охлаждение воды < 2°С)



Регенерация стоков



Пример: - Nestlé Marconnelle
2 бойлера 15 терм/12 терм 19 бар природный газ
- Pfizer Orléans
2 бойлера 10 терм 8 бар природный газ





Регенерация стоков

Испарительный бак

При 3% расходе стоков

Расход регенерированного пара к воздухоотделителю составляет 0,6% (20% от 3%)

Расход водяного пара от бойлера снижается на 0,5% (меньший расход пара от бойлера к воздухоотделителю) для получения идентичного расхода пара на выходе из бойлерной

Расход топлива снижается на 0,5%



Регенерация стоков

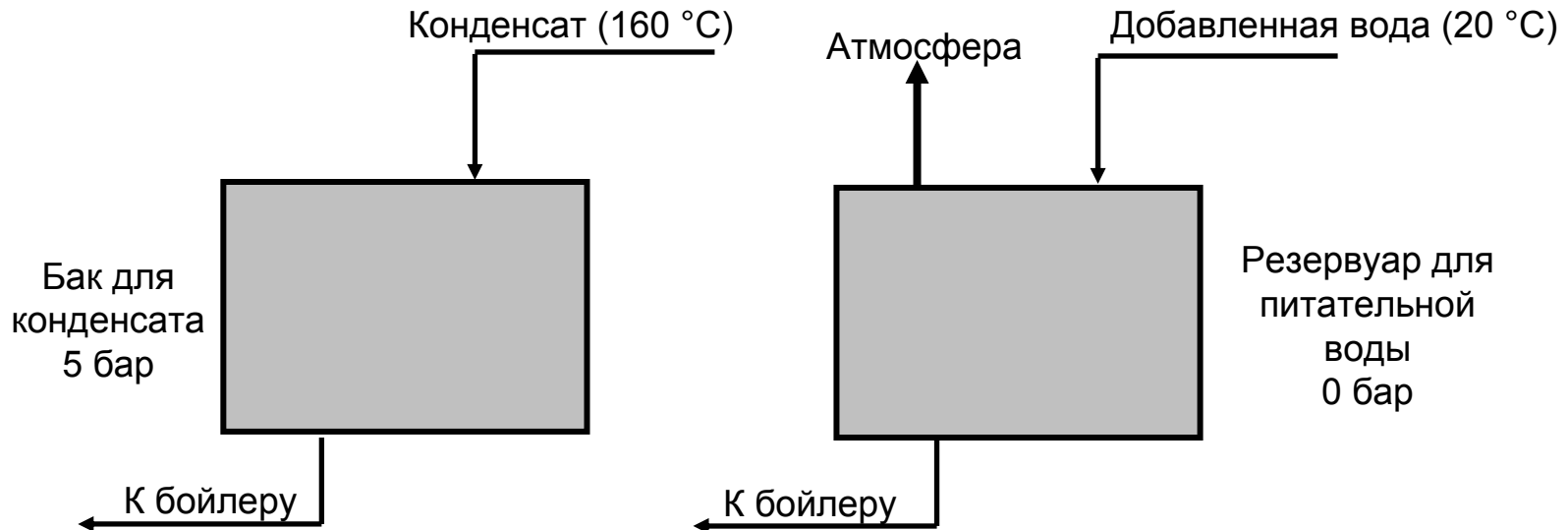
Расход стоков

Пример: Бойлер 6 т/час - Сырая вода ТАС 33°F / ТН 40°F

	Смягчение	Декарбонизация	Деминерализация	Обратный осмос
Расход стоков	37,90%	12,80%	2%	2,80%
Окупаемость инвестиций		5,5 лет	17 лет	9,7 лет



Бак для конденсата под давлением

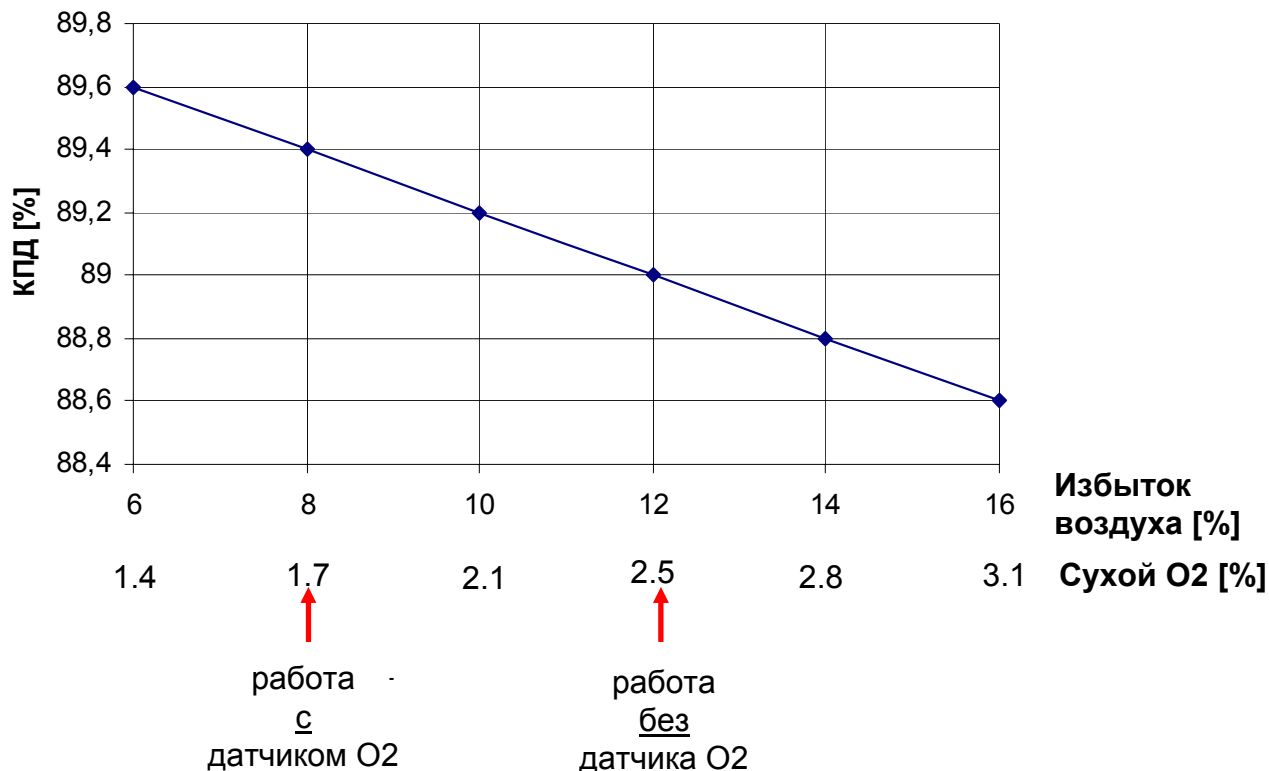


Конденсат 5 бар / Бак для питательной воды под атмосферным давлением

Возврат конденсата	60%	70%	80%
Прирост расхода топлива	1,00%	3,30%	5,70%



Датчик O₂

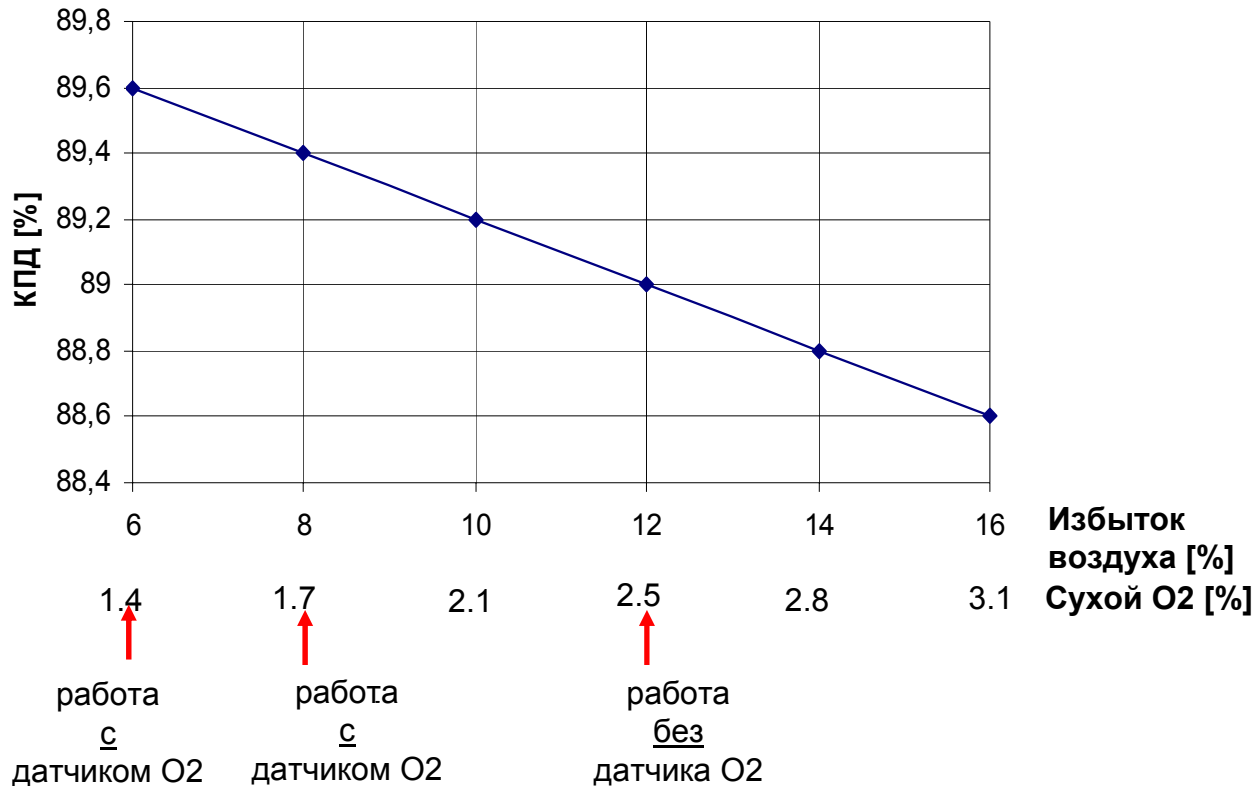


Увеличение КПД при установке датчика O₂: 0,4%





Датчик O2



Увеличение КПД при установке датчика CO: 0.2%
(датчик CO устанавливается совместно с датчиком O2)



Регулируемый насос питательной воды

Расчетное давление 18 бар	Энергопотребление насоса (средняя нагрузка бойлера - 60%)		Эксплуатационная выгода
	Регулируемый насос	Насос + регулирующий клапан	
Бойлер 10 т/ч (BWR 100A)	39400 кВтч/год	52600 кВтч/год	700 €/год
Бойлер 15 т/ч (BWR 150A)	59100 кВтч/год	78800 кВтч/год	1100 €/год
Бойлер 20 т/ч (BWR 200A)	78800 кВтч/год	105100 кВтч/год	1400 €/год
Бойлер 25 т/ч (BWR 250A)	98500 кВтч/год	131400 кВтч/год	1750 €/год



Окупаемость

Оборудование бойлера 15 т/ч (BWR 150A)

Оборудование	Прирост КПД	Эксплуатационная выгода (*)	Инвестиции	Окупаемость
Экономайзер	6%	119000 €/год	17 000 €	1,7 месяца
Экономайзер + водо-водяной теплообменник (50% добавленной воды)	6% 2%	119000 €/год 41600 €/год	17000 € 7700 €	1,7 месяца 2,2 месяца
Итого	8%	160600 €/год	24700 €	1,9 месяца
Экономайзер + воздухоподогреватель	6% 1%	119000 €/год 20800 €/год	17000 € 15300 €	1,7 месяца 8,8 месяцев
Итого	7%	139800 €/год	32300 €	2,8 месяца
Экономайзер + воздухоподогреватель + водо-водяной теплообменник (25% добавленной воды)	6% 1% 1%	119000 €/год 20800 €/год 20800 €/год	17000 € 15300 € 7100 €	1,7 месяца 8,8 месяцев 4,1 месяца
Итого	8%	160600 €/год	39400 €	2,9 месяца
Drains flash tank	(0,5%)	9000 €/год	6 700 €	8,9 месяцев
Датчик O ₂	0,4%	8400 €/год	4 500 €	6,4 месяцев
Датчик CO	0,2%	4200 €/год	1 000 €	2,8 месяца

(*) производительность 60%