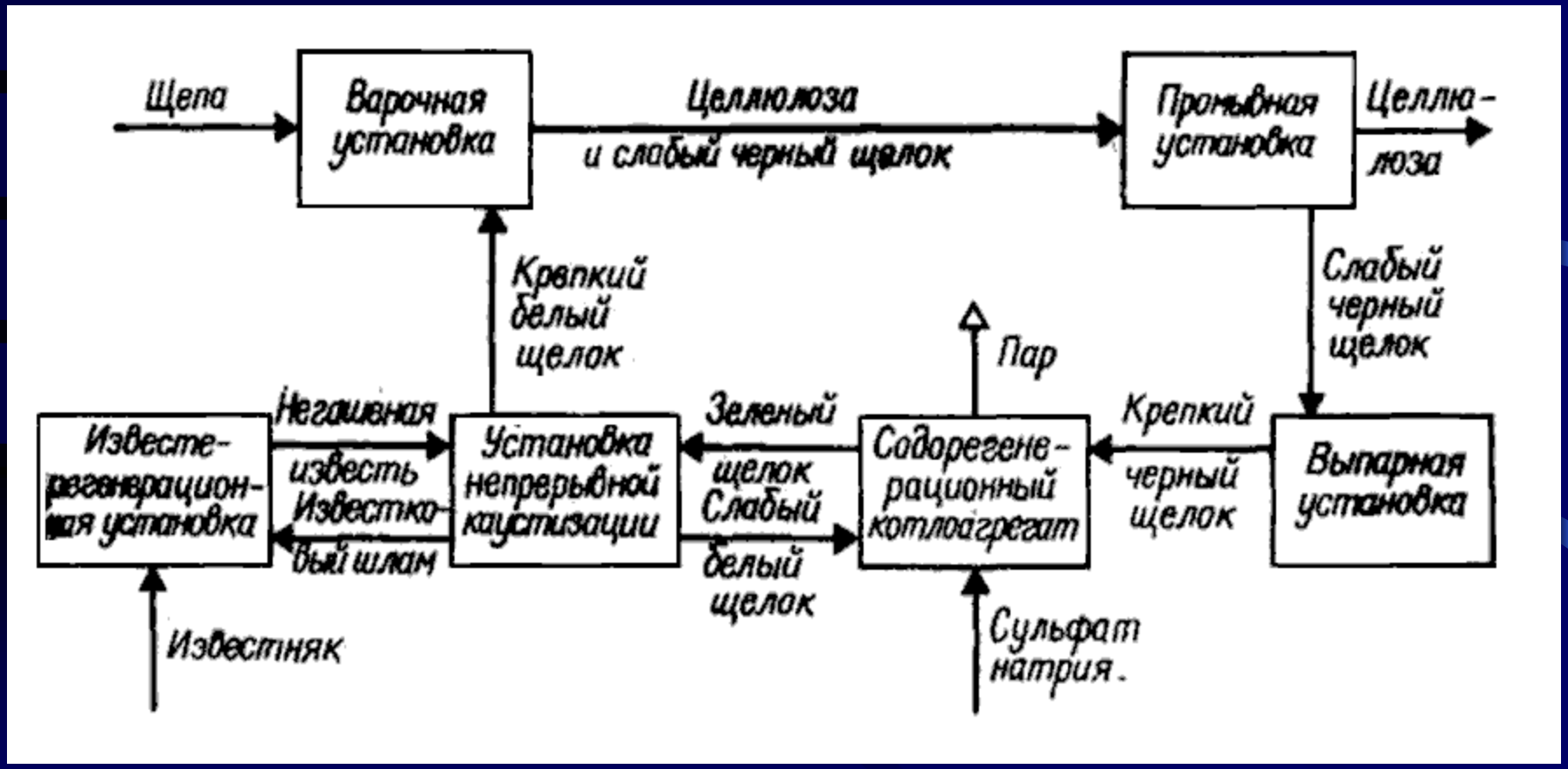
РЕГЕНЕРАЦИЯ ХИМИКАТОВ

В ПРОИЗВОДСТВЕ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Общая схема регенерации химикатов



Общая схема сульфат-целлюлозного завода

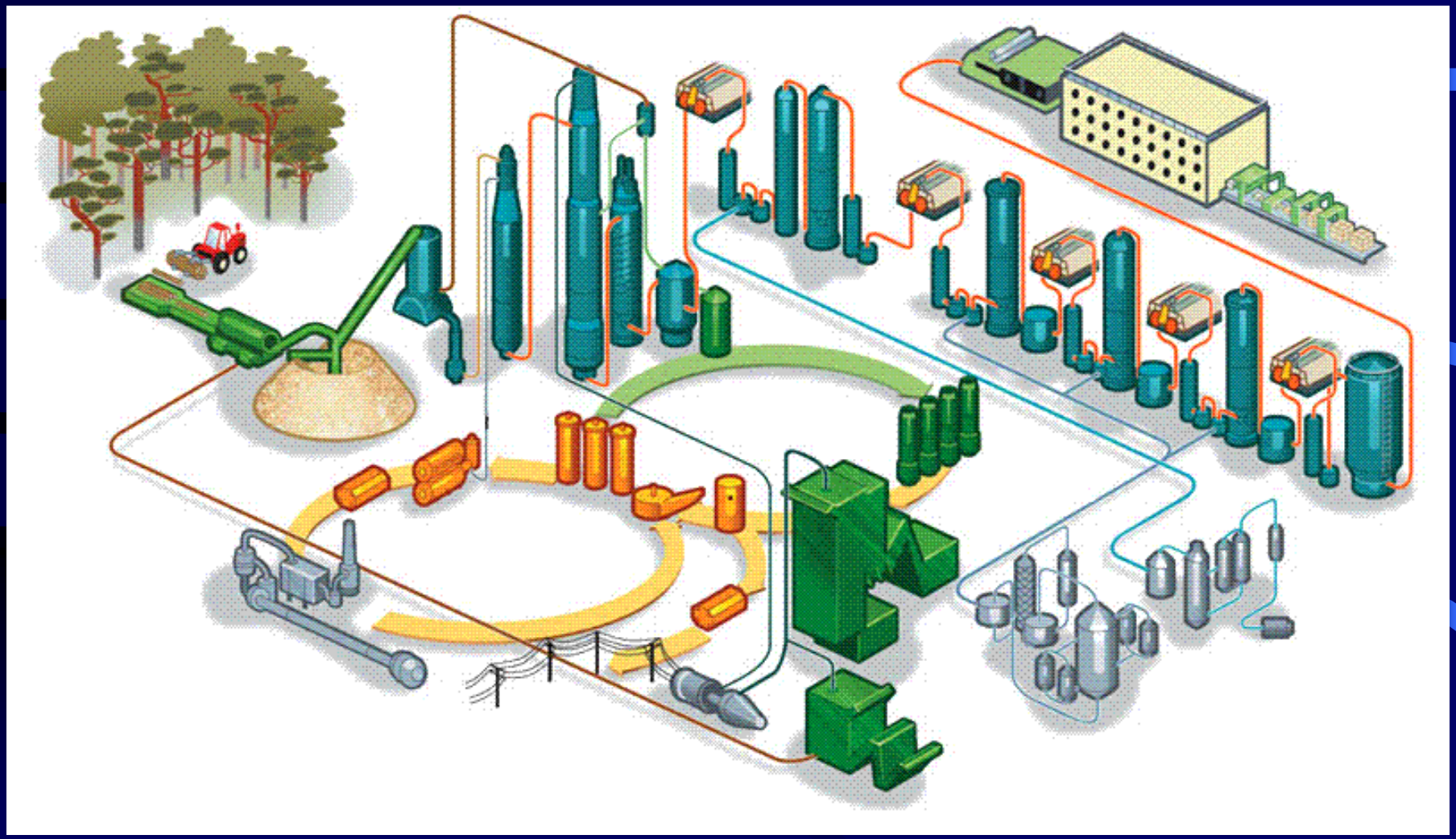
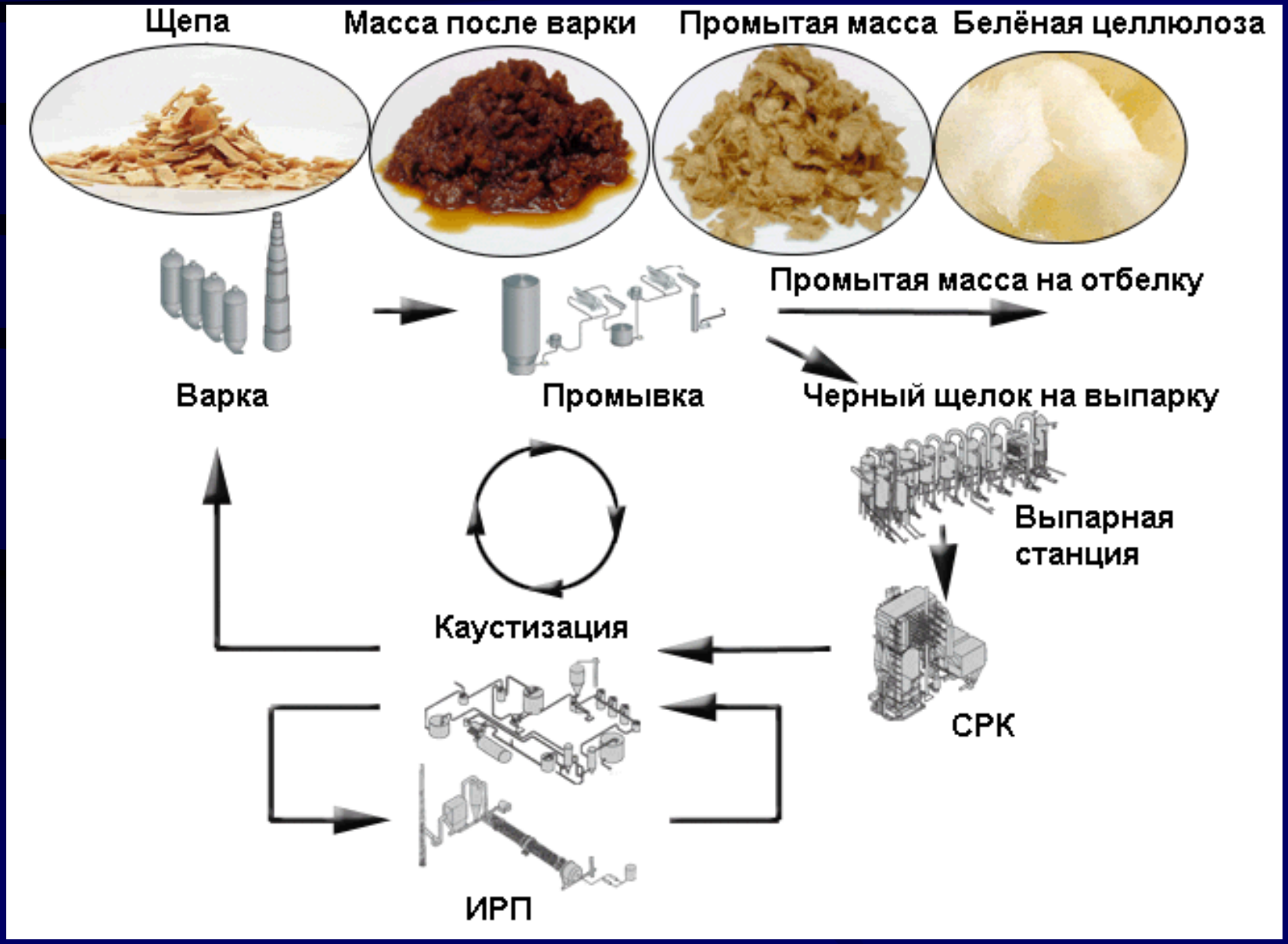


Схема регенерации химикатов



Состав чёрного щелока

Элементный состав черного щелока

Компонент	Содержание г/кг а.с.в.
Na	19.3
K	3.34
S_{tot}	5.50
Cl_{tot}	0.41
S^{2-}	1.93
NaOH	1.1
CO_3^{2-}	6.2
Na_2SO_3	0.1
$Na_2S_2O_3$	2.13
Na_2SO_4	1.23
C	31.9
H	3.33
N	0.08

Теплотворная способность

12,74 МДж/кг а.с.в.

Состав зелёного щелока

Состав зеленого щелока

Компонент	Количество г/кг а.с.в.
Sodium (Na)	90,8
K	14,5
S_{tot}	24,1
Cl_{tot}	1,9
S^{2-}	19,1
NaOH	18,8
Na_2S	42,7
Na_2CO_3	134,9
Na_2SO_3	1,41
$Na_2S_2O_3$	7,08
Na_2SO_4	8,7

Общая щелочь, г NaOH/л	165,2
Активная щелочь, г NaOH/л	62,7
Эффективная щелочь, г NaOH/л	40,7

Состав белого щелока

Состав белого щелока

Компонент	Количество г/кг а.с.в.
Sodium (Na)	78,0
K	14,1
S_{tot}	22,4
Cl_{tot}	1,7
S^{2-}	18,0
NaOH	88,2
Na_2S	41,8
Na_2CO_3	40,3
Na_2SO_3	0,1
$Na_2S_2O_3$	8,99
Na_2SO_4	0,5

Общая щелочь, г NaOH/л	161,6
Активная щелочь, г NaOH/л	131,2
Эффективная щелочь, г NaOH/л	109,8

Физические свойства черного щелока

- Плотность. Зависит от концентрации и температуры 1050 кг/м^3 (16 %)…1430 кг/м^3 (70 %) при 90°C
- Вязкость. Зависит от концентрации и температуры должна быть ниже 300…500 спз
- Температура кипения. Зависит от количества и состава растворённых веществ

104°C (1090 кг/м^3) – 106°C (1180 кг/м^3) – 110°C (1380 кг/м^3)

- Поверхностное натяжение. Влияет на пенообразование
- Теплоёмкость. Зависит от концентрации и температуры

C_P=0,98-0,0040c

Примерный состав черного щелока

Примерный состав черного щелока
при варке лиственной древесины

Органические вещества
включая связанные Na и S

	Total 78%
Lignin	37,5
Saccharine acids (hemicelluloces)	22,6
Aliphatic acids (lignin, carbohydrates)	14,4
Fat and resinous acids (extractives)	0,5
Polysaccharides (celluloce and hemicelluloces)	3,0

Неорганические вещества

	Total 22%
NaOH	2,4
NaHS	3,6
Na_2CO_3 ja K_2CO_3	9,2
Na_2SO_4	4,8
Na_2S_2O ja Na_2S	0,5
NaCl	0,5
Others (Si, Ca, Mn, Mg, jne.)	0,2

Подготовка черного щелока к выпарке

- Отделение мелкого волокна
  60-100 мг/л → 10-15 мг/л
- Съём сырого сульфатного мыла
  отстаивание 10-12 часов, 100-130 кг/т мыла
- Окисление щелока
  $2Na_2S+O_2+H_2O \rightarrow Na_2S_2O_3+2NaOH+900$ кДж
  $4CH_3SH+ O_2+H_2O \rightarrow 2CH_3SSCH_3+4NaOH$

Характеристики выпарки

Количество воды, удаляемой из щелока при выпарке

$W=G(1-c_н/c_к)$

Число корпусов	Экономичность, кг воды/кг пара	Удельное потребление тепла, МДж/т воды
4	3,7-3,6	630-650
5	4,3-4,1	550-570
6	5,1-4,9	460-480
7	6,2-5,9	390-400

Схема классической выпарной установки

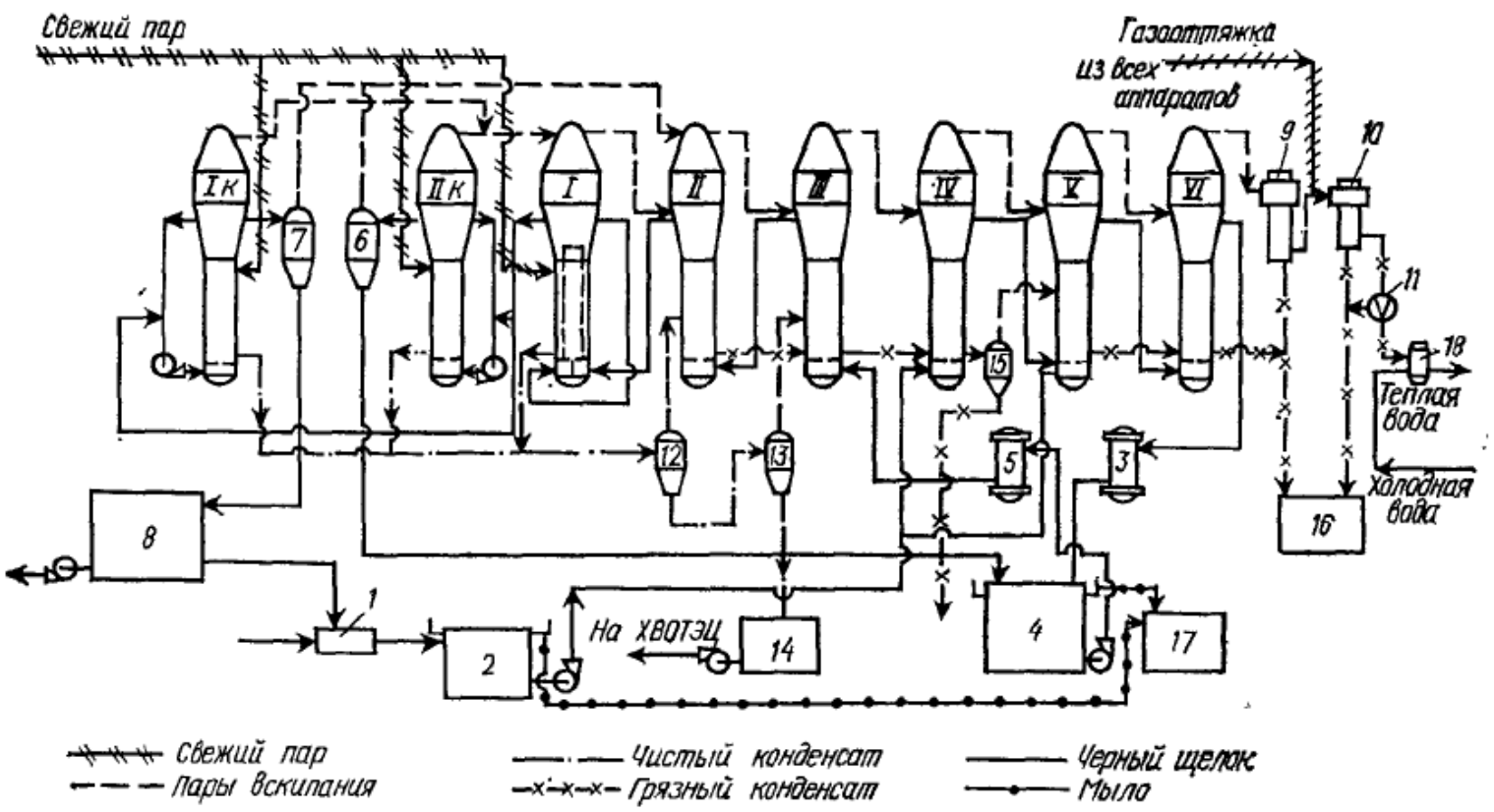
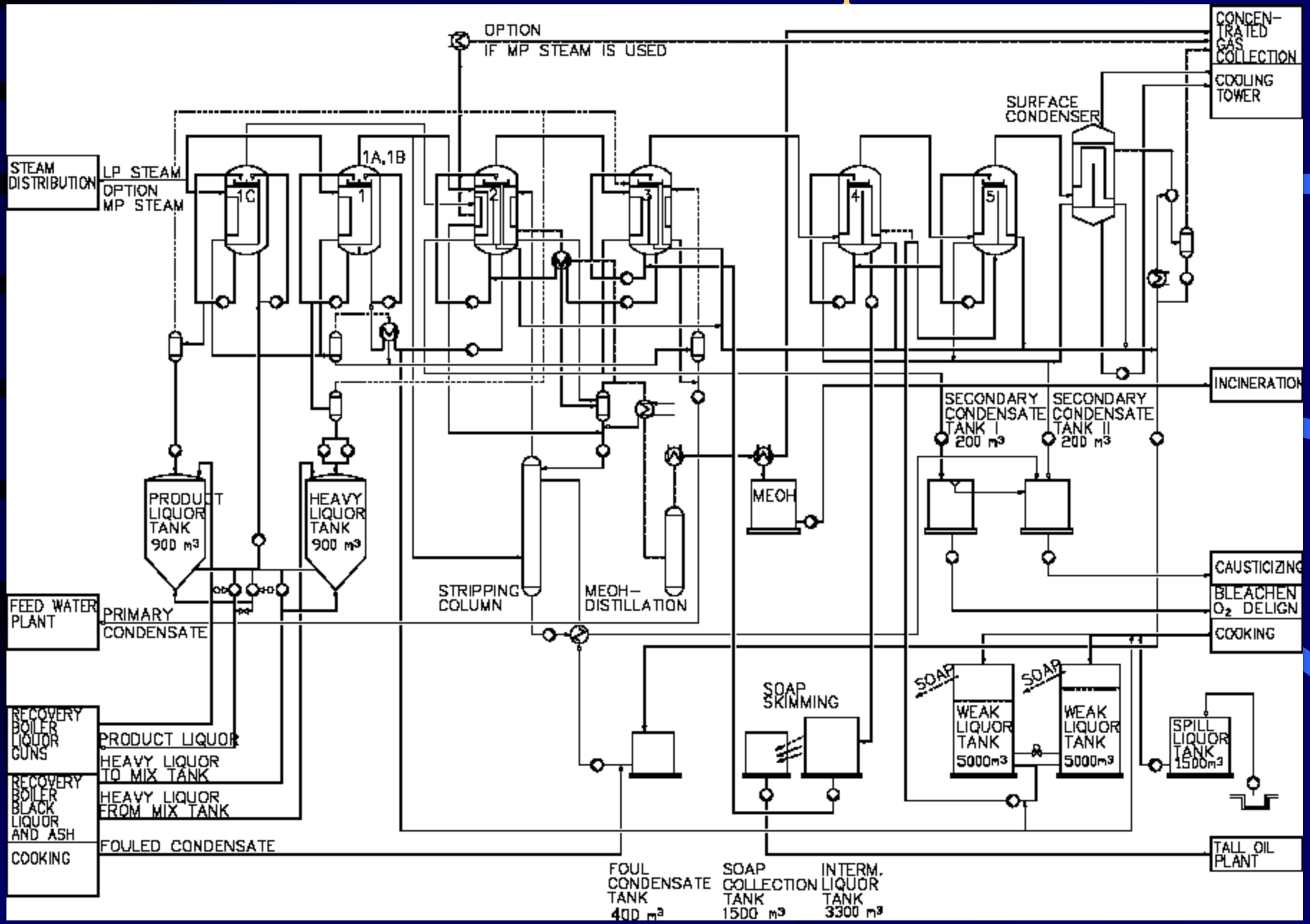


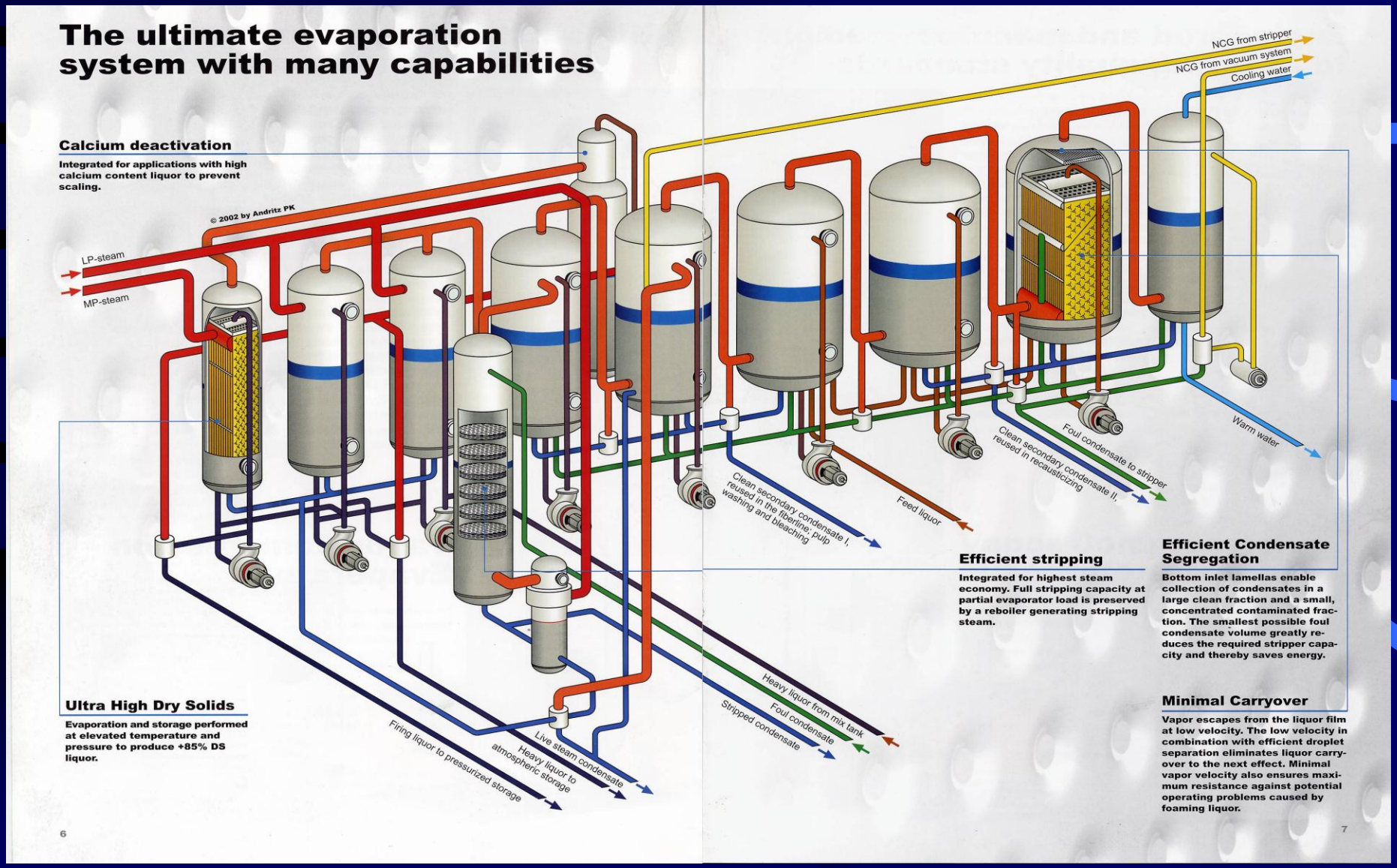
Схема выпарной установки Розенлев-Свенсона:

1 — слабый щелок; *2* — бак слабого щелока; *3* — теплообменник; *4* — бак промежуточного щелока; *5* — теплообменник; *6* — расширитель; *7* — расширитель; *8* — бак крепкого щелока; *9* — первичный поверхностный конденсатор; *10* — дополнительный поверхностный конденсатор; *11* — вакуум-насос; *12, 13* — расширительные циклоны; *14* — бак чистого конденсата; *15* — расширитель; *16* — сборник грязного конденсата; *17* — сборник сульфатного мыла; *18* — теплообменник для нагрева производственной воды

Технологическая схема выпарной станции



Современная выпарка



Выпарные аппараты

По устройству:

одно- и двухходовые

По принципу действия:

с восходящей и падающей плёнкой

По конструкции:

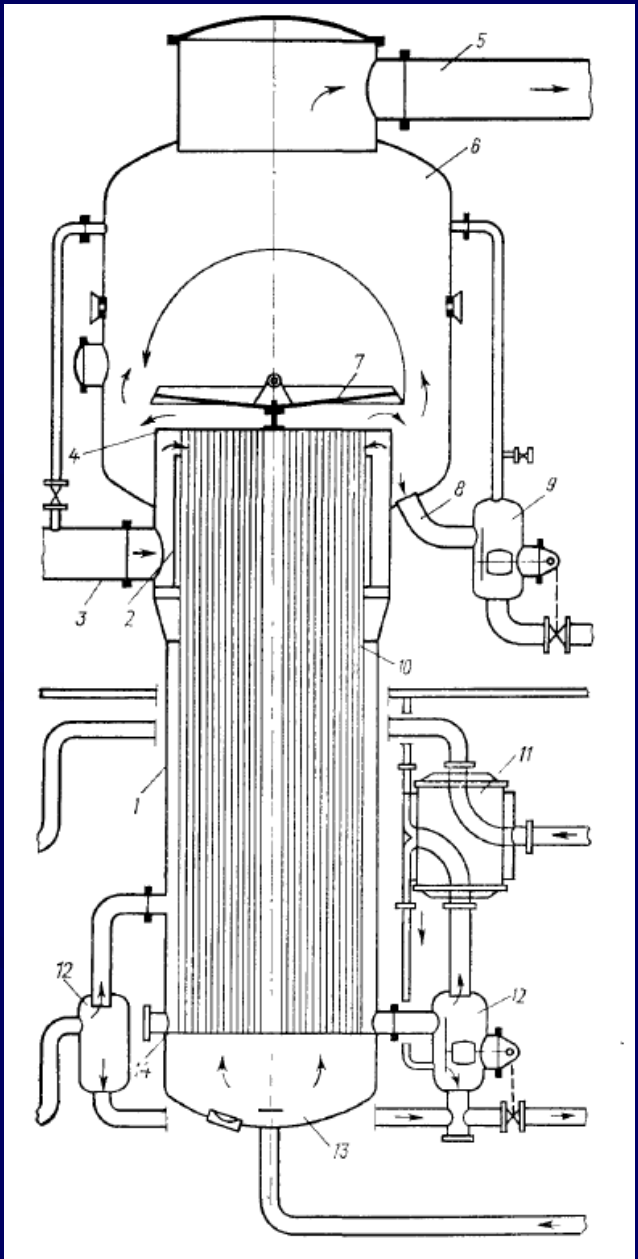
с выносным и с соосным сепаратором

По поверхности нагрева:

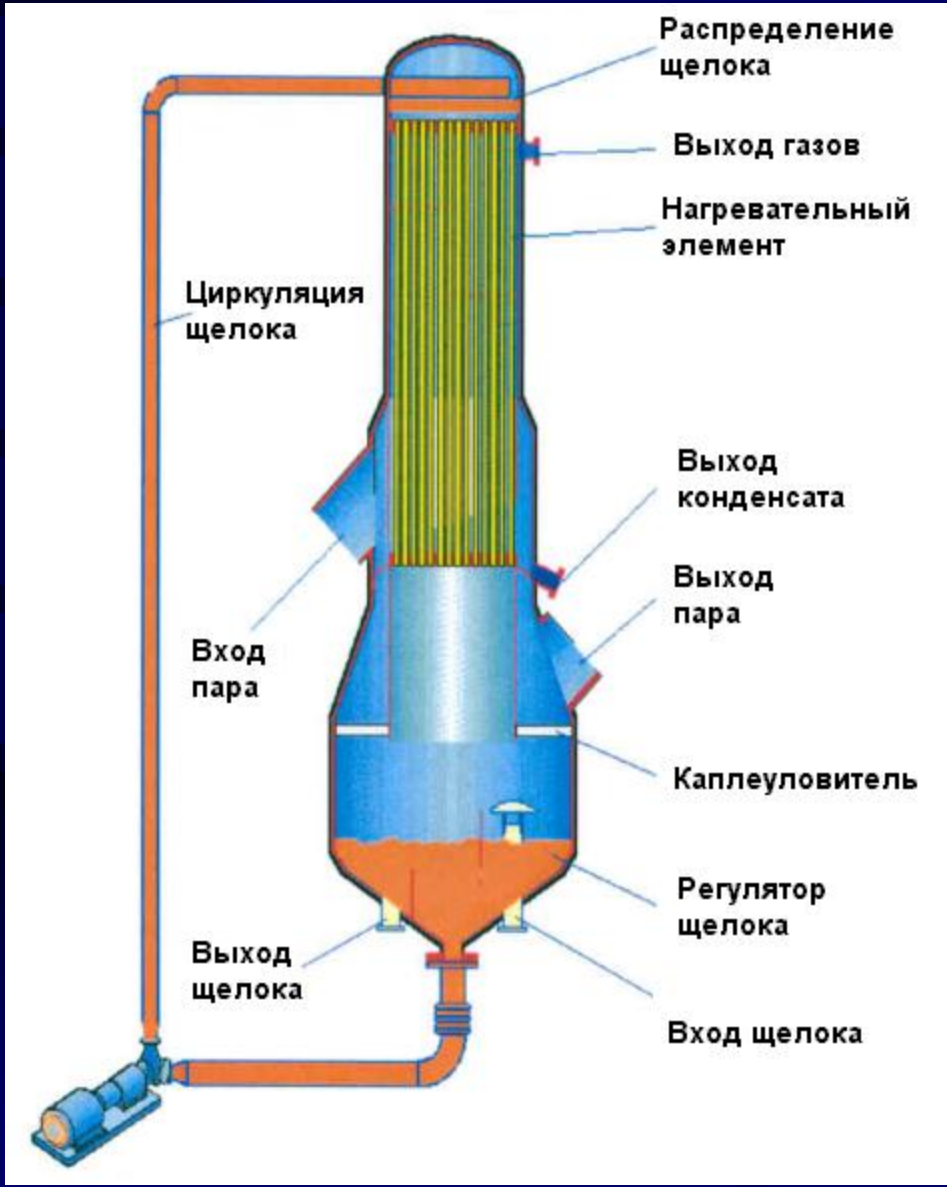
трубчатые и ламельные

Выпарной аппарат системы Розенблада

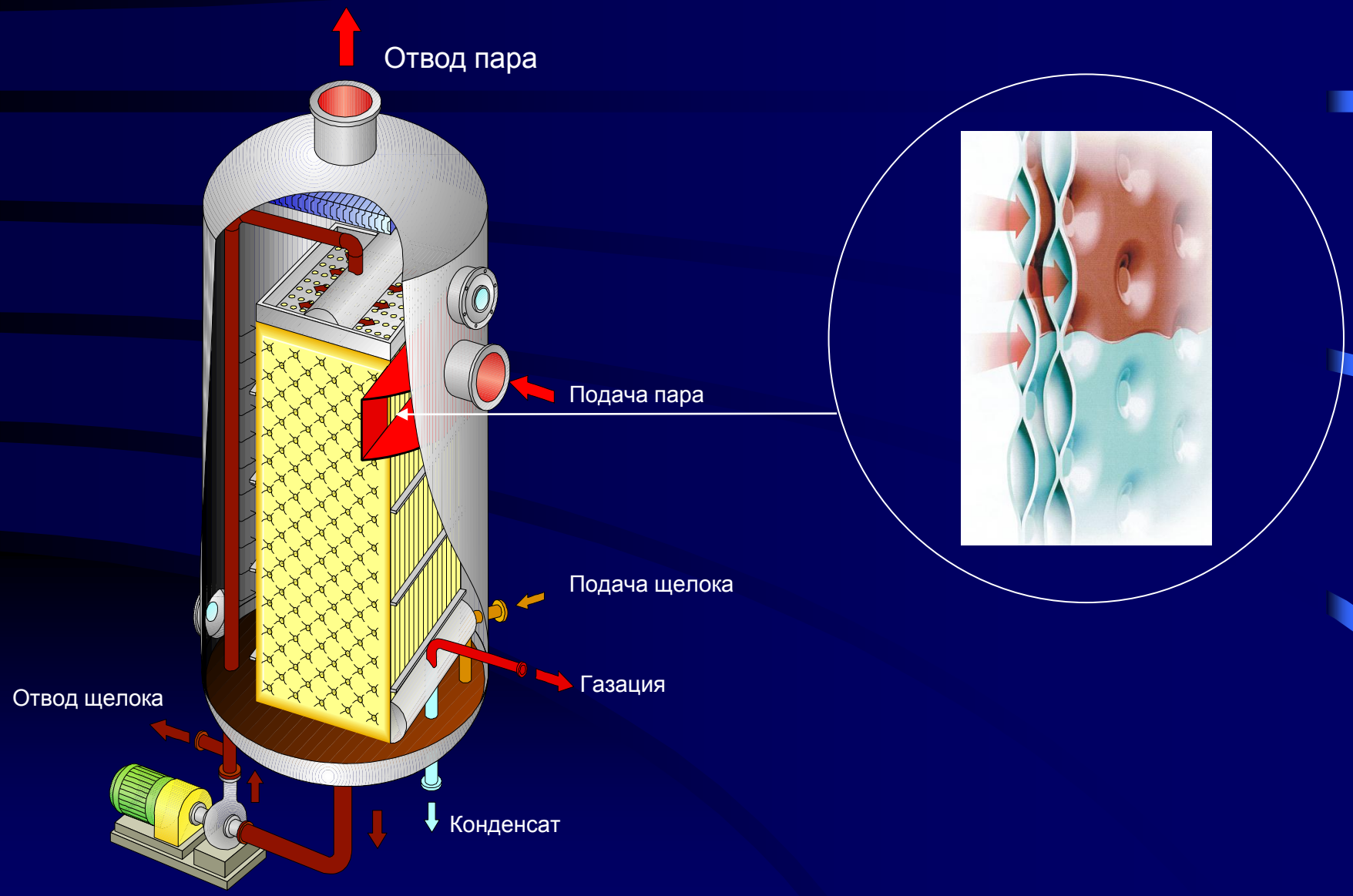
1 — кипятильный корпус; *2* — отражатель; *3* — ввод греющего пара; *4* — верхняя трубная решетка; *5* — отвод сокового пара; *6* — сепаратор; *7* — дефлектор; *8* — отвод для упаренного щелока; *9* — регулятор уровня; *10* — кипятильные трубы; *11* — спиральный теплообменник; *12* — конденсатоотводчик; *13* — нижняя щелоковая камера; *14* — нижняя трубная решетка



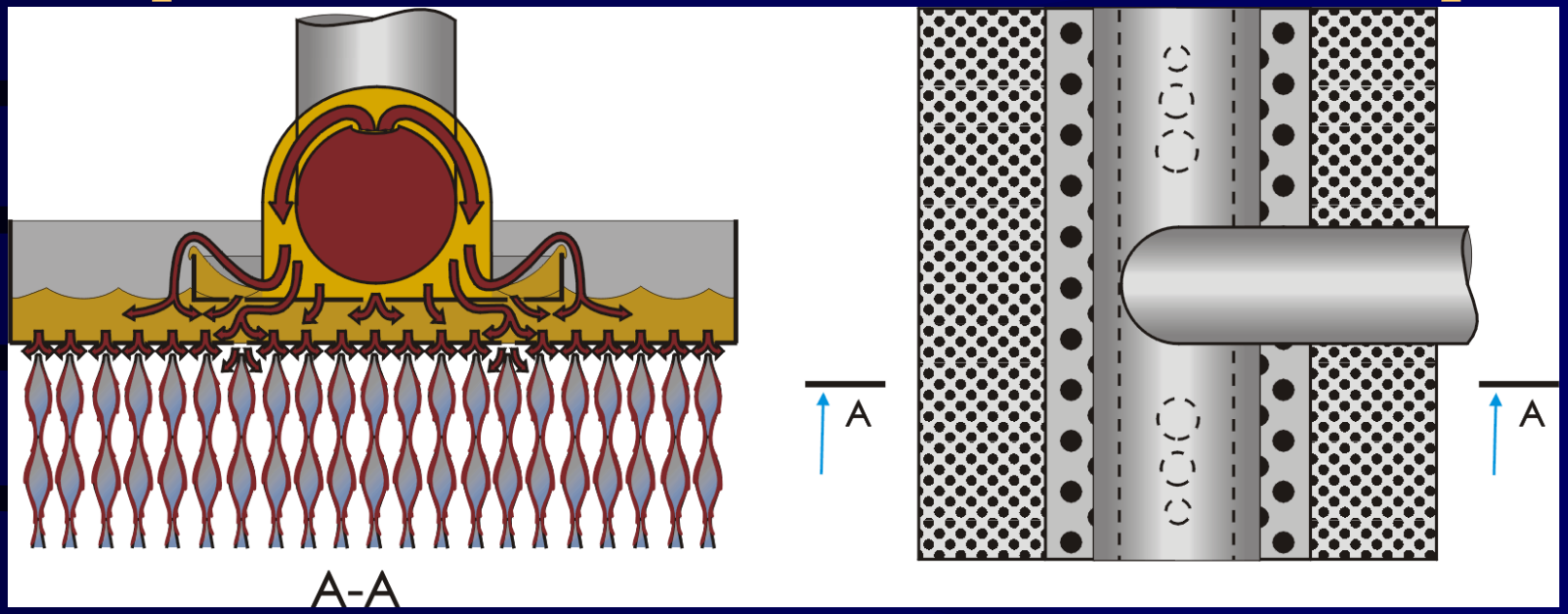
Трубчатый выпарной аппарат с падающей пленкой и принудительной циркуляцией

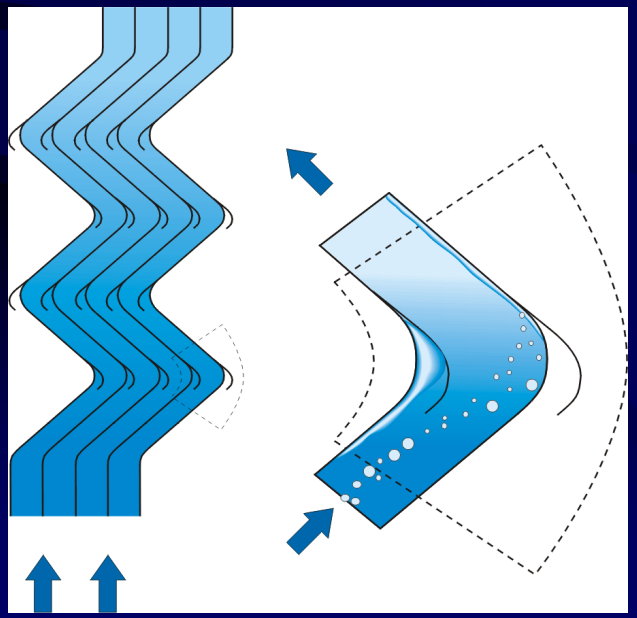


Ламельный выпарной аппарат (Andritz)



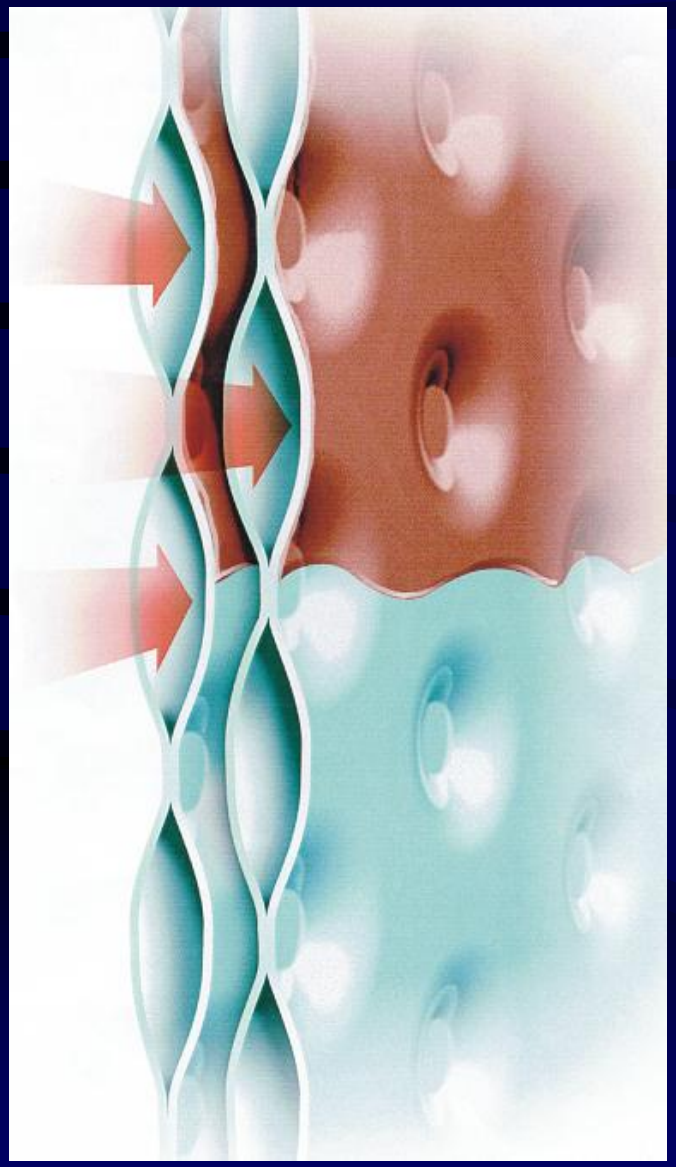
Распределение щелока в ламельном аппарате

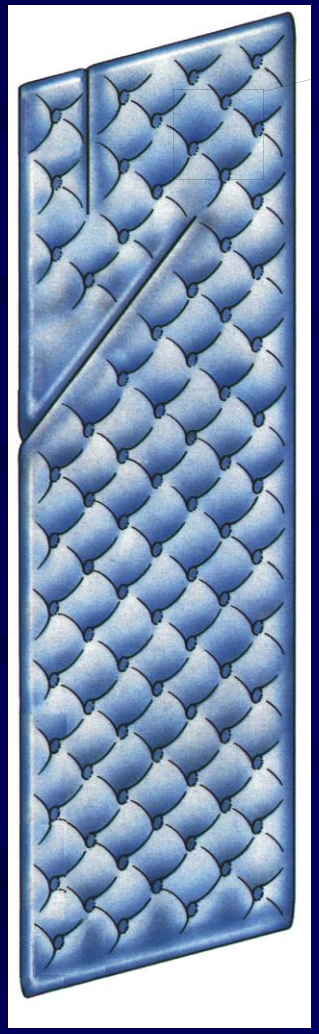


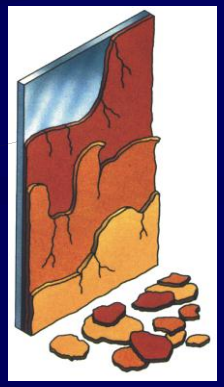


Отделение капель

Пластины выпарных аппаратов

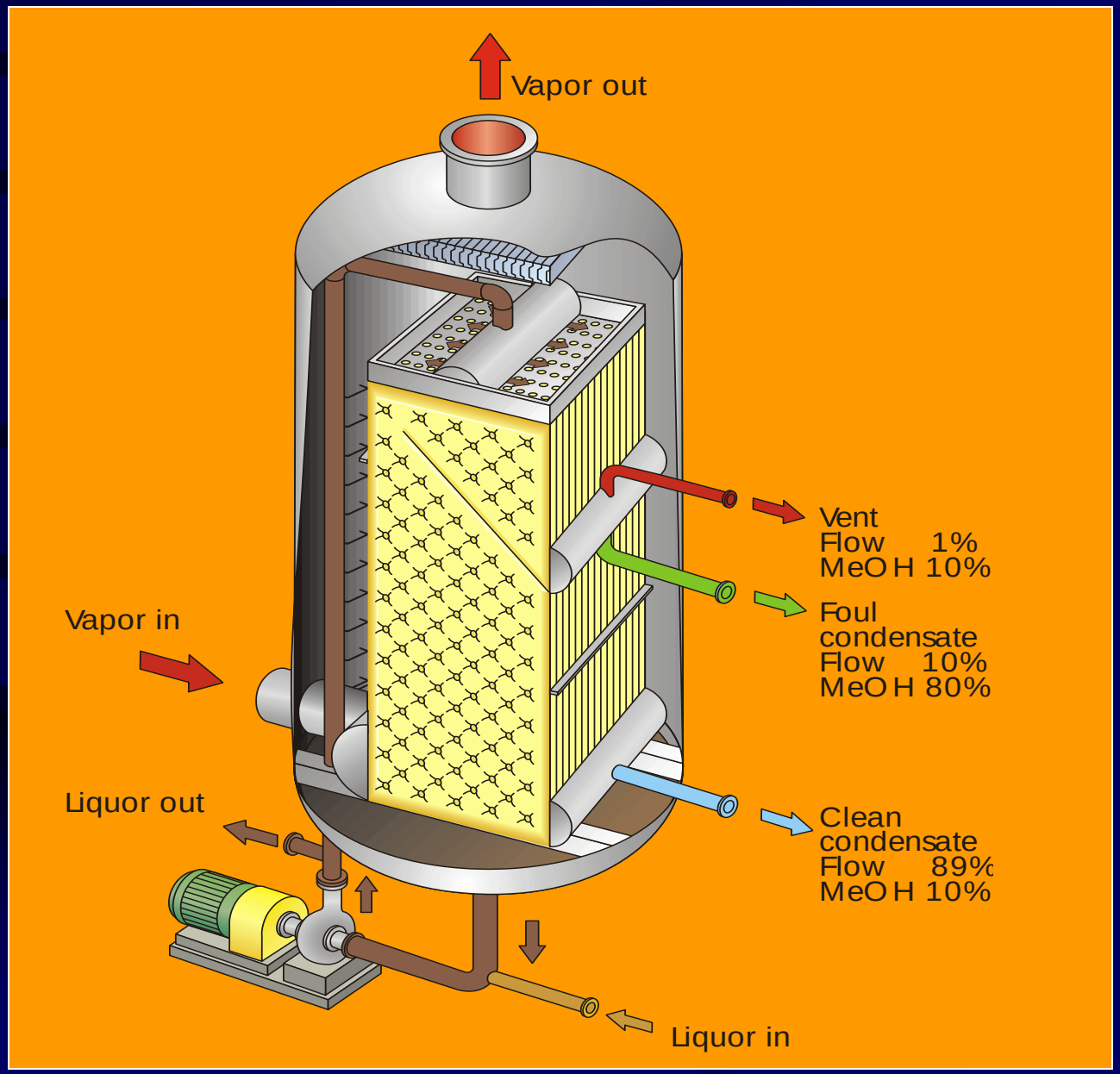




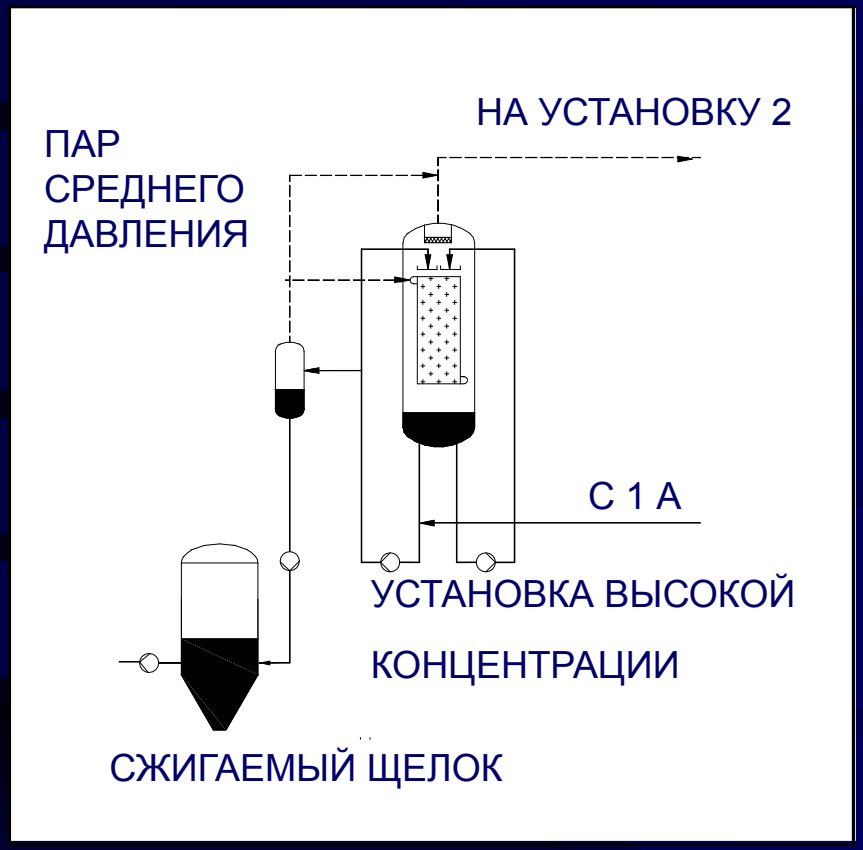


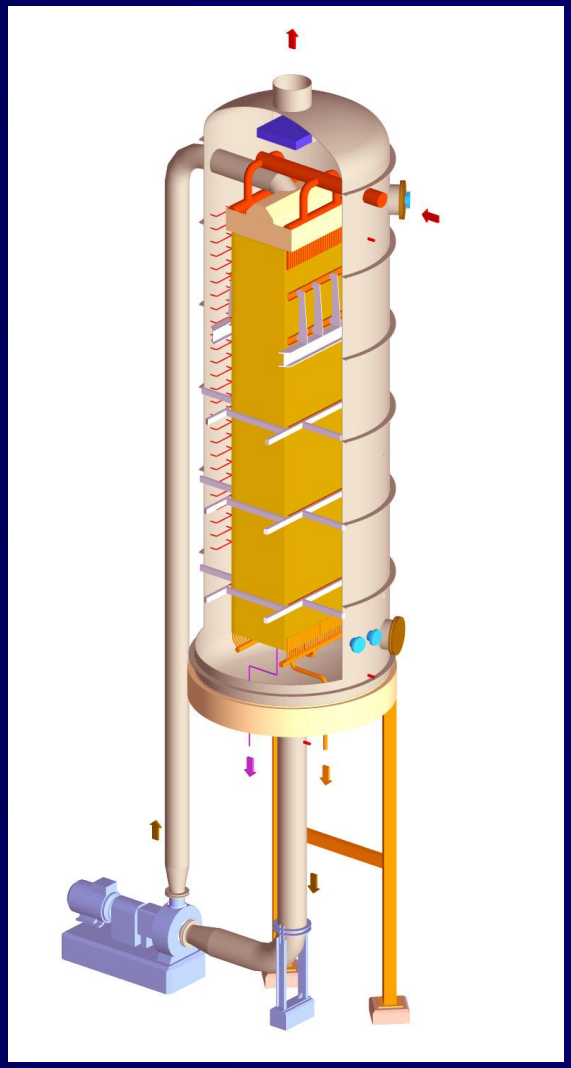
Легкость очистки

Разделение конденсатов

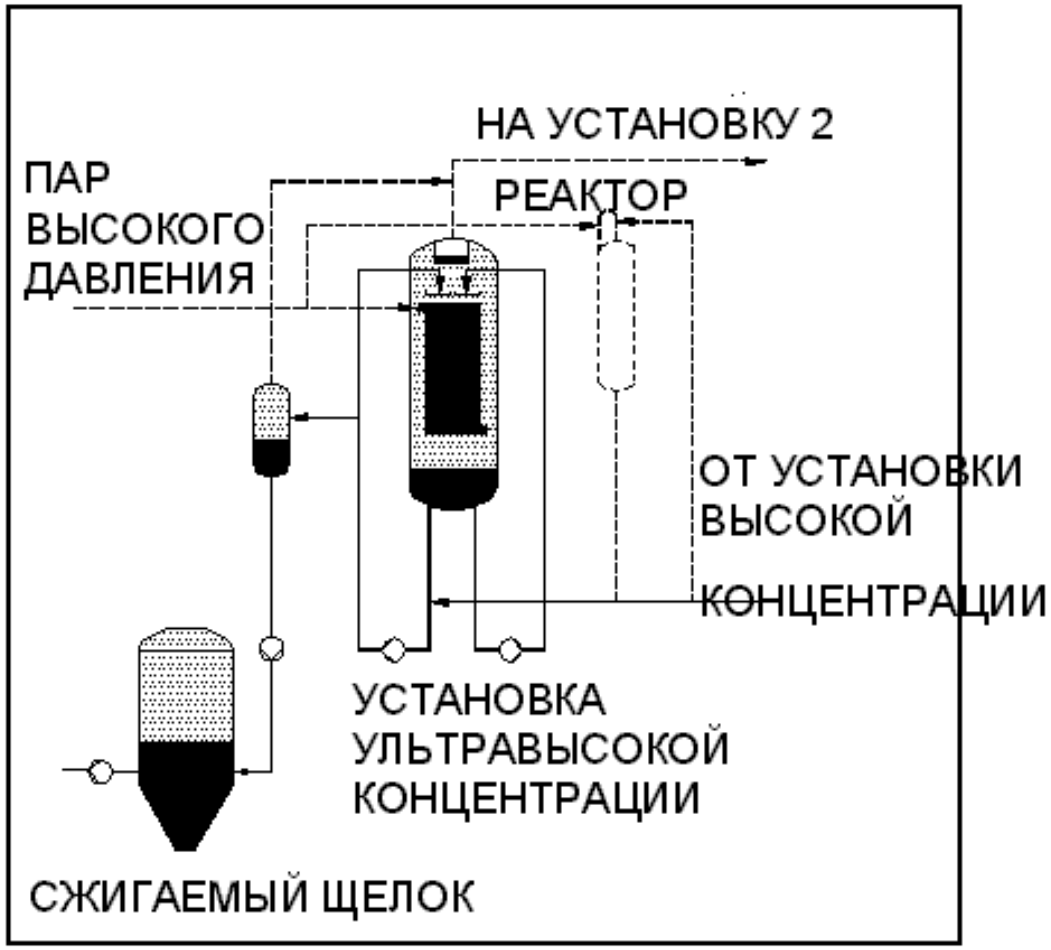


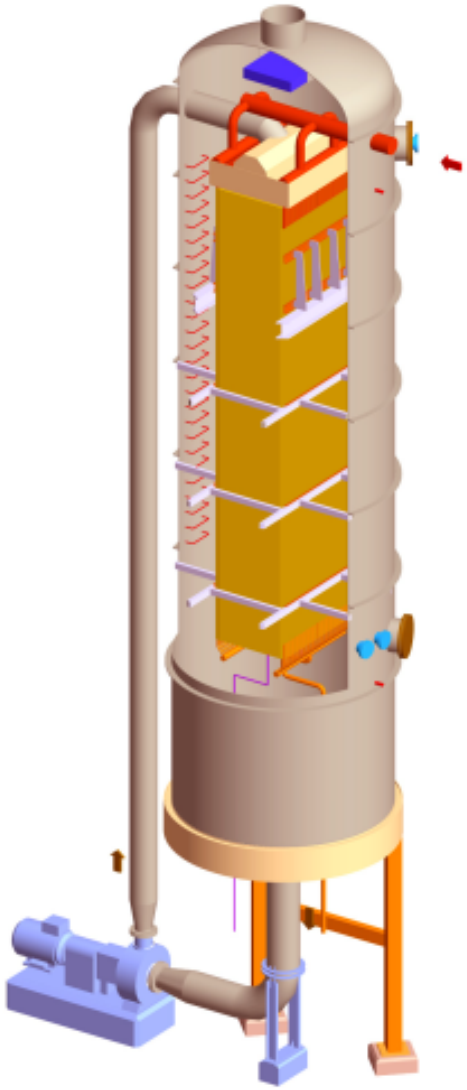
Выпаривание до высокого уровня содержания сухого вещества, 75…84%.





Выпаривание до ультравысогоко уровня содержания сухого вещества, 85…90 %



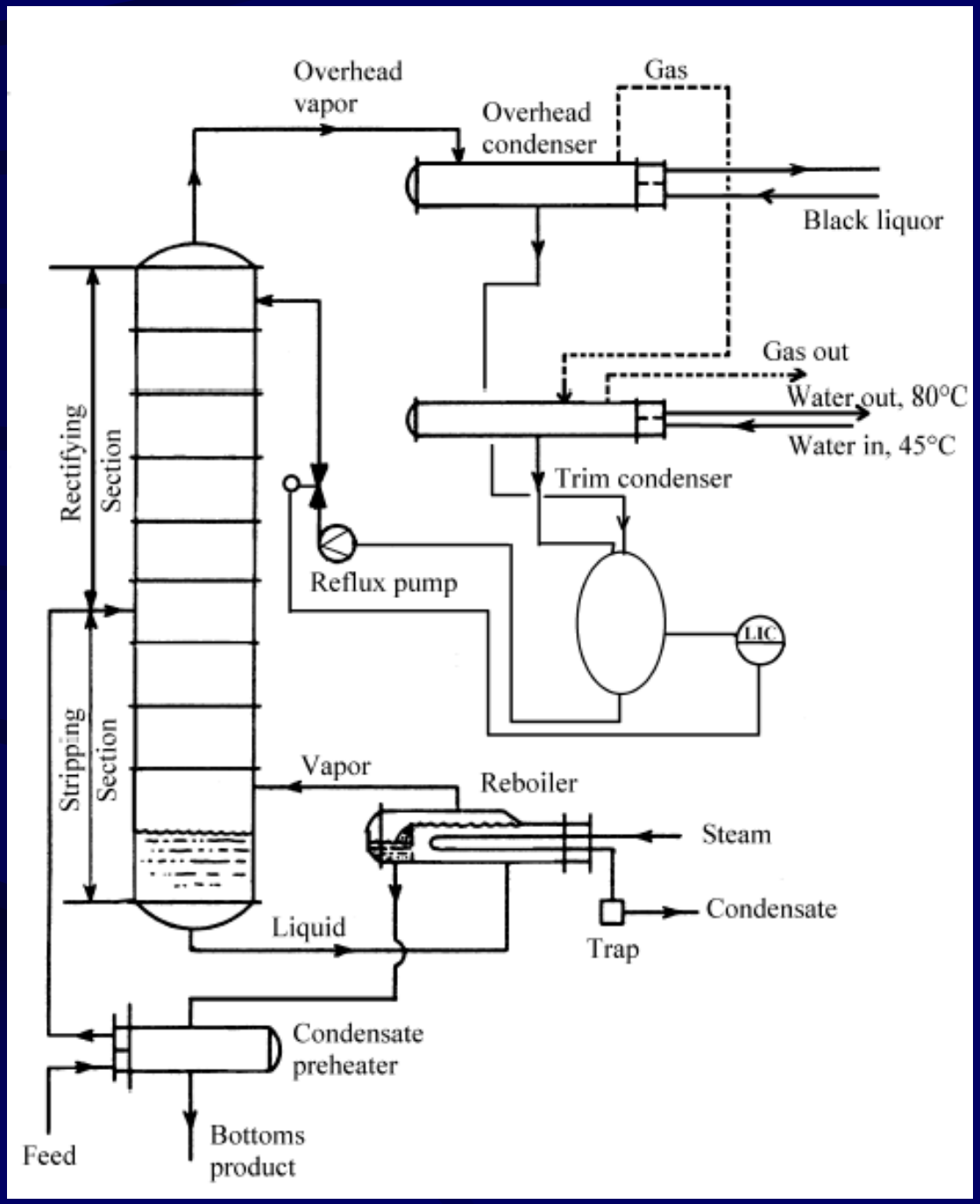


Выпарная станция завода Metsä-Rauma Oy, Finland

Metsä-Rauma Oy

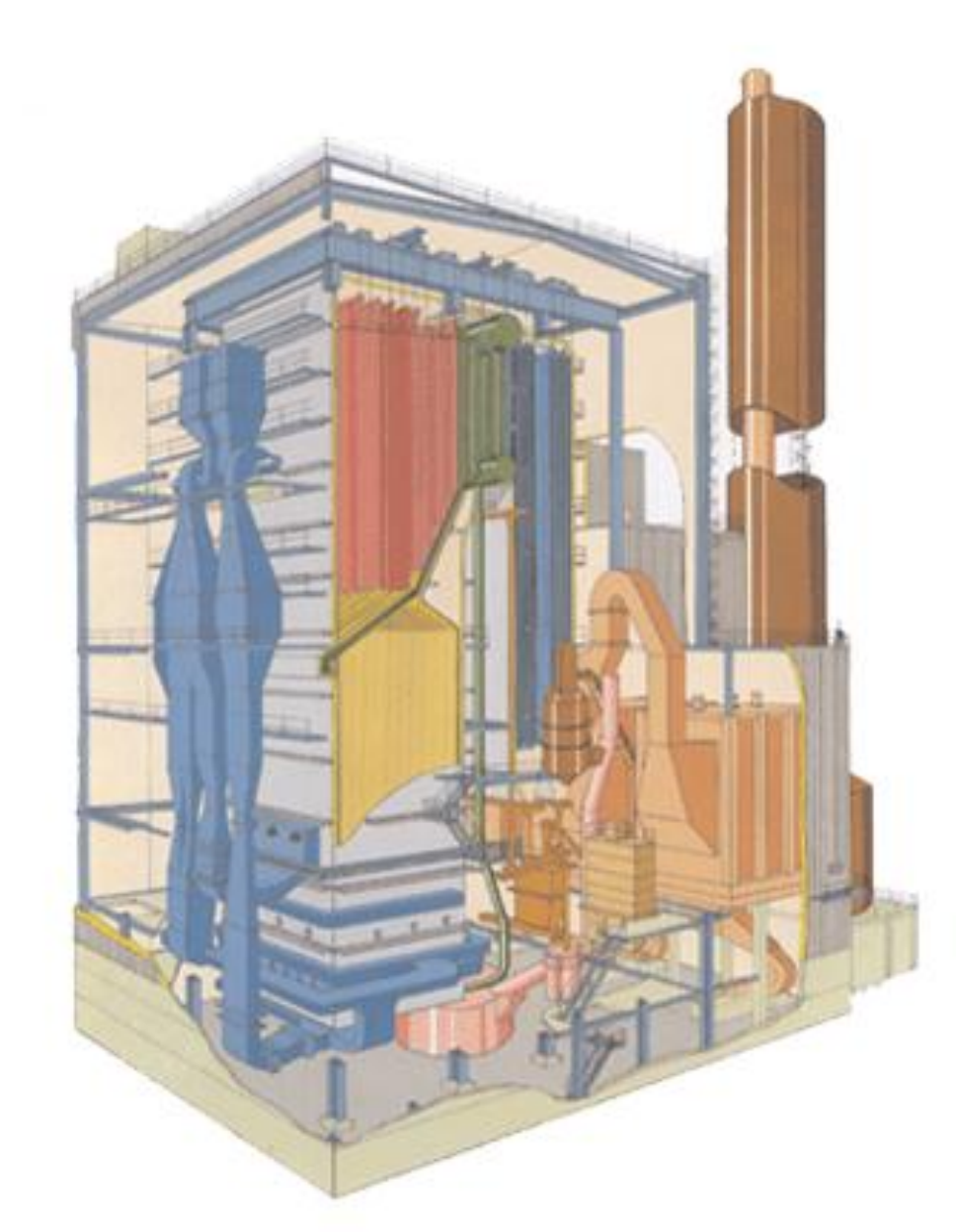
- **7-Effects**
- **Capacity** **742 t/h**
- **Feed liquor** **DS 15%**
- **Product liquor** **DS 80%**
- **Raw material** **Softwood**
- **Original delivery** **1996**

Очистка газовых выбросов выпарной станции

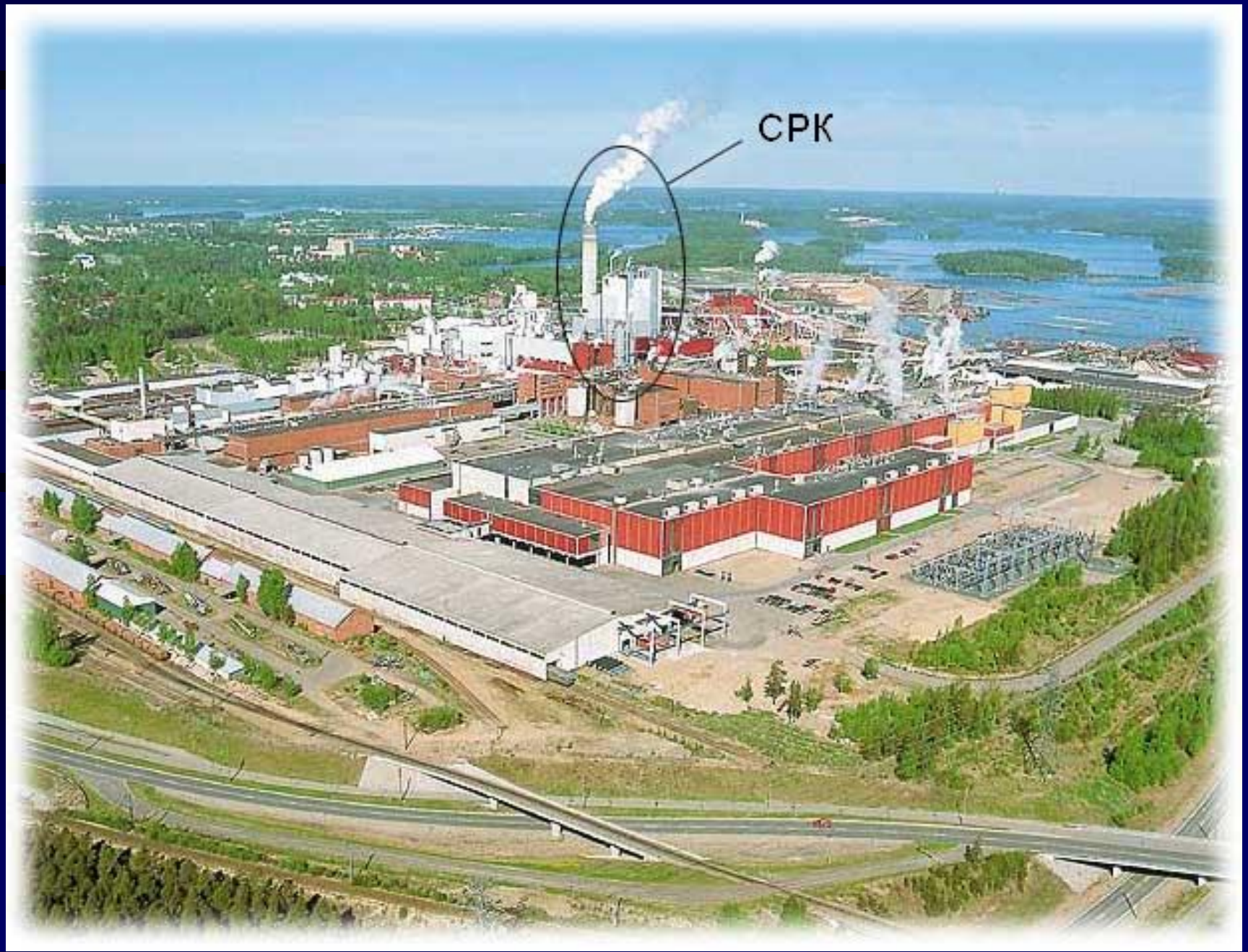


Функции СРК

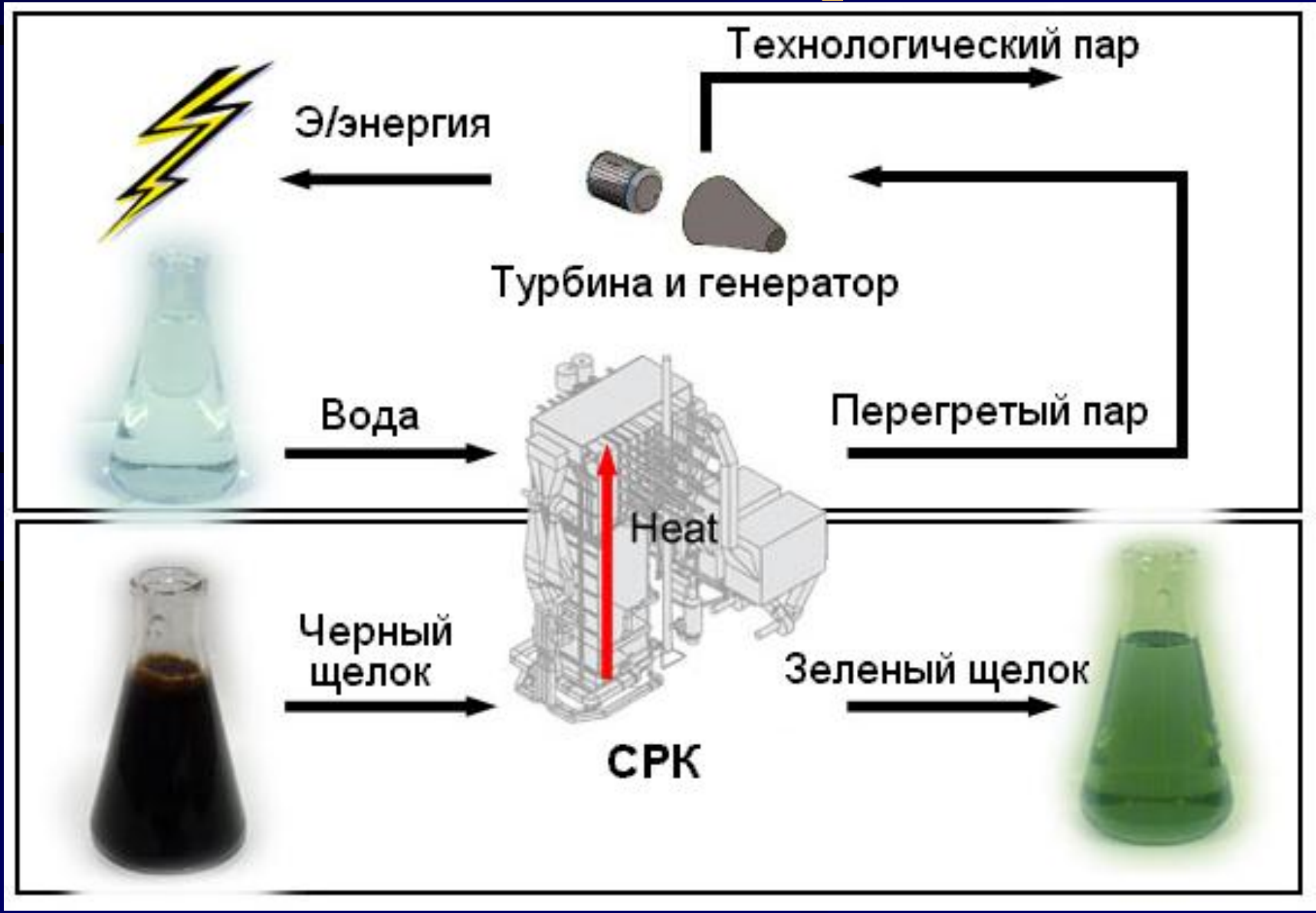
- Регенерация варочных химикатов
- Сжигание органики в экологических целях
- Получение тепла и энергии



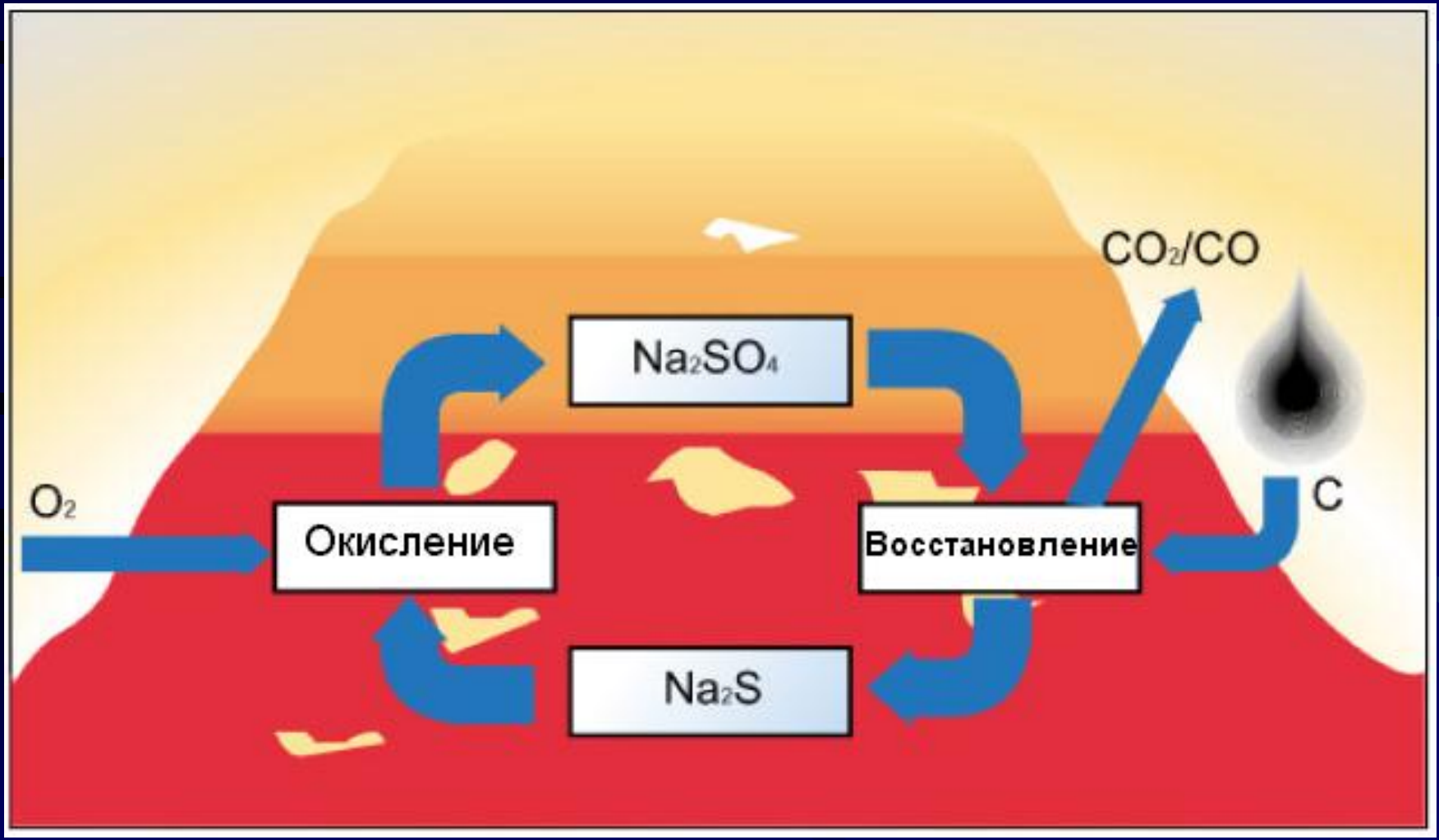
СРК в составе ЦБК



Использование энергии СРК



Окисление и восстановление серы в СРК



Теория сжигания чёрного щелока

Черный щелок $+Na_2SO_4$

Дымовые газы

Сушка щелока

$2NaOH+CO_2=Na_2CO_3+H_2O$

$Na_2S+CO_2+H_2O=Na_2CO_3+H_2S$

$2H_2S+3O_2=2SO_2+2H_2O$

$4NaOH+2SO_2+O_2=2Na_2SO_4+2H_2O$

Огарок

Дымовые газы

Вторичный воздух

Пиролиз органики (150-200^oC). Образование метанола ацетона, метана, фенола

Кокс

Дымовые газы

Выжигание кокса

$C+O_2=CO_2$

$Na_2SO_4+2C=Na_2S+2CO_2-Q$

$Na_2SO_4+4C=Na_2S+2CO-Q$

$Na_2S+2O_2=Na_2SO_4$

Первичный воздух

Плав

КПД СРК

Общее количество тепла Q, получаемое при сжигании щелока расходуется на:

Q_1 – на испарение воды из щелока
Q_2 – на восстановление сульфата
Q_3 – на плавление минеральной части
Q_4 – физическое тепло плава
Q_5 – на выработку пара
Q_6 – неполнота сгорания
Q_7 – потери тепла с дымовыми газами
Q_8 – потери тепла с теплоотдачей

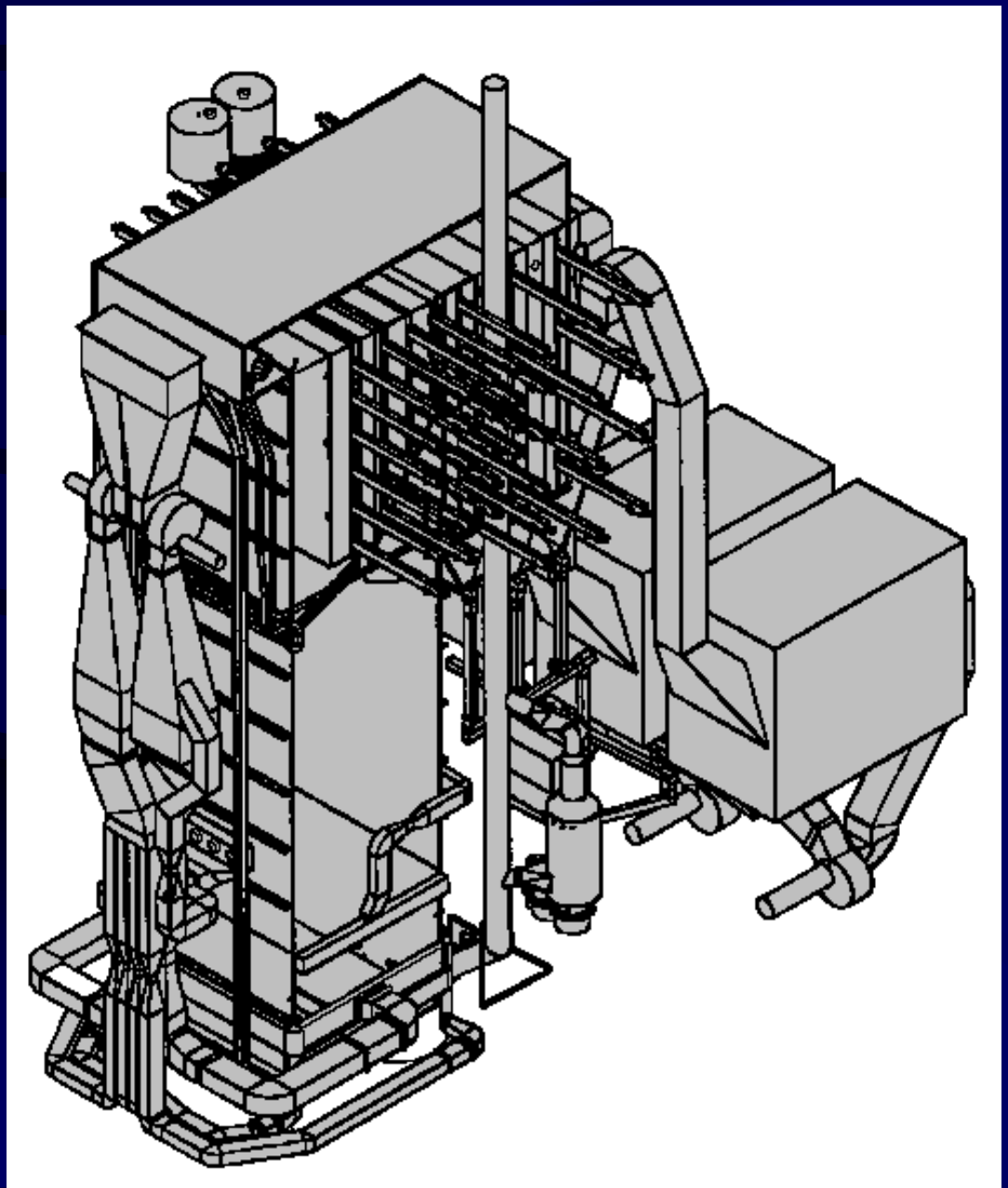
Теплотехнический КПД

$\eta_1=Q_5/Q\ 100\%$; $\eta_1=68\ldots72\%$

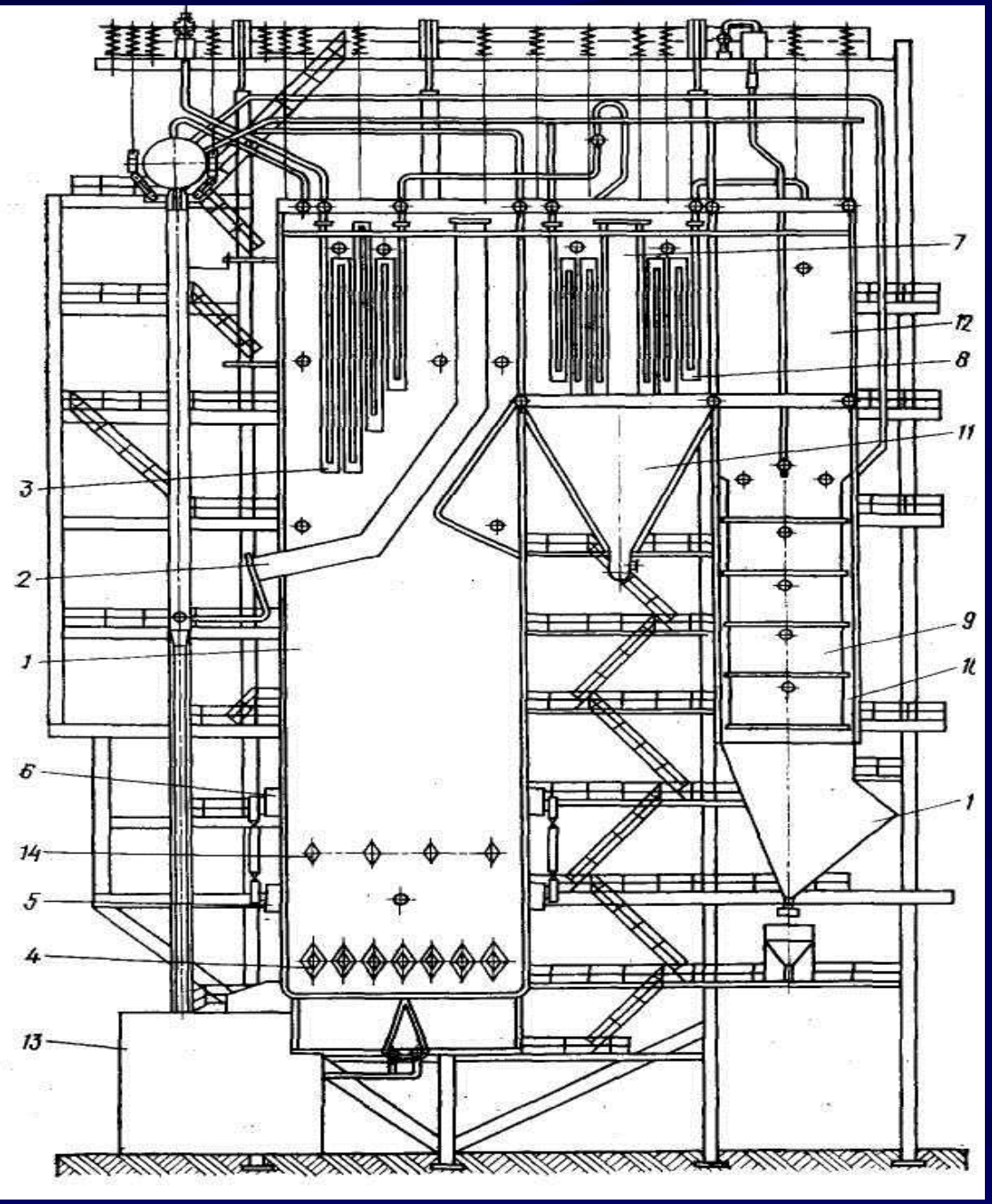
Технологический КПД

$\eta_2=(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5)/Q\ 100\%$;
$\eta_2=89\ldots91\%$

Содорегенерационный котлоагрегат

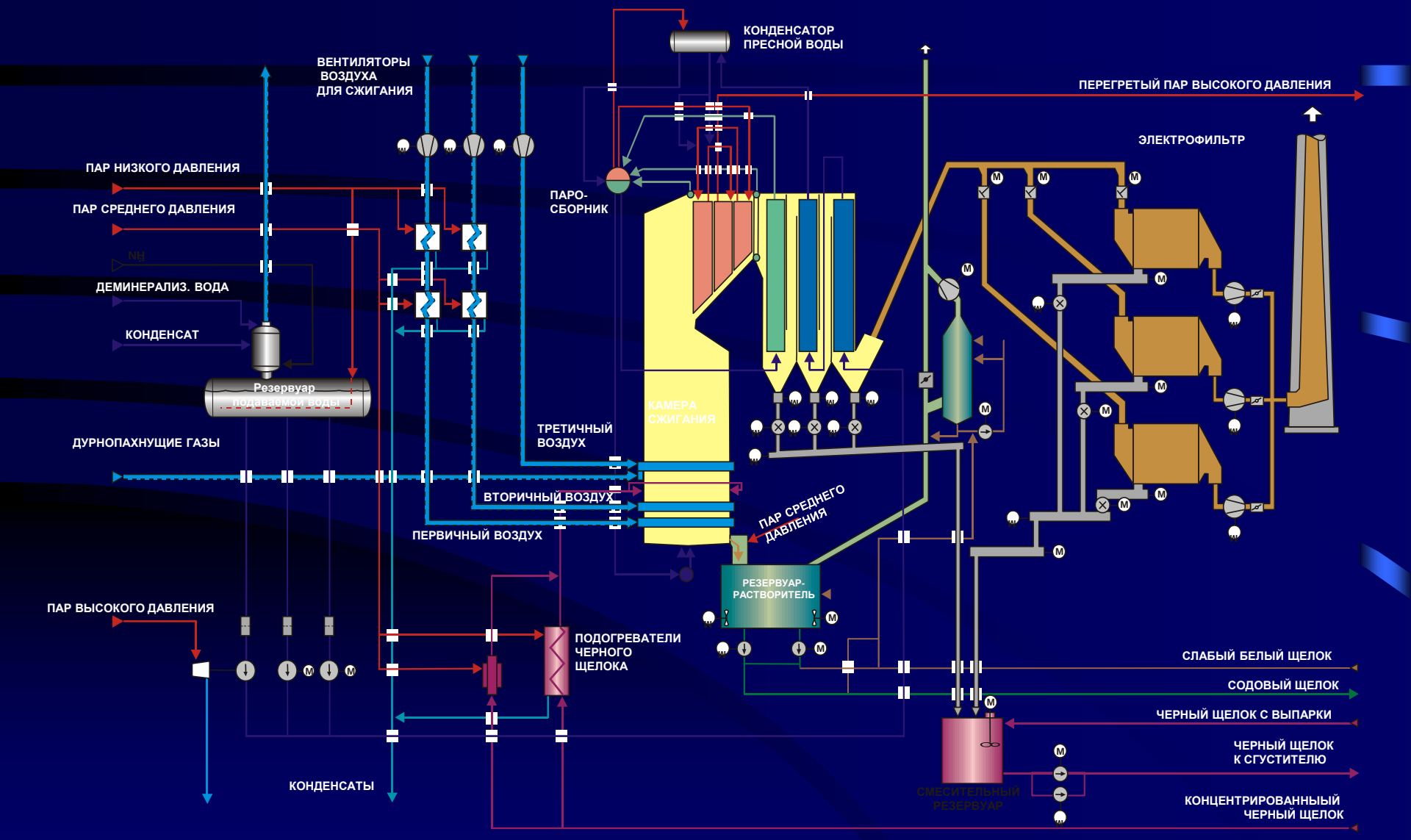


Устройство СРК

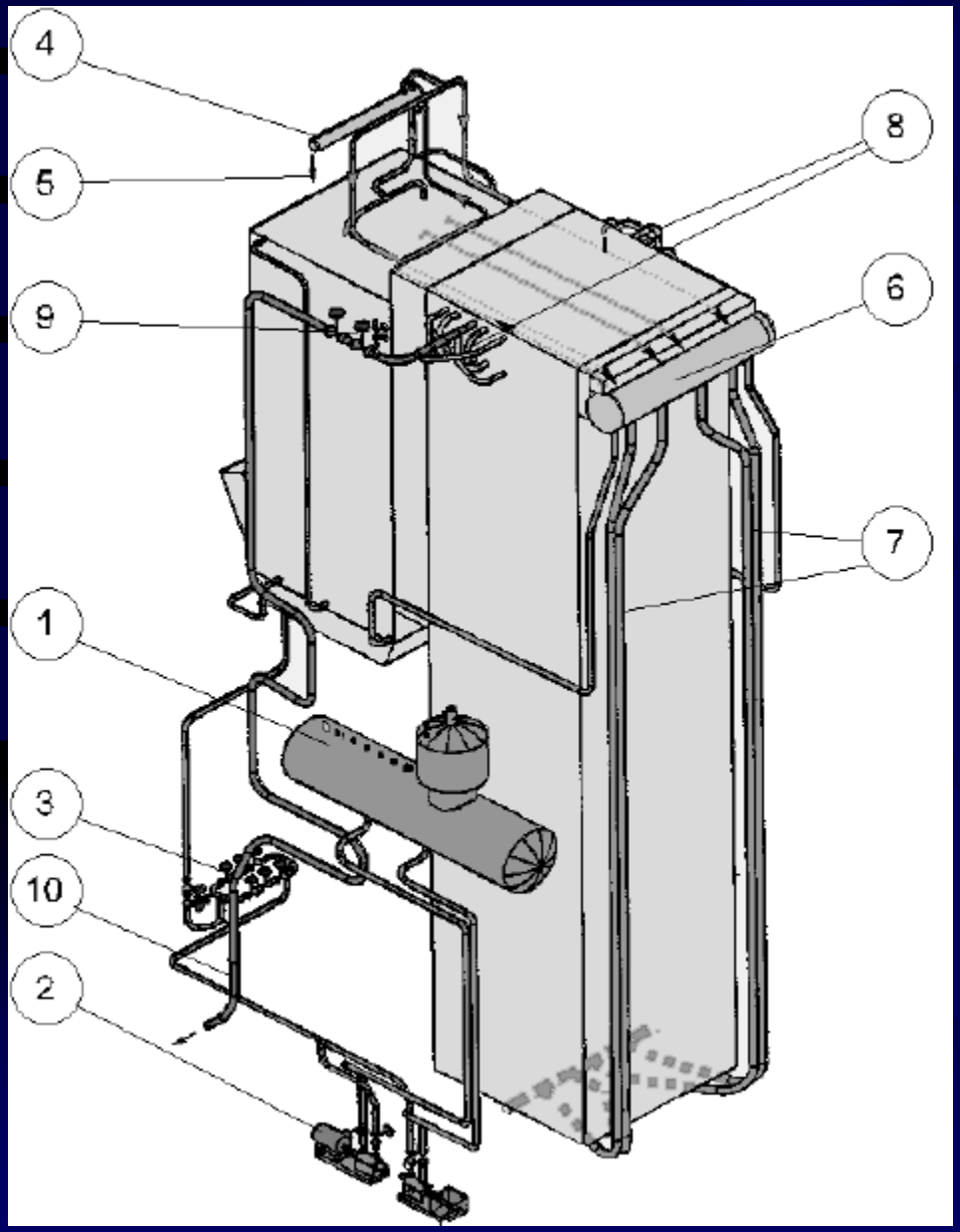


1 - топка;
2 - защитный фестон;
3 - пароперегреватель;
4 - фурмы первичного воздуха;
5 - фурмы вторичного воздуха;
6 - фурмы третичного воздуха;
7 - переходной газоход;
8 - воздухоподогреватель II ступени;
9 - воздухоподогреватель Iступени;
10 - конструктивная шахта;
11 - бункера для улавливания уноса;
12 - водяной экономайзер;
13 - растворитель плава;
14 - форсунки для подачи черного щелока

СРК – схема потоков



Система циркуляции воды в СРК



1 – Емкость питательной воды

2 – насос питательной воды

3 – трубы и клапаны питательной воды

4 – конденсатор

5 – сепаратор для отделения пара

6 – барабан

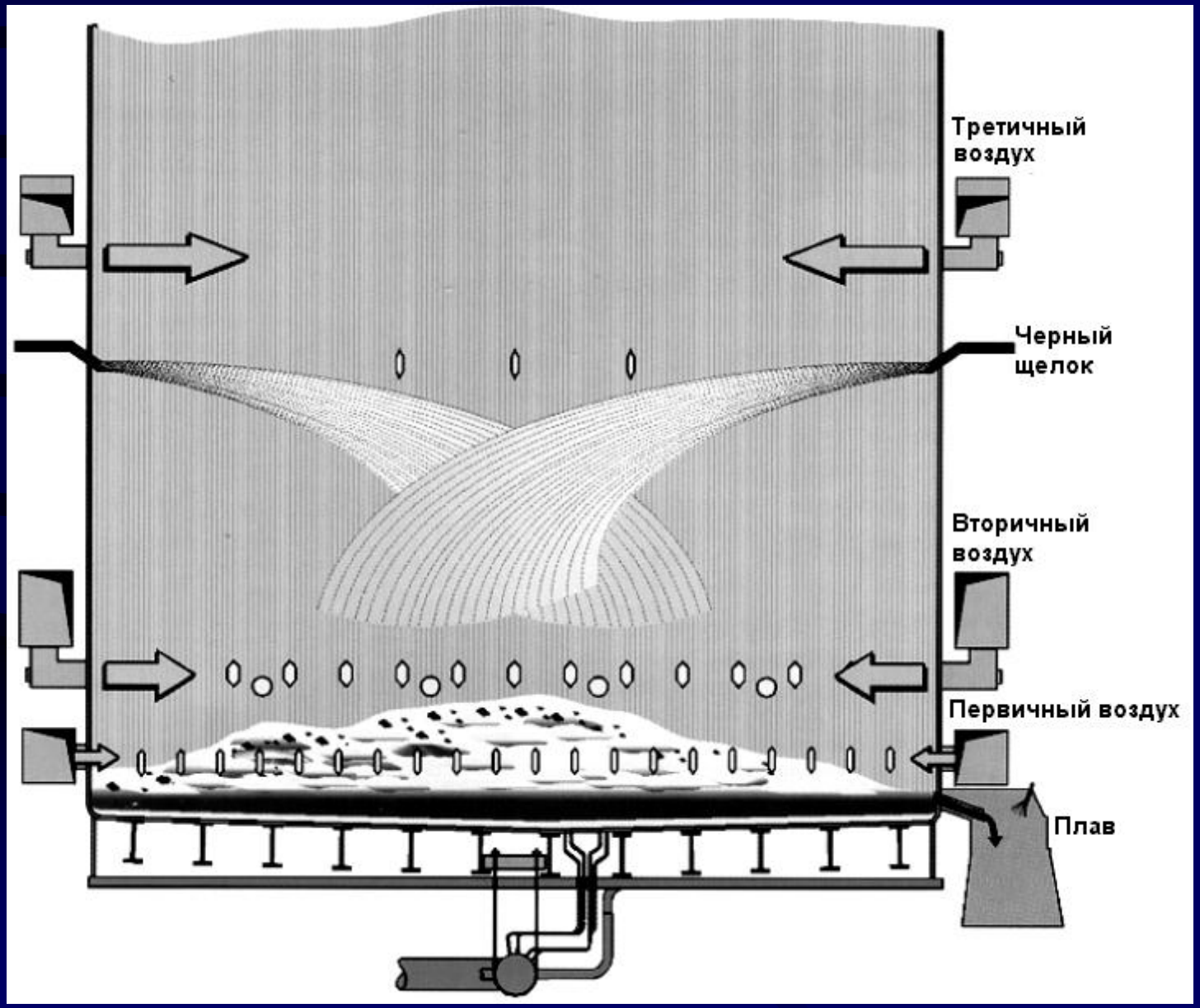
7 – трубы вниз

8 – пароперегреватель

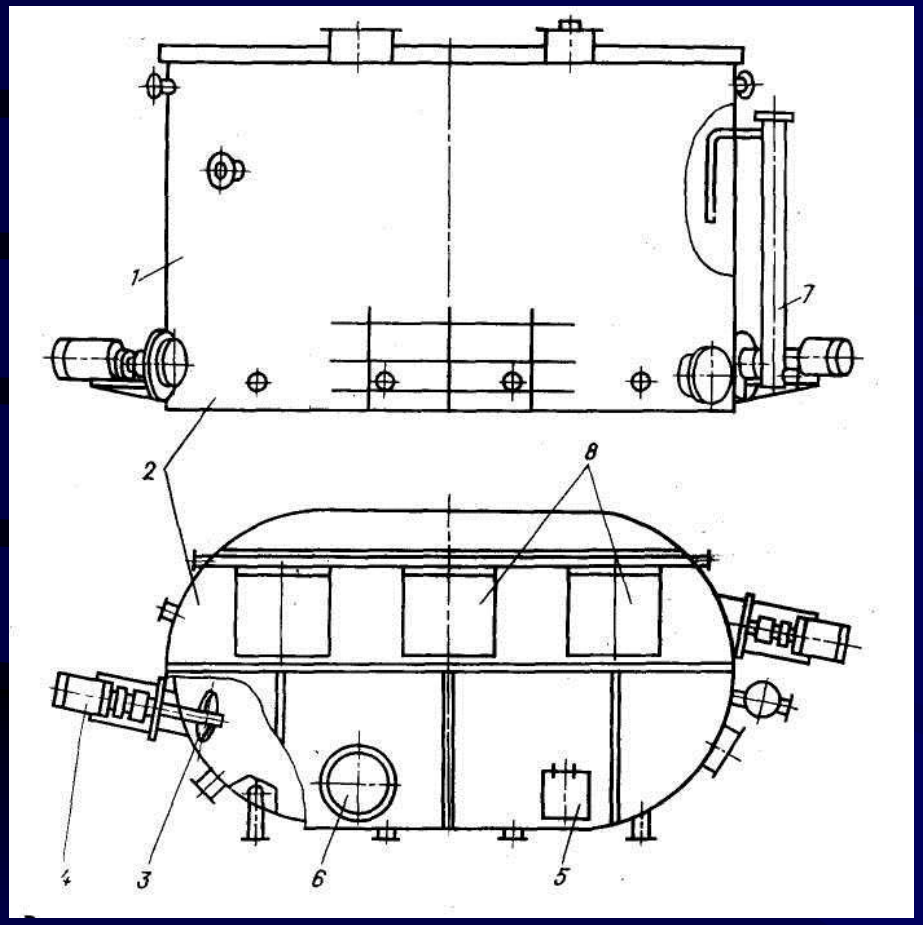
9 – контрольный клапан пара

10 – пар к турбине

Подача воздуха в топку СРК



Растворитель плава



1 - корпус;
2 - крышка;
3 - устройство перемешивающее;
4 - привод;
5 - люк;
6 - штуцер вытяжной;
7 - бачок для установки датчика плотности;
8 - отверстия для подачи плава

Схема отдела каустизации сульфат-целлюлозного завода, оборудованная отстойниками

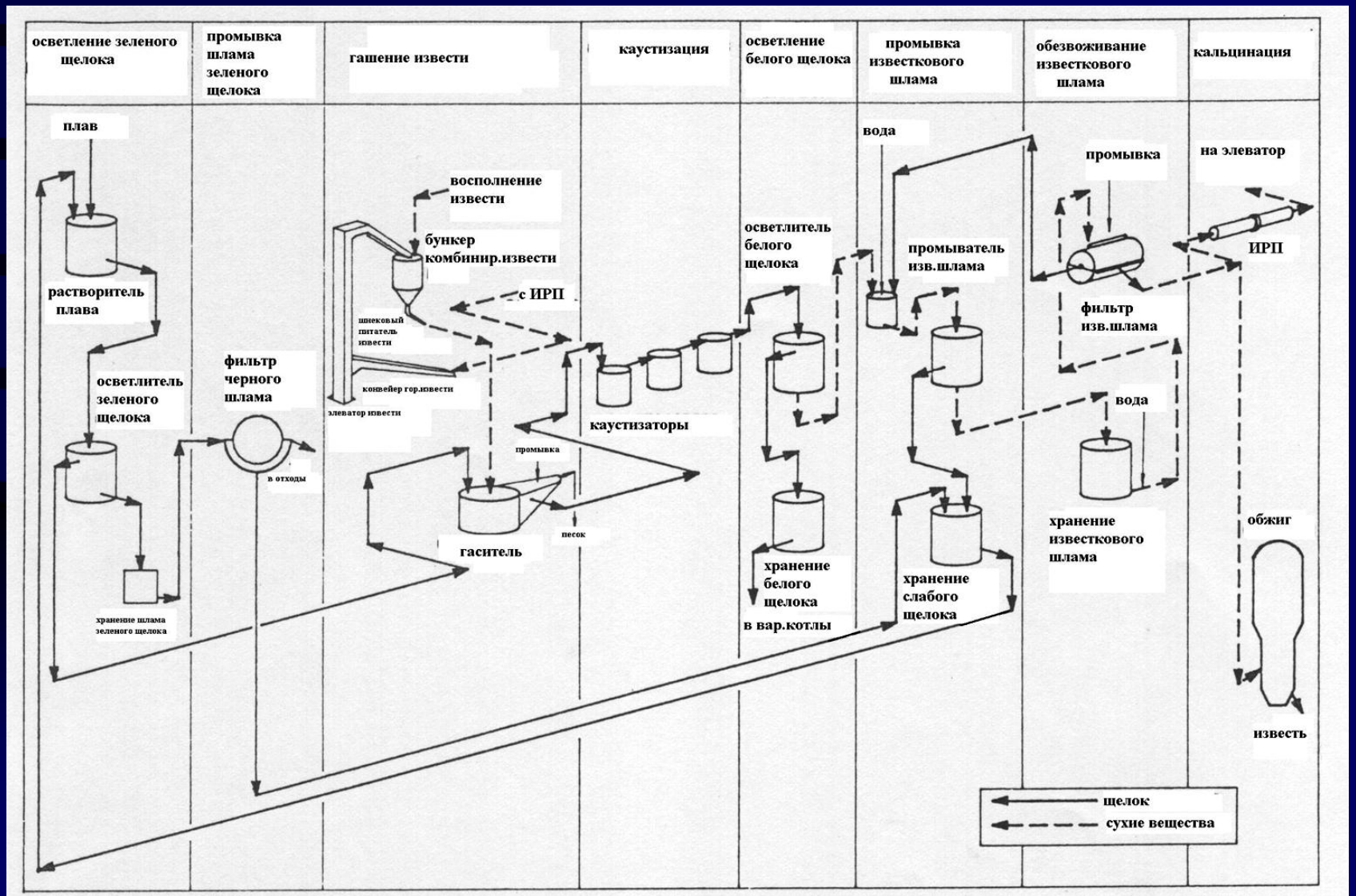
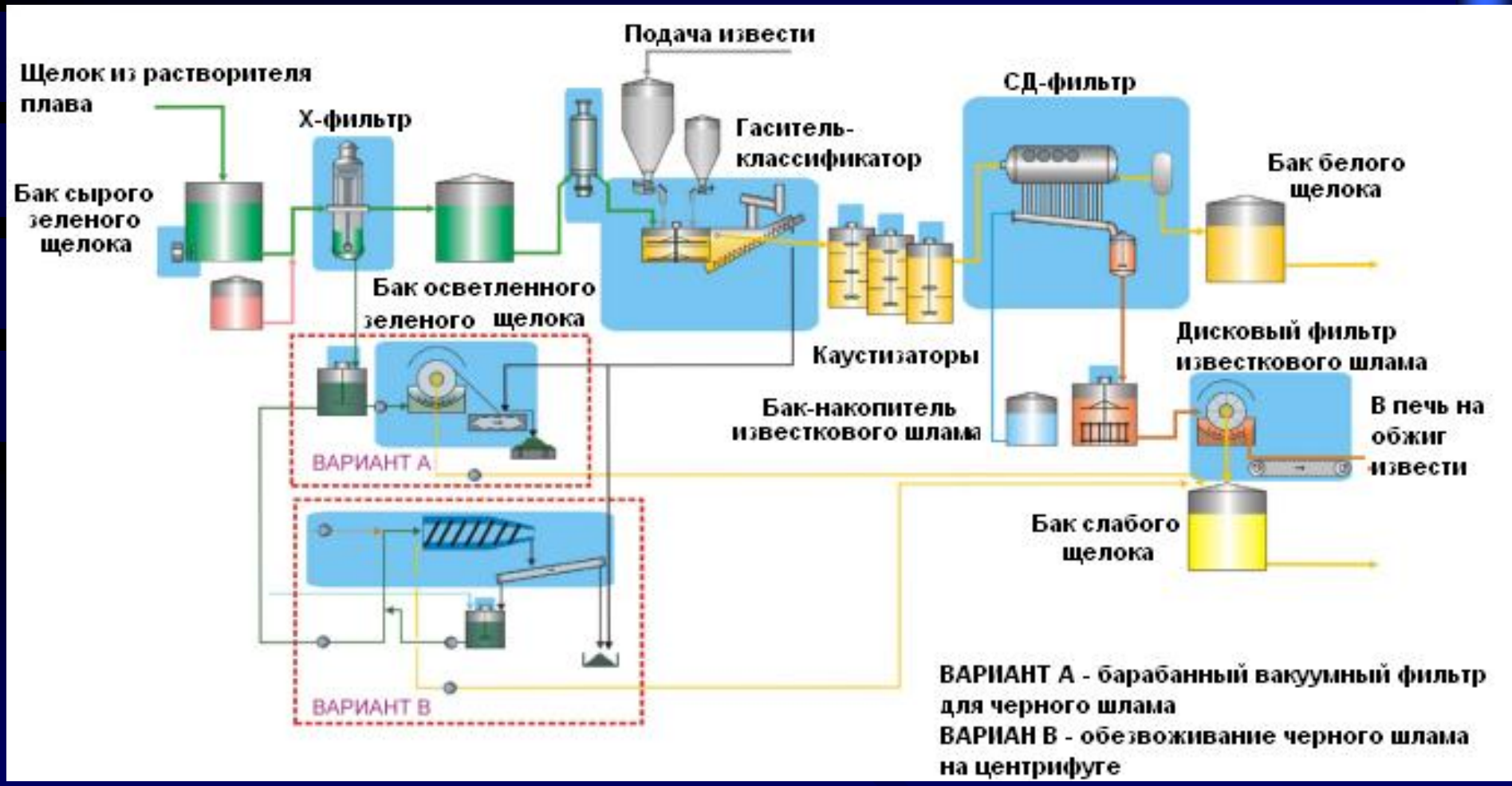
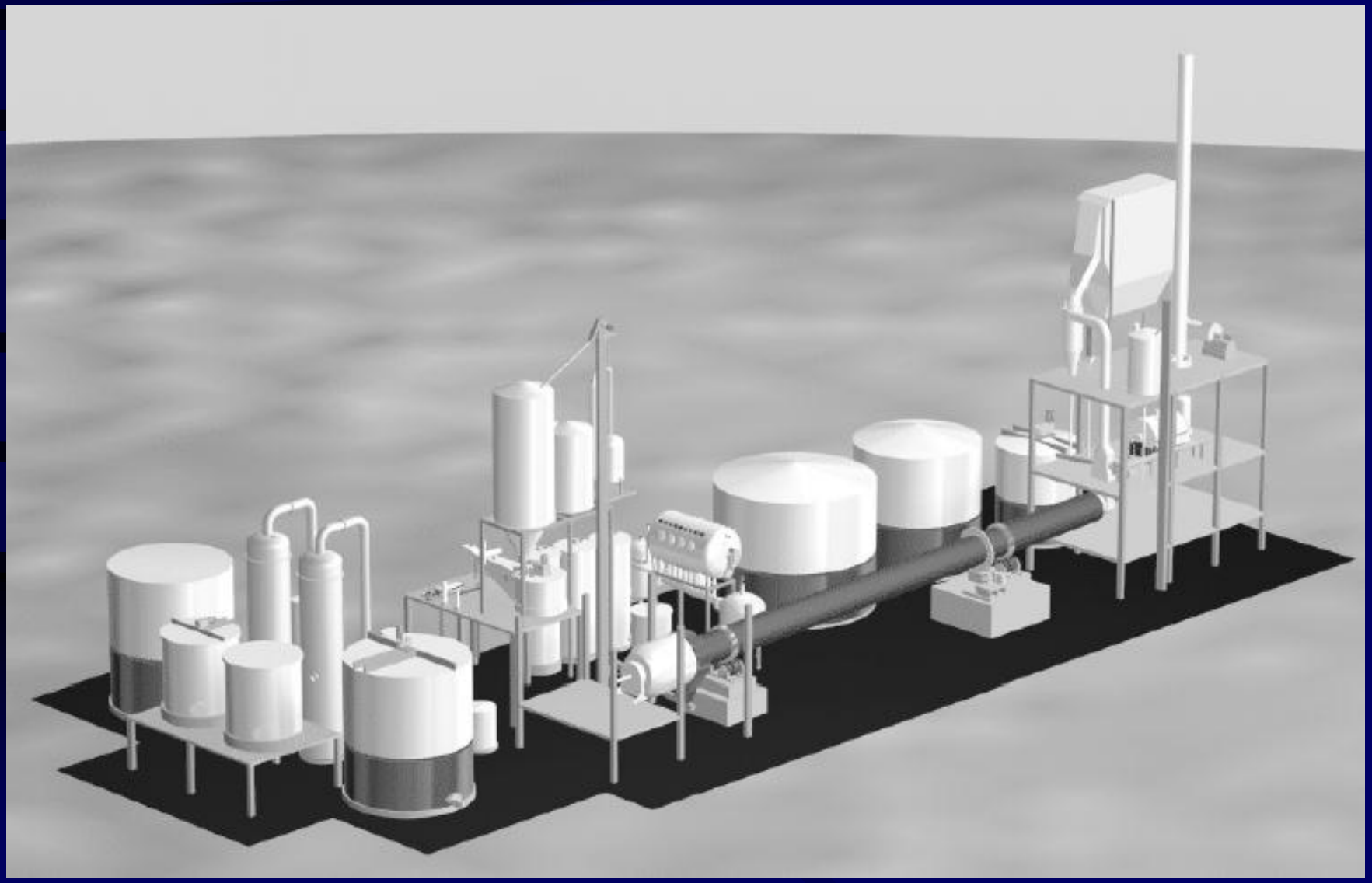


Схема отдела каустизации сульфат-целлюлозного завода, оборудованная Х-фильтрами и дисковыми фильтрами

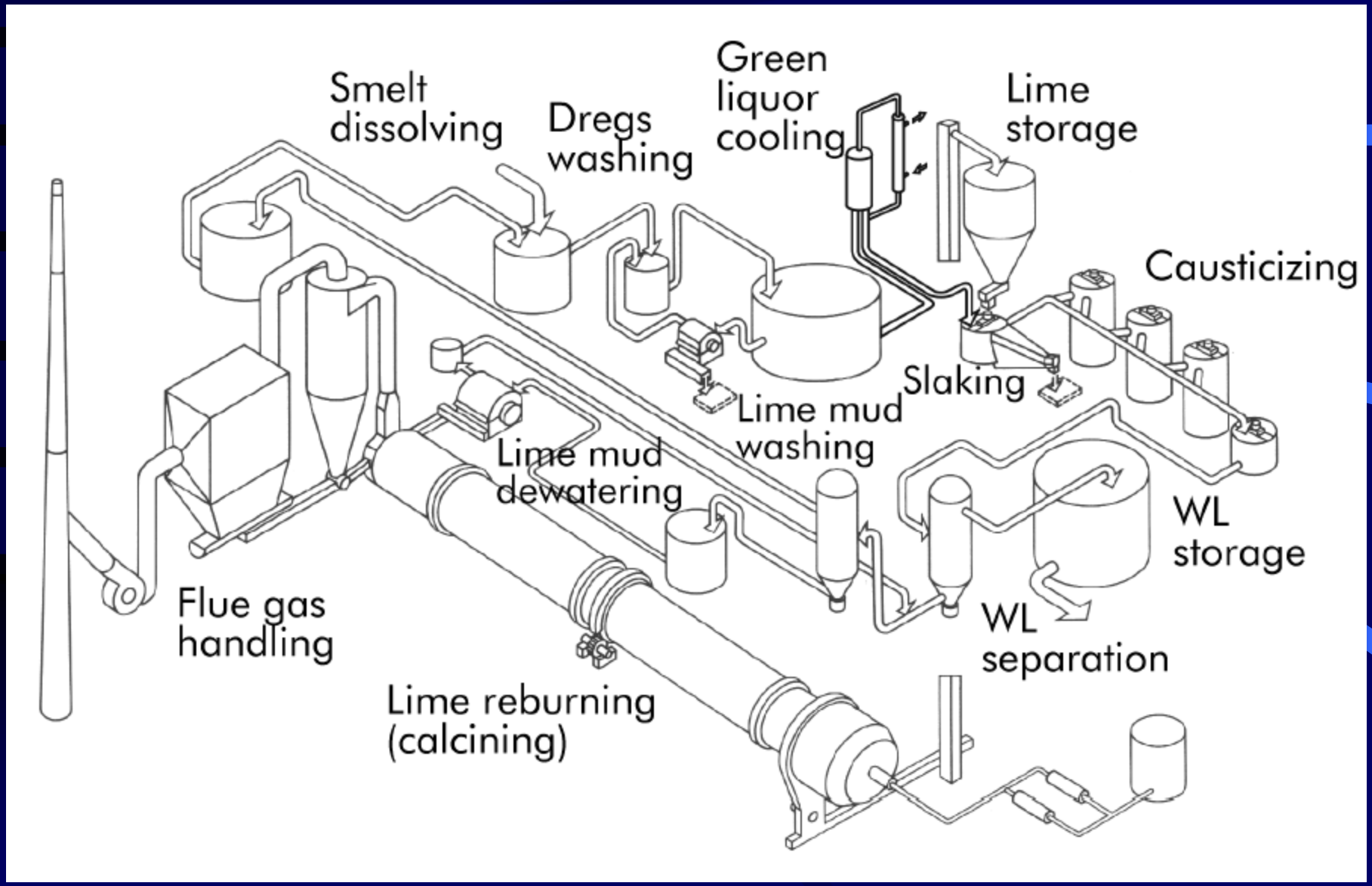


Современный ЦКРИ

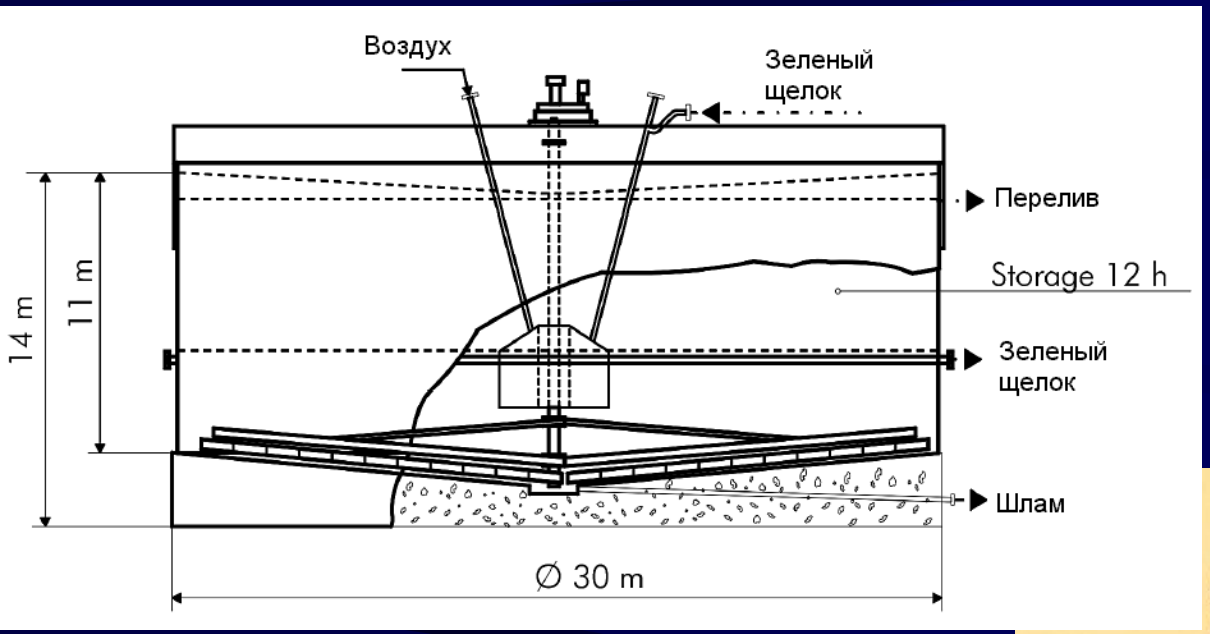
Модель ЦКРИ

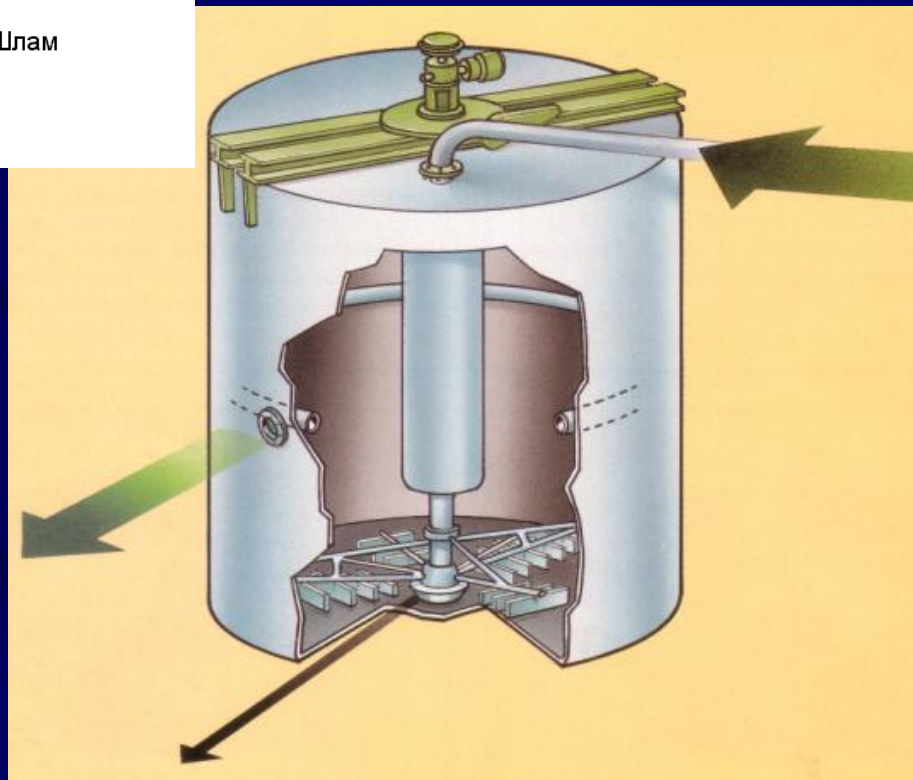


Процессы каустизации

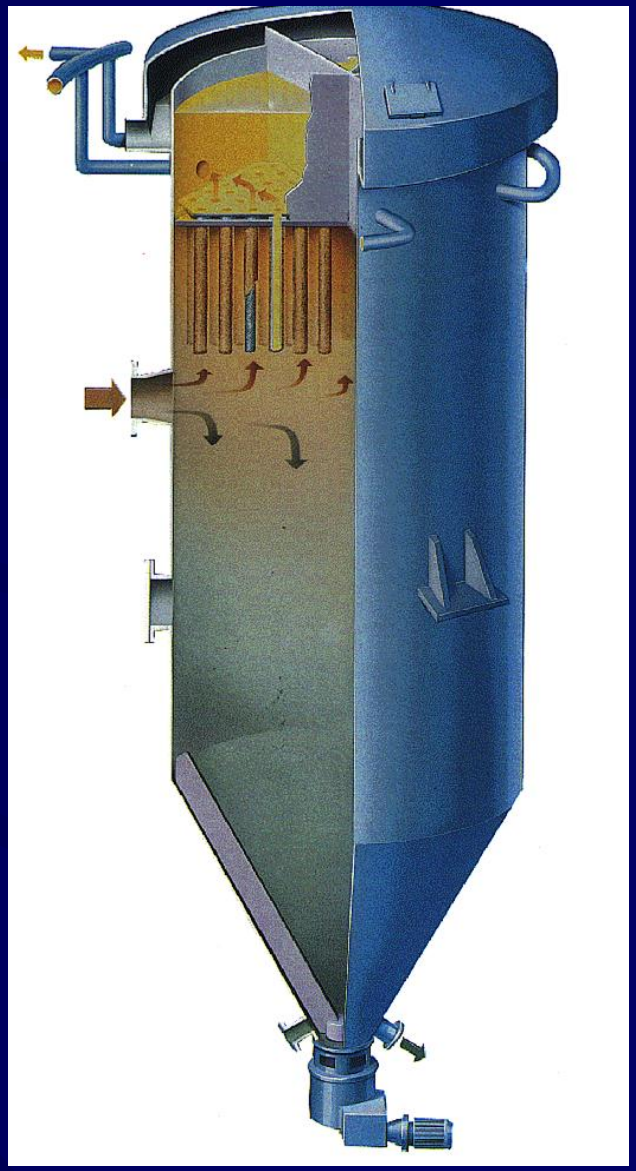


Осветлитель зелёного щелока

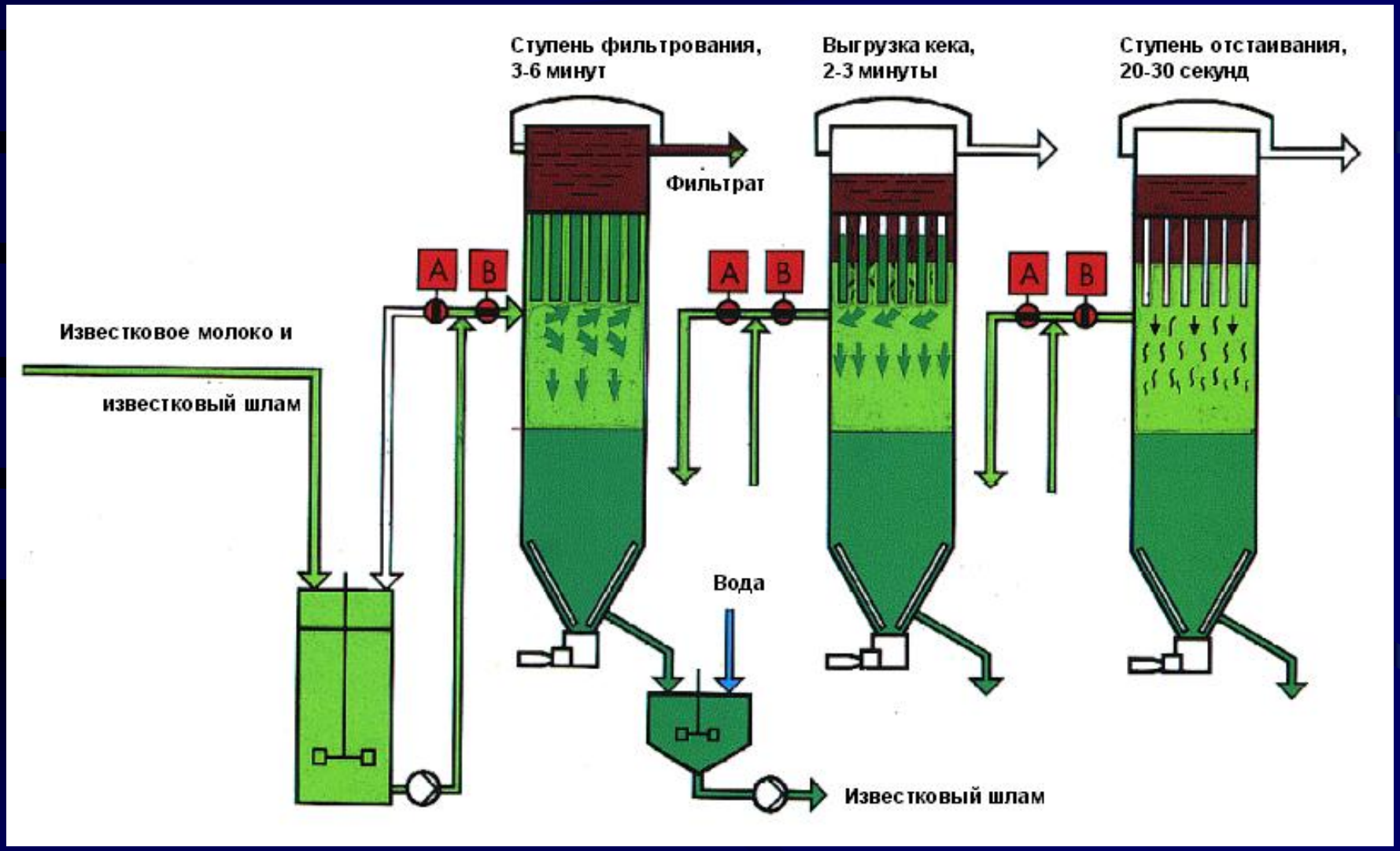




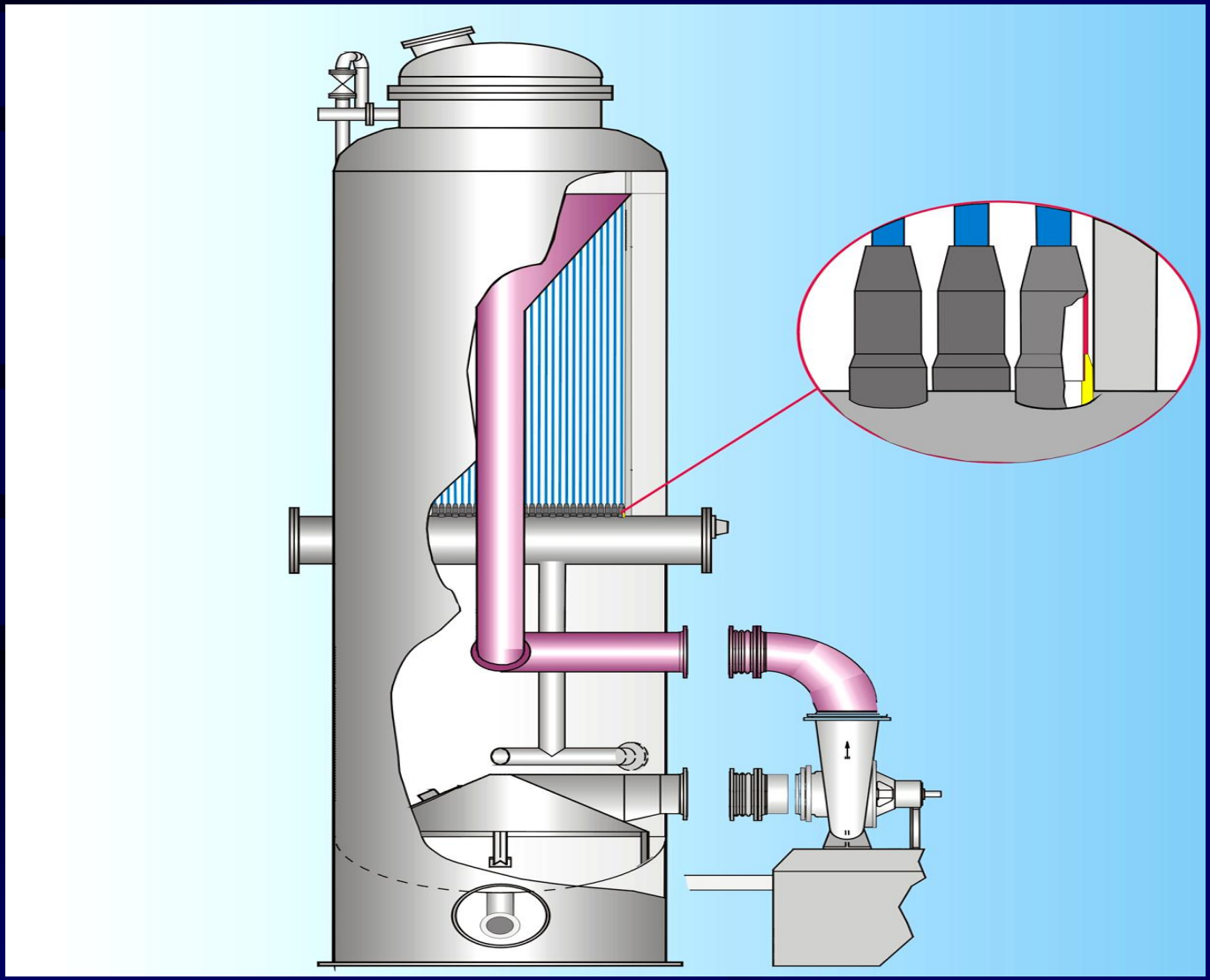
Экофильтр



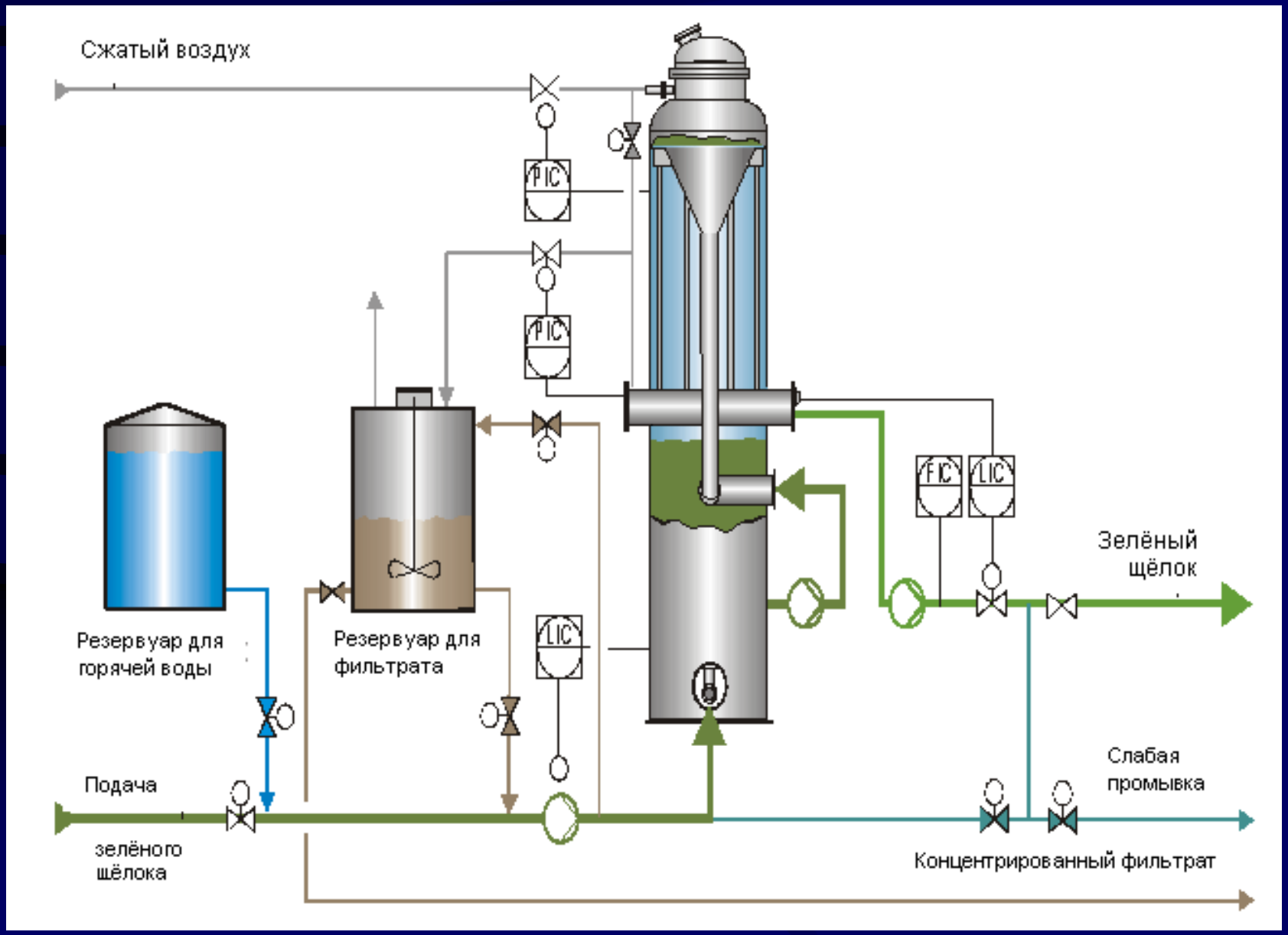
Рабочий цикл экофильтра



Х-фильтр

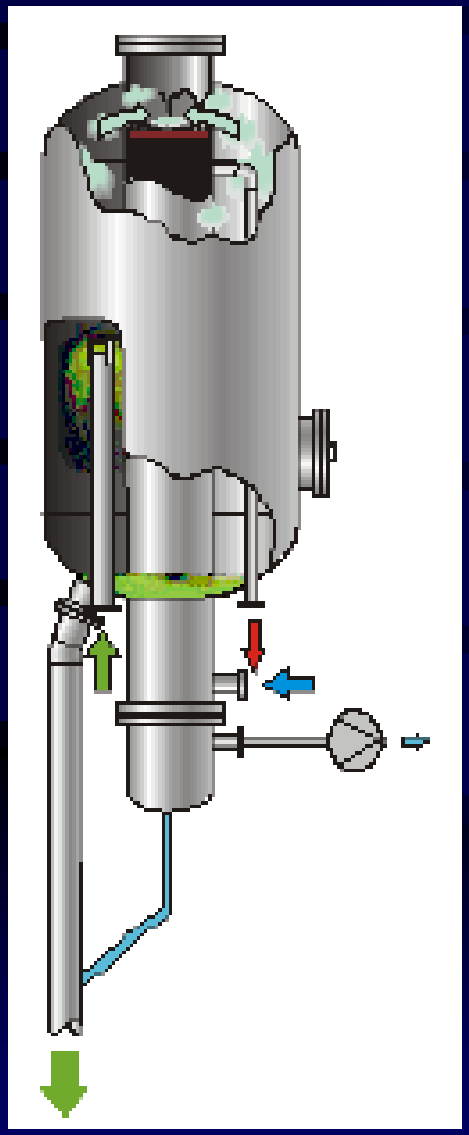


Работа Х-фильтра

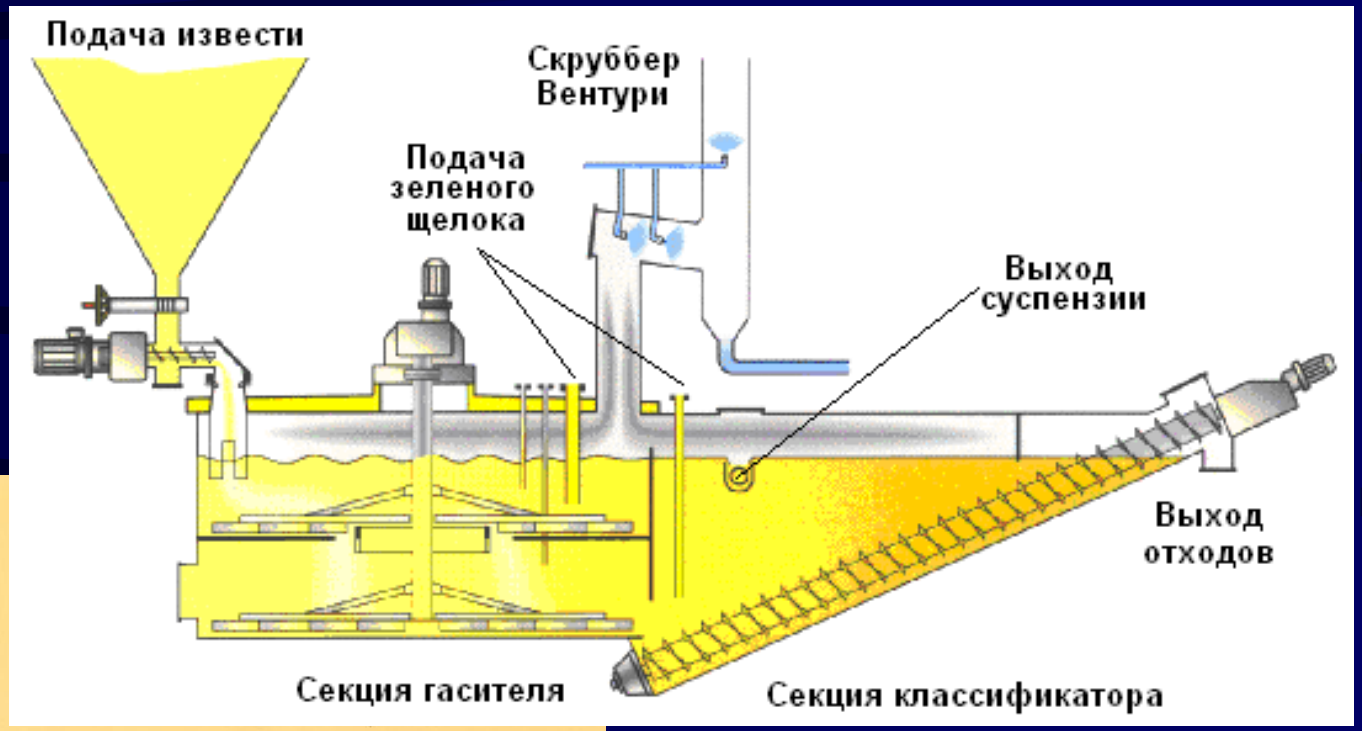


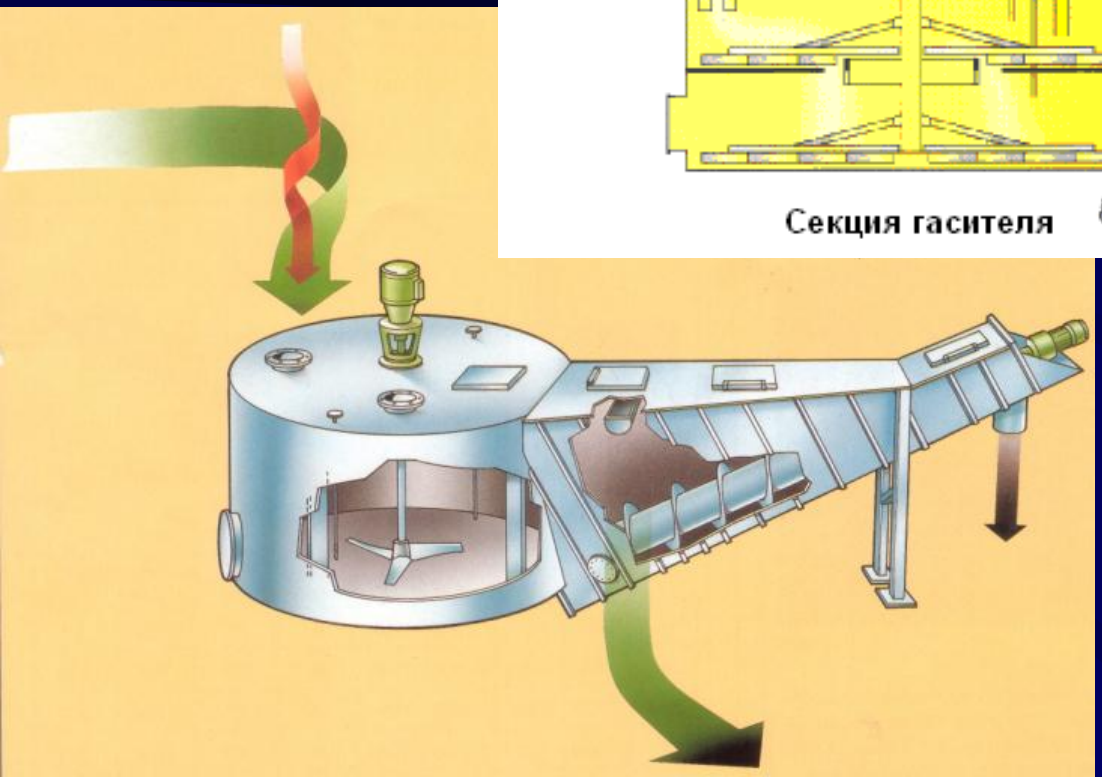
Х-фильтры - фото

Охладитель зелёного щелока



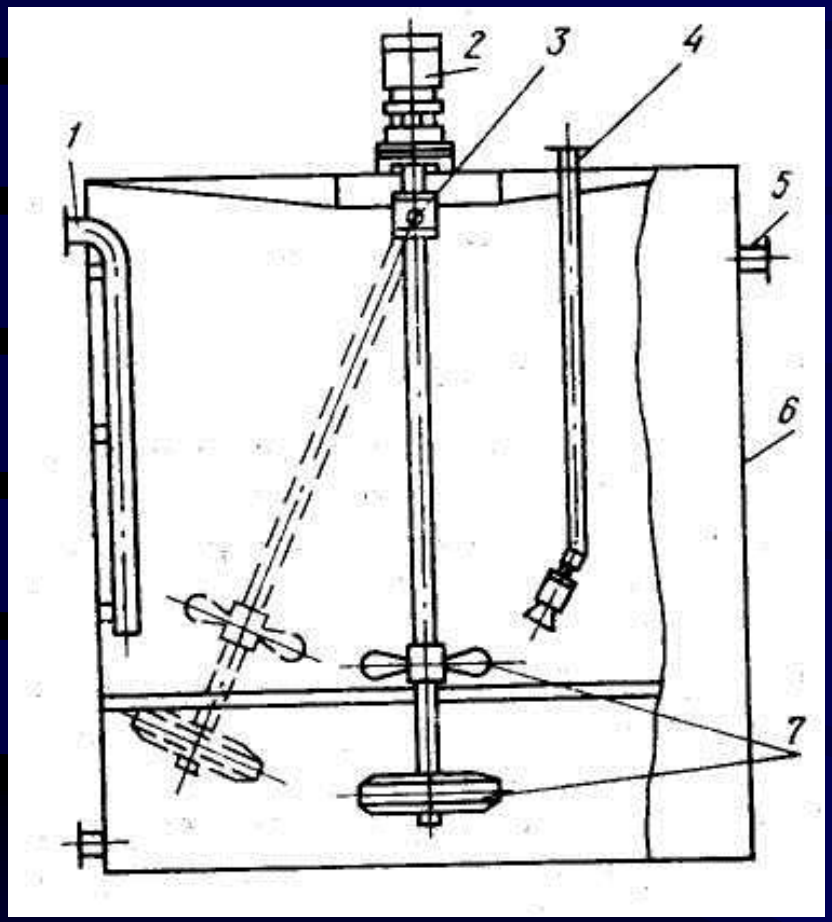
Гаситель-классификатор

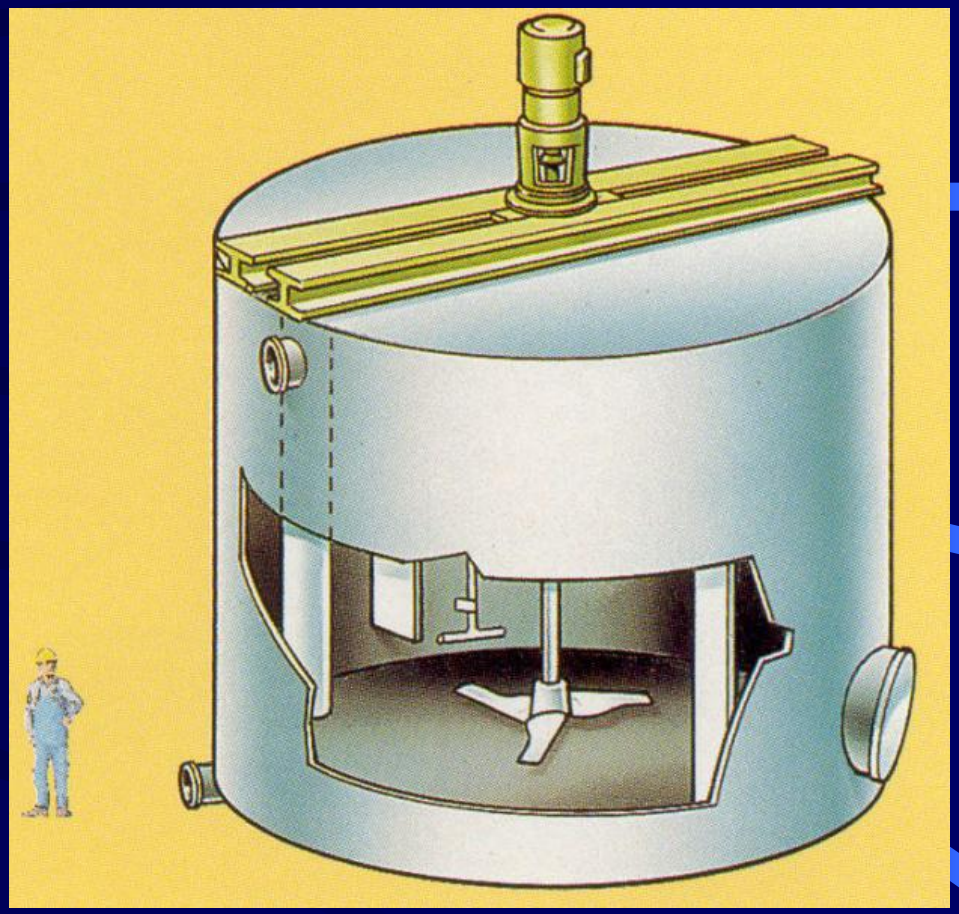




Каустизаторы

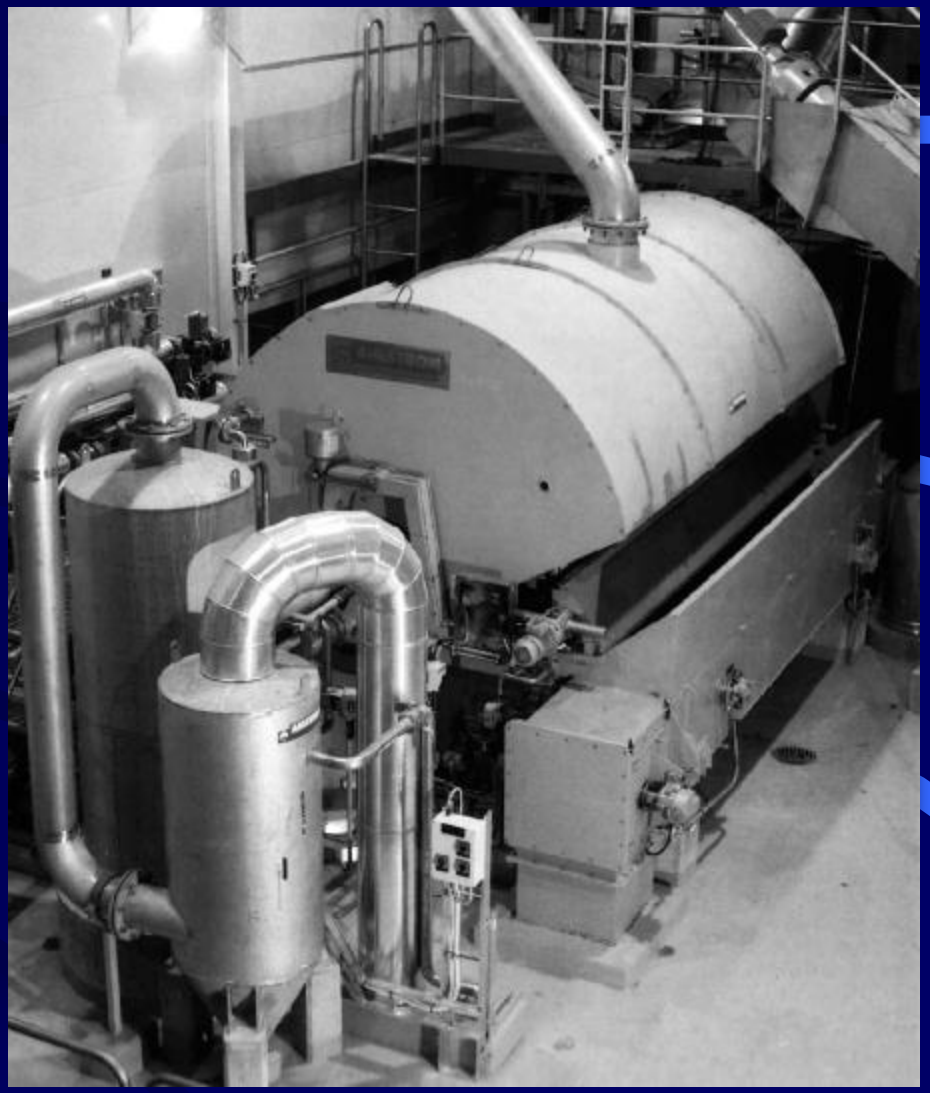
Каустизаторы



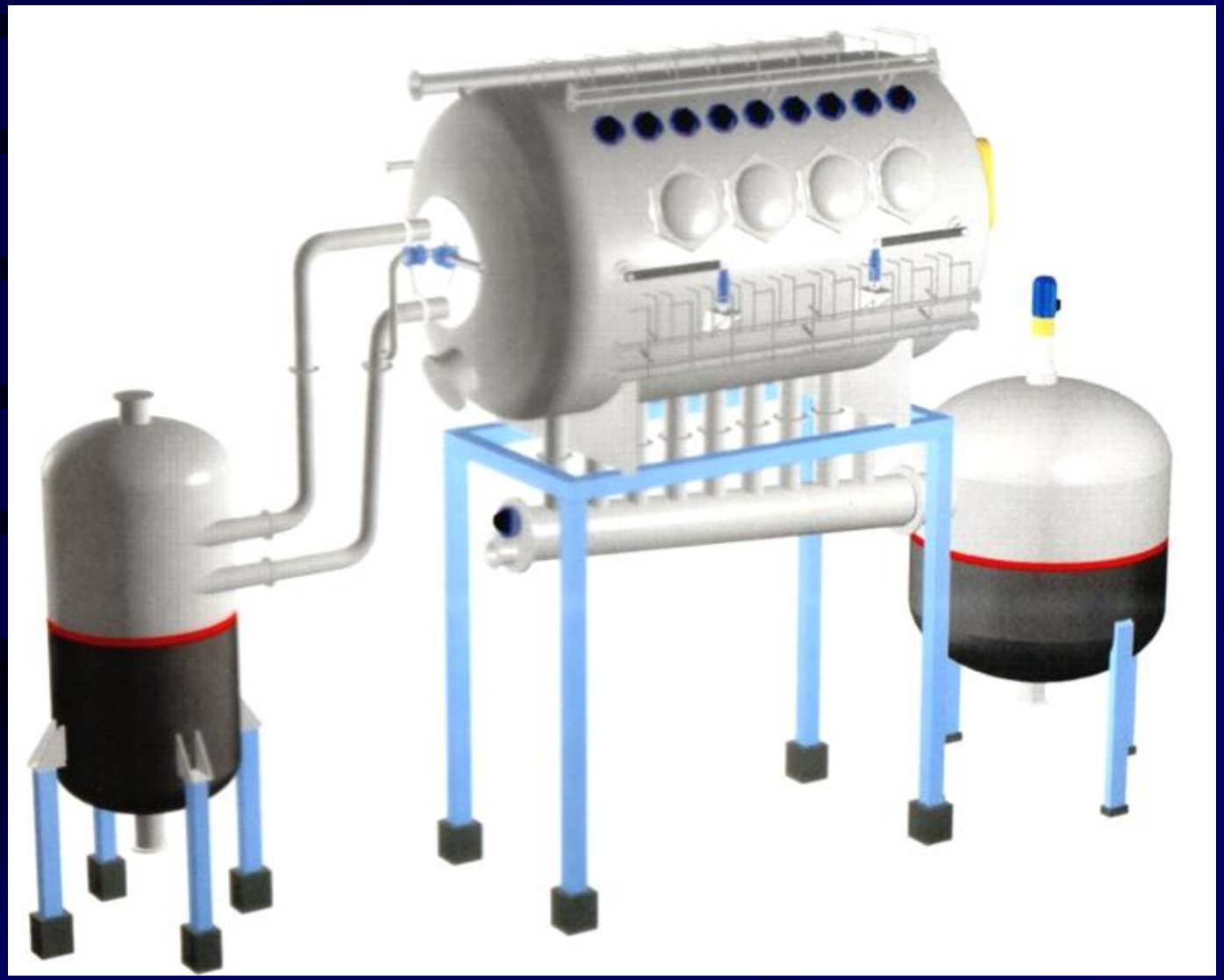


1-вход реакционной смеси; 2-привод; 3-шарнир Гука; 4-труба для подачи пара; 5-выпуск реакционной смеси; 6-корпус; 7-турбинная и пропеллерная мешалки

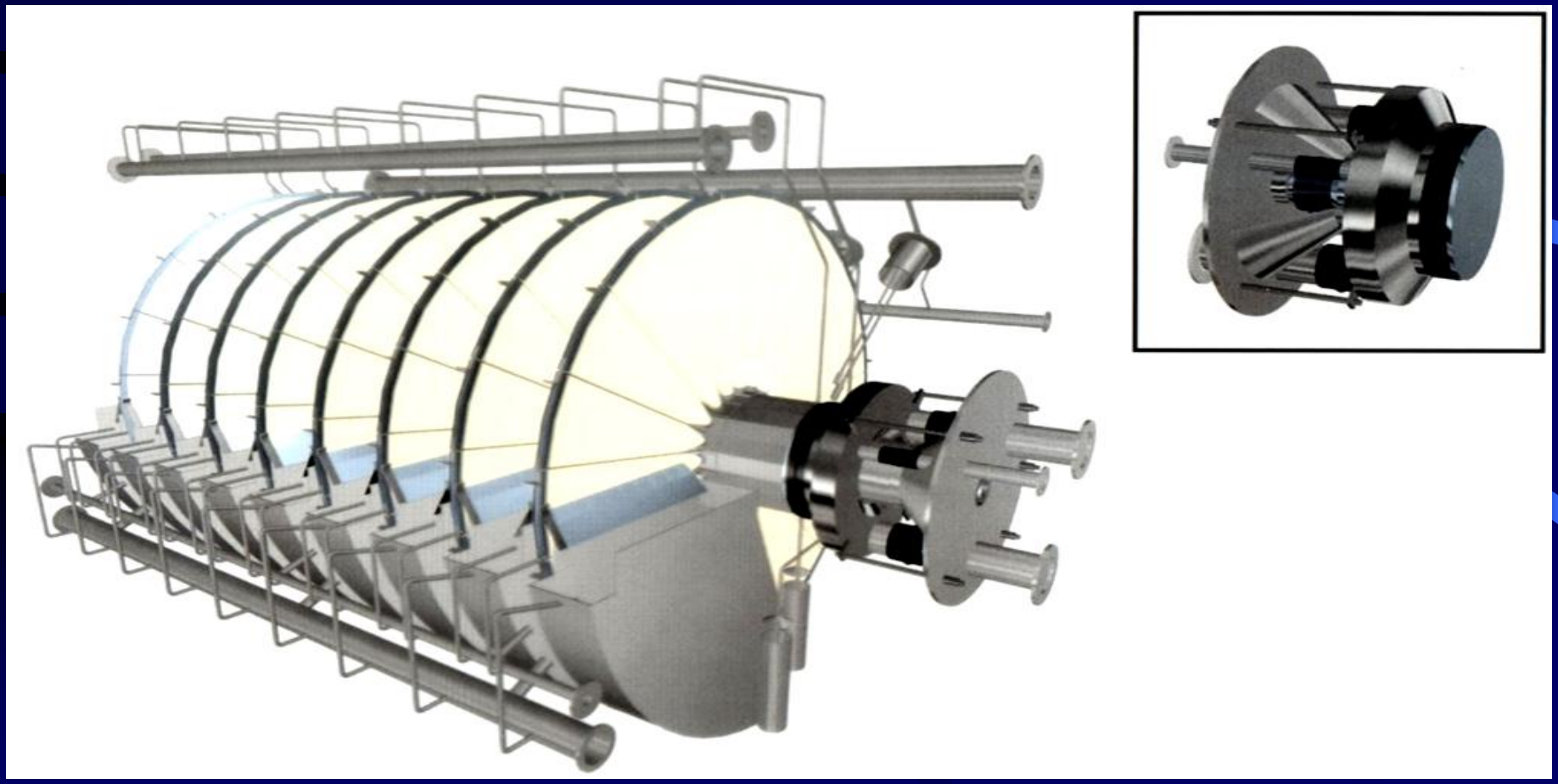
Осветление белого щелока



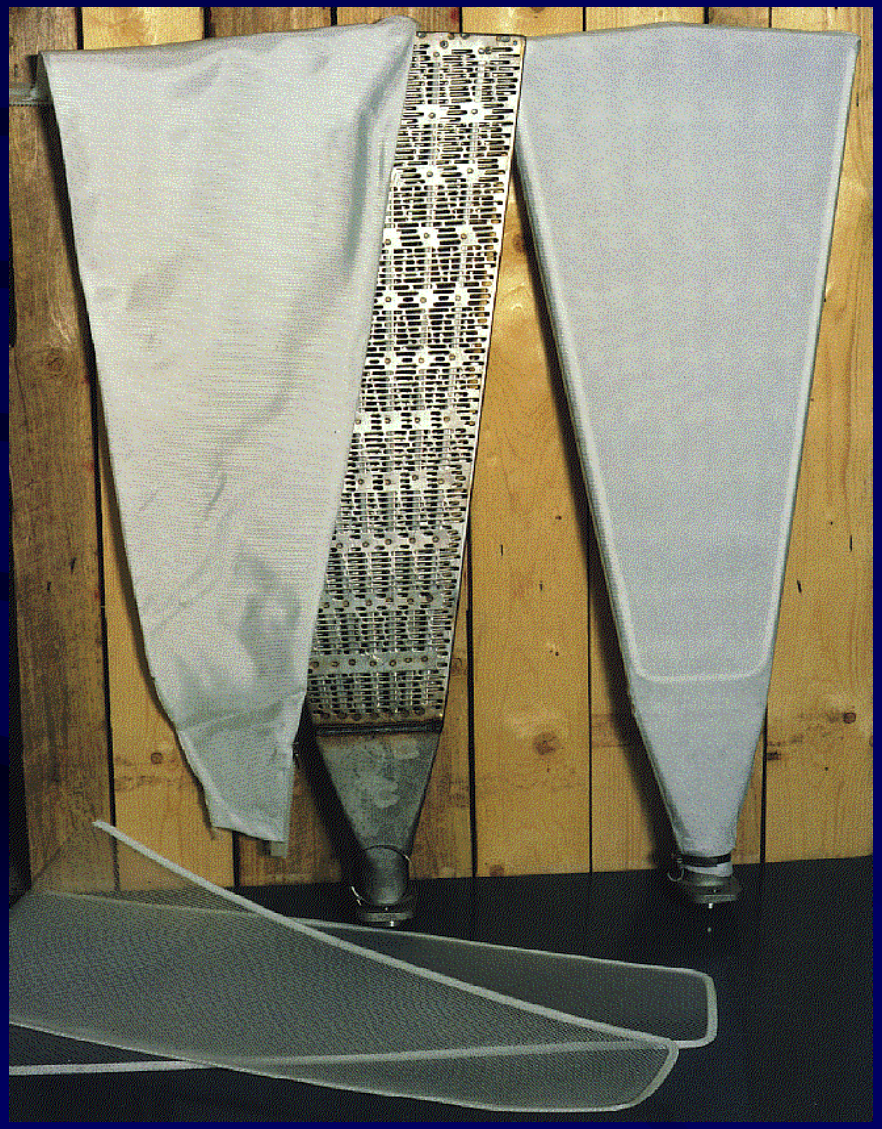
Фильтр CD-FilterTM



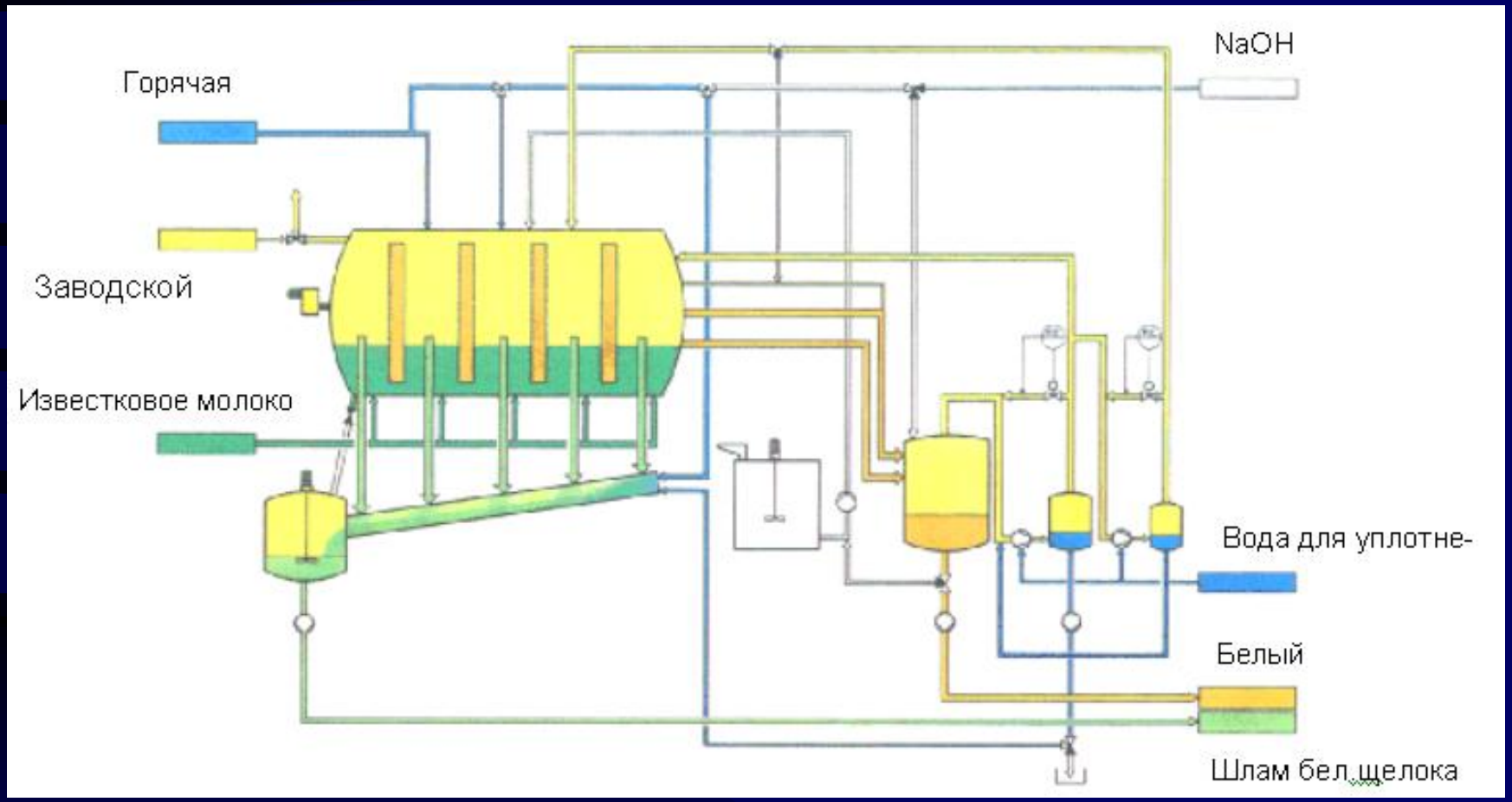
Внутренние компоненты фильтра CD-FilterTM



Фильтрующий элемент фильтра CD-FilterTM



Технологическая схема CD-Filter™.



Фильтрационная установка для промывки известкового шлама

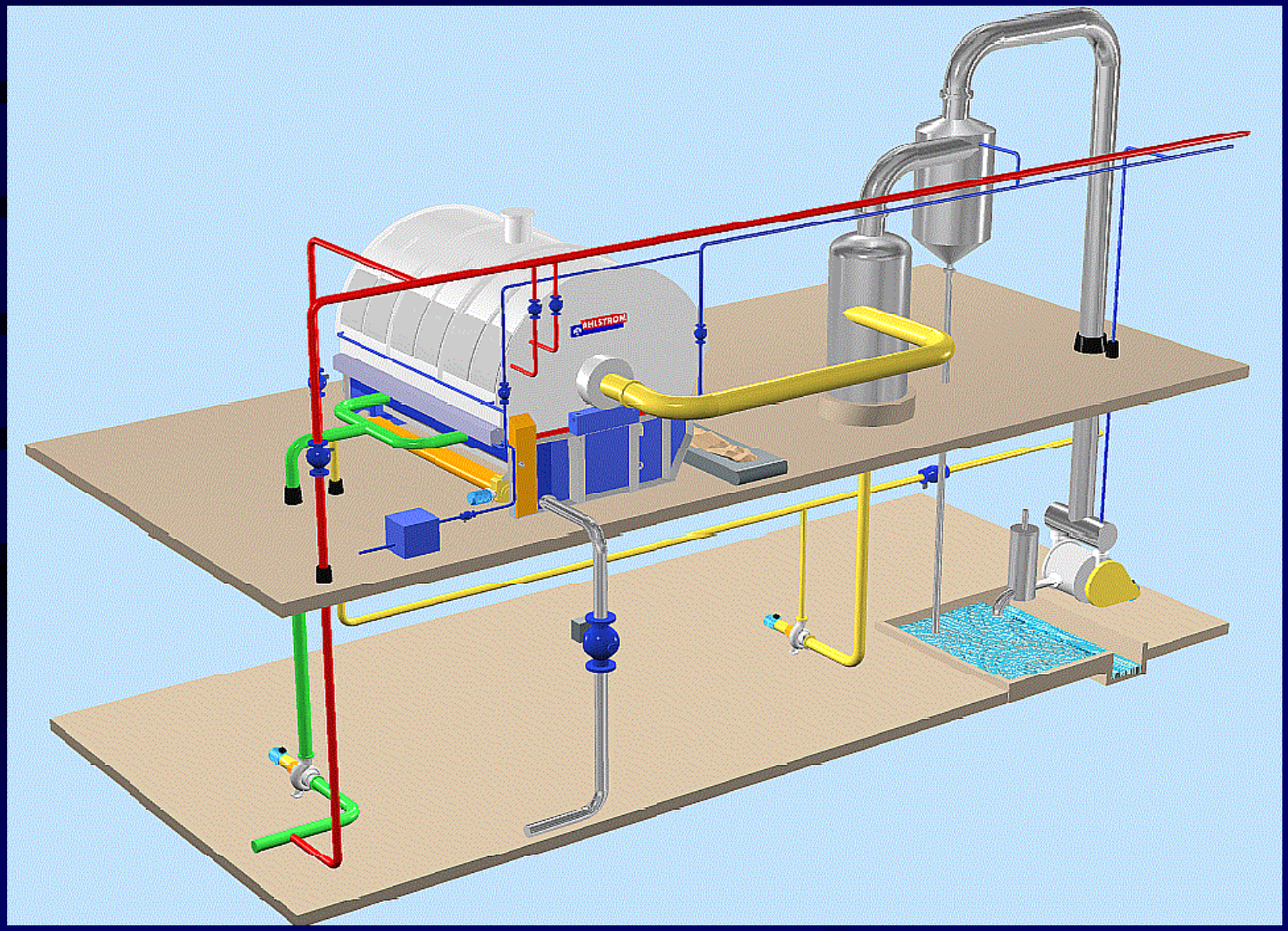
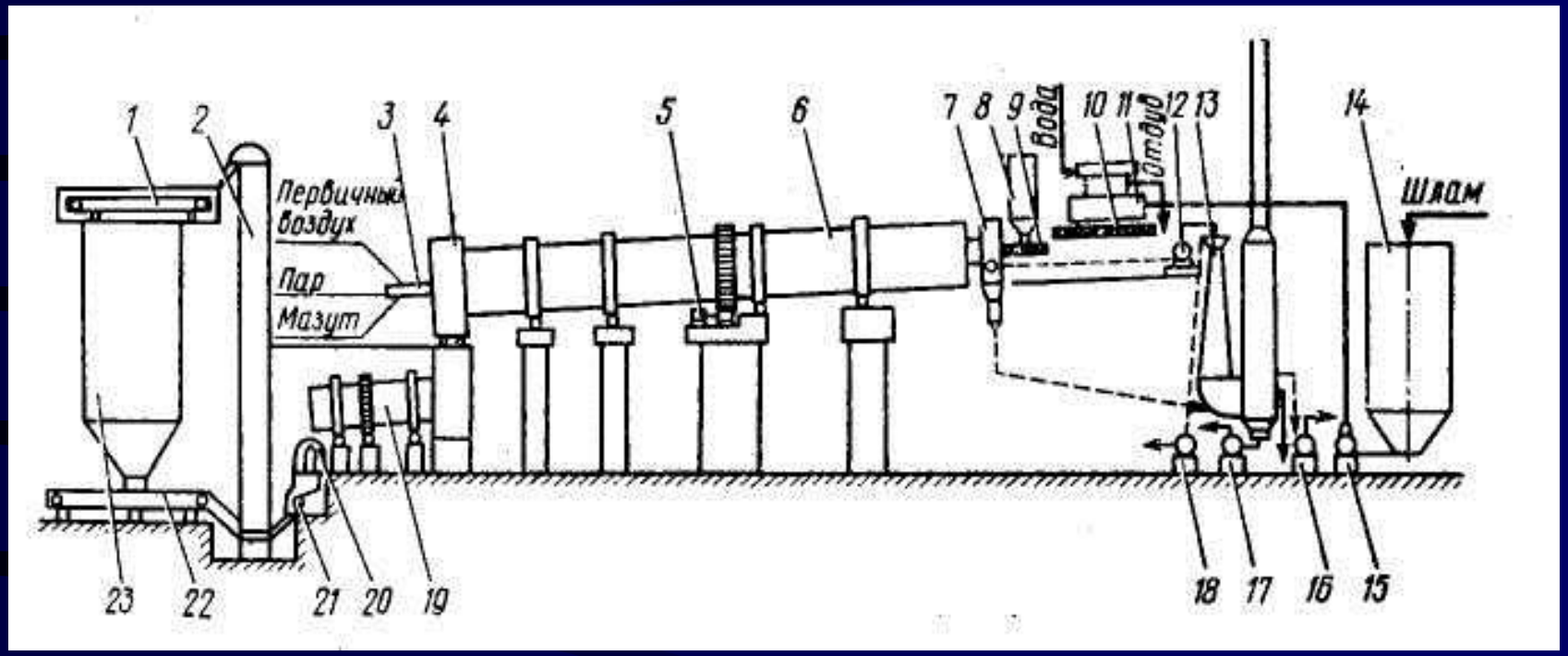
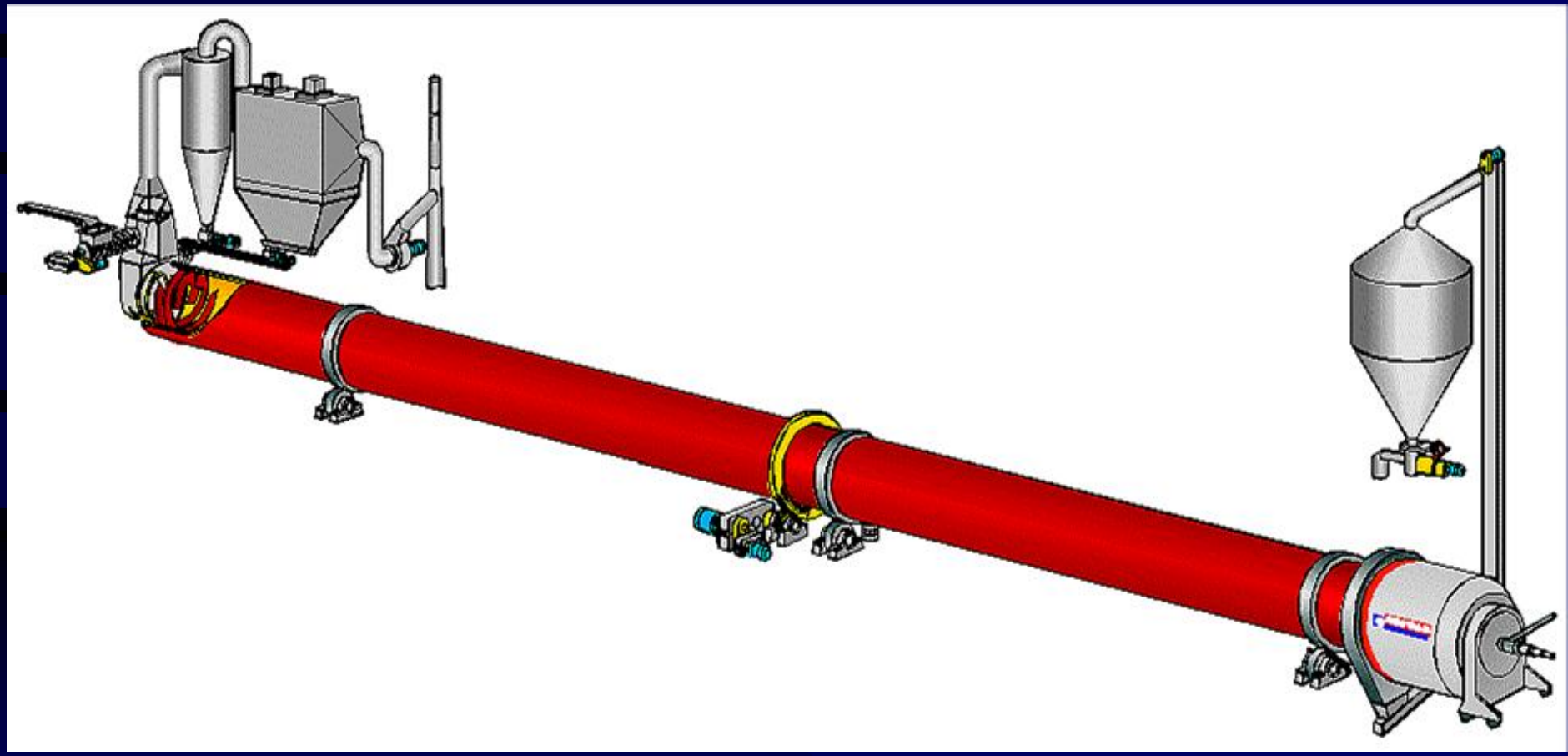


Схема установки для регенерации извести

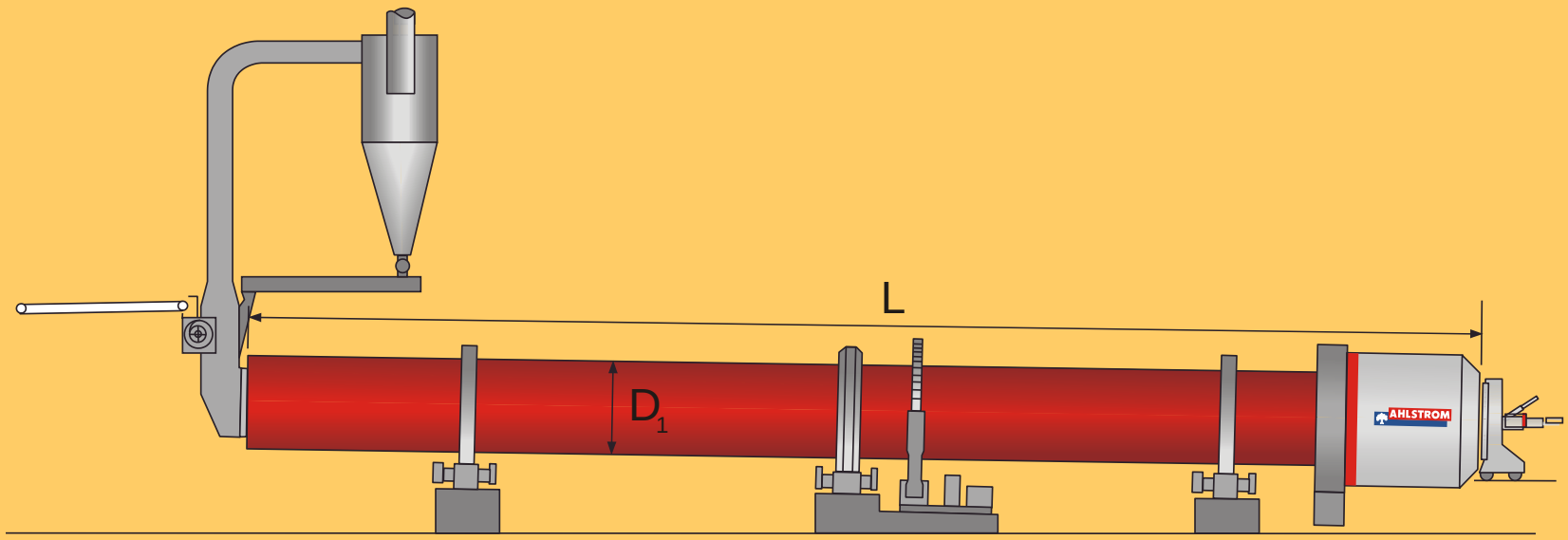


1-скребковый конвейер; 2-элеватор; 3-мазутная форсунка; 4-разгрузочная головка; 5-привод печи; 6-вращающаяся печь; 7-загрузочная головка; 8-бункер для известняка; 9-загрузочный винтовой конвейер; 10-транспортирующий винтовой конвейер; 11-вакуум-фильтр; 12-дымосос; 13-скруббер; 14-бункер для шлама; 15-шламовый насос; 16,17,18-насосы для скрубберного раствора; 19-холодильник для извести; 20-цепной конвейер; 21-дробилка для извести; 22-разгрузочный конвейер; 23-бункер для извести

Печь LMD с секторным охладителем

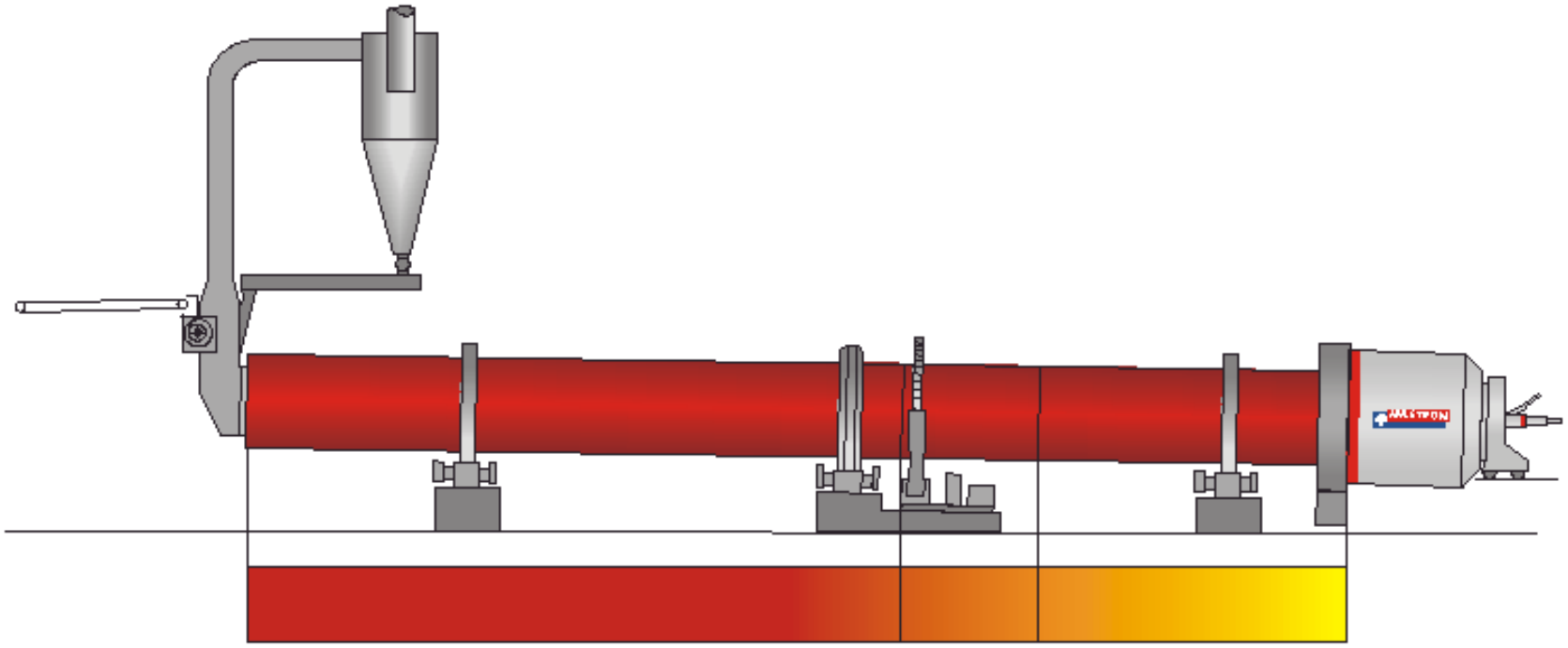


Размеры и производительность печи



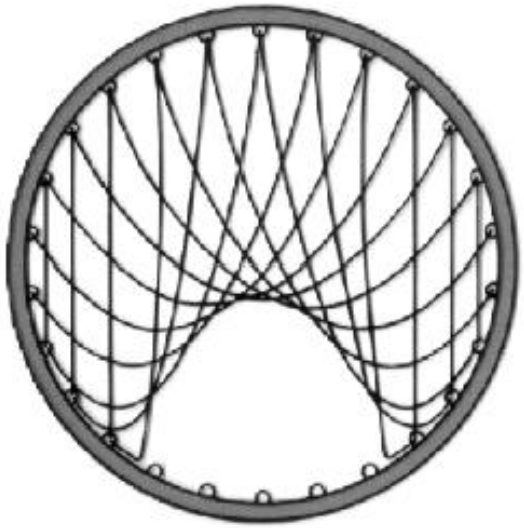
D_1 (м)	L (м)	Номинальная пароизво-дительность (т/сутки)	Число опор (шт.)
2.40	45	105	2
2.60	50	130	2
2.80	55	160	2
2.80	75	215	3
3.00	80	255	3
3.20	85	300	3
3.40	90	350	3
3.60	95	400	3
3.80	100	450	3
4.00	105	510	3
4.25	115	600	4
4.50	125	700	4
4.75	135	820	4
5.00	145	960	4

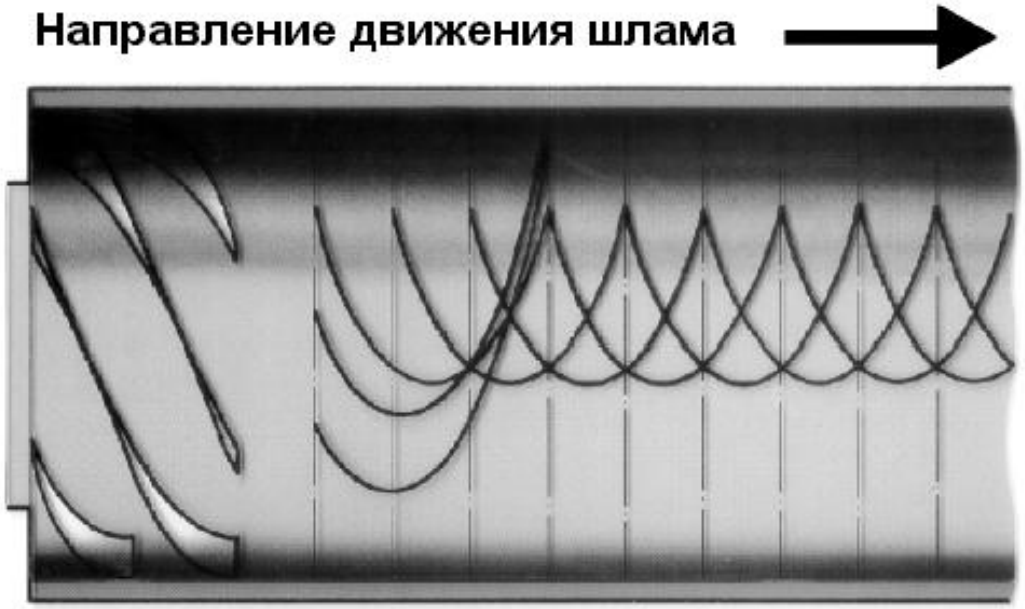
Зоны печи и футеровка



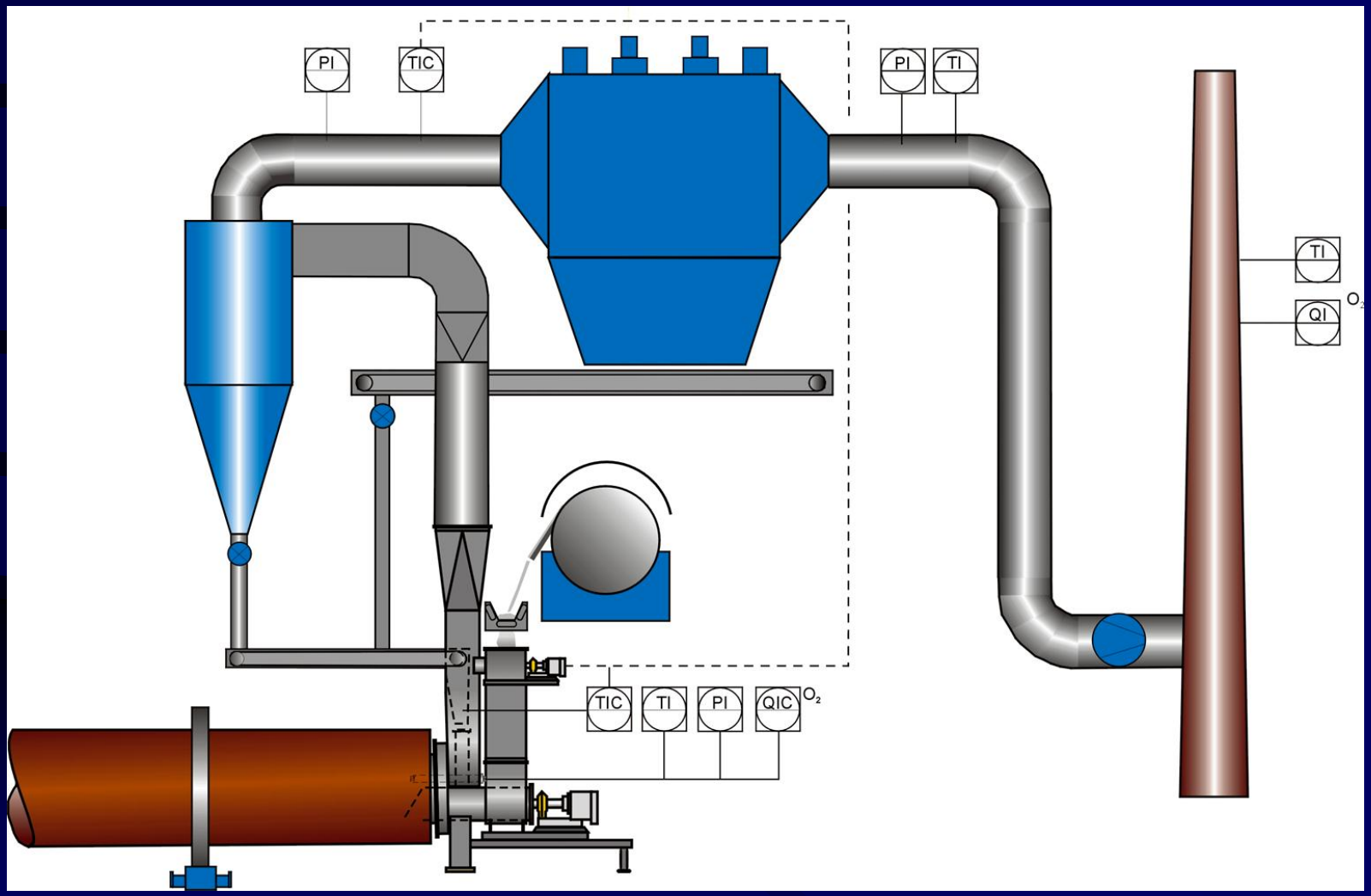
ЗОНА ПОДОГРЕВА	ПРОМЕЖУТОЧНАЯ ЗОНА	ЗОНА ОБЖИГА
Изоляционный диатомитовый кирпич s = 65 мм	s = 65 мм	s = 40 мм
Шамотный кирпич высокой огнеупорности s = 115 / 150 мм	Шамотный кирпич сверхвысокой огнеупорн. s = 150 мм	Андалузитный кирпич s = 200 мм

Цепная зона печи

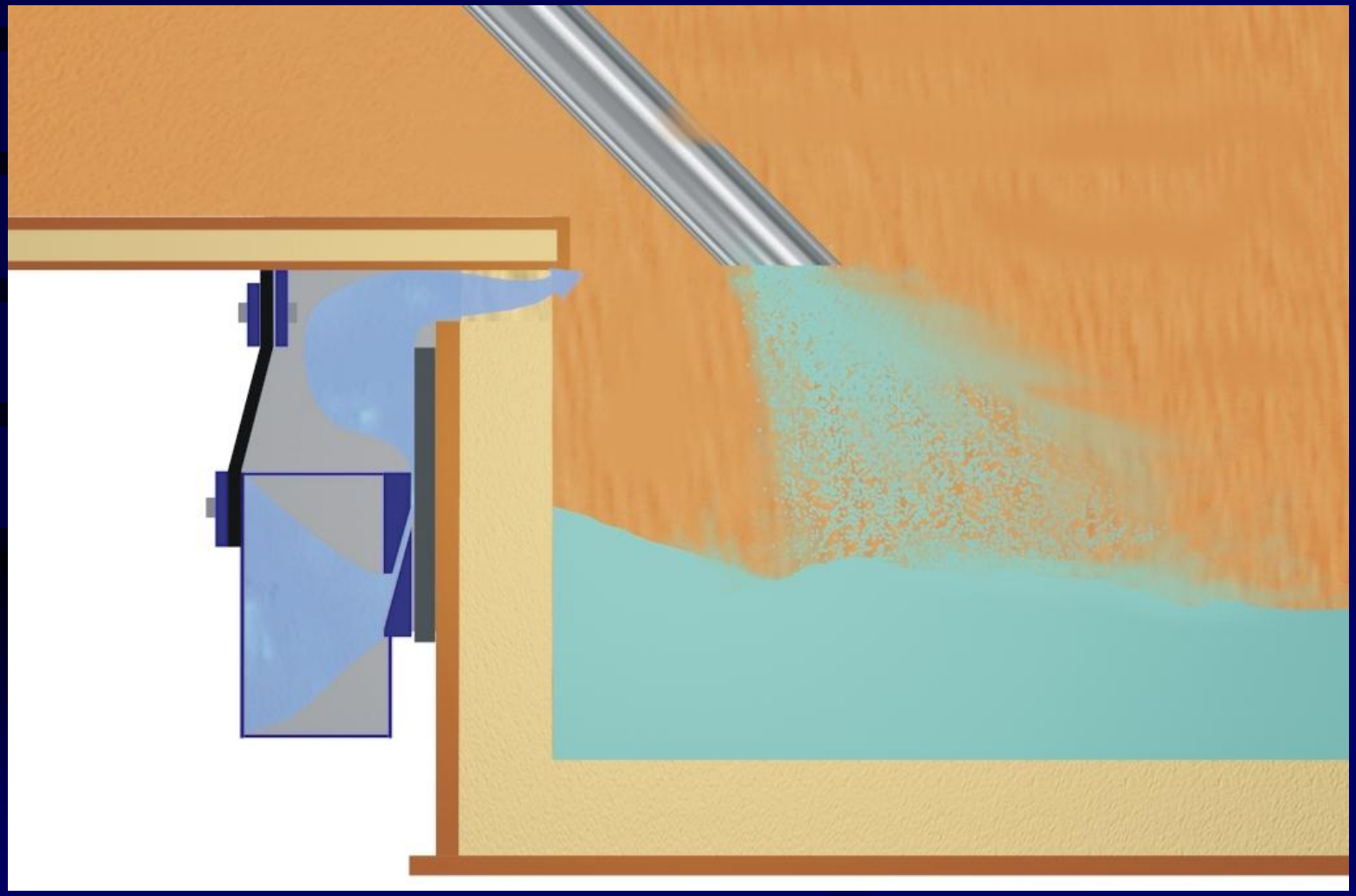




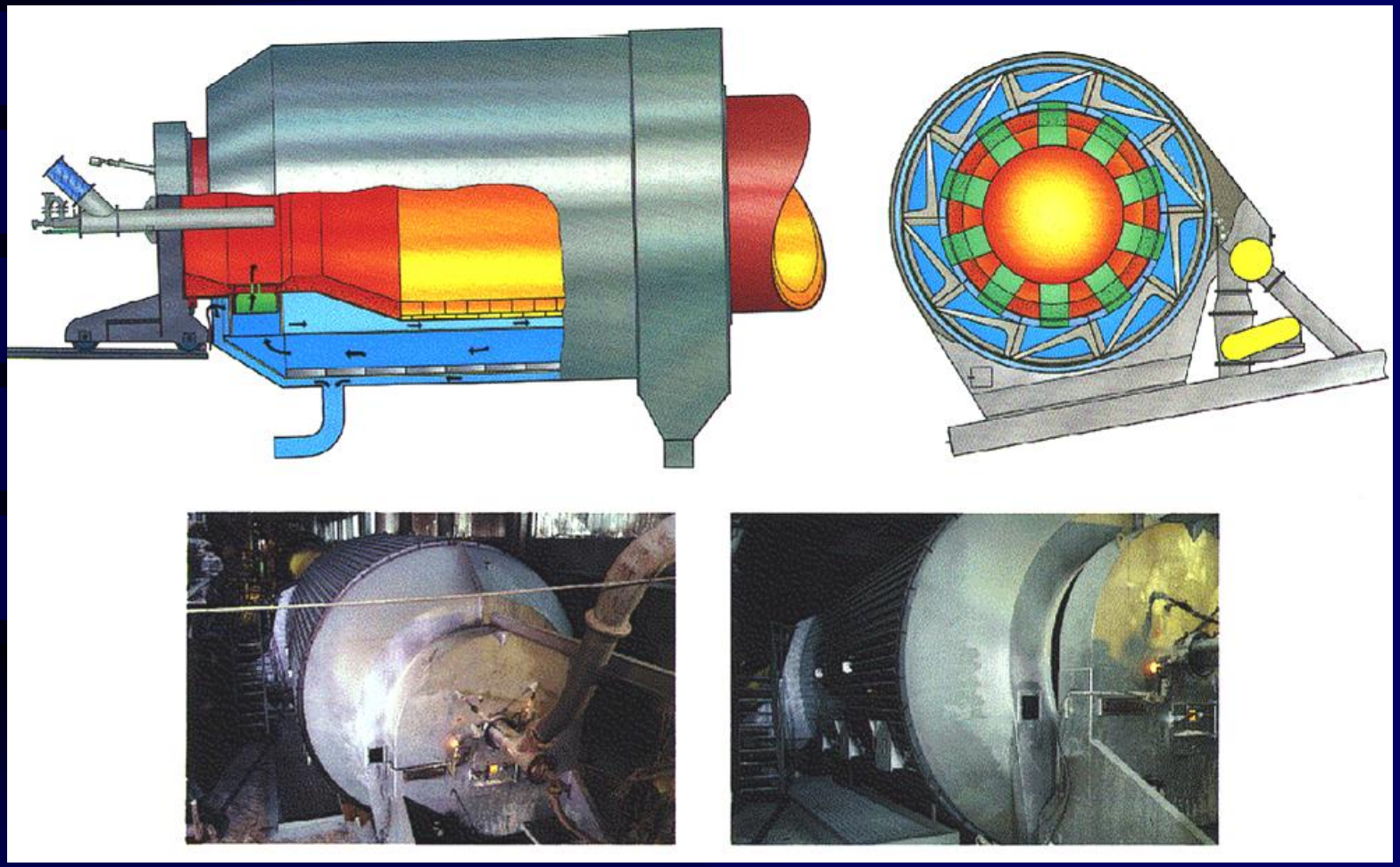
Система сушки известкового шлама LMD



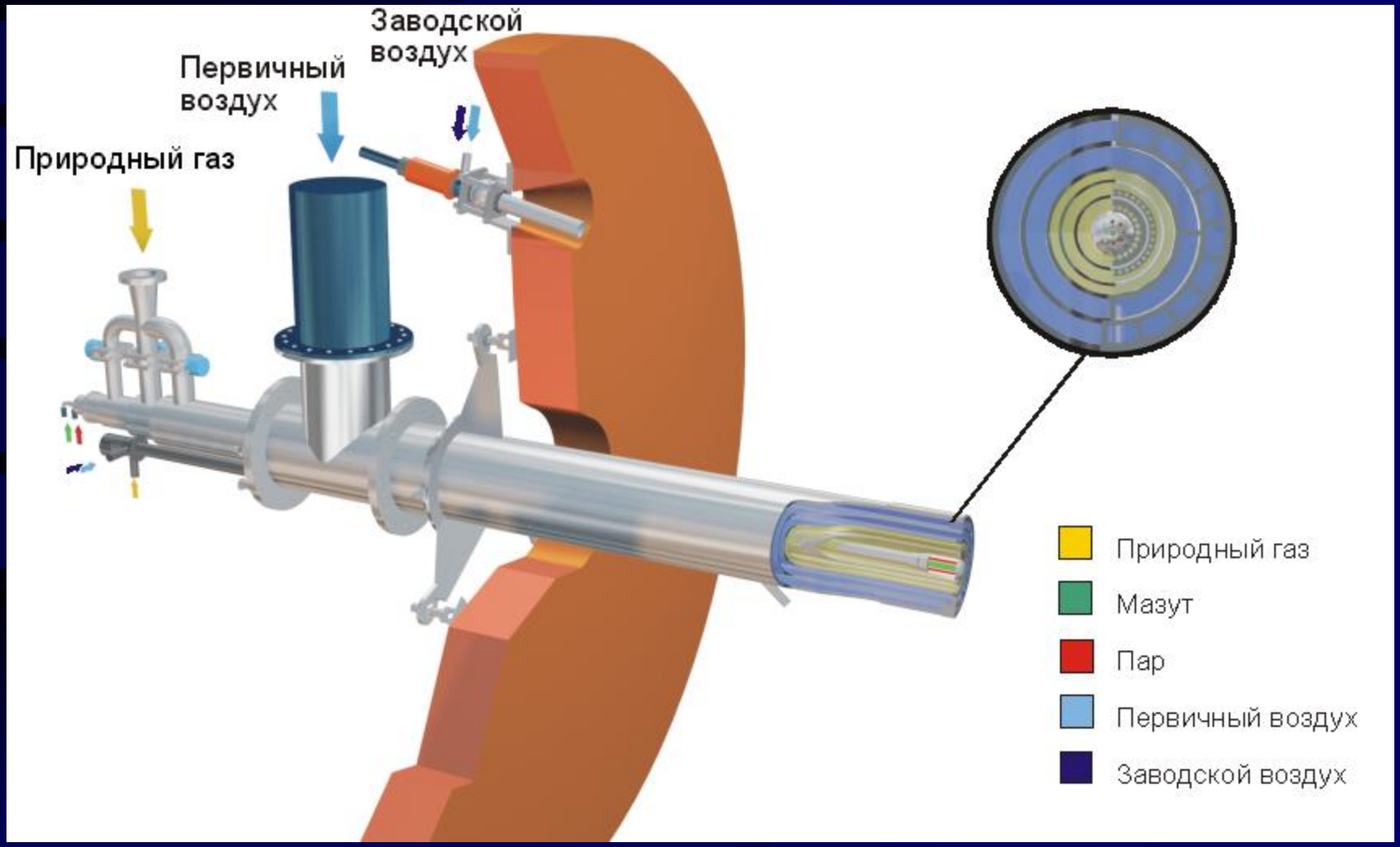
Подача шлама BlowSeal, в горячий конец печи



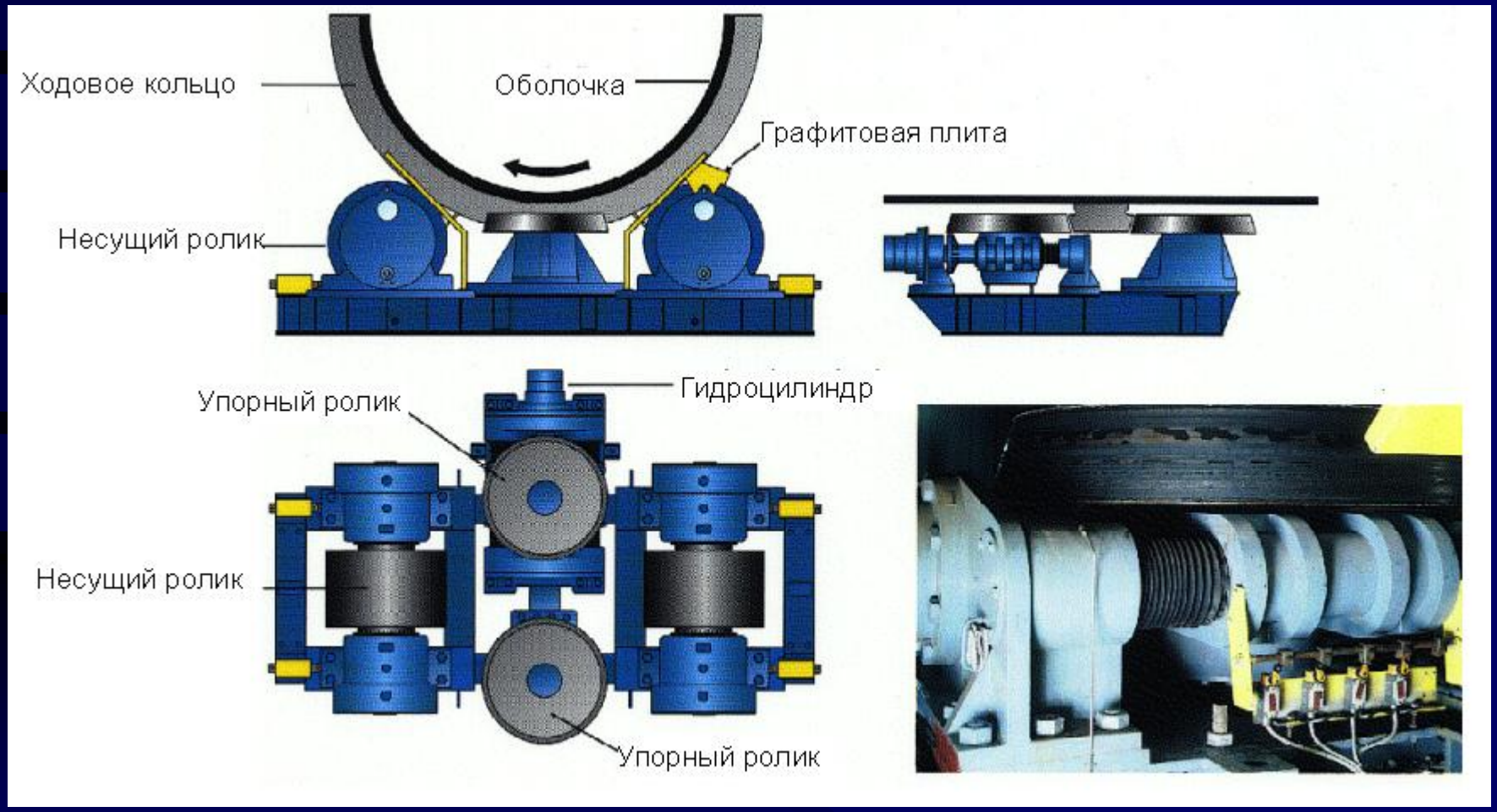
Секторный охладитель Andritz



Мазутно-газовая горелка для ИРП



Опоры печи


Ходовое кольцо
Оболочка
Графитовая плита
Несущий ролик
Упорный ролик
Гидроцилиндр
Несущий ролик
Упорный ролик

Завод Стора Эсто, Иматра