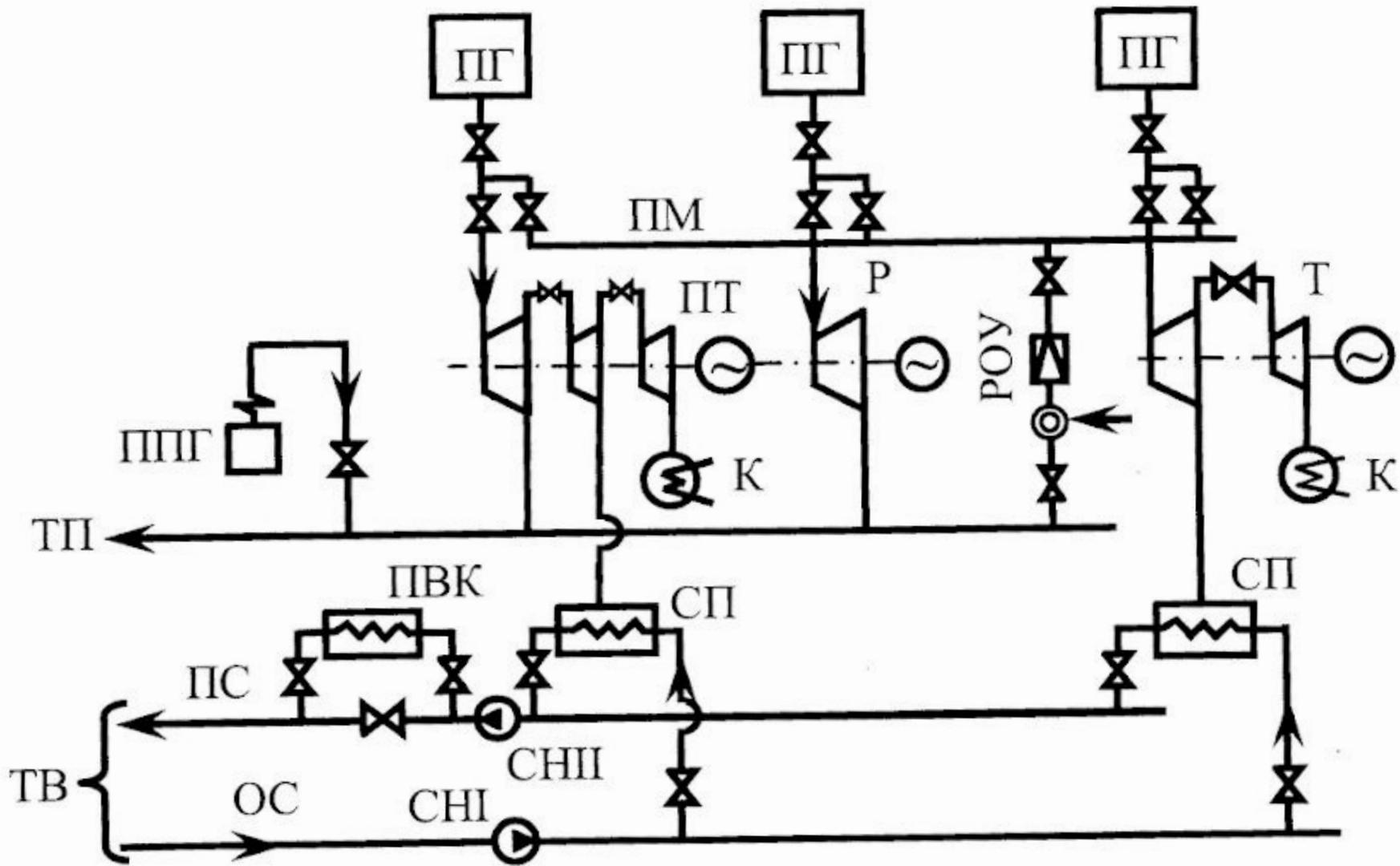


ЛЕКЦИЯ 6

2) ТЭЦ: в районах с развитым промышленным и тепловым потреблением сооружают ТЭЦ смешанного типа с турбинами ПТ, Р и Т. Турбины типа Р применяются для покрытия базовых нагрузок и устанавливаются совместно с турбинами, имеющими регулируемые отборы.

Принципиальная схема неблочной ТЭЦ с поперечными связями



5. Выбор насосов

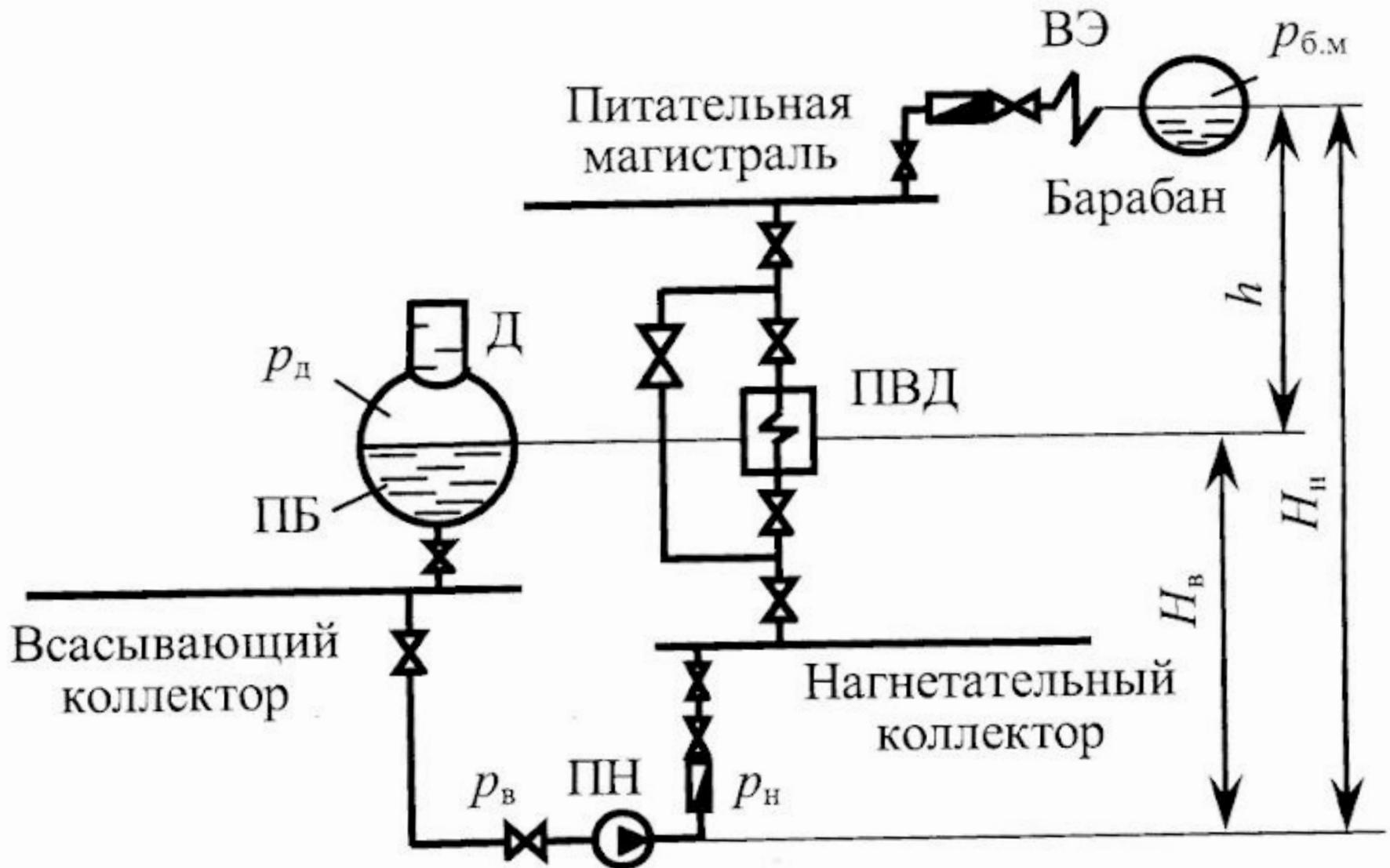
1) Питательные насосы (ПН).

Питательные насосы устанавливаются непосредственно после деаэратора и развивают полный напор, необходимый для подачи воды в котел.

Выбираются

по производительности (расходу) и напору (давлению). Напор ПН зависит от параметров пара, вырабатываемого котлом, типа котла, регенеративной схемы.

Схема включения питательного насоса



Для барабанного котла давление, создаваемое питательным насосом, рассчитывается по формуле:

$$p_{\text{пн}} = p_{\text{б.м}} - p_{\text{д}} + \rho_{\text{пв}} gh \cdot 10^{-6} + \Sigma \Delta p_{\text{тр}}, \text{ МПа}$$

Здесь $p_{\text{б.м}} = (1,05-1,08)p_{\text{б}}$ – максимальное давление в барабане с учетом регулировки

предохранительных клапанов, МПа;

$p_{\text{д}}$ – давление в деаэраторе, МПа;

$\Sigma \Delta p_{\text{тр}}$ – суммарное гидравлическое сопротивление трубопроводов и теплообменников от деаэратора до барабана, МПа.

Высота установки деаэратора должна исключить вскипание и кавитацию на входе в питательный насос; она составляет не менее 12–15 м.

На ТЭС используются деаэраторы повышенного давления, рассчитанные на 0,6–0,7 МПа.

**2) Конденсатные насосы (КН).
Предназначены для транспорта конденсата из конденсатора в деаэратор питательной воды.**

Подача конденсатного насоса определяется наибольшим пропуском пара в конденсатор с учетом регенеративных отборов. Расход конденсата определяется при полной электрической нагрузке, летней температуре воды и выключенных отборах пара.

Производительность конденсатного насоса:

$$G_{\text{кн}} = kD_{\text{к}}, \text{ т/ч,}$$

где $D_{\text{к}}$ – количество пара, поступившего в конденсатор т/ч; $k \equiv 1,1-1,2$ –

Давление, создаваемое конденсатным насосом, составляет 0,35–1,6 МПа

и определяется по формуле:

$$p_{\text{кн}} = H_{\text{д}} + (p_{\text{д}} - p_{\text{к}})/(\rho_{\text{к}}g) + \Sigma\Delta p_{\text{тр}}, \text{ м вод. ст.},$$

где $H_{\text{д}}$ – высота установки деаэратора, м;

$p_{\text{д}}$ – давление в деаэраторе, Па;

$p_{\text{к}}$ – давление в конденсаторе, Па;

$\Sigma\Delta p_{\text{тр}}$ – суммарные гидравлические потери

в трубопроводах и теплообменниках от конденсатора до деаэратора, м вод.

**3) Циркуляционные насосы (ЦН).
Предназначены для подачи
охлаждающей воды в конденсатор,
маслоохладители турбоагрегатов и
воздухоохладители
электрогенераторов. Расчетная
производительность циркуляционного
насоса:**

$$G_{\text{ЦН}} = G_{\text{К}} + G_{\text{М}} + G_{\text{В}}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

**где $G_{\text{К}}$ – расход циркуляционной
(охлаждающей) воды в конденсатор;
 $G_{\text{М}}$ – расход воды на маслоохладители;
 $G_{\text{В}}$ – расход воды на**

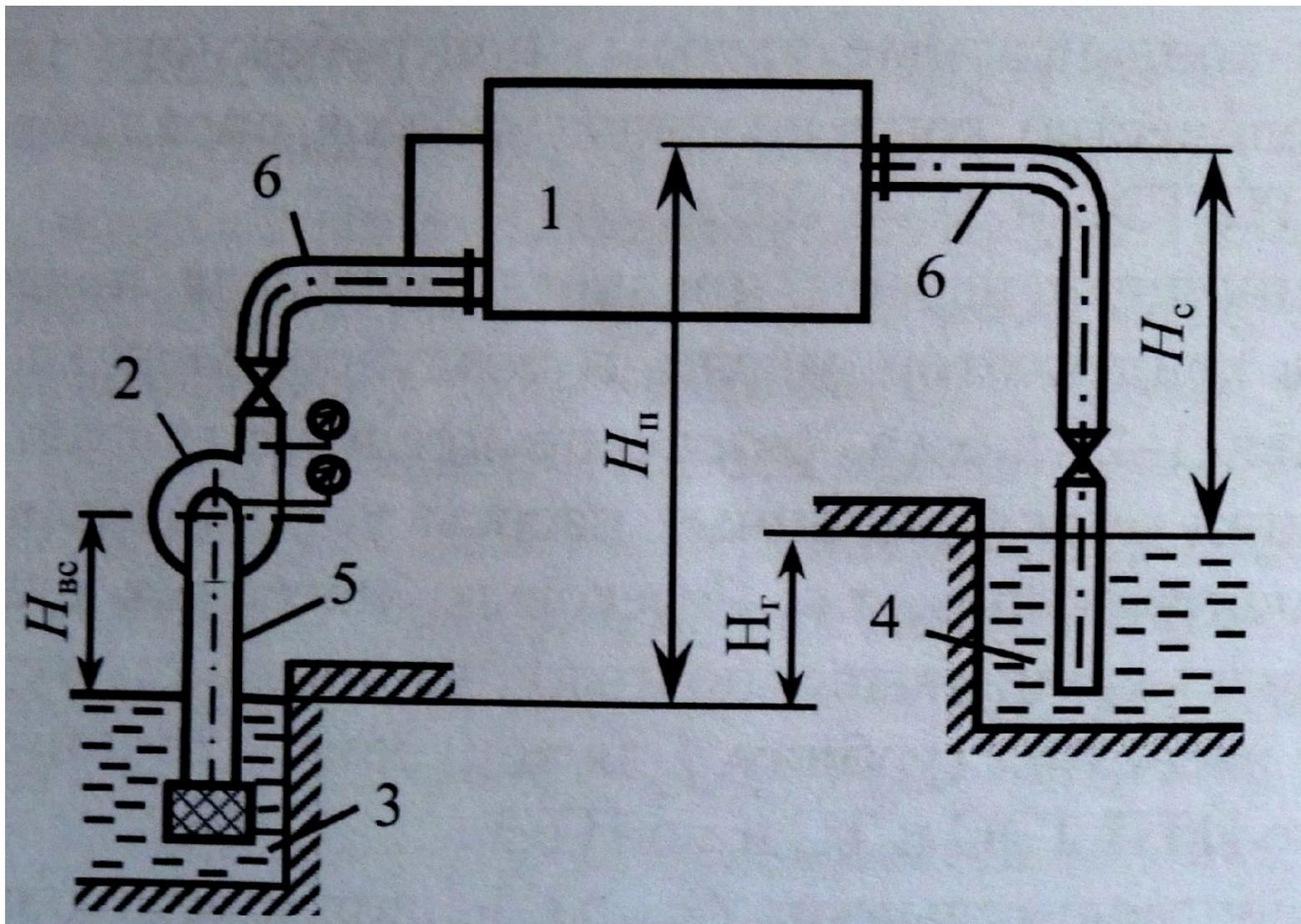
Расход воды циркуляционным насосом определяют по летнему режиму при наиболее высокой температуре воды.

Расход воды на масло- и воздухоохладители составляет 3–8% от расхода охлаждающей воды в конденсатор.

Напор, создаваемый циркуляционным насосом, рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{цн}} = H_{\text{г}} + \Delta P_{\text{к}} + \Sigma \Delta p_{\text{тр}}, \text{ м вод. ст.},$$

где H_{Γ} – геометрическая высота подъема воды, м; ΔP_{κ} – гидравлическое сопротивление конденсатора;
 $\Sigma \Delta p_{\text{тр}}$ – потери на трение и местные сопротивления во всасывающем и нагнетательном трубопроводах.



1 – конденсатор; 2 – циркуляционный насос;
 3, 4 – приемный и сборный бассейн;
 5, 6 – всасывающий и нагнетательный

Расход циркуляционной воды на ТЭС составляет 120–200 кг/(кВт·ч).

На современных ТЭС устанавливают в основном осевые циркуляционные насосы, которые развивают давление 13–23 м вод. ст. при подаче от 750 м³/ч до 65000 м³/ч и более.

4) Сетевые насосы. Предназначены для создания циркуляции сетевой воды

в трубопроводах тепловой сети.

Расход сетевой воды зависит от тепловой нагрузки на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды:

$$G_c = \frac{Q_{\text{max}}^{\text{O,В,ГВС}}}{c_p (\tau'_1 - \tau'_2)}$$

Напор сетевых насосов определяется гидравлическим сопротивлением тепловых сетей. Промышленность выпускает сетевые насосы производительностью

6. Выбор вспомогательного оборудования котельной установки

К вспомогательному оборудованию котельной установки относятся устройства для подготовки топлива к сжиганию, золоуловители, дымососы, дутьевые вентиляторы. Состав вспомогательного оборудования определяется видом сжигаемого топлива, типом котлоагрегата и его мощностью.

1) Пылеприготовление.

Основным видом сжигаемого на ТЭС твердого топлива являются каменные и бурые угли. Сжигание твердого топлива в энергетических котлах производится в камерных топках, т.е. в пылевидном состоянии. Для размола твердого топлива до состояния пыли на ТЭС имеются системы пылеприготовления.

Для размола топлив используют четыре типа углеразмольных мельниц:

- шаровые барабанные мельницы (ШБМ);**
- молотковые мельницы (ММ);**
- мельницы-вентиляторы (М-В);**
- среднеходные валковые мельницы (СМ).**

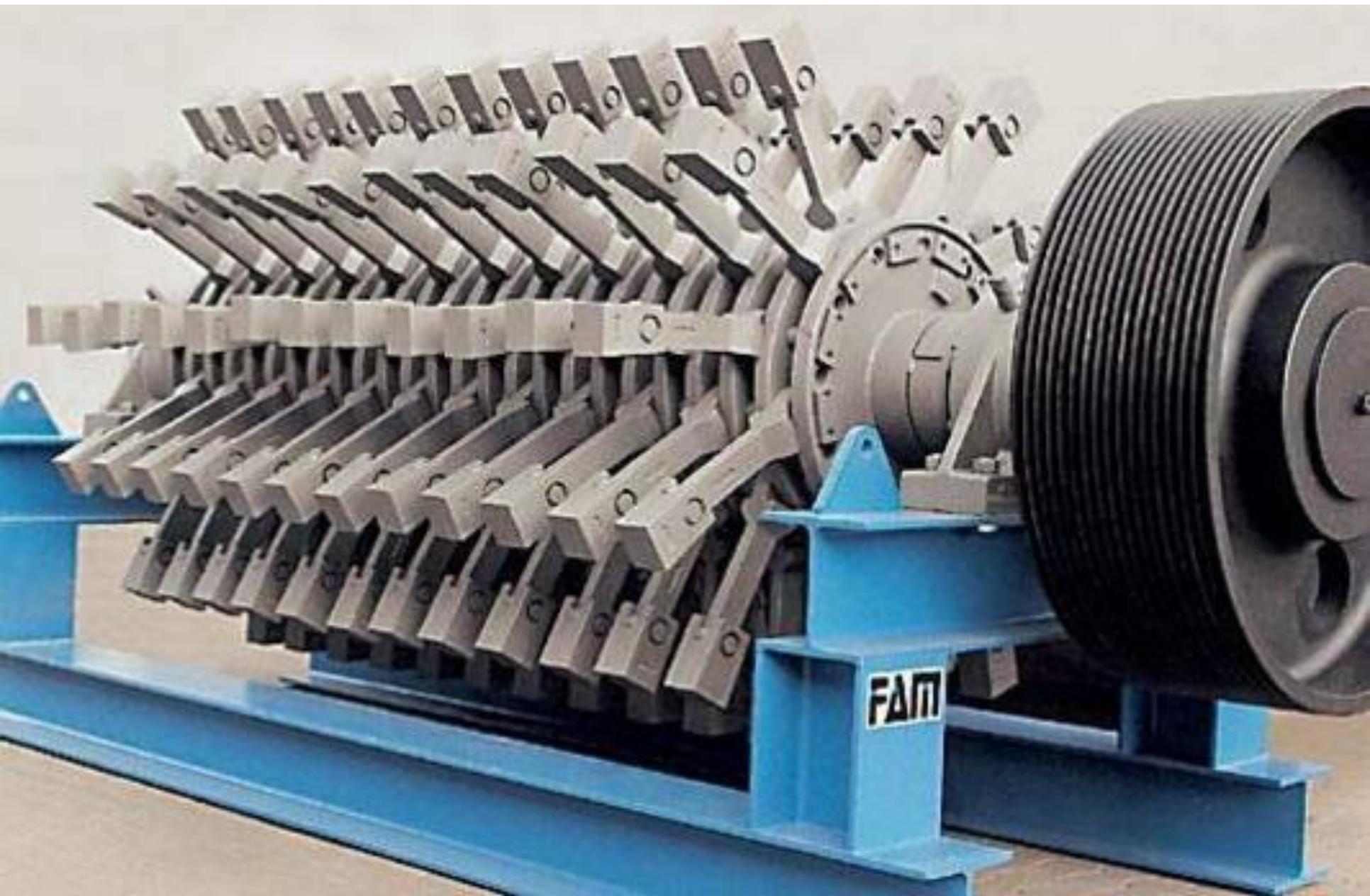
Размол бурых углей осуществляется в основном в молотковых мельницах производительность до 100 т/ч с принудительной вентиляцией

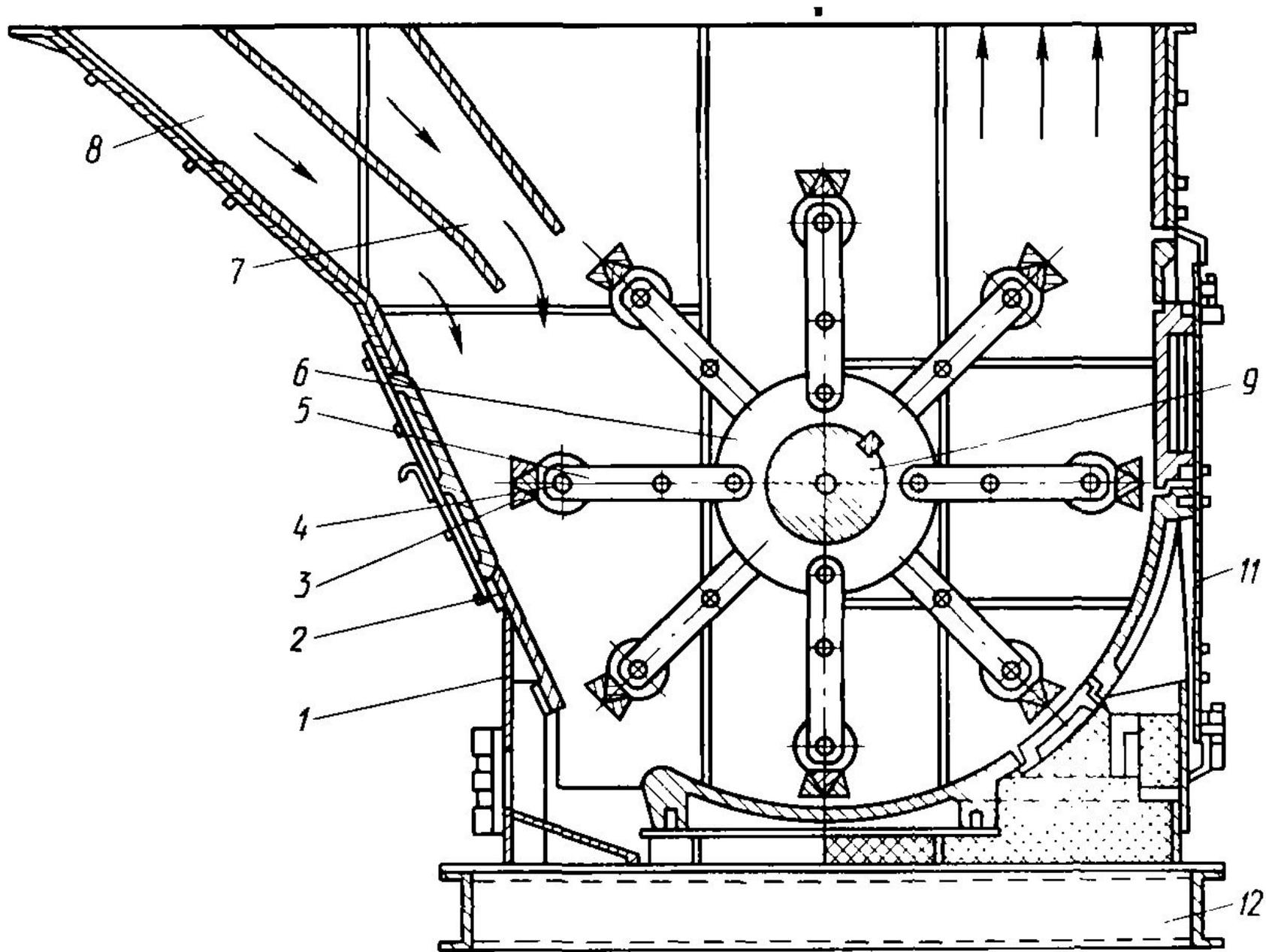
Быстроходная молотковая мельница состоит из вращающегося ротора, на котором закреплены диски с шарнирно прикрепленными билами.

Топливо измельчается ударами бил. В этих мельницах обычно размалывают сравнительно мягкие и имеющие большой выход летучих топлива.

Наддув в мельнице создается вентилятором горячего дутья.

Молотковая мельница





Существенным недостатком молотковых мельниц является непродолжительный срок службы бил.

Так, при размоле экибастузского угля он составляет 1000–1200 ч, а при размоле подмосковного угля – 300–500 ч.

Для топлив с повышенной влажностью более эффективным оказывается применение мельниц-вентиляторов.

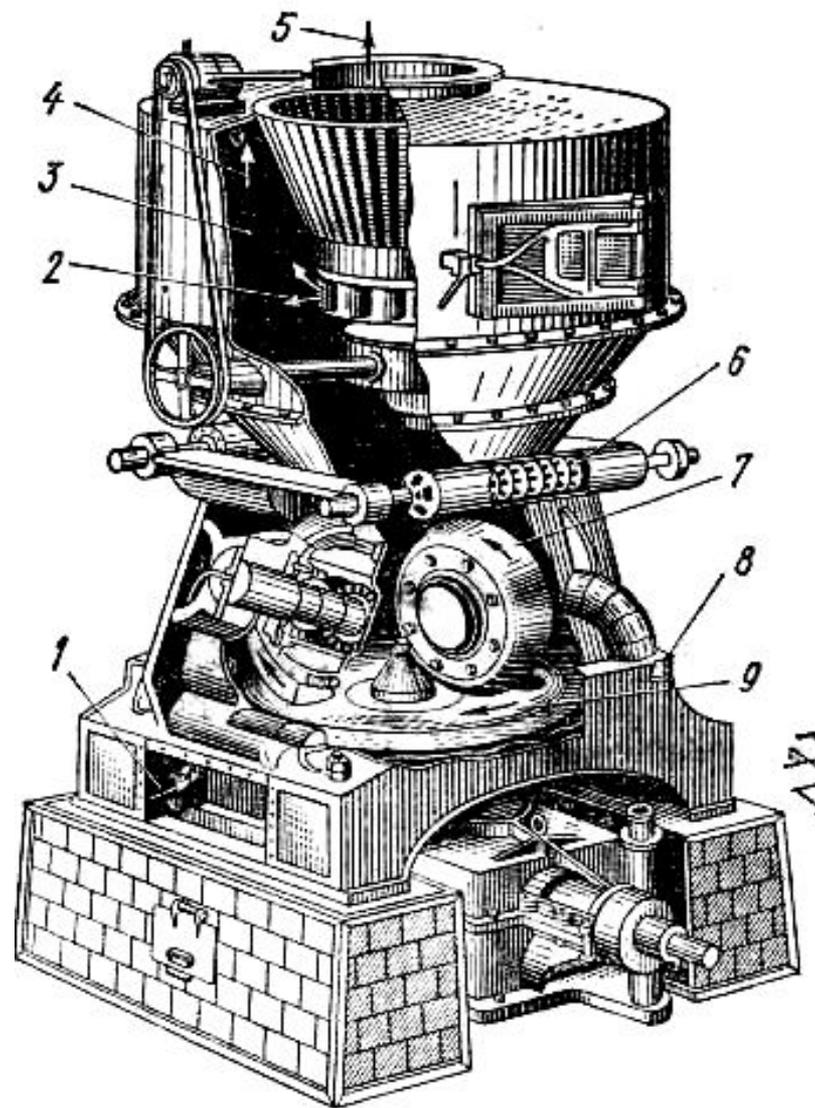
Быстроходная мельница-вентилятор состоит из колеса с лопатками, бронированного корпуса и сепаратора и обычно применяется для размола высоковлажных мягких бурых углей с большим выходом летучих и торфа. Топливо измельчается за счет удара о лопатки и транспортируется в виде пылевоздушной смеси к горелкам котлов.

Валковая среднеходная мельница предназначена для размола каменных углей, полуантрацитов, тощих углей.

Уголь поступает по центральной трубе на вращающуюся тарелку. Под действием центробежных сил он отбрасывается к периферии и попадает под размольные валки, которые тоже вращаются.

Размол происходит за счет раздавливания и истирания.

Валковая мельница



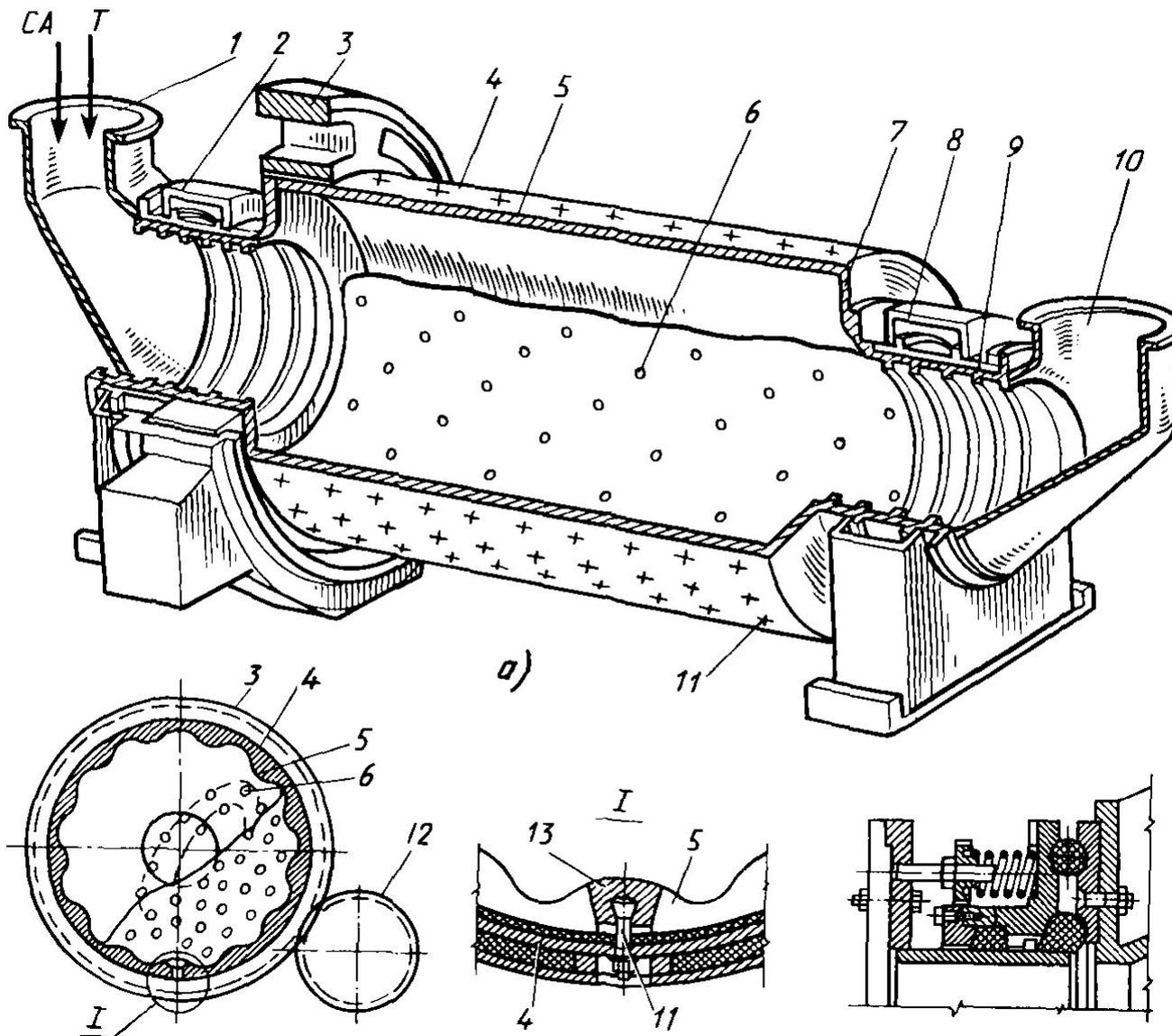
Для размола антрацита и каменных углей, требующих тонкого измельчения из-за слабой реакционной способности, применяются шаровые барабанные мельницы.

Шаровая барабанная мельница (ШБМ) состоит из цилиндра (барабана) диаметром 2–4 м и длиной 3–10 м, частично заполненного стальными шарами диаметром 30–60 мм. Внутренние стенки барабана покрыты толстыми плитами (броней).

При вращении барабана с частотой 16–25 об./мин. шары, поднимаясь на определенную высоту, падают.

Размол топлива происходит за счет удара шаров и вследствие истирания перемещающимися шарами. ШБМ пригодны для размола углей всех сортов, однако, применяются только для трудноразмалываемых топлив и топлив, требующих тонкого помола (антрациты), т. к. имеют высокую стоимость и большой расход электроэнергии на помол.

Шаровая барабанная мельница



2) Мазутные хозяйства ТЭС.

Основное назначение мазутного хозяйства ТЭС – обеспечение бесперебойной подачи к котлам подогретого и отфильтрованного мазута в необходимом количестве и с соответствующими давлением и вязкостью.

Типы мазутных хозяйств по назначению:

а) основное мазутное хозяйство

ТЭС

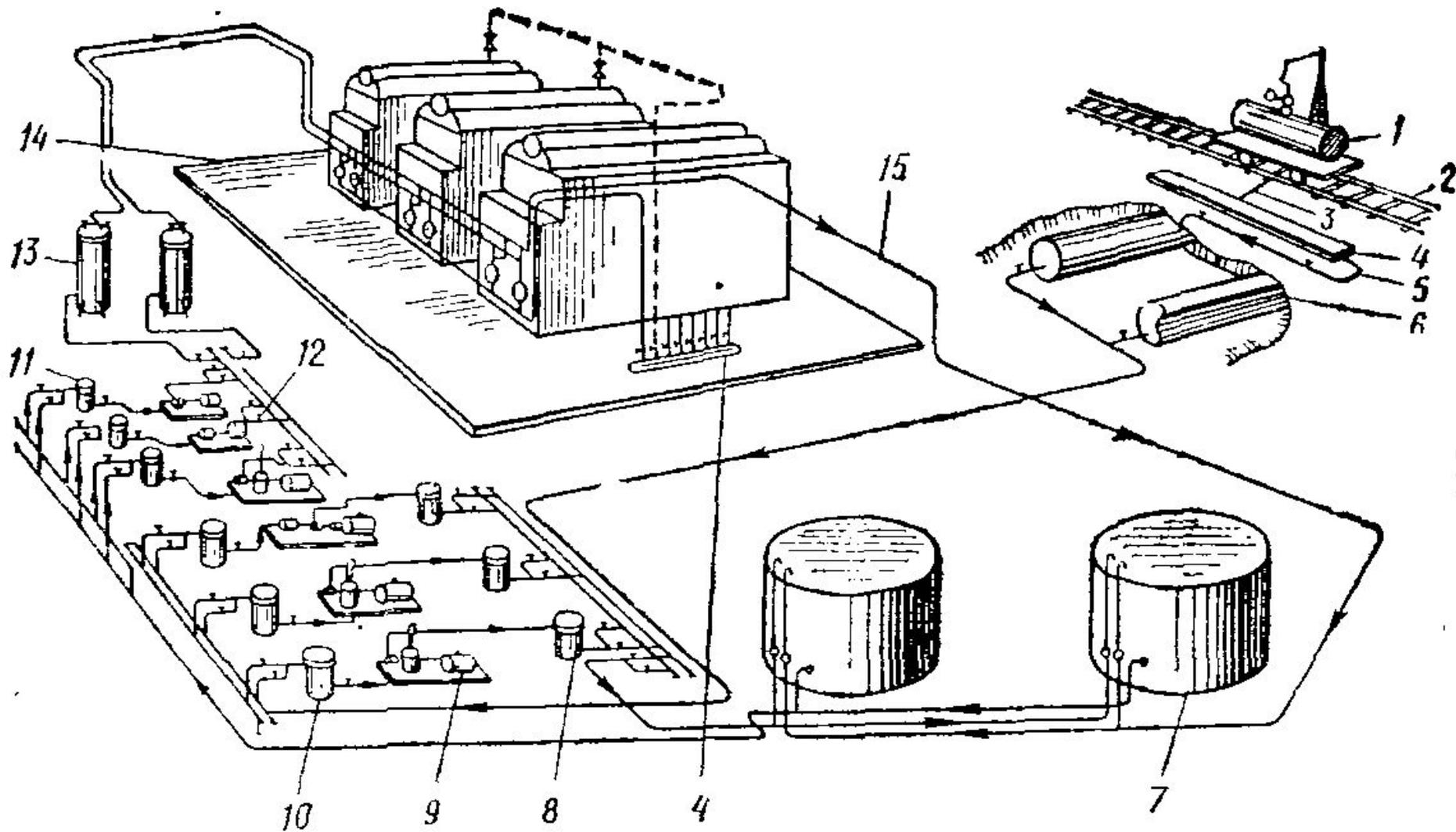
б) резервное мазутное хозяйство сооружается на ТЭС, для которых основным топливом является газ, а мазут сжигается в периоды его отсутствия;

в) растопочное мазутное хозяйство предусматривается на ТЭС, использующих твердое топливо при камерном способе сжигания. Мазут служит для растопки и подсвечивания факела в топках котлов.

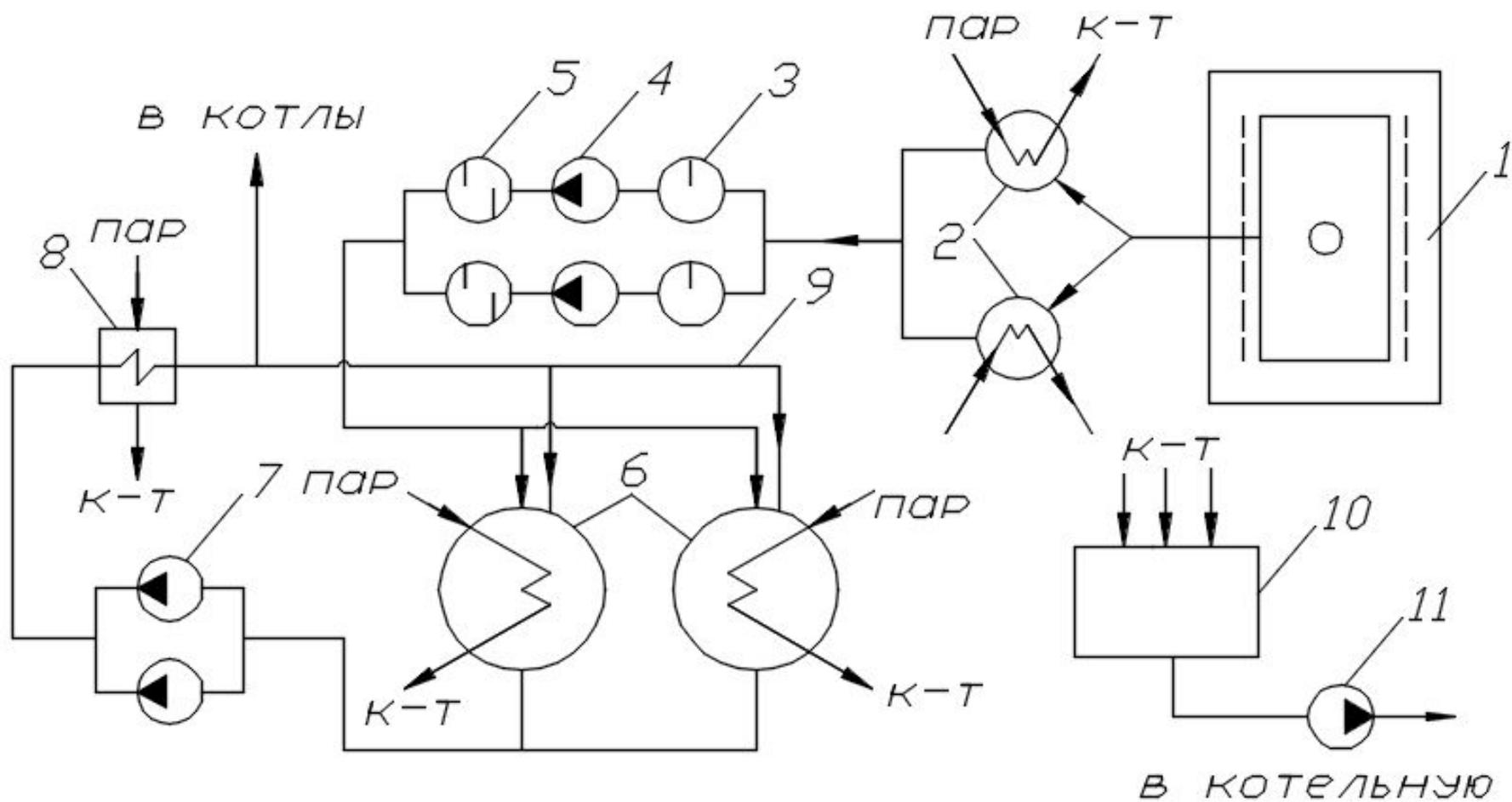
Способы доставки мазута:

- 1) железнодорожными цистернами;**
- 2) нефтеналивными судами
(при расположении котельной вблизи
судоходной реки);**
- 3) по трубопроводам (для ТЭС,
расположенных не дальше 20 км
от нефтеперерабатывающего завода).**

Общий вид мазутного хозяйства



Типовая схема мазутного хозяйства



Слив мазута из цистерн производится на сливных эстакадах, оборудованных устройствами для разогрева цистерн. Из цистерны мазут течет самотеком по лоткам (желобам) в приемные баки. По дну лотков проложены паропроводы.

Из приемных баков мазут перекачивается мазутными насосами через фильтры грубой и тонкой очистки в основные мазутохранилища.

Из основных хранилища по мере необходимости насосами 2-го подъема мазут подается к котлам через подогреватели. Часть разогретого мазута направляется по линии рециркуляции в баки-хранилища для разогрева находящегося там мазута. Рециркуляция мазута предназначена для предупреждения застывания мазута в трубопроводах при снижении или прекращении его потребления.

Приемные и основные резервуары снабжены трубчатыми паровыми подогревателями для поддержания необходимой температуры мазута 70 °С.

Пар в подогреватели поступает из котельной. Конденсат собирается в баки и направляется обратно в котельную.

Методы разогрева мазута при сливе из цистерн

Прогрев всей массы топлива в цистерне

Открытый способ

Рециркуляционный подогрев

Переносные подогреватели

Виброподогреватели

Локальный прогрев пристенного слоя топлива

Тепляки

Паровая рубашка

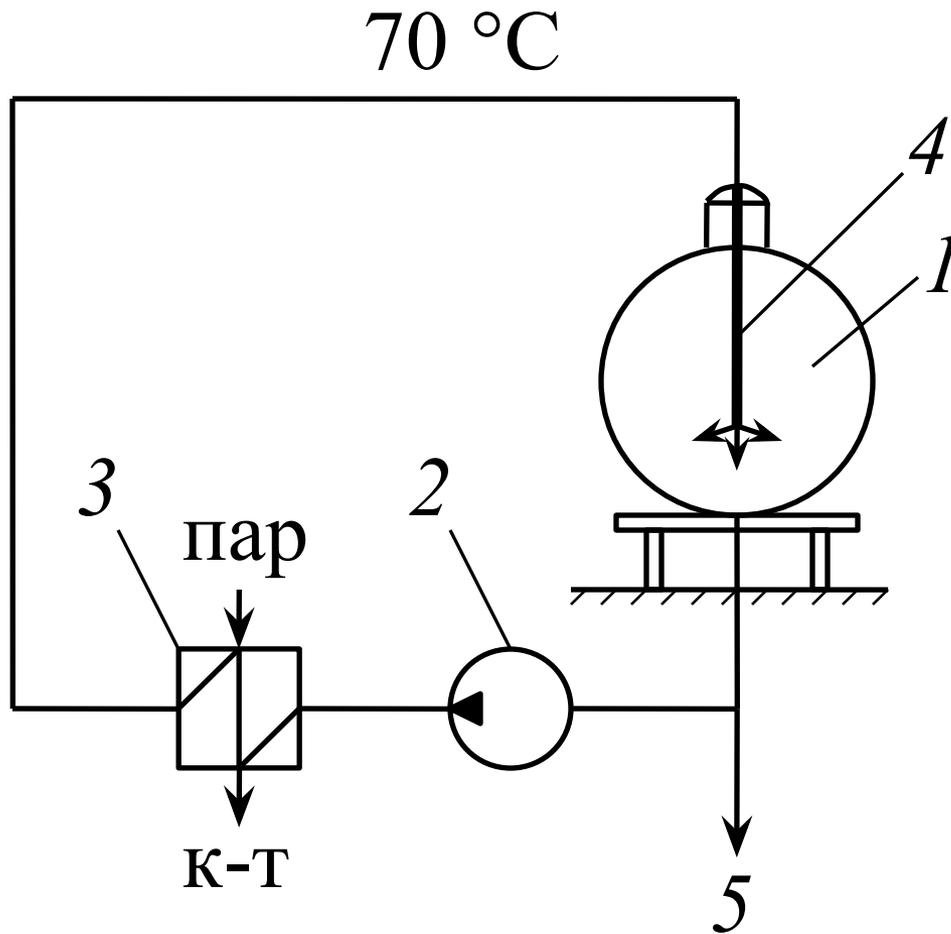
Электроиндукционный обогрев

Инфракрасный обогрев

Слив с подогревом *открытым* способом заключается в непосредственном вводе пара в цистерны. Расход пара на разогрев составляет 2,5 т/ч на цистерну, т. е. около 5 % массы мазута. Основные недостатки разогрева мазута *открытым* способом заключаются в его обводнении и в продолжительности слива до 6 ч.

**При использовании
рециркуляционного подогрева
перед сливом в цистерну опускается
переносной паровой подогреватель
для прогрева сливных устройств. Затем
мазут насосом подается в наружный
теплообменник, далее он
перекачивается обратно в цистерну.
Подогретый мазут
из цистерны откачивается насосом,
частично сливается в хранилище, а
также снова направляется в
теплообменник.**

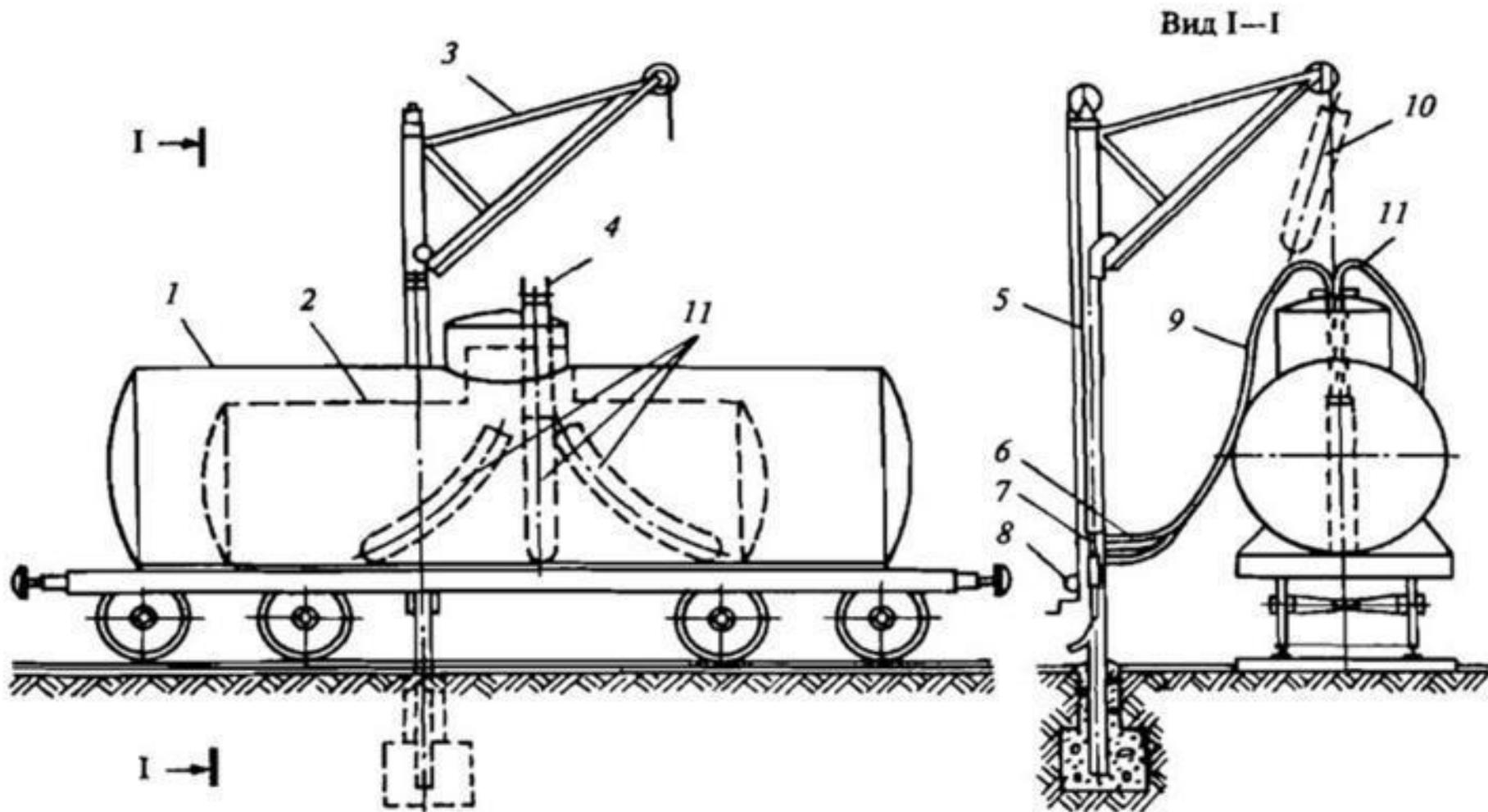
Рециркуляционный подогрев



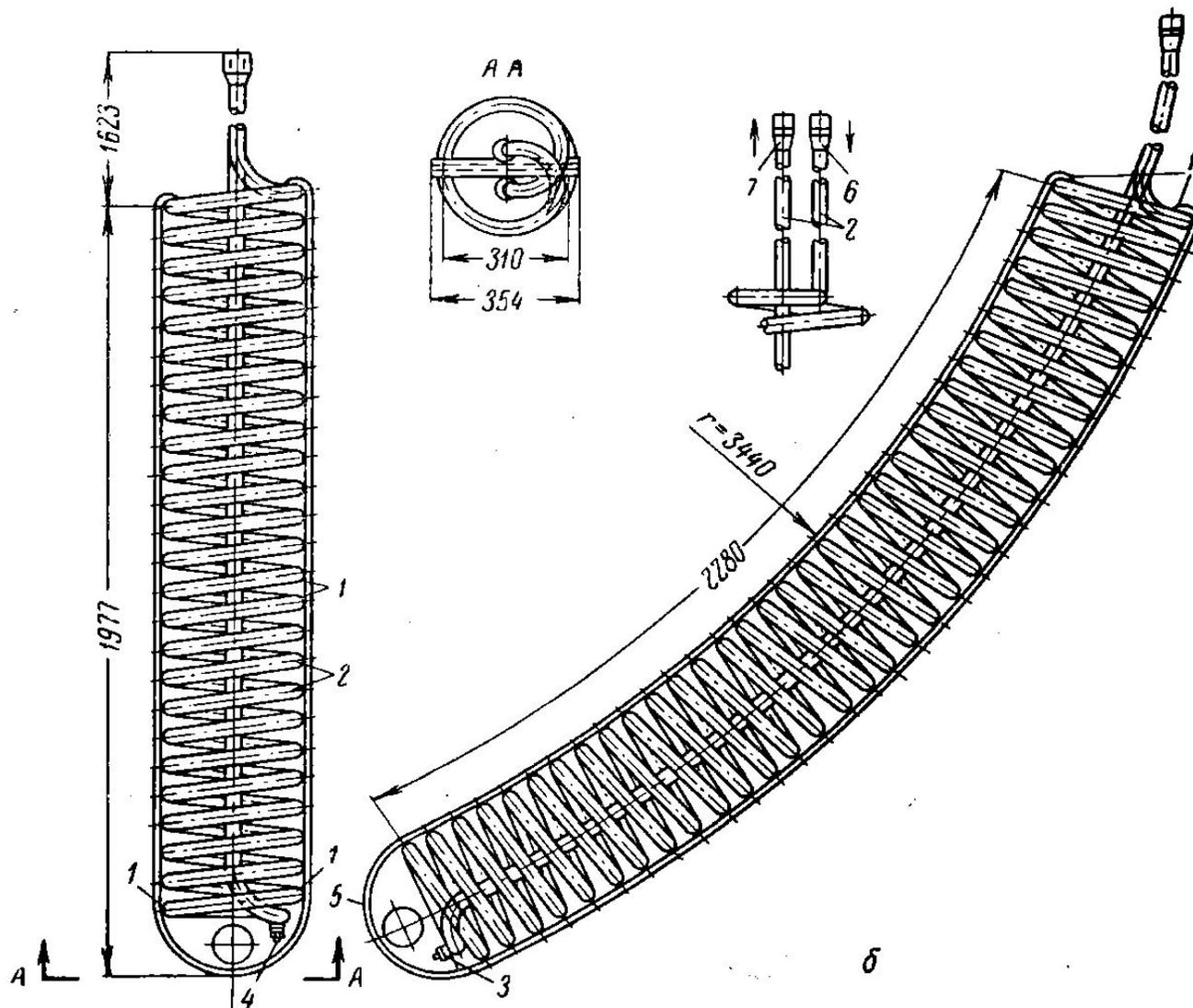
- 1 – цистерна;
- 2 – мазутный насос;
- 3 – паровой подогреватель;
- 4 – устройство с раскладывающимися трубами-соплами;
- 5 – в приемные баки

Применение *переносных* подогревателей ограничено конструктивной особенностью железнодорожных цистерн – малыми размерами люков. Подогреватели опускаются в цистерну через люк. Теплоносителем в подогревателях служит пар. Этот метод малоэффективен по времени слива мазута и широкого применения не нашел.

Переносные подогреватели



Секция подогревателя

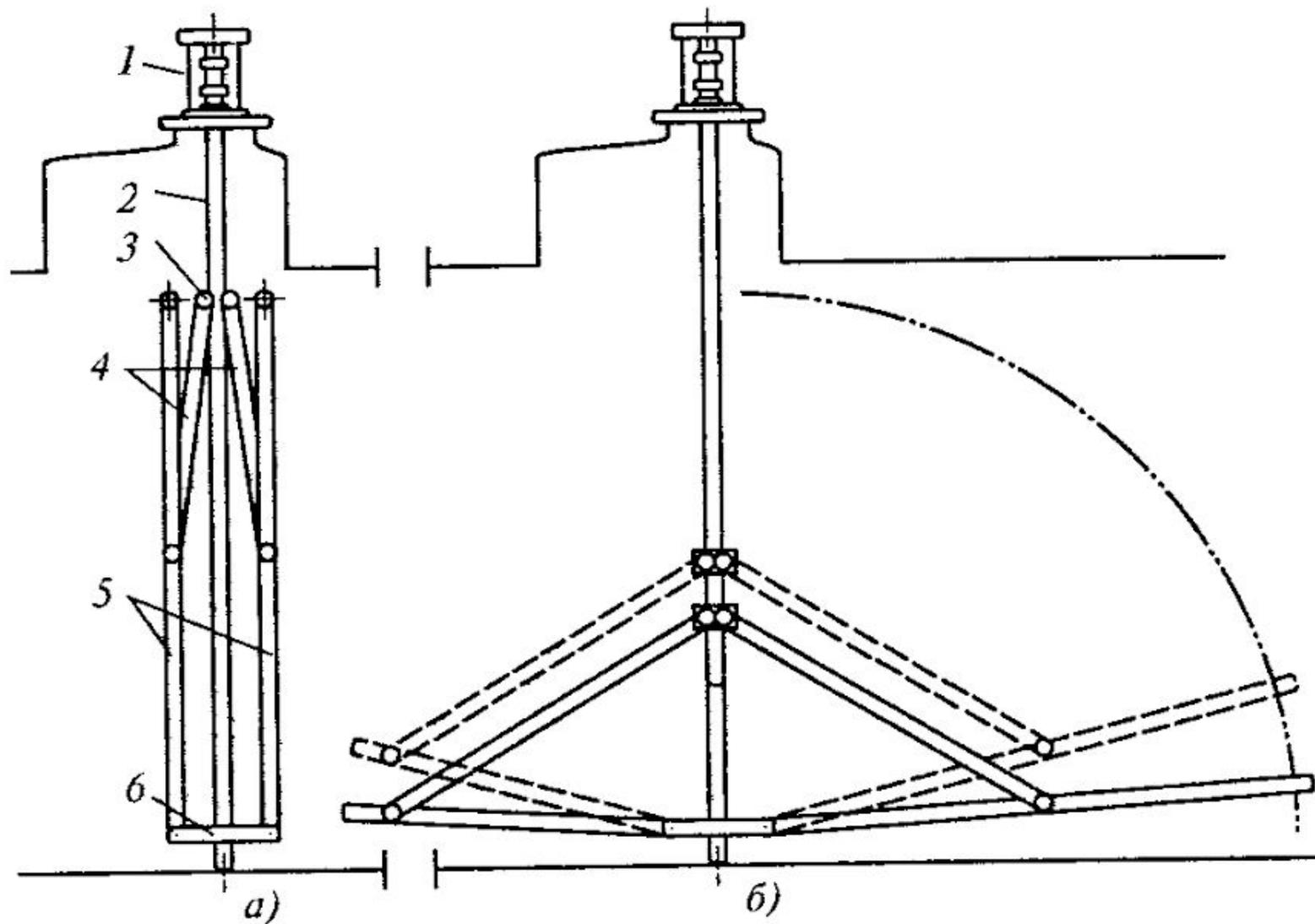


Вибрация – весьма эффективное средство для уменьшения вязкости.

При сливе мазута из цистерн нашли применение *виброподогреватели*.

Подогреватель помещается в цистерну через люк. Цистерна мазута вместимостью 50 м³ нагревается виброподогревателем от 0 до 60 °С за 3,5 часа.

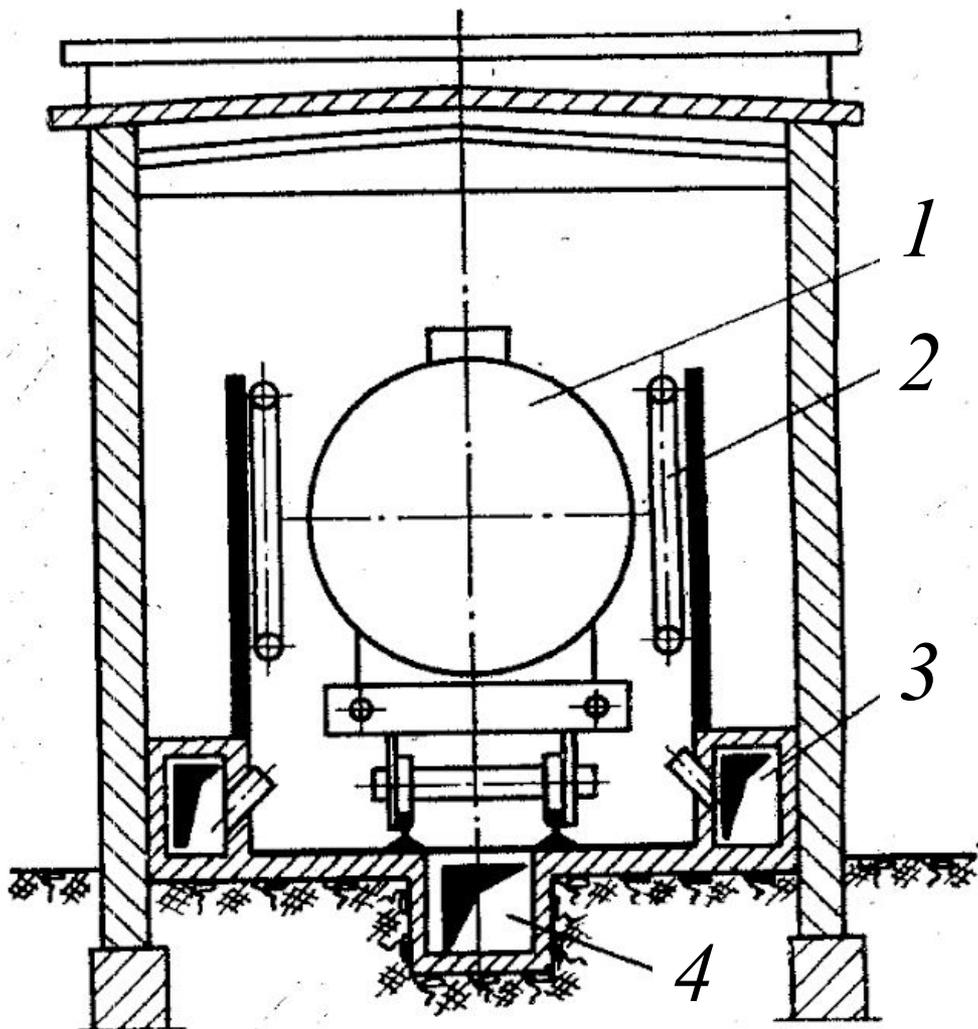
Виброподогреватель



В *тепляках* железнодорожные цистерны разогреваются горячим воздухом с температурой до 125 °С.

Тепляк представляет собой помещение с железнодорожными путями. Мазут сливается в расположенный под железнодорожными путями приемный лоток. Для облегчения дальнейшего его транспорта приемный лоток по дну и боковым стенкам обогревается

Тепляк с комбинированным подводом теплоты



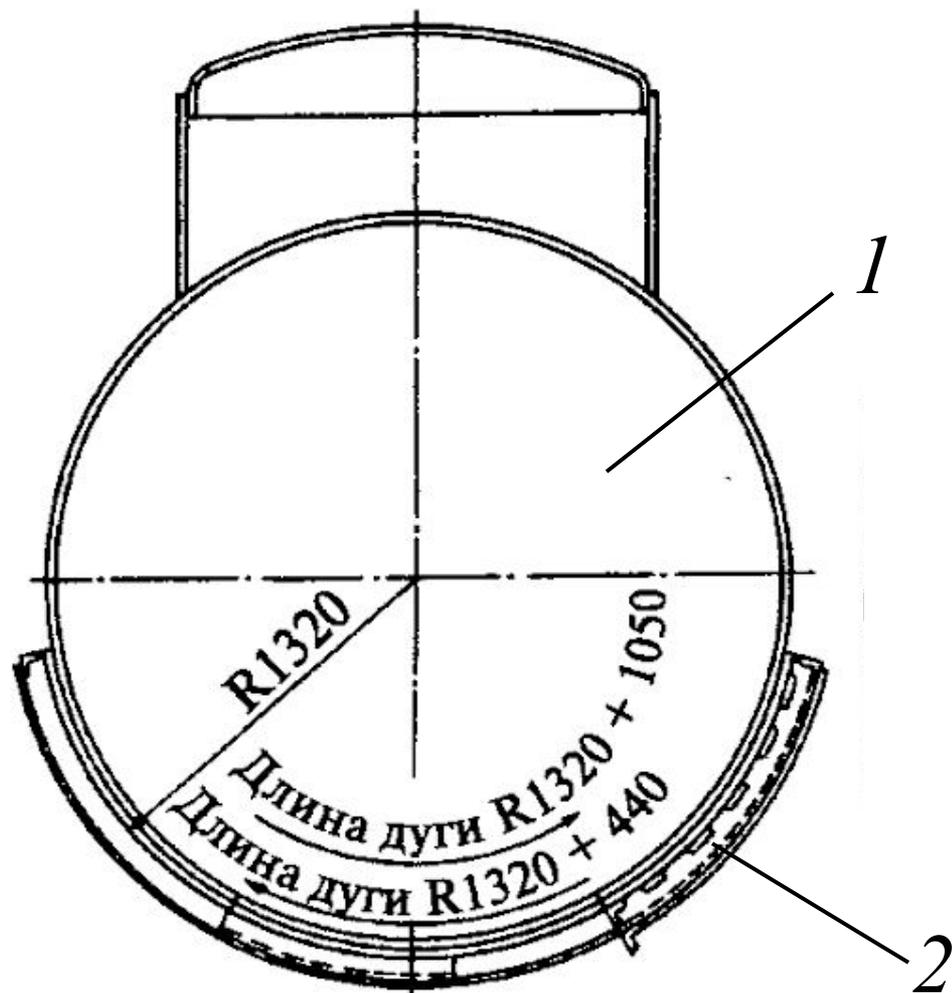
- 1* – цистерна;
- 2* – трубчатые
панели,
обогреваемые паром;
- 3* – короб горячего
воздуха;
- 4* – сливной лоток

***Паровая рубашка* образована стальными листами и надевается на нижнюю поверхность цистерны снаружи по всей ее длине. В рубашку подается пар.**

За несколько минут температура стенки обогреваемой части повышается до 80°C ,

и холодный мазут начинает скользить по горячей поверхности к сливному патрубку. Расход пара для этого метода в 1,5–2 раза меньше, чем при открытом обогреве цистерн.

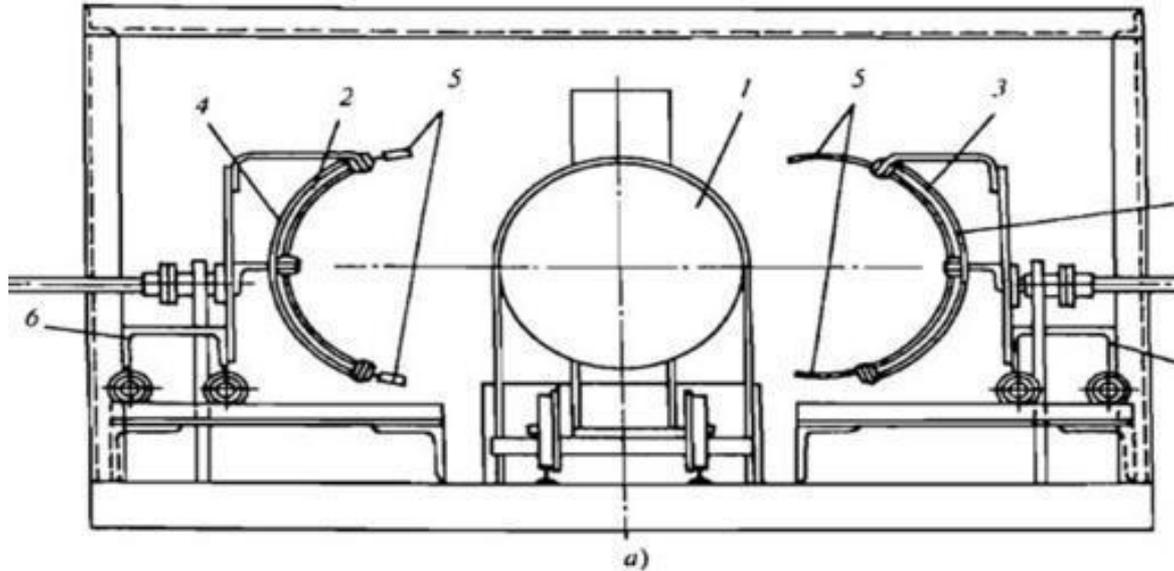
Цистерна с паровой рубашкой



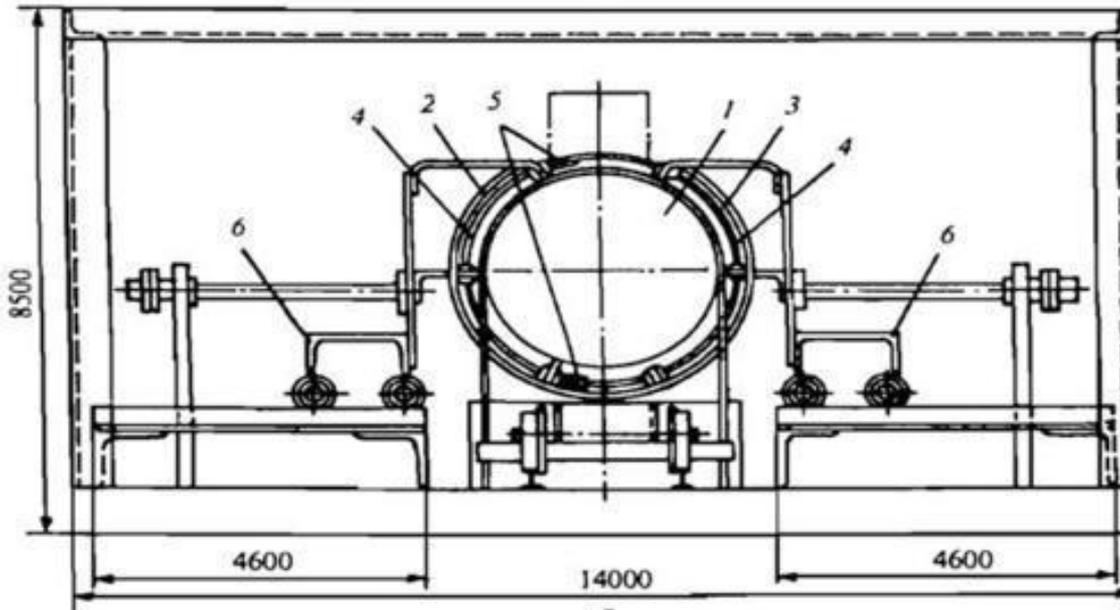
1 – цистерна;
2 – паровая рубашка

Электроиндукционный обогрев
производится при помощи соленоида, выполненного в виде двух отдельных полуцилиндров, между которыми помещается цистерна. На полуцилиндрах смонтирована электрообмотка, через которую пропускается электрический ток, создающий переменное магнитное поле. Магнитное поле индуцирует в стенках цистерны вторичный ток, преобразующийся в теплоту.

Электроиндукционный обогрев



а)

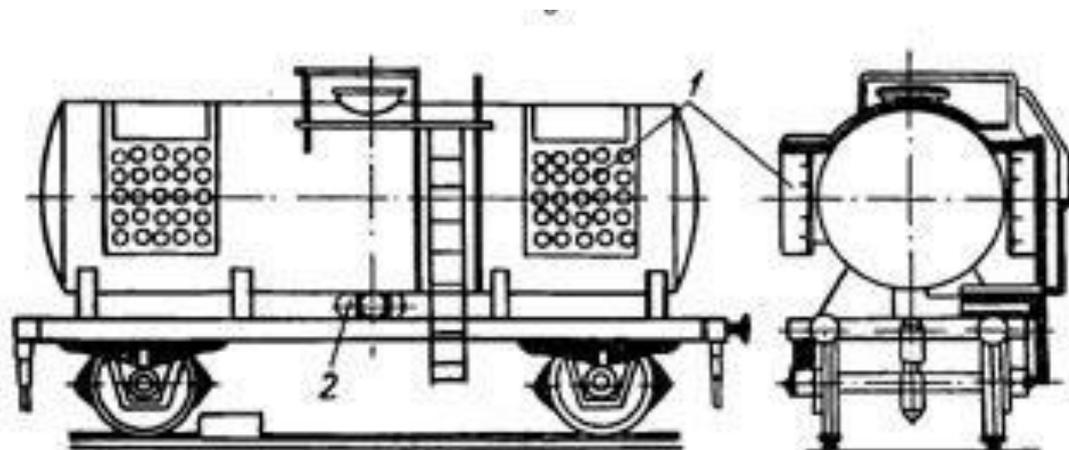


б)

а — до наложения
обмотки на вагон-цистерну;
б — в рабочем положении;
1 — цистерна;
2,3 — полуцилиндры;
4 — электрообмотка;
5 — верхний и нижний
штекерные контакты;
6 — металлические рамы

Суть метода *инфракрасного* обогрева цистерн состоит в том, что поток инфракрасных лучей от излучателей направляется на поверхность цистерны. Инфракрасные лучи нагревают металлическую поверхность, которая передает теплоту прилегающему к ней пограничному слою мазута, вызывая при сливе скольжение по его горячей поверхности.

Инфракрасный обогрев ламповыми излучателями



На ТЭС мазут хранится в резервуарах, в которых осуществляется его прием, подогрев и выдача. Резервуары делятся на две основные группы: металлические (стальные) и железобетонные.

Металлические резервуары сооружаются в районах Крайнего Севера и в районах с сейсмичностью более 6 баллов.

Вместимость резервуаров ТЭС

Тип мазутного хозяйства	Вместимость
Растопочное	3 резервуара по 1000 м³
Резервное	На 5-суточный расход
Основное при подаче по трубопроводам	На 3-суточный расход
Основное при доставке по	На 10-суточный расход

Для обеспечения нормальной работы мазутных насосов, форсунок, подогревателей и приборов автоматики необходима очистка мазута от механических примесей и образующихся в процессе транспортировки смолистых веществ.

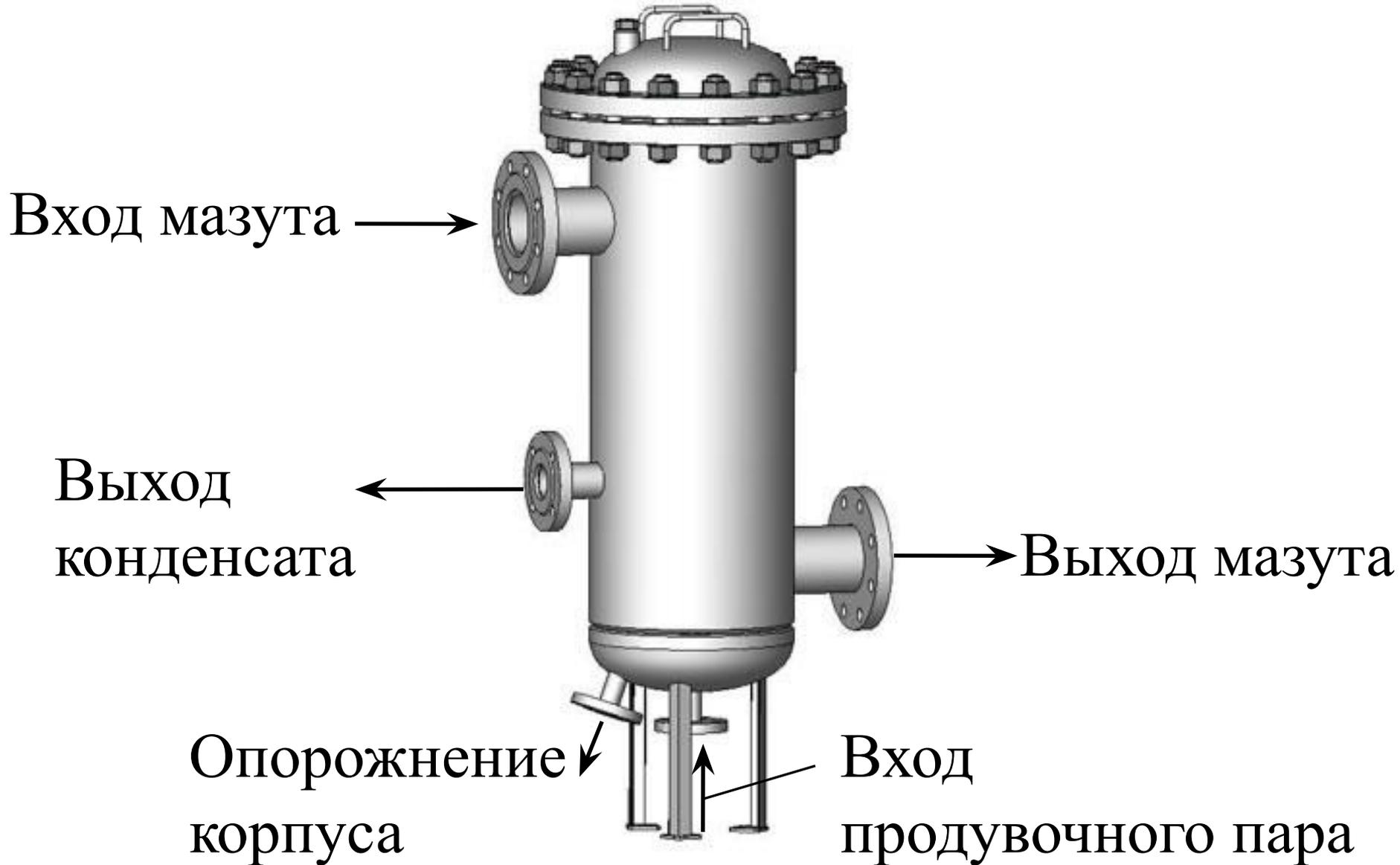
Для удаления из мазута твердых частиц применяют *сетчатые* фильтры.

Сетчатые фильтры подразделяются на фильтры *грубой* и *тонкой* очистки, отличающиеся числом отверстий, приходящихся на 1 см² площади поверхности фильтрации.

Для обеспечения возможности ремонта, очистки и замены фильтров при бесперебойной работе в схему мазутного хозяйства включают (как минимум) по два фильтра тонкой и грубой очистки.

Для изготовления сетчатых фильтров применяется медная или латунная сетка. Очистка сетки фильтров осуществляется обычно продувкой паром.

Мазутный фильтр

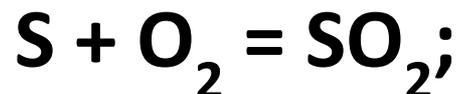


Фильтрующий элемент (сетка)



**Сжигание мазута может
сопровождаться образованием
золовых отложений на поверхностях
нагрева, коррозией хвостовых частей
котла (низкотемпературной коррозией)
и высокотемпературной коррозией.**

Низкотемпературная коррозия обусловлена наличием в мазуте серы:



Она происходит в результате конденсации сернистой кислоты на поверхности труб и ее взаимодействия с металлом. Страдают конвективные поверхности котла (ВЗП, ВЭК), газоходы, дымовые трубы.

Оксид ванадия V_2O_5 , входящий в состав золы мазута, является сильнейшим катализатором высокотемпературной коррозии, под действием которой происходит быстрое разрушение стали.

Страдают экранные трубы в топках котла, трубы пароперегревателя. Это связано с тем, что температура плавления V_2O_5 составляет $675\text{ }^\circ\text{C}$.

В настоящее время наиболее отработанным и распространенным способом борьбы с отложениями является применение жидких присадок, которые вводятся в топливо.

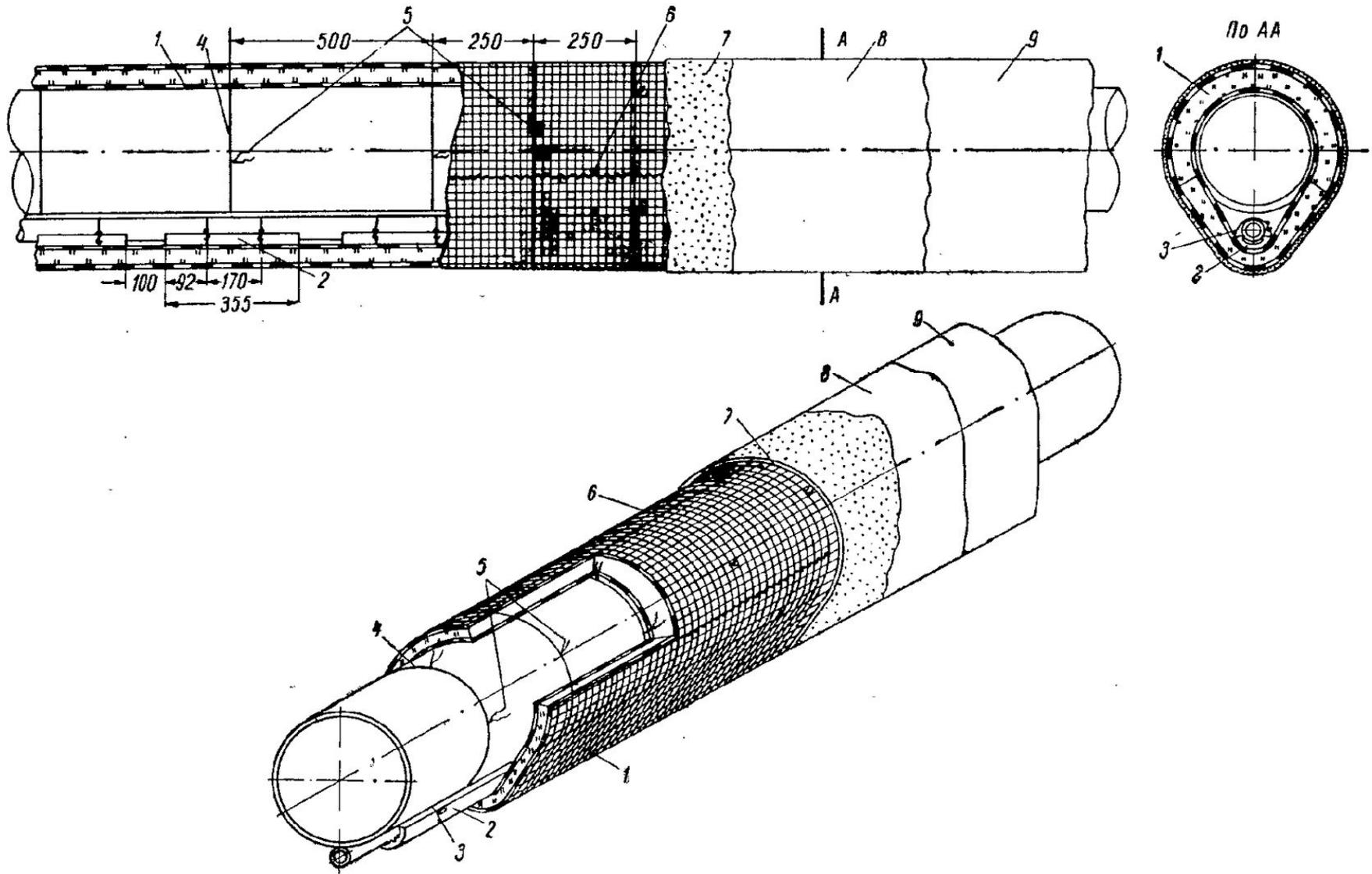
Широкое применение получила присадка ВТИ-4ст. Она предназначена для повышения температуры плавления и уменьшения коррозионной активности золы высокосернистого мазута.

Присадка ВТИ-4ст представляет собой 10%-й раствор $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (бишофит).

Рабочая дозировка присадки ВТИ-4ст составляет 0,5–0,7 кг бишофита на 1 т мазута при содержании серы в топливе 2 %, а золы 0,02– 0,05%.

В мазутном хозяйстве для подогрева мазутопроводов используются *паровые спутники*. Паровой спутник представляет собой паропровод, расположенный параллельно обогреваемому мазутопроводу и приваренный к нему по всей его длине. Сверху мазутопровод и паровой спутник покрываются общим теплоизоляционным слоем. Наружный диаметр паропроводов-спутников обычно выбирается 25–76 мм, давление пара – 0,3–1,0 МПа.

Конструкция теплоизоляции мазутопровода со спутником



3) Тягодутьевое оборудование.

Тягодутьевое оборудование включает в свой состав дутьевые вентиляторы, дымососы, дымовые трубы, соединительные газоходы и воздухопроводы.

Энергетические котлы по условиям надежности снабжаются двумя дымососами и двумя дутьевыми вентиляторами, работающими параллельно. Для мощных котлов производительностью более 2500 т/ч допускается установка трех-четырех машин.

Для котлов производительностью 950 т/ч

и более применяют осевые дымососы, а при производительности более 1500 т/ч – также и осевые дутьевые вентиляторы.

В остальных случаях устанавливаются центробежные (радиальные)

тягодутьевые машины. Преимущества осевых установок: высокая

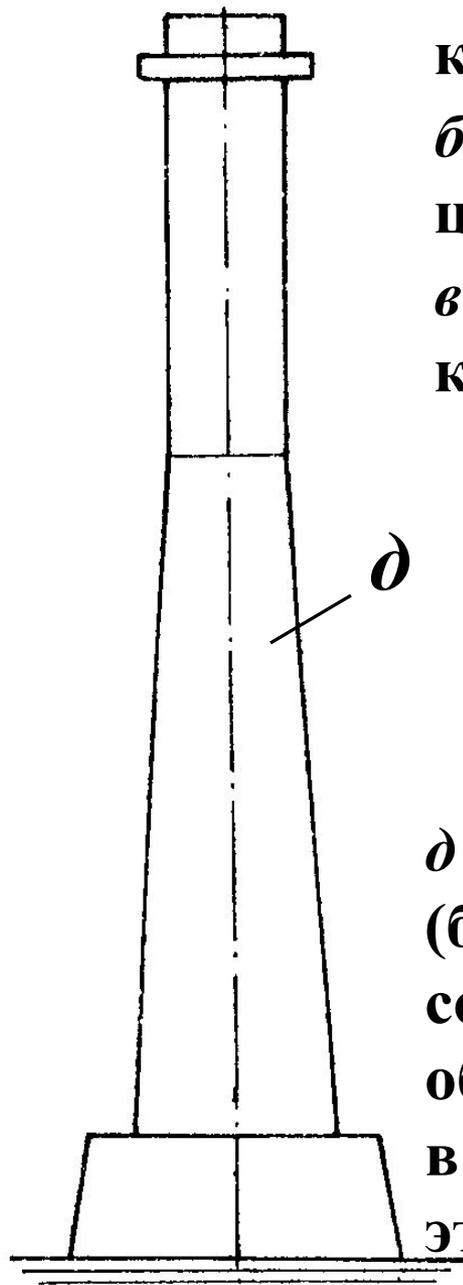
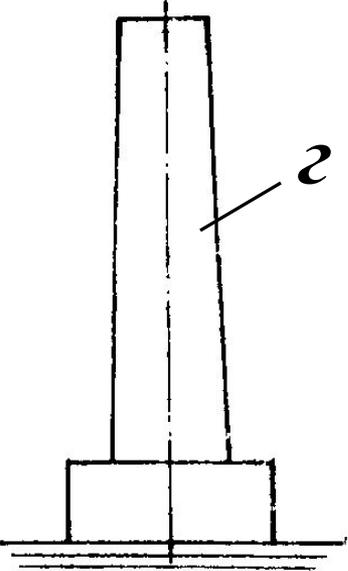
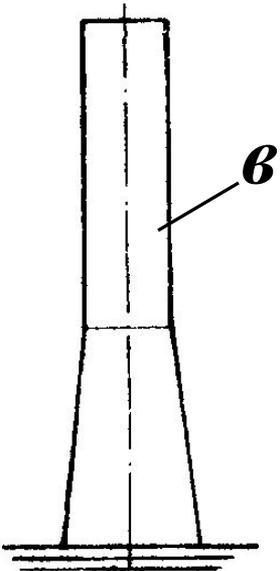
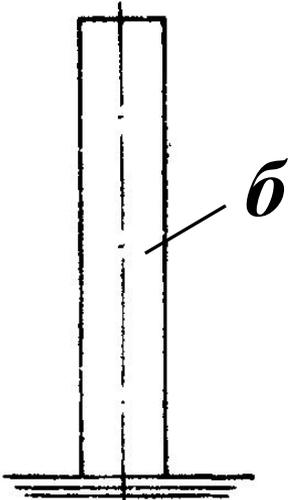
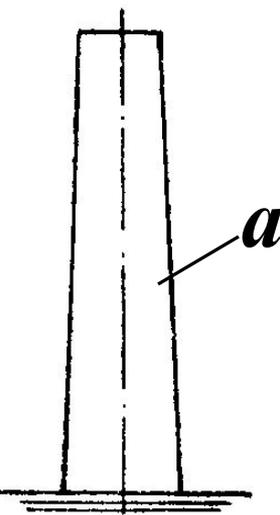
экономичность в широком диапазоне нагрузок, большая

производительность, компактность, легкий пуск. Недостатки – более

сложная конструкция ротора и

Дымовая труба является ответственным инженерным сооружением, работающим в тяжелых условиях ветровых нагрузок, температуры и агрессивного воздействия дымовых газов. Газоотводящий ствол должен противостоять воздействию температур и возникающих при этом напряжений, а также коррозии от воздействия агрессивных веществ, содержащихся в дымовых газах.

Дымовые трубы современных ТЭС выполняются из монолитного железобетона, как правило, конической формы с изменяющейся по высоте толщиной стенки и степенью армирования. Угол наклона образующих конуса к вертикальной оси может изменяться — минимальный вверху и наибольший внизу. Верхняя часть трубы может на определенной части высоты выполняться цилиндрической формы.



а – труба
конусообразная;
б – труба
цилиндрическая;
в – труба
комбинированная;
г – труба
со службами
обслуживания
в подвальном
этаже;
д – высокие трубы
(более 130 м)
со службами
обслуживания
в подвальном
этаже.

**Внутренняя поверхность
железобетонного ствола
покрывается антикоррозионной
изоляцией.**

**На трубах высотой 50 м и выше
устанавливаются
площадки**



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА УСТЬЯ

дымовой трубы
Поскольку расход дымовых газов

определяется выражением $V_{\text{дг}} = w_0 S$,
м³/с,

где w_0 – скорость газов на выходе из
трубы, м/с; $S = \pi D^2/4$ – площадь
поперечного сечения устья трубы, м²,
то диаметр устья трубы можно найти
следующим образом:

$$D = \sqrt{\frac{4V_{\text{дг}}}{\pi w_0}}$$

Расход дымовых газов $V_{\text{дг}}$, м³/с:

$$V_{\text{дг}} = BV_{\text{г}} \frac{t_{\text{ух}} + 273}{273}$$

Здесь B – суммарный расход топлива со всех котлов, работающих на одну дымовую трубу, м³/с (кг/с);

$V_{\text{г}}$ – действительный объем продуктов сгорания, м³/м³ (м³/кг); $t_{\text{ух}}$ – температура уходящих газов, °С.

$$V_{\Gamma} = V_{\Gamma}^0 + 1,0161(\alpha_{yx} - 1)V^0$$

Скоростью газов на выходе из трубы w_0 задаемся в пределах:

Высота трубы, м	60	120	150	180	250	320
Скорость газов на выходе, м/с	10-20	15-25	20-30	25-35	30-40	35-45

**Поскольку высота трубы еще не известна,
то в первом приближении можно принимать любое значение скорости**

После определения диаметра устья
трубы
его следует округлить до ближайшего
типового значения D_0 : 2,4; 3,0; 3,6; 4,2; 4,8;
6,0; 7,2; 8,4; 9,6 м.
Затем уточняется значение скорости
газов
на выходе из трубы, м/с:

$$w_0^{\text{ут}} = \frac{4V_{\text{дг}}}{\pi D_0^2}$$

Для кирпичных и железобетонных дымовых труб проверяется условие отсутствия избыточного давления внутри трубы в целях предупреждения проникновения дымовых газов в толщу конструкций кирпичных и железобетонных труб. Это условие записывается для выходного участка трубы (оголовка) в виде неравенства:

$$\frac{(\lambda + 8i)\rho_{\Gamma} \left(w_0^{yT}\right)^2}{2g(\rho_{\text{В}} - \rho_{\Gamma})D_0} < 1$$

Здесь λ – коэффициент трения;

для бетонных и кирпичных труб $\lambda = 0,05$;

i – уклон трубы по внутренней образующей;

$i = 0,02$;

ρ_{Γ} и $\rho_{\text{В}}$ – плотности газов в трубе и воздуха снаружи, кг/м³;

$$\rho_{\Gamma} = \rho_{\Gamma}^{\text{н.у}} \frac{273}{273 + t_{\text{уХ}}} = 1,350 \frac{273}{273 + t_{\text{уХ}}}$$

$$\rho_{\text{В}} = \rho_{\text{В}}^{\text{н.у}} \frac{273}{273 + t_{\text{В}}} = 1,293 \frac{273}{273 + t_{\text{В}}}$$