Химическая технология неорганических веществ Бакалавриат

- **Технология производства азотной кислоты по схеме АК 72**

- Процесс получения азотной кислоты протекает в несколько основных стадий :
- 1. подготовка аммиачно-воздушной смеси;
- 2. окисление аммиака до оксида азота (II);
- 3. окисление оксида азота (II) до оксида азота (IV);
- 4. поглощение оксида азота (IV) водой и получение азотной кислоты;
- 5. очистка хвостовых газов

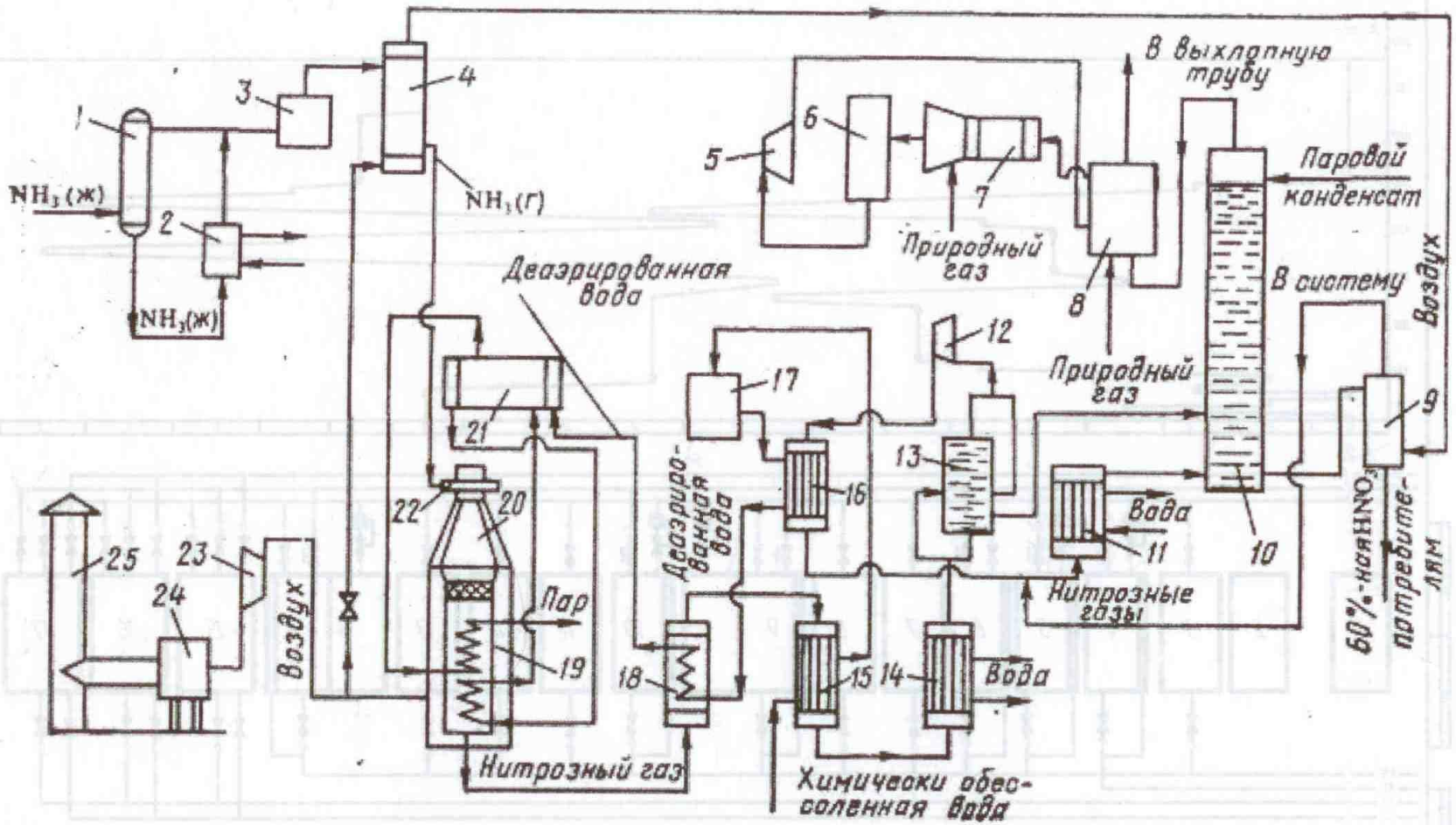


Рисунок 1.1 –Технологическая схема производства азотной кислоты АК-72:

1 – ресивер; 2 – испаритель; 3, 24 – фильтры; 4, 15 – подогреватели; 5 – рекуперационная турбина; 6 – реактор каталитической очистки; 7 – смеситель; 8 – топочное устройство; 9 – продувочная колонна; 10 – абсорбционная колонна, II, 14 – водяные холодильники; 12, 23 – компрессоры; 13 – газовый промыватель; 16, 18 – холодильники нитрозных газов; 17 – деаэрационная колонна; 19 – котел-утилизатор; 20 – контактный аппарат; 21 – барабан с сепарационным устройством; 22 – смесительная камера; 25 – труба для забора воздуха

Раздаточный лист 5

Материальные потоки в производстве азотной кислоты

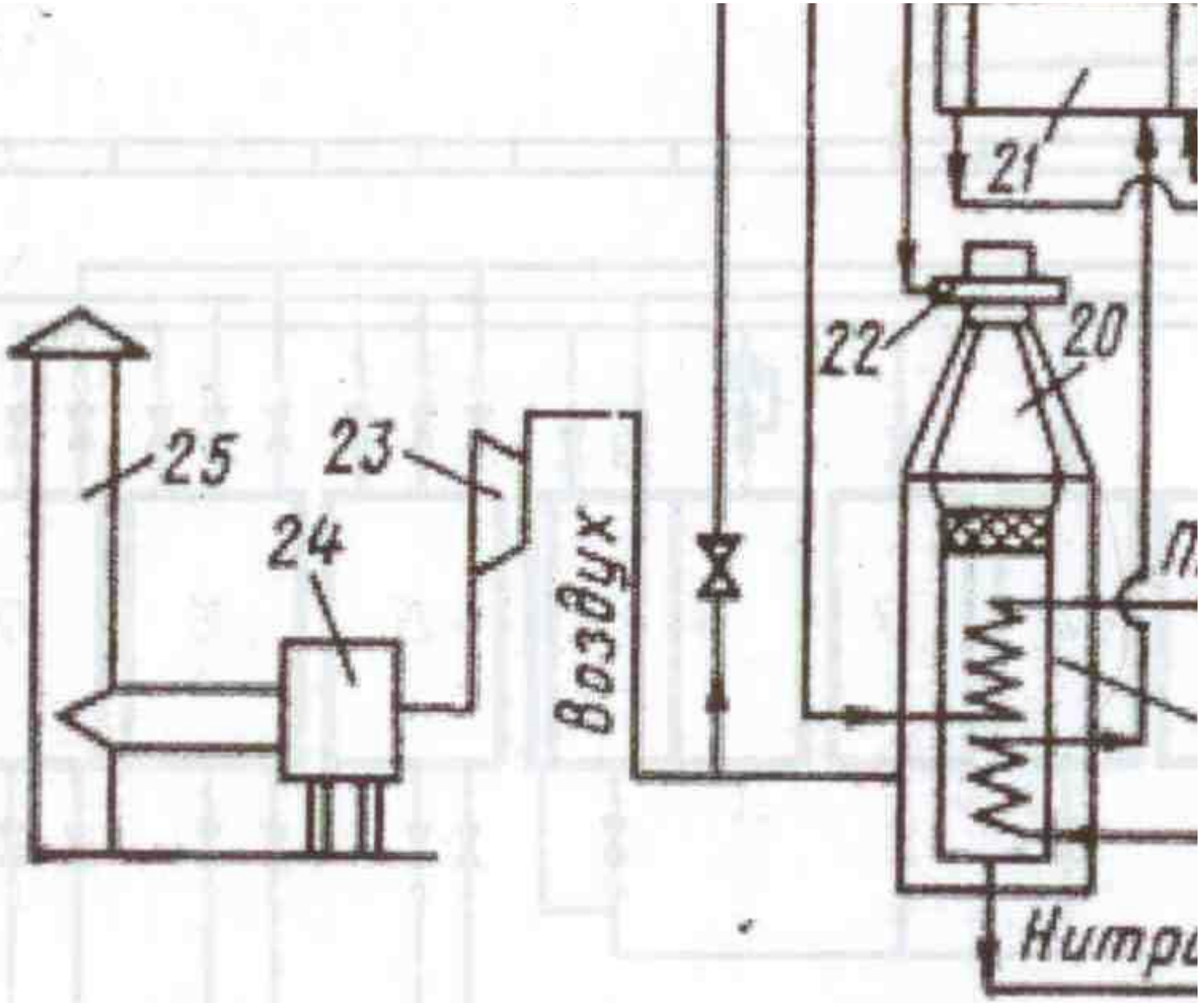
- воздух, аммиак → АВС → нитрозные газы → азотная кислота → выхлопные газы → вода ↑
- АВС – аммиачно-воздушная смесь

Аппараты, где идут химические процессы

- 20 – контактный аппарат (конверсия)
- 18, 15, 14 – теплообменники (окисление NO, образование HNO_3)
- 10 – абсорбционная колонна (получение HNO_3)
- 6 – реактор каталитической очистки

Подготовка и компримирование воздуха

- 25 -труба для забора воздуха
- 20 - контактный аппарат
- 22- смеситель
- 23- осевой компрессор
- 24- двухступенчатый фильтр


21
22
20
25
23
24
Воздух

Очистка воздуха

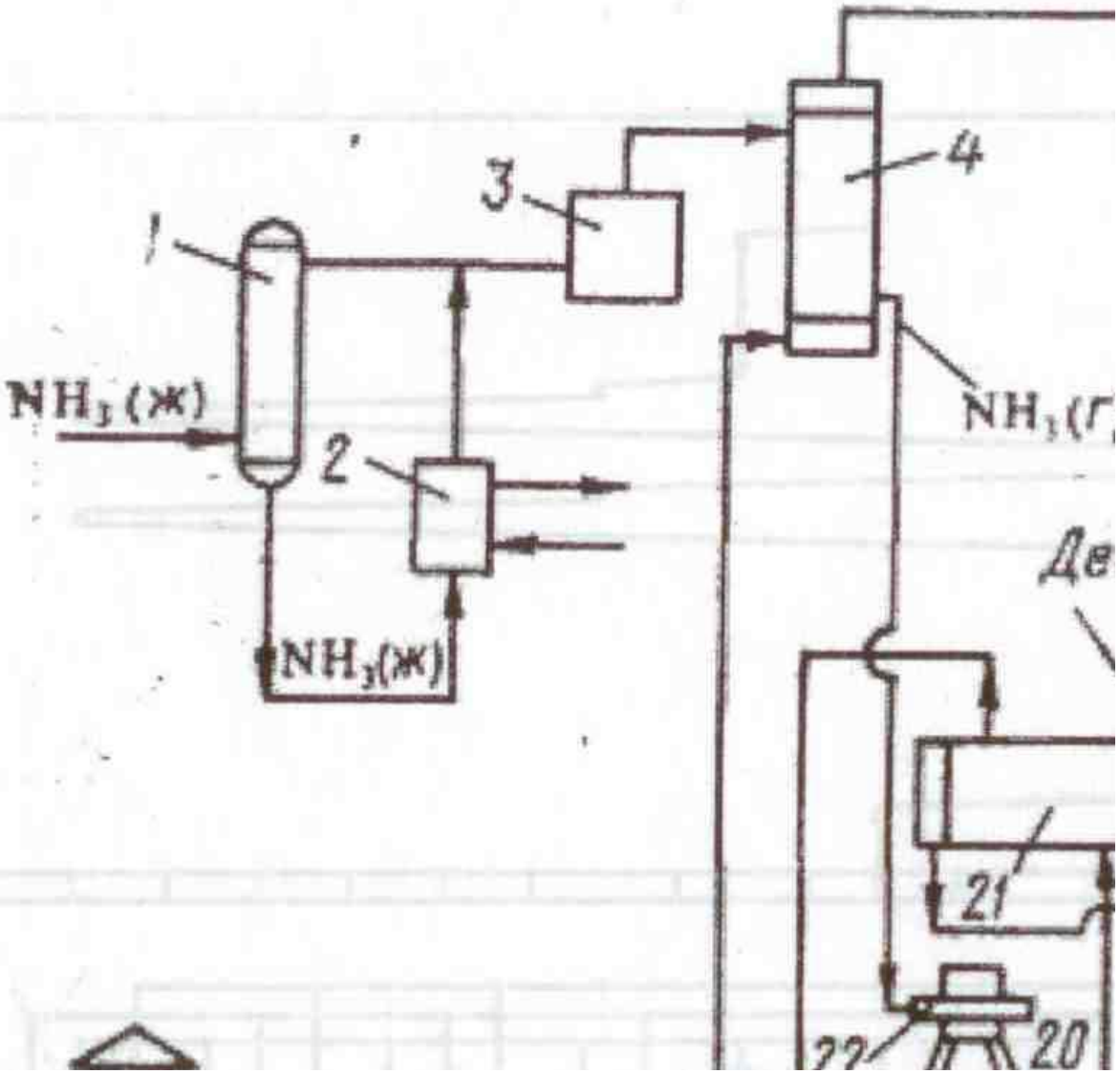
- Для окисления аммиака используется кислород воздуха. Воздух забирается через воздухозаборную трубу 25 высотой 30 м.
- Воздух очищается в двухступенчатом фильтре 24 (грубая очистка на синтетическом волокне и тонкая очистка на ткани Петрянова). После очистки запылённость воздуха не должна превышать 0,007 мг/м^3. Замена фильтрующих элементов – примерно через год работы агрегата во время плановых остановок.
- При относительной влажности воздуха более 75 % и температуре ниже 7 ^{o}C возникают условия для увлажнения и обмерзания фильтров, поэтому перед фильтрацией воздух подогревается паром в теплообменниках.

Сжатие и подача воздуха

- После фильтрации воздух поступает в осевой компрессор 23 комплексного машинного агрегата ГТТ-12. В компрессоре воздух сжимается до 2 – 3,7 ат, нагреваясь до 130 – 210 ^{o}С. Сжатый воздух разделяется на 2 потока. Основной поток идёт в контактный аппарат 20 (в кольцевые зазоры корпуса). Второй поток (10 – 14 %) идёт в подогреватель аммиака 4, затем в продувочную колонну 9 для отдувки растворённых в кислоте оксидов азота.
- Пройдя по кольцевым зазорам, воздух поступает в смесители 22 в верхних частях контактных аппаратов, где смешивается с газообразным аммиаком.

Подготовка газообразного аммиака

- 1 - ресивер
- 2 – испаритель
- 3 – фильтр
- 4 – подогреватель

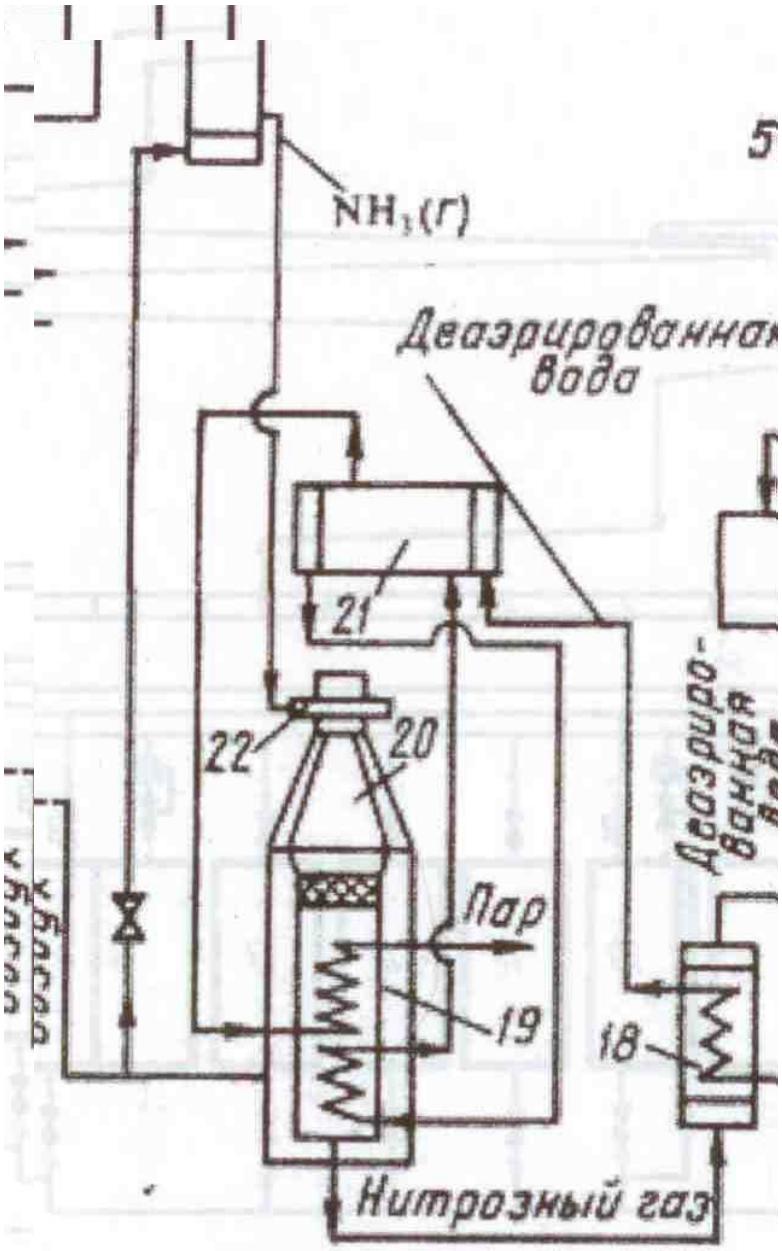

1
2
3
4
NH_3(ж)
NH_3(ж)
NH_3(г)
21
20

Испарение и подготовка аммиака

- Жидкий аммиак из заводской сети поступает в ресивер 1. В нём аммиак частично испаряется и разделяется на ЖА и ГА. ЖА перетекает в испаритель 2, а ГА идёт на фильтр 3. Ресивер и испаритель соединены как сообщающиеся сосуды с одним уровнем ЖА. Испарение аммиака происходит за счёт тепла воды, подаваемой в трубы испарителя.
- ЖА содержит примеси воды и масла, поэтому часть ЖА (4 – 10 %) отводится из системы в сборник кубовых остатков, где испаряется и идёт в заводскую сеть. Масла утилизируются.
- ГА чистят от масла, железа и катализаторной пыли на двухступенчатых фильтрах 3 (стекловолокно; материал ФМП-1).

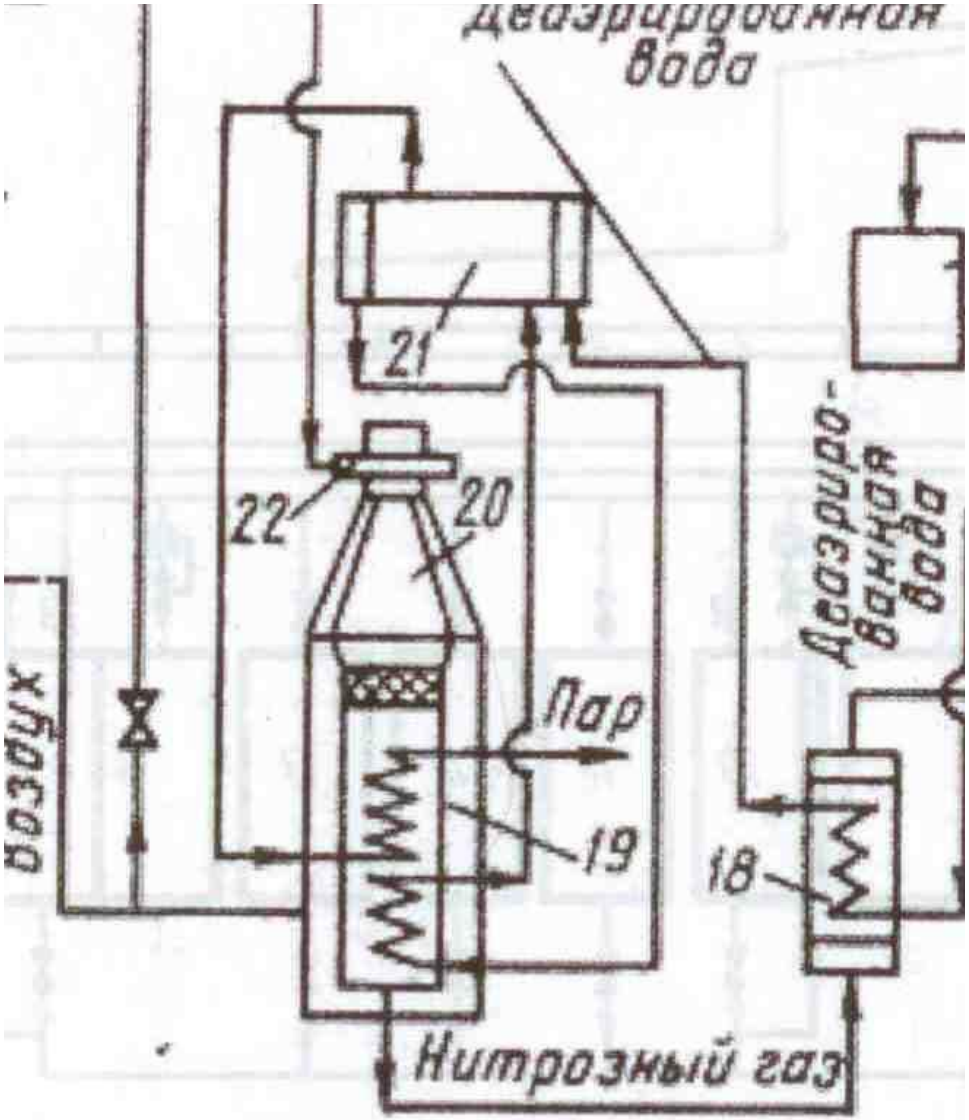
Аммиачно-воздушная смесь

- Очищенный ГА подогревается до 70 – 110 °С в аппарате 4 за счёт тепла воздуха и поступает в смесительную камеру 22 контактного аппарата. АВС проходит тонкую очистку от аэрозолей (микроультрасупертонкое волокно УСТВ-20; стеклоткань), затем поступает через детурбулизатор (перфорированные листы) на Pt катализатор.


NH_3(г)
Деаэрированная вода
21
22
20
Пар
19
18
Деаэриро-ванная
Нитрозный газ

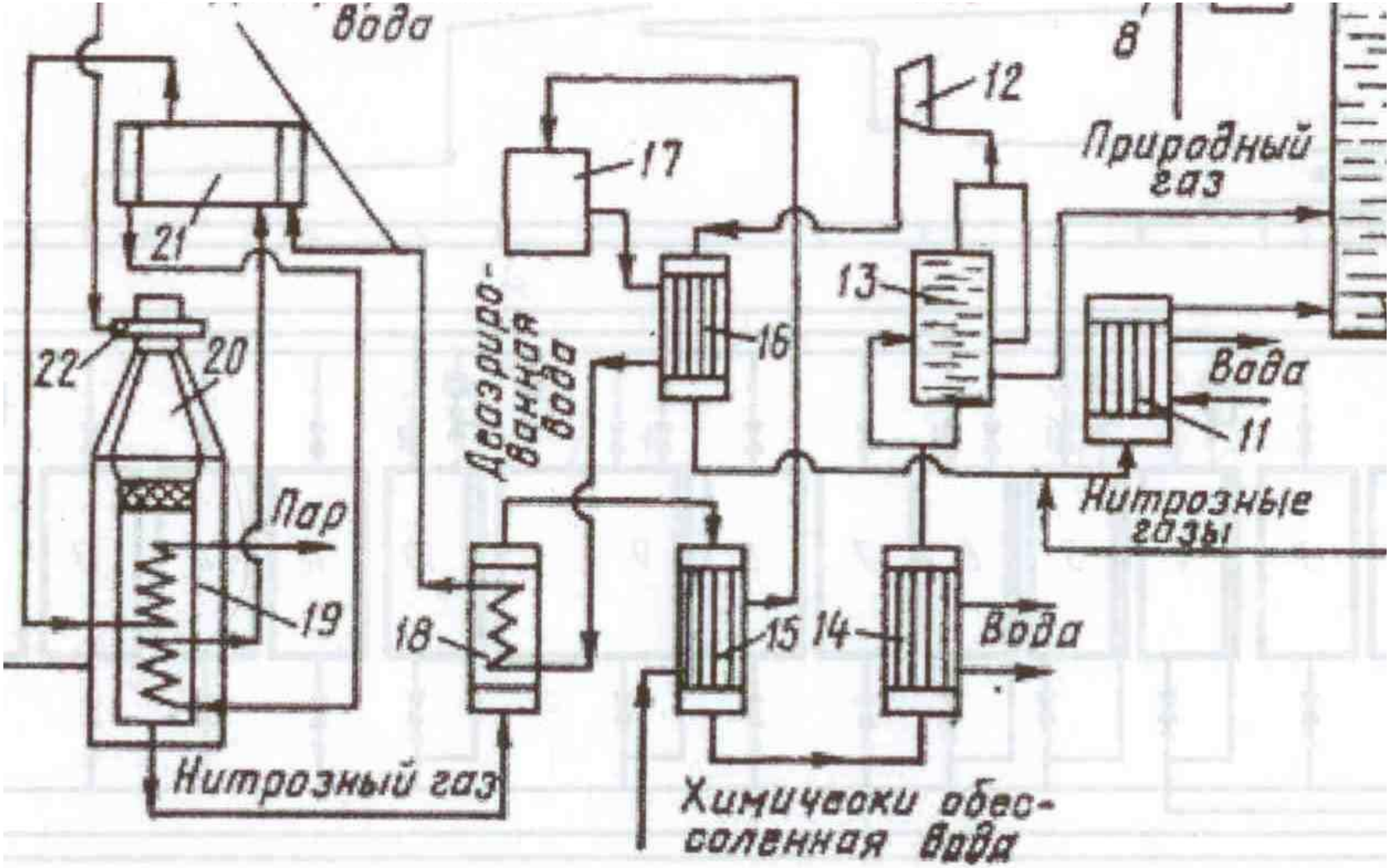
Контактное окисление аммиака

- 6 – 7 катализаторных сеток из Pt сплавов. Разогрев сеток в период пуска – азото-водородной смесью из цеха № 55 или водородом из баллонов. Воспламенение смеси с помощью электрического запального устройства. При розжиге контактных аппаратов в нитрозном газе (НГ) – повышенное содержание аммиака. Он реагирует с НГ и образует нитрит-нитратные соли (типа NH_4NO_2). Они вызывают коррозию аппаратов. Поэтому время розжига сеток не более 5 мин. Первые по ходу АВС смеси сетки – ранее работавшие.
- В НГ не менее 8,8 объёмных % NO, остальное - ???. Степень конверсии не менее 95 %. Температура в пределах 800 – 880 ^oC.


Деаэрированная вода
21
22
20
Воздух
Пар
19
18
Деаэриро-ванная вода
Нитрозный газ

Утилизация тепла нитрозного газа

- Внутри контактного аппарата расположен котёл-утилизатор, в котором получается перегретый пар Р = 40 ат с температурой 440 ^{o}С.
- Рассмотрим путь воды перед поступлением в котёл. Холодная обессоленная вода (внизу схемы) сначала поступает в подогреватель 15. Затем идёт в деаэратор 17. В этот аппарат через барботёр подаётся пар, и из воды удаляются растворённые газы (кислород, углекислый газ, инертные газы), а вода нагревается до 102 – 106 ^{o}С. Эта вода насосами (с давлением до 58 ат) подаётся в теплообменники 16 и 18 и затем в барабан 21 с сепарационным устройством. На схеме 16 и 18 обозначены как холодильники нитрозных газов (что для НГ – холодильник, то для воды – подогреватель). В сепарационном барабане пароводяная смесь, содержащая примерно 15 % насыщенного пара, разделяется внутри циклонов. Насыщенный пар подаётся в двухступенчатый пароперегреватель, где он приобретает температуру до 440 ^{o}С. Этот пар идёт в заводской паропровод и на технологические цели.
- Запишем путь воды: 15 → 17 → 16 → 18 → 21 → котёл-утилизатор.

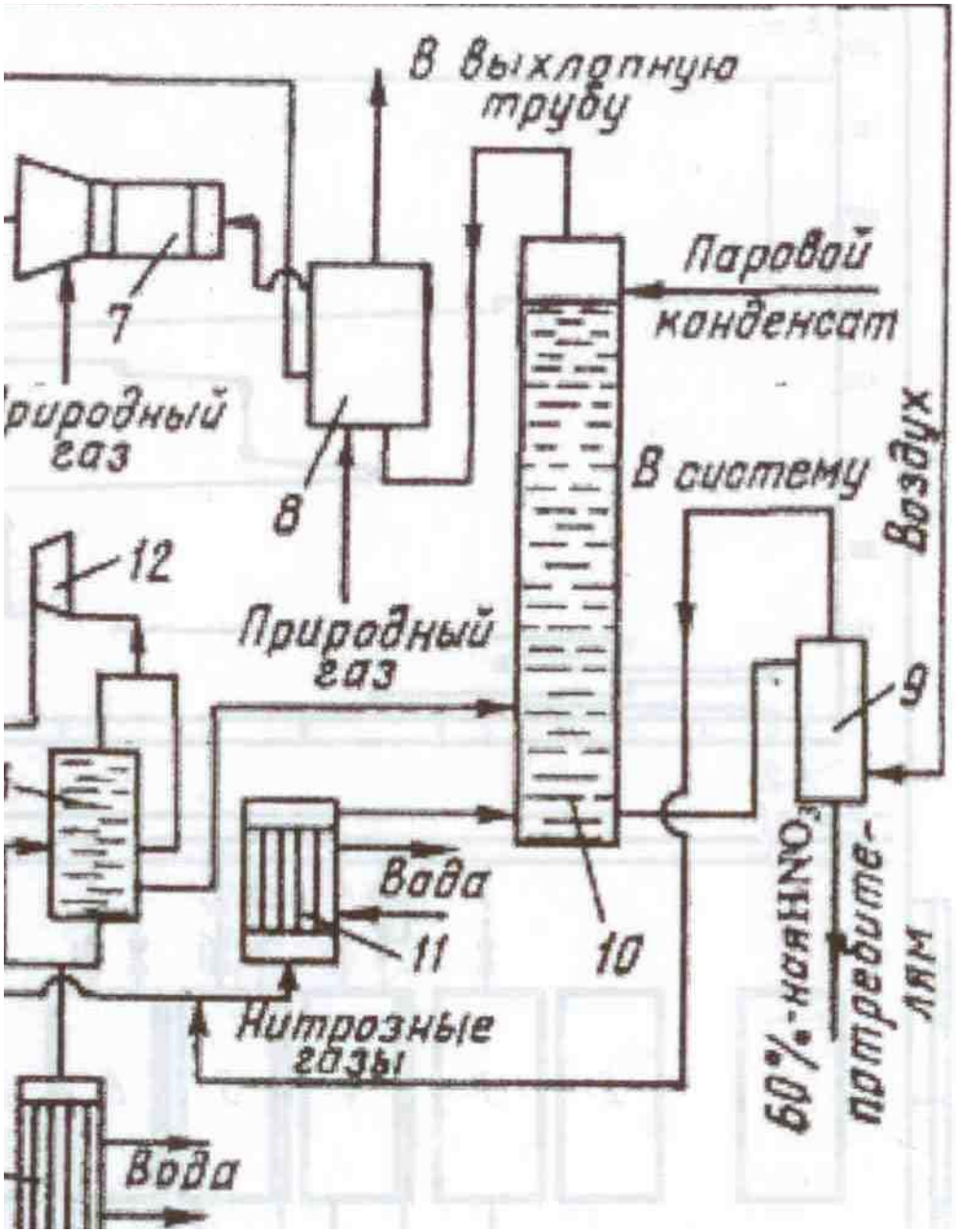

Вода
8
12
Природный газ
17
21
13
Деаэриро-ванная вода
16
22
20
Вода
11
Пар
Нитрозные газы
19
18
15
14
Вода
Нитрозный газ
Химически обес-соленная вода

Путь нитрозных газов

- НГ отдают тепло пару и химически обессоленной воде. Сначала НГ охлаждается в котле-утилизаторе, затем в холодильнике 18. На входе в холодильник температура НГ 335 – 400 ^{o}C, на выходе 220 – 260 ^{o}C. Уже и по пути к холодильнику и в нём происходит окисление NO до NO_2. Затем НГ идут в подогреватель воды 15, где охлаждаются до 130 – 190 ^{o}C. В водяном холодильнике 14 НГ охлаждаются оборотной водой до 40 – 65 ^{o}C. Происходит конденсация воды из НГ с образованием азотной кислоты (25 – 28 %). Далее – газовый промыватель 13. В нём НГ отмываются от нитрит-нитратных солей и происходит дальнейшая конденсация HNO_3. Кислота (уже 40 %-ная) подаётся в абсорбционную колонну 10. Затем НГ сжимают в компрессоре 12 до P = 9 ат, при этом они нагреваются до 210 – 230 ^{o}C. Поэтому их охлаждают в холодильнике 16 до 155 – 165 ^{o}C и в холодильнике 11 до 60 – 65 ^{o}C и только потом направляют в абсорбционную колонну 10.
- Запишем путь НГ: котёл-утилизатор → 18 → 15 → 14 → 13 → 12 → 16 → 11 →10.

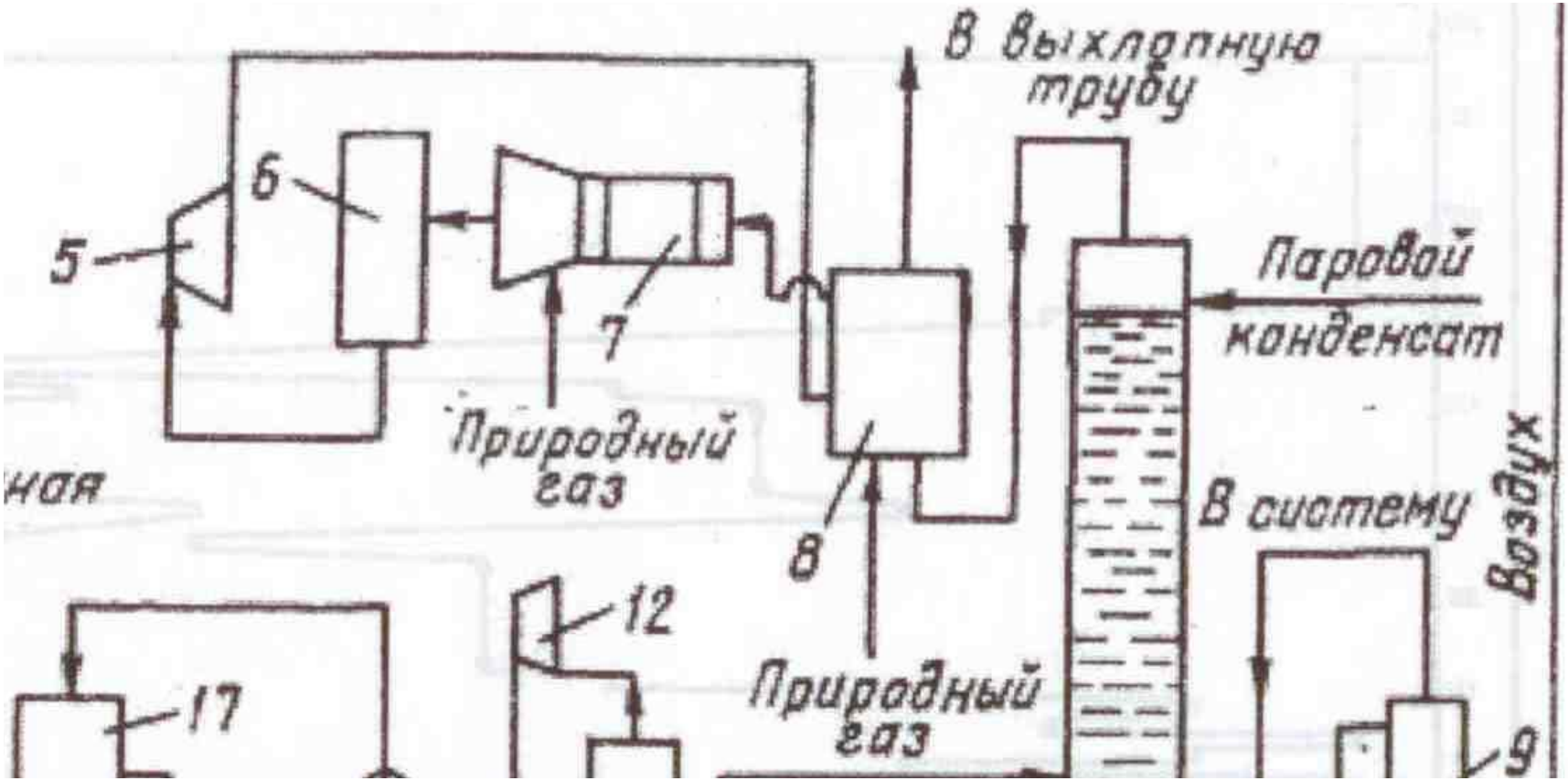
Абсорбция нитрозных газов

- Сверху в колонну 10 поступает водяной конденсат с температурой не выше 45 ^{o}C, снизу – охлаждённые НГ. Абсорбция оксидов азота водой происходит на тарелках колонны. Перетекая сверху вниз навстречу потоку НГ, вода поглощает оксиды азота с образованием кислоты.
- Процесс абсорбции идёт при давлении не выше 9 ат с постоянным отводом тепла реакций оборотной водой с температурой не выше 27 ^{o}C. Снизу выходит 58 – 60 %-ная азотная кислота. Она идёт в продувочную колонну 9 для удаления растворённых оксидов азота.


В выхлопную трубу
Паровой конденсат
7
Природный газ
8
В систему
Воздух
12
Природный газ
9
Вода
11
10
60%-ная HNO_3
Нитрозные газы
потребителям
Вода

Очистка хвостовых газов

- Отходящий газ из абсорбционной колонны нагревается в подогревателе (топочном устройстве) 8, смешивается в смесителе 7 с природным газом. Оптимальное соотношение природный газ – кислород составляет CH_4 / O_2 = 0,55 – 0,56. Подогретый до 480 °С газ направляется на каталитическую очистку от оксидов азота в реактор 6. Катализатором очистки служит алюмопалладиевый катализатор АПК-2. После каталитического разложения выхлопные газы, содержащие до 0,005 % оксидов азота при температуре 720 – 760 °С, поступают в рекуперационную турбину 5, входящую в состав газотурбинного агрегата. Здесь тепловая энергия выхлопных газов преобразуется в механическую со снижением температуры до 350 – 430 °С и одновременным снижением давления газа. Энергия, вырабатываемая в газовой турбине, используется для привода компрессоров 12 и 23 (нитрозного и воздушного). Отработанные в турбине выхлопные газы используют для подогрева в аппарате 8.


В выхлопную трубу
6
5
7
Паровой конденсат
Природный газ
В систему
Воздух
8
12
17
Природный газ
9

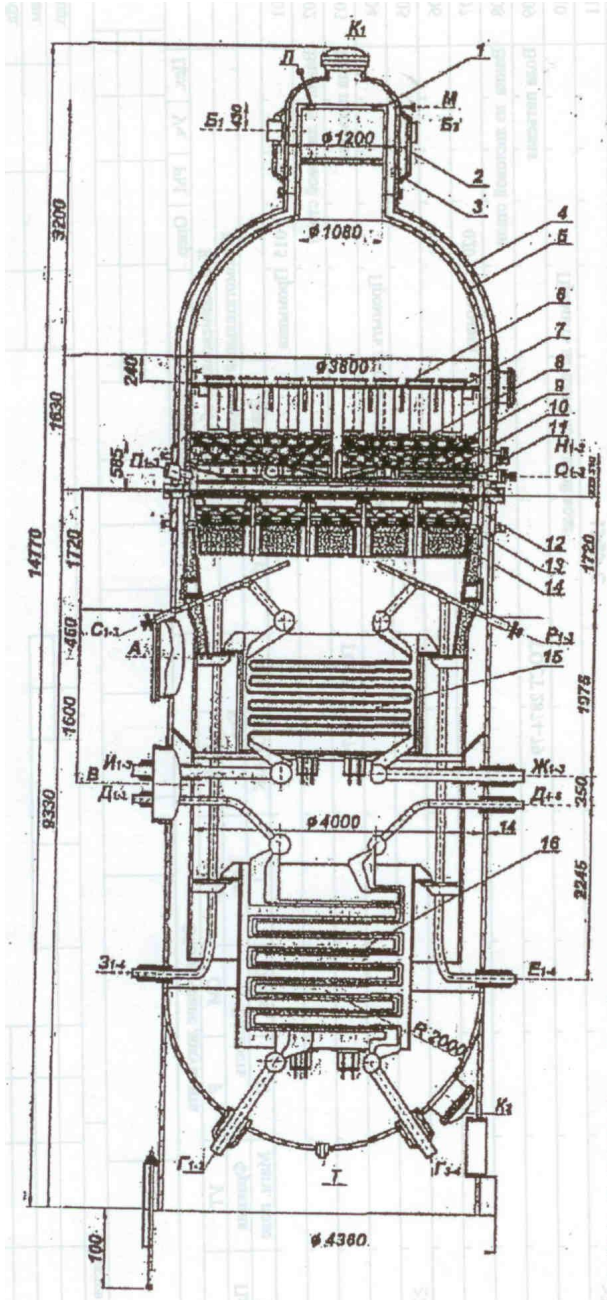
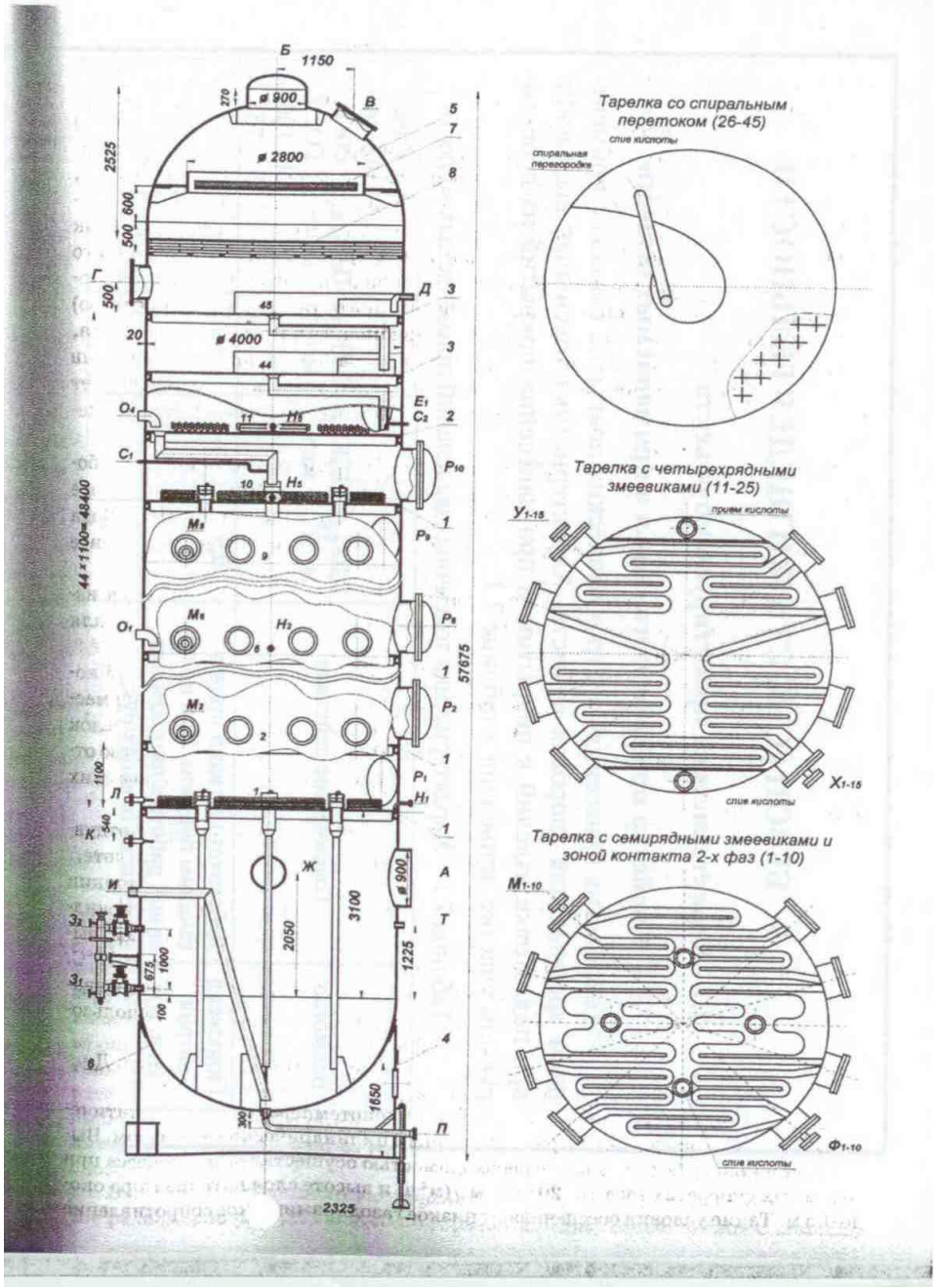


Рис. П3. Контактный аппарат.

А – *вход воздуха;*
$В_{1,2}$ – *вход аммиака;*
В – *выход нитрозного газа;*
$Г_{1-4}$ – *подвод воды от циркуляционных насосов;*
$Д_{1-6}$ – *отвод пароводяной смеси к барабану;*
$Е_{1-4}$ – *подвод насыщенного пара от барабана;*
$Ж_{1-4}$ – *отвод пара в пароохладитель;*
$З_{1-4}$ – *подвод насыщенного пара от пароохладителя;*
$И_{1-3}$ – *отвод перегретого пара на производство;*
К – *люк;*
Л – *для замера сопротивления;*
М – *для замера давления;*
$Н_{1-3}$ – *вход газа для розжига;*
$О_{1-3}$ – *для отбора проб;*
$П_{1-3}$ – *окно смотровое;*
$Р_{1-3}$ – *для термопары;*
$С_{1-3}$ – *для отбора проб;*
Т – *дренаж;*
1 – смеситель;
2 – отверстия диаметром 12мм;
3 – отверстия диаметром 4мм;
4 – силовой корпус;
5 – внутренний корпус;
6 – плита опорная;
7 – патрон фильтра;
8 – распределительная решетка;
9 – огнепреградительный слой из колец алюминия;
10 – огнепреградительный слой из колец никеля;
11 – горелка;
12 – платиновая сетка;
13 – неплатиновый катализатор;
14 – масса для улавливания платины;
15 – пароперегреватель;
16 – испаритель.



Тарелка со спиральным перетоком (26-45)

Тарелка с четырехрядными змеевиками (11-25)

Тарелка с семирядными змеевиками и зоной контакта 2-х фаз (1-10)

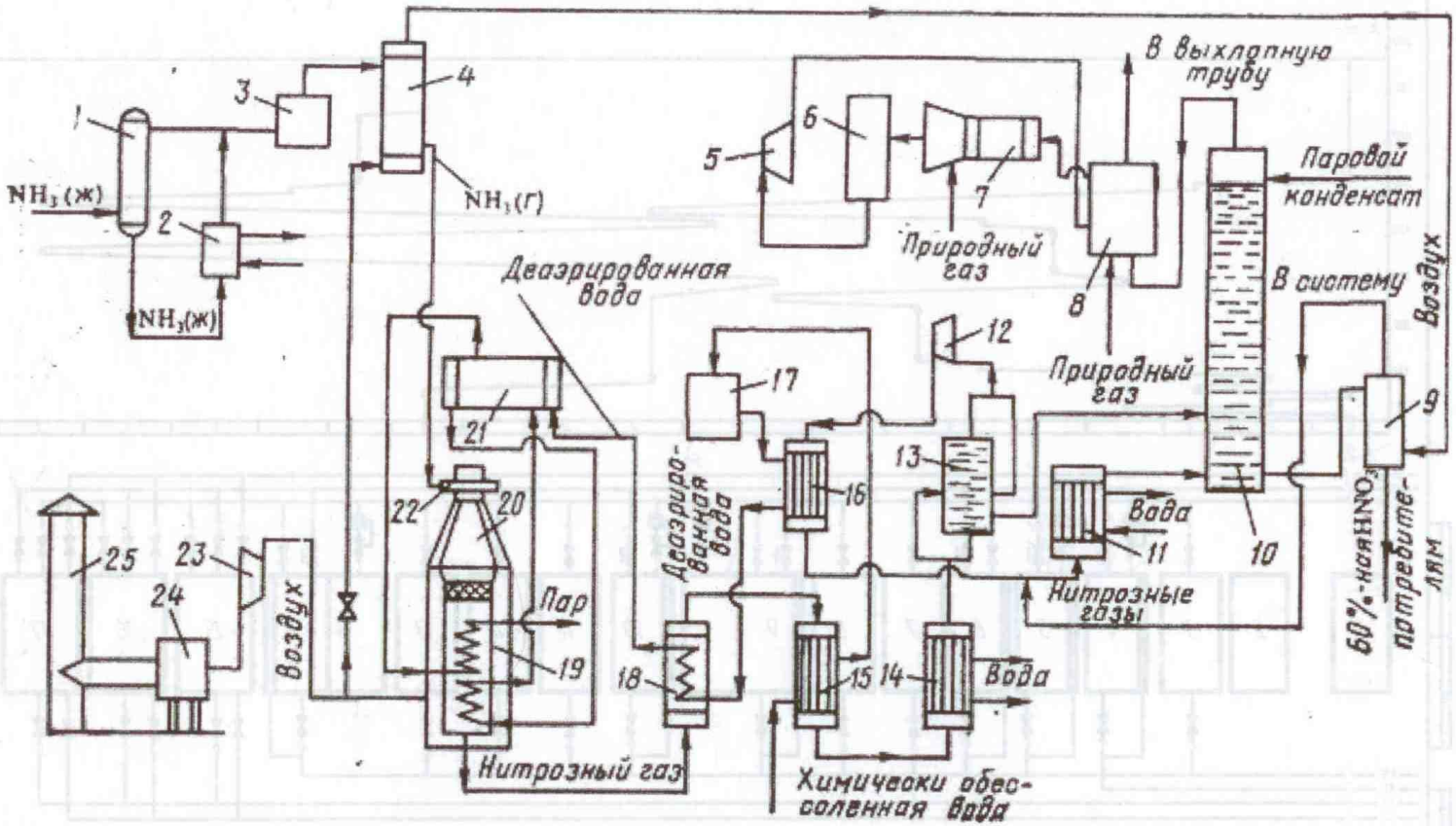


Рисунок 1.1 –Технологическая схема производства азотной кислоты АК-72:

1 – ресивер; 2 – испаритель; 3, 24 – фильтры; 4, 15 – подогреватели; 5 – рекуперационная турбина; 6 – реактор каталитической очистки; 7 – смеситель; 8 – топочное устройство; 9 – продувочная колонна; 10 – абсорбционная колонна, II. 14 – водяные холодильники; 12, 23 – компрессоры; 13 – газовый промыватель; 16, 18 – холодильники нитрозных газов; 17 – деаэрационная колонна; 19 – котел-утилизатор; 20 – контактный аппарат; 21 – барабан с сепарационным устройством; 22 – смесительная камера; 25 – труба для забора воздуха

Раздаточный лист 5

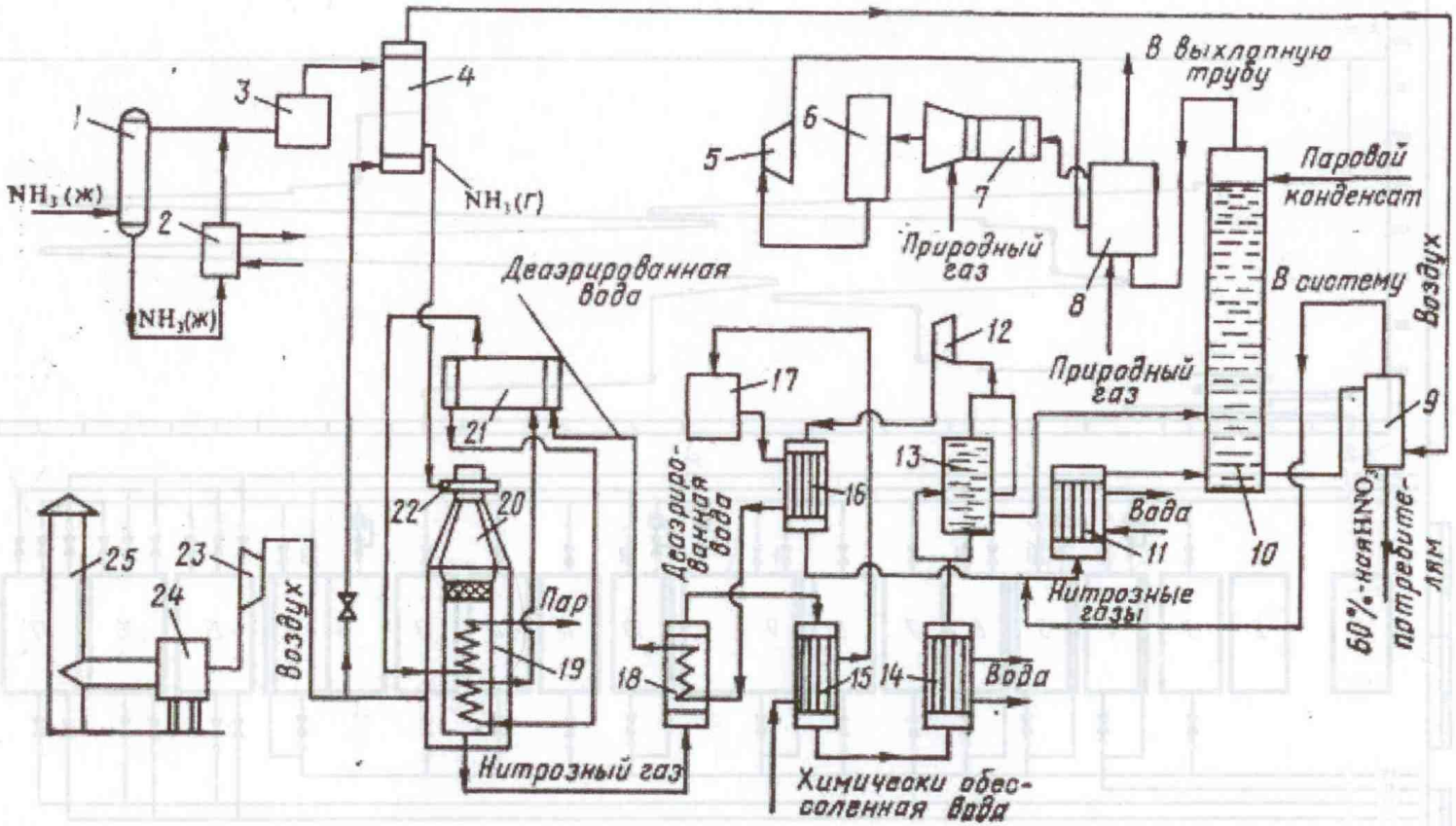


Рисунок 1.1 –Технологическая схема производства азотной кислоты АК-72:

1 – ресивер; 2 – испаритель; 3, 24 – фильтры; 4, 15 – подогреватели; 5 – рекуперационная турбина; 6 – реактор каталитической очистки; 7 – смеситель; 8 – топочное устройство; 9 – продувочная колонна; 10 – абсорбционная колонна, II. 14 – водяные холодильники; 12, 23 – компрессоры; 13 – газовый промыватель; 16, 18 – холодильники нитрозных газов; 17 – деаэрационная колонна; 19 – котел-утилизатор; 20 – контактный аппарат; 21 – барабан с сепарационным устройством; 22 – смесительная камера; 25 – труба для забора воздуха

Раздаточный лист 5