

Промышленные теплоносители и хладоагенты

Промышленные теплоносители

Все источники энергии можно разделить на

две большие группы:

первичные;

вторичные.

Первичные делятся на:

не возобновляемые (газ, нефть, уголь);

возобновляемые (ветер, Солнце и пр.).

К вторичным источникам энергии относятся горючие отходы производства, отработанные теплоносители, отходы с/х производства (например, лузга (шелуха) подсолнечника, риса и пр.).

Энергопотребление в химической промышленности

Первая специфика. Химическая промышленность относится к группе энергоёмких и потребляет примерно 25% от общего количества энергии, занимая второе место после металлургии.

Вторая специфика. Многие химические процессы протекают в зоне средних и высоких температур (200-1200°C), для достижения которых затрачивается тепловая энергия в виде водяного пара (промежуточный теплоноситель) или топлива (жидкого или газообразного).

Для оценки энергоёмкости различных химических продуктов введён нефтяной эквивалент, который показывает, сколько нефти надо затратить (условно, конечно) на производство 1 т продукта.

Так вот это нефтяной эквивалент равен:

этилен - 3;

полиэтилен - 3.9;

полиэтиленовые трубы - 4.2;

бензол - 2.5;

стирол - 6.8.

Т.е. требуется много как сырья, так и энергии.

Промышленные промежуточные теплоносители

Теплоснабжение химических предприятий состоит из трёх процессов:

- сообщение теплоты теплоносителю;
- транспорт теплоносителя;
- использование теплового потенциала теплоносителя у потребителя.

В качестве теплоносителей на химических производствах используются:

- насыщенный водяной пар (**НВП** или просто **ВП**);
- горячая вода;
- высокотемпературные органические теплоносители (**ВОТ**).

Наиболее широко в нефтехимии и нефтепереработке применяется водяной пар.

Это обусловлено следующими его достоинствами:

- большое количество выделяющейся при конденсации теплоты (при 10 ат – 2024 кДж/кг, при 5 ат – 2117 кДж/кг, это очень большие значения!);

- высокий коэффициент теплоотдачи α_1 ;
- постоянство температуры конденсации, что позволяет точно поддерживать температуру нагрева и изменять её путём изменения давления пара;
- доступность, дешевизна, пожаробезопасность.

Недостаток водяного пара: значительный
рост давления при увеличении температуры:

105° - 1,2 ат;

120° - 2 ат;

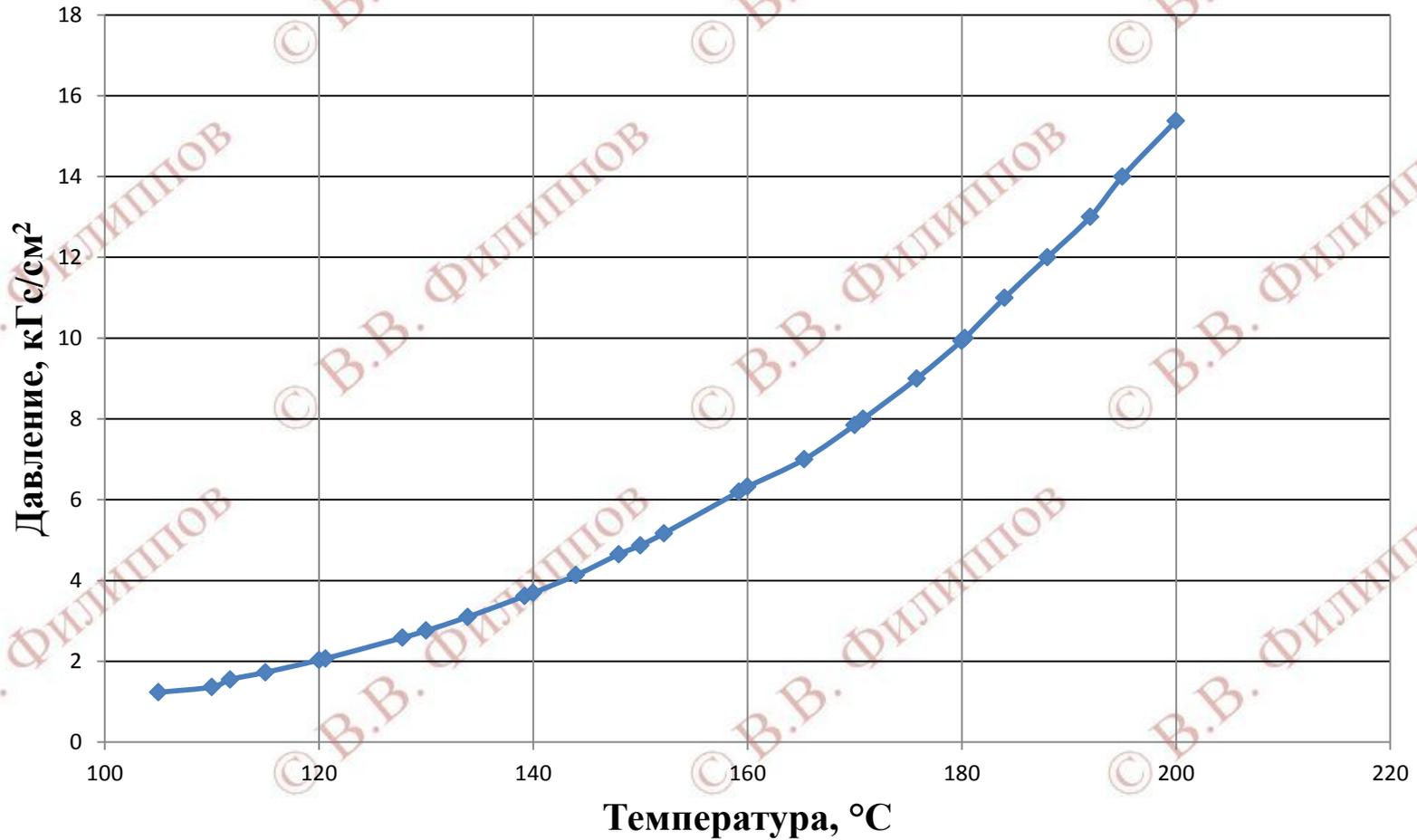
130° - 3,7 ат;

140° - 3,6 ат;

150° - 4,7 ат;

160° - 6,12 ат.

Зависимость давления водяного пара от температуры



Традиционным источником водяного пара для химического предприятия **являлась ТЭЦ** – теплоэлектроцентраль.

Также используются котлы-утилизаторы.

Котёл-утилизатор — котёл, использующий теплоту отходящих газов различных технологических установок для выработки водяного пара.

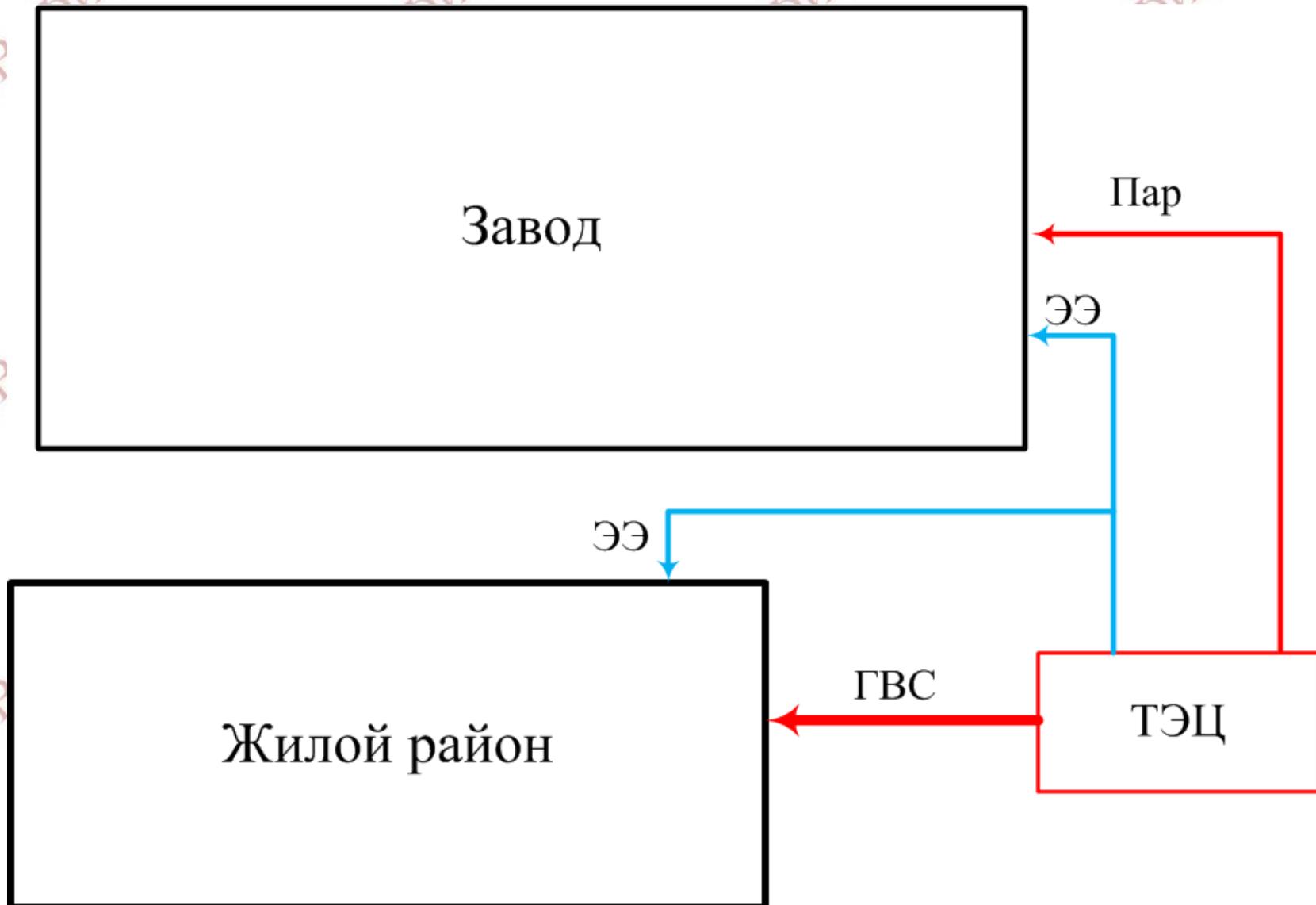
Теплоэлектростанция — разновидность тепловой электростанции, которая не только производит электроэнергию, но и является источником тепловой энергии в централизованных системах теплоснабжения (в виде пара и горячей воды, в том числе и для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и промышленных объектов)

(Wikipedia)

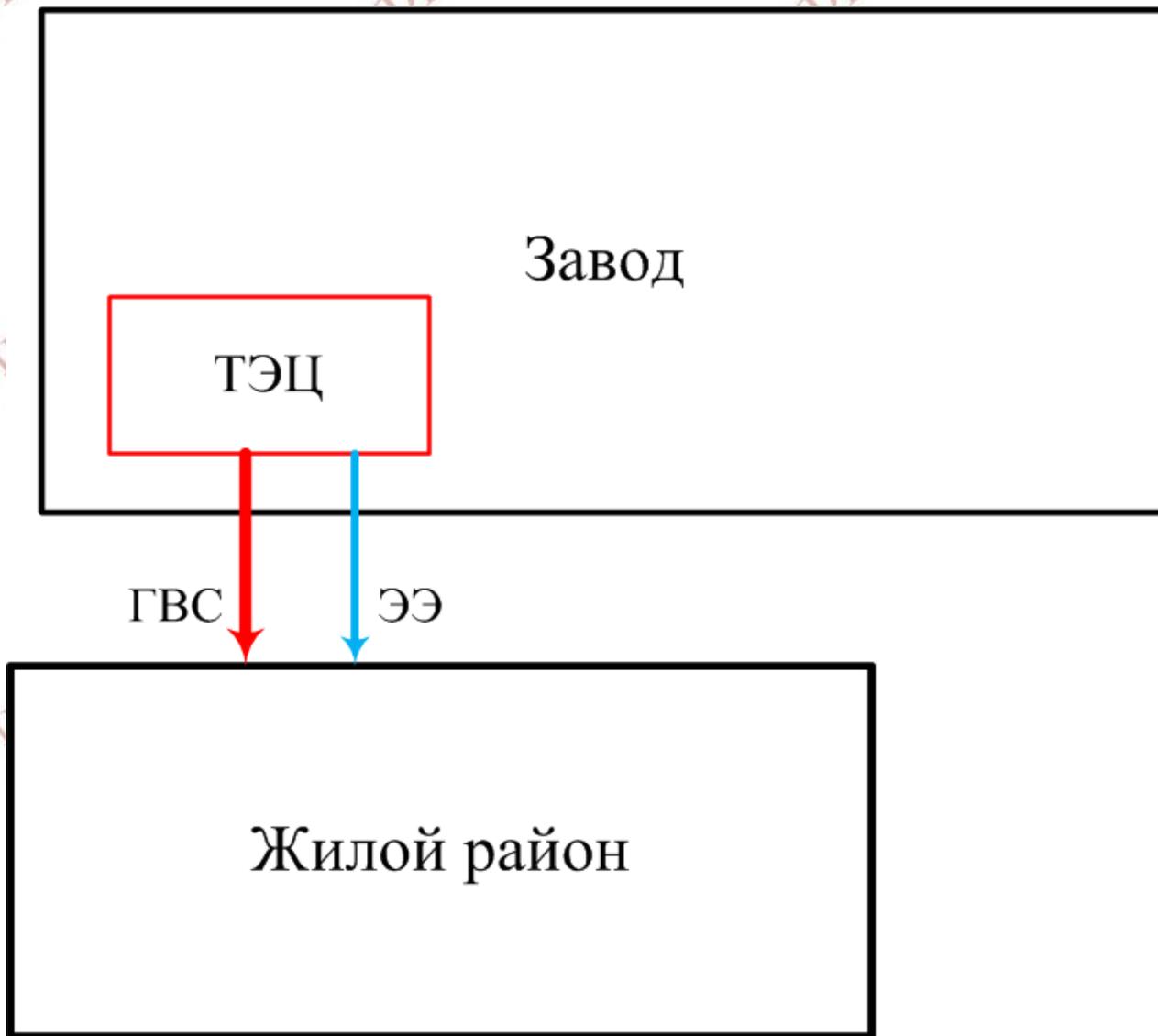
© В. Филиппов, СамГТУ

При строительстве, например, НПЗ рядом с ним или даже на его территории строилась ТЭЦ. Она должна была обеспечивать предприятие электроэнергией и паром, а рабочий посёлок (например, Новокуйбышевск или 116-й) тоже электроэнергией и ГВС (горячая и теплофикационная вода).

ТЭЦ за территорией завода (НК НПЗ)



ТЭЦ на территории завода (КНПЗ, СНПЗ)



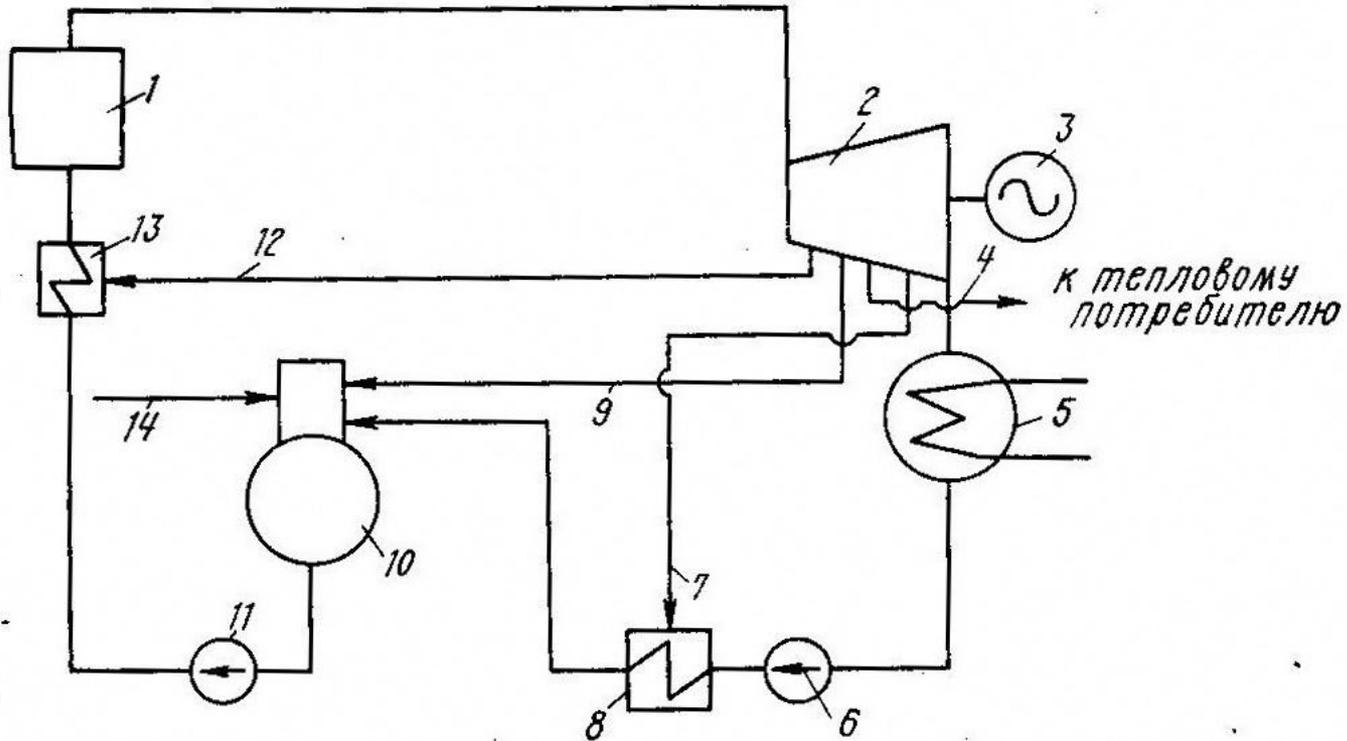
На ТЭЦ-1 г. Новокуйбышевска было
установлено 13 котлоагрегатов общей
паропроизводительностью 2810 т/час (!!!) и
11 турбогенераторов электрической
мощностью 275 МВт.

Для сравнения: 2810 т/час – это 50 цистерн с
водой. Эта вода переводится в пар за 1 час!

После перехода ТЭЦ-1 в собственность «Самараэнерго» были выведены в длительную консервацию котлоагрегаты и турбоагрегаты (т.е. котлы и турбины). Причина — отказ НК НПЗ от поставок водяного пара.

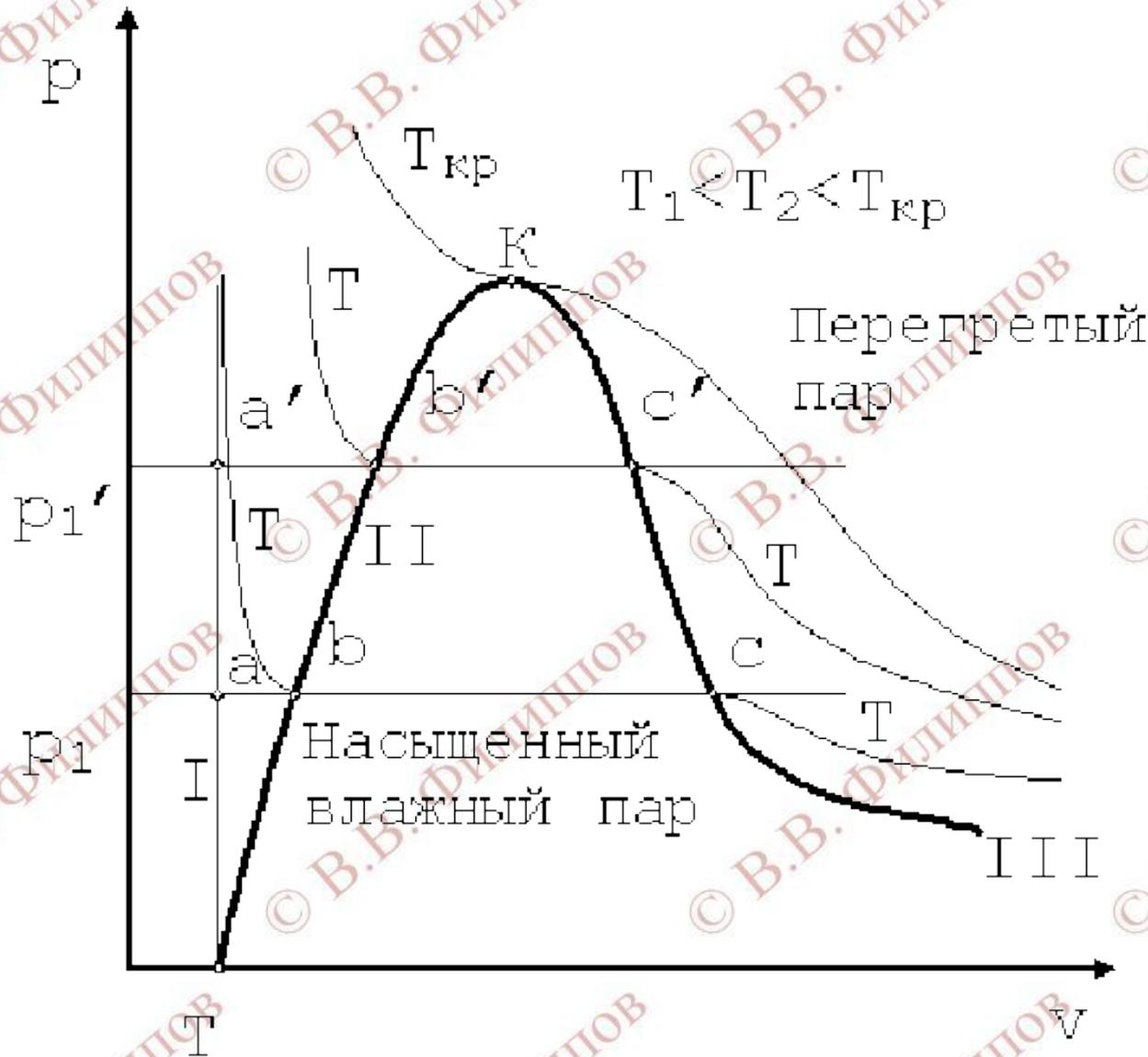
Вместо них на ТЭЦ-1 запустили энергоблок «Кремень», состоящий из трёх газотурбинных установки (ГТУ) фирмы «General Electric» и трёх паровых котлов-утилизаторов белгородского завода «Энергомаш».

Принципиальная схема ТЭЦ



1 — котёл; 2 — турбина; 3 — генератор; 4 — к потребителю теплоты; 5 — конденсатор; 6, 11 — насос; 7, 9, 12 — отбор пара; 8, 13 — водоподогреватель; 10 — деаэратор; 14 — химочищенная вода (с установки ХВО).

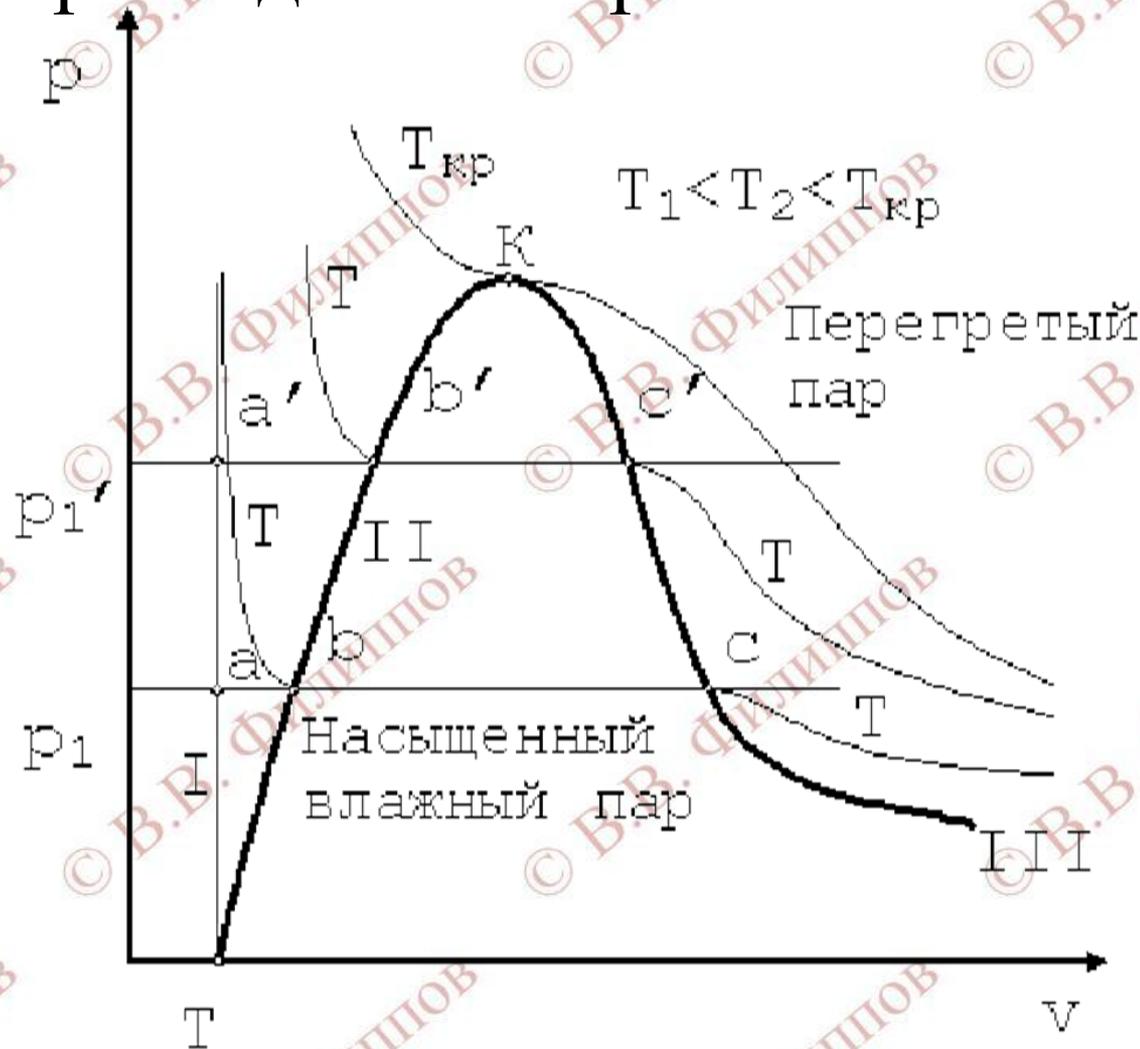
P-V диаграмма водяного пара



Для работы любых котлов (ТЭЦ, котлов-утилизаторов) требуется специально подготовленная вода: она не должна содержать солей и кислорода. Для подготовки котловой воды используются **установки химводоочистки (ХВО)**.

На установках ХВО анионо- и катионообменные смолы, с помощью которых из воды удаляются катионы и анионы. Далее из воды нужно удалить растворённые в ней кислород и углекислый газ – они вызывают коррозию аппаратуры. Это достигается, как правило, нагревом воды: с повышением температуры растворимость газов падает.

Рассмотрим теперь процесс образования пара и параметры водяного пара.



Возьмём 1 кг льда при постоянном давлении.

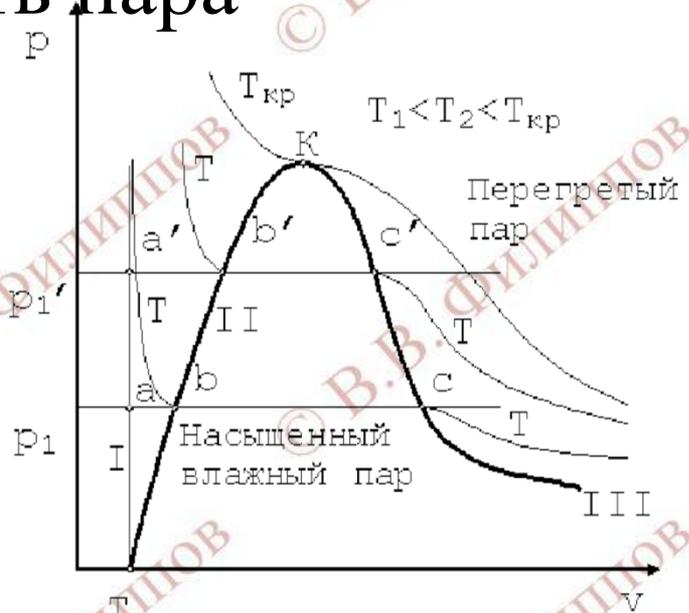
Область $b-c$ - это влажный насыщенный пар.

Его можно охарактеризовать двумя

способами. Теплоэнергетики предпочитают

использовать термин сухость пара

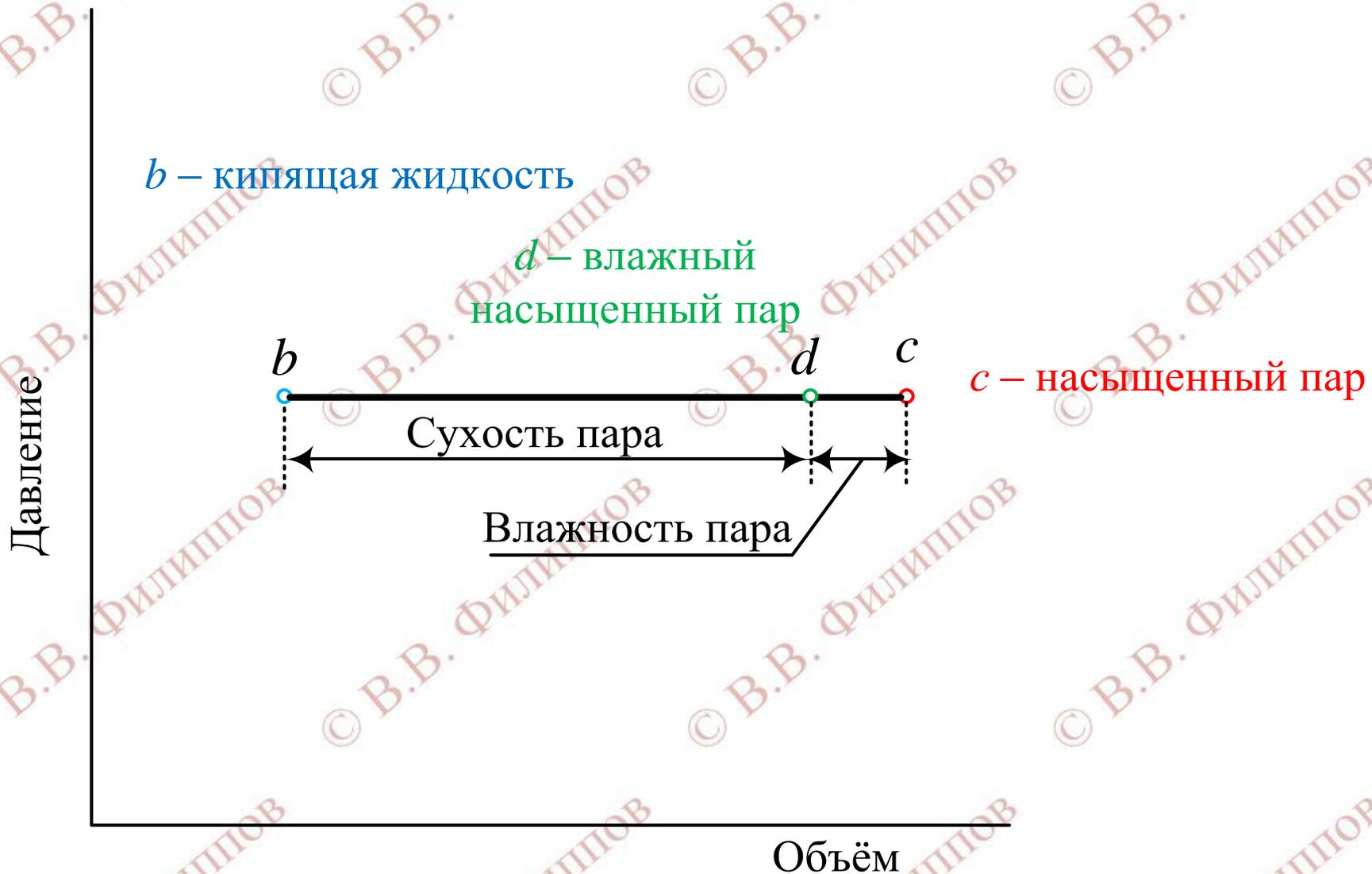
$$x = \frac{G_{\text{пар}}}{G_{\text{вл}} + G_{\text{пар}}}$$



Мы, технологи, предпочитаем характеризовать пар остаточной влажностью и используем термин «влажность пара»

$$y = \frac{G_{\text{вл}}}{G_{\text{вл}} + G_{\text{пар}}}$$

Соотношение сухости и влажности насыщенного пара



Обе величины могут принимать значения от 0 до 1:

$$0 \leq x, y \leq 1$$

Например, в паре содержится 5% влаги в виде капель. Энергетик скажет – сухость пара 95%.

А мы скажем – влажность пара 5%.

Точка К на графике – **критическая точка**. Её параметры: **374,2°C** и **22,13 МПа (225,65 ат)**.

Теперь вернёмся на ТЭЦ. Пар, поступающий на турбину, имеет температуру примерно 540-570°C (как на поверхности Венеры) и давление 13,7 МПа (140 кгс/см²) и выше. Это так называемые **критические параметры пара.**

Отработавший в турбинах электрогенераторов пар называется **МЯТЫМ**. Он имеет давление примерно 30 ат и является перегретым, т.е. не конденсируется при снижении температуры. Это очень плохо, так как такой пар не отдаёт свою самую главную теплоту – **теплоту конденсации**.

Кроме того, такой пар имеет меньшую плотность, а это приведёт к увеличению диаметра трубопровода для его транспорта.

Поэтому пар увлажняют путём введения в него воды. Получается **насыщенный пар**, готовый к применению. Использовать его можно двумя способами: как **острый пар** и как **глухой пар**.

Глухой пар не смешивается с нагреваемой средой. Он отдаёт свою теплоту конденсации через стенку. Образовавшийся конденсат (вода) возвращается туда, откуда пришёл пар.

Кроме того, есть так называемый **пролётный пар**. Это пар, который не успел сконденсироваться в теплообменнике и вылетел из аппарата вместе с конденсатом.

Жалко, мы теряем энергию. Для снижения потерь применяют **конденсатоотводчики**.

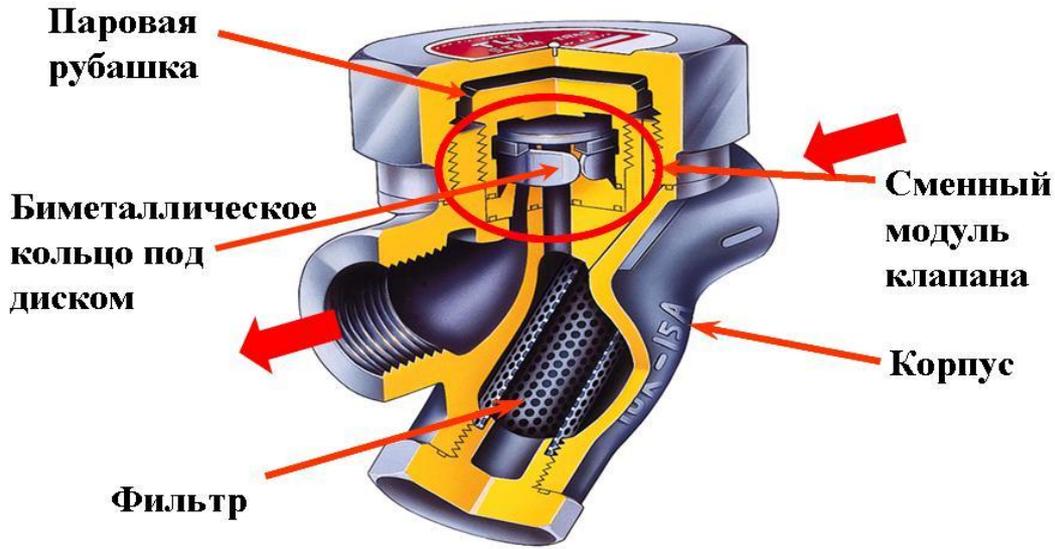
Конденсатоотводчик представляет собой устройство, обеспечивающее пропуск (отвод) конденсата из паровой среды.

Конденсатоотводчики устанавливаются на конденсатопроводе после теплообменных аппаратов.

Конденсатоотводчики можно разделить на три группы:

- механические (поплавковые),
- термостатические (капсульные и биметаллические),
- термодинамические.

Конденсатоотводчики различных фирм



Острый пар – это пар, который смешивается с нагреваемой средой. Широко применяется в нефтепереработке (*stripping agent* – вымывающий агент) в стриппинг-секциях сложных ректификационных колонн (см. Первичную переработку нефти).

Образующийся из острого пара конденсат загрязнён нагреваемой жидкостью и не может быть возвращён в линию чистого конденсата. Как правило, он сбрасывается в линию химзагрязнённой канализации (ХЗК).

В настоящее время большинство заводов «Роснефти» отказалось от использования стороннего пара и перешли на выработку собственного.

Кроме того, в связи с очень высокими тарифами на электроэнергию для промышленных предприятий, НПЗ перешли на собственные мощности для генерирования.

Итак, водяной пар бывает (знать!):

1. влажный;

2. насыщенный,

3. перегретый;

4. мятый,

5. глухой;

6. острый;

7. пролётный.

Кроме пара в качестве промежуточного теплоносителя можно использовать горячую воду от 100°C и выше.

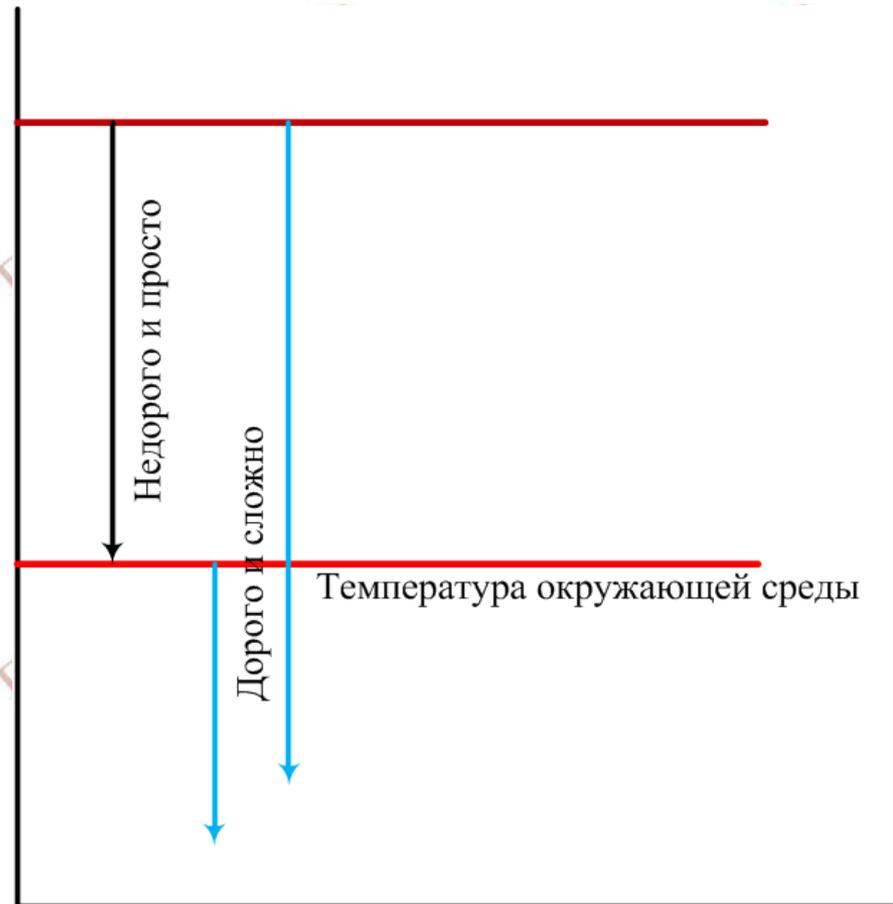
Для нагрева до температур 400°C применяют высокотемпературные органические теплоносители (ВОТ). Они бывают однокомпонентные и многокомпонентные.

К ВОТ относятся: глицерин, нафталин,
дифенил, дифениловый эфир,
кремнийорганические жидкости и др.

Промышленные хладагенты

В технологических процессах нефтепереработки и нефтехимии постоянно возникает проблемы отвода теплоты. Если требуется охладить до температур не ниже температуры окружающей среды, то такие процессы затруднений не вызывают.

Если же требуется охладить до температур ниже температуры ОС, то это потребует значительных капитальных и эксплуатационных затрат



Охлаждение до температур ОС

Наиболее дешёвыми и доступными хладагентами являются вода и воздух.

В проектных расчётах в зависимости от региона начальная температура охлаждающей воды и воздуха принимается равной

$$t_{2Н} = 20 - 25^{\circ} \text{C}.$$

Воду можно нагревать до температуры не выше

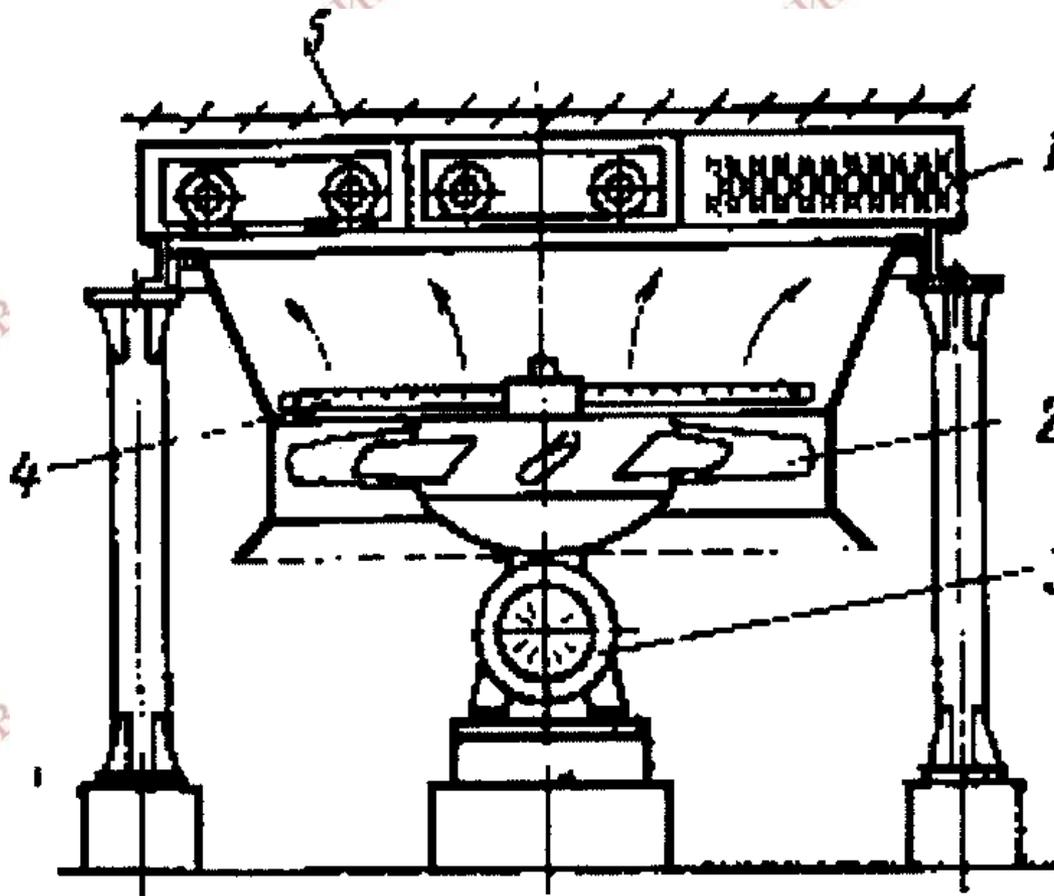
$$t_{2к} \leq 45^{\circ} C.$$

При более высокой температуре начинается выпадение солей жёсткости.

Для снятия теплоты воздухом применяются аппараты воздушного охлаждения (АВО) или, как частный случай, конденсаторы

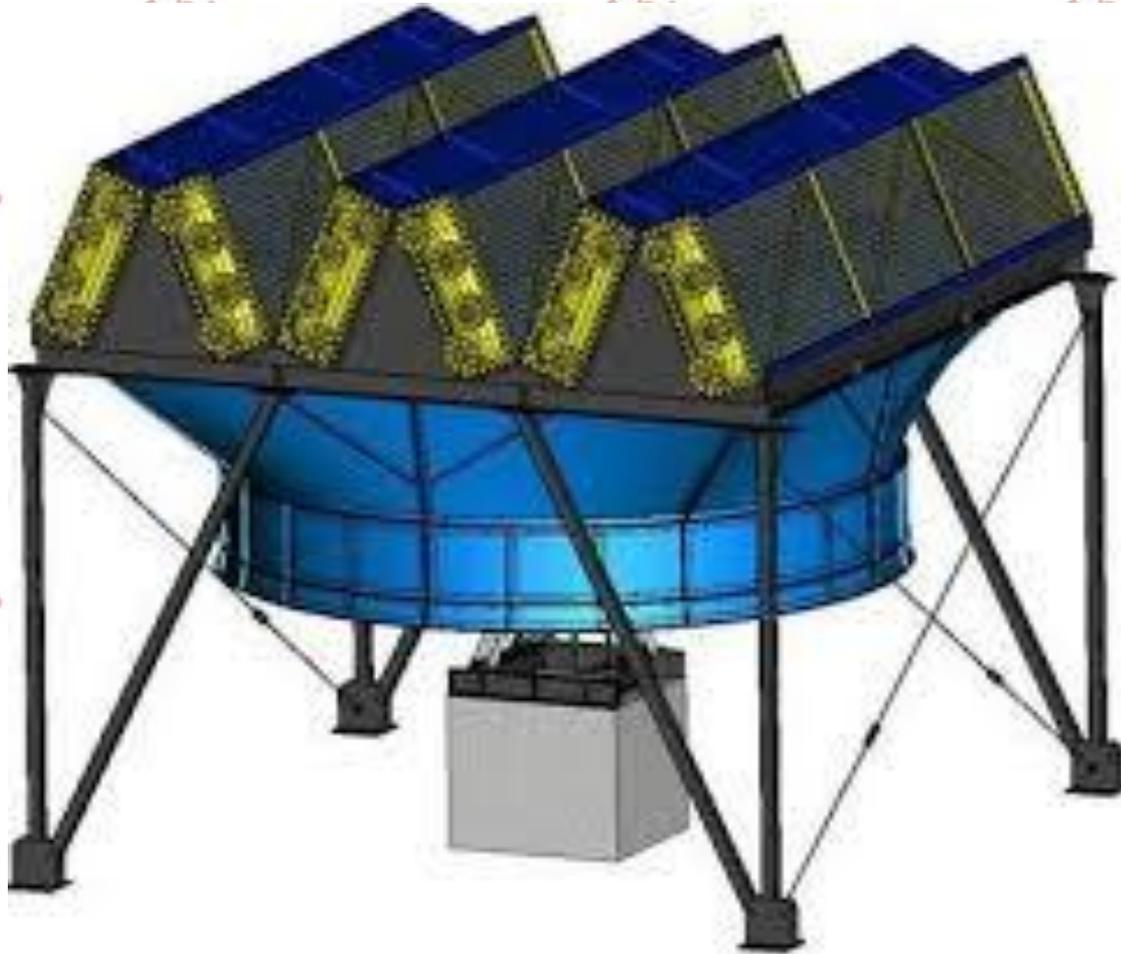
Для снятия теплоты воздухом применяются аппараты воздушного охлаждения (АВО) или, как частный случай, конденсаторы воздушного охлаждения (КВО).

АВО



1 — секция оребренных труб; 2 — колесо вентилятора; 3 — электродвигатель; 4 — коллектор впрыска очищенной воды; 5 — жалюзи

АВО



АВО Астраханский ГПЗ



АВО Астраханский ГПЗ



© В. Филиппов, СамГТУ

Перейдём к организации оборотного водоснабжения НПЗ.

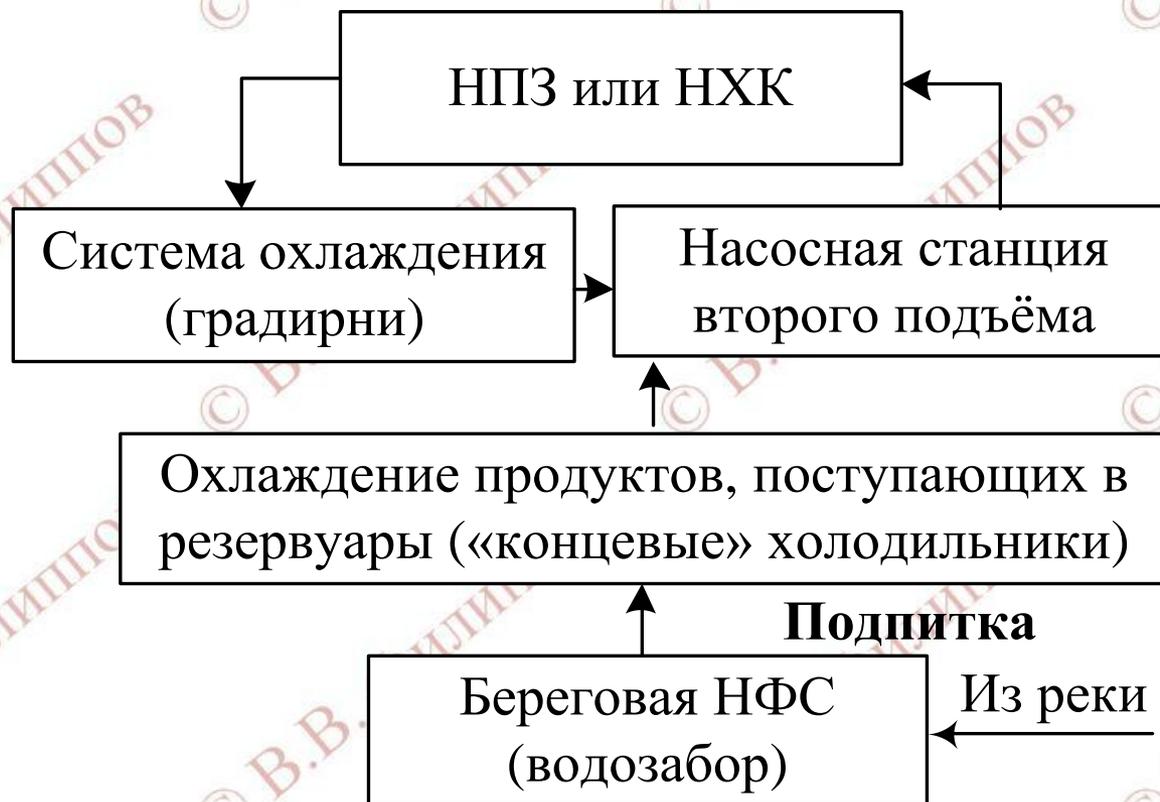
Нефтеперерабатывающие заводы имеют следующие показатели удельного водопотребления (количество стоков в пересчете на 1 т переработанной нефти):

- $0,32 \text{ м}^3/\text{т}$ — для предприятий топливного профиля (КНПЗ, СНПЗ);
- $0,57-1,15 \text{ м}^3/\text{т}$ — для предприятий топливно-масляного профиля (НК НПЗ).

Использование воды как хладагента
предполагает три одновременно
протекающих процесса:

- подача свежей воды;
- отведение использованной воды;
- очистка воды перед повторным использованием.

Схематично систему водоподведения и водоотведения можно представить так.



Водоснабжения с охлаждением воды



Водоснабжение с очисткой и охлаждением ВОДЫ



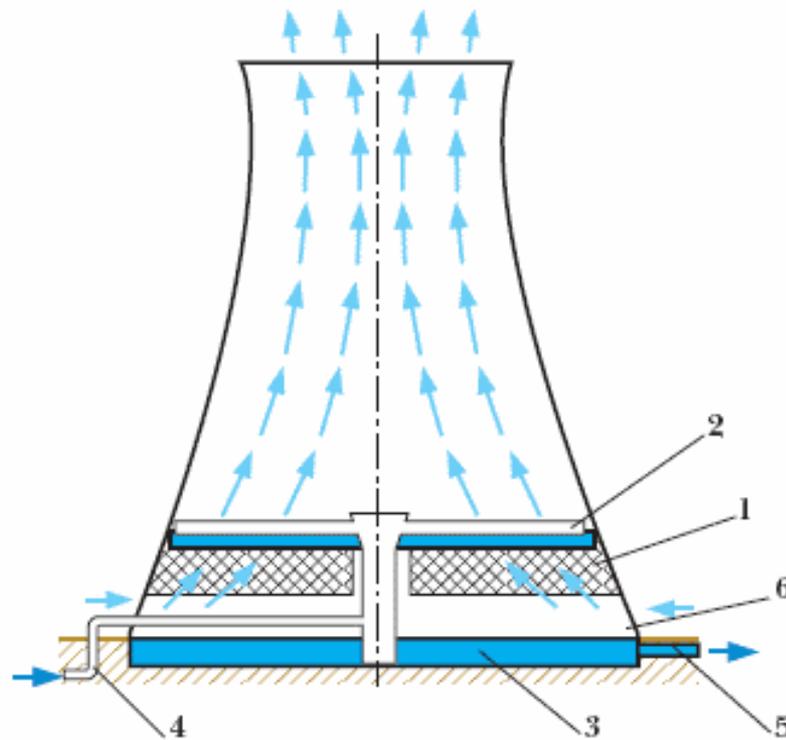
Водозабор НК НПЗ

© В. Филиппов, СамГТУ

В обеих схемах предусмотрено охлаждение нагретой воды. Как его реализовать? Самый простой и дешёвый вариант – градирни.

Градирня (нем. *gradieren* — сгущать соляной раствор; первоначально градирни служили для добычи соли выпариванием) — устройство для охлаждения большого количества воды направленным потоком атмосферного воздуха.

Принцип работы градирни



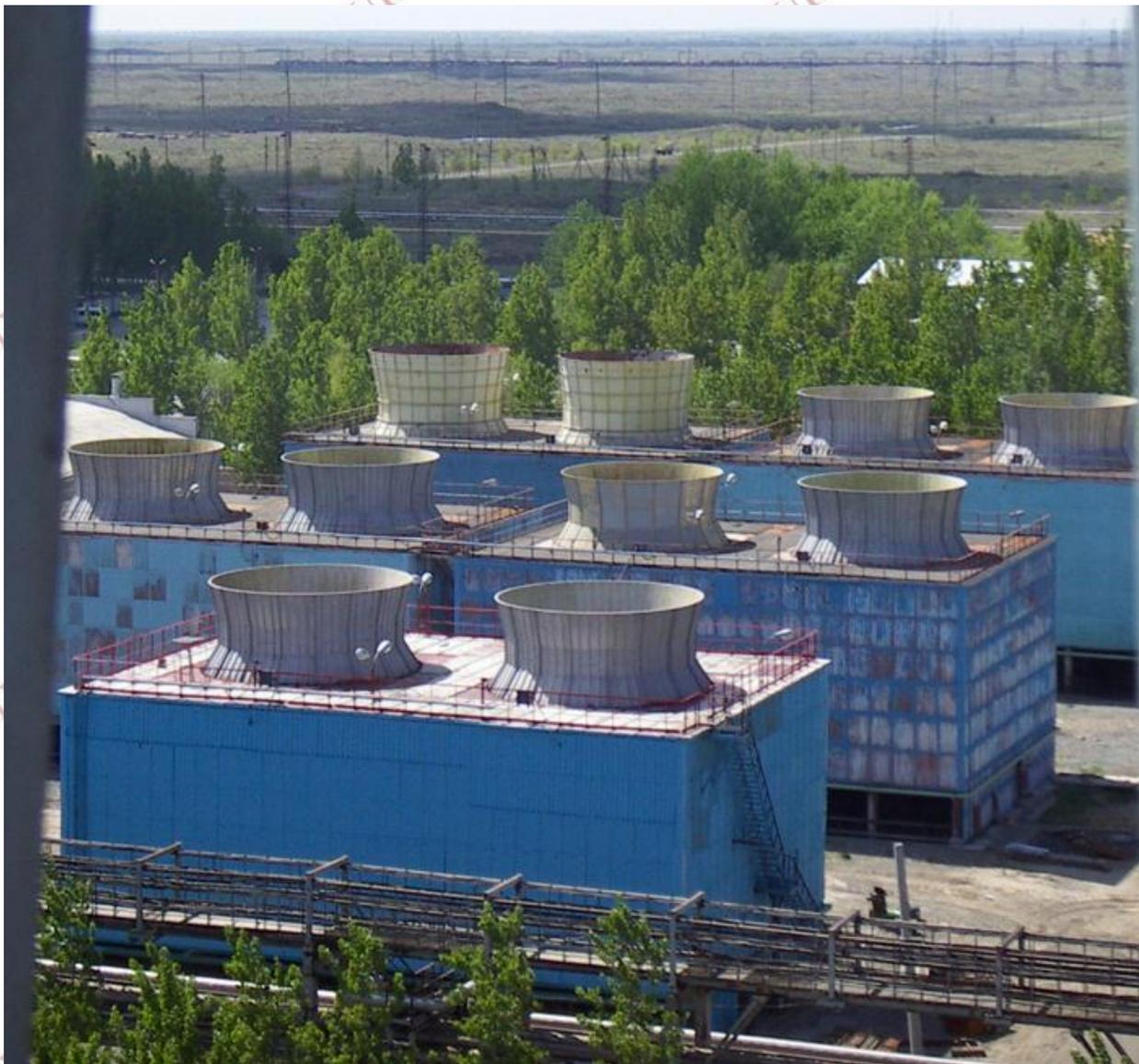
1 — ороситель (насадка); 2 — водораспределитель; 3 — резервуар (бассейн); 4 — подвод горячей воды; 5 — отвод охлажденной воды; 6 — подача воздуха

https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_tech/326/%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D1%80%D0%BD%D1%8F

Градирни КНПЗ



Градирни Аксарайского ГПЗ



Градирня ЗАО «Нефтехимия»



Градирни Комсомольского НПЗ



Градирни ТЭЦ



<https://vk.com/@chemicaltech-gradirnu>

Любимая страшилка экологов



© 360vrn.ru | muph.livejournal.com

Охлаждение до температур ниже температуры окружающей среды

Охлаждение до низких температур применяется в химической технологии довольно часто. Например, для разделения этана-этилена и пропан-пропилена низкотемпературной ректификацией продуктов пиролиза.

На любом НПЗ есть установки для
разделения воздуха на азот и кислород.

Азот (ингаз) используется на предприятии
для продувки аппаратуры и как киповский газ
в системах пневматики.

Для получения низких температур требуются специальные холодильные машины. Их обязательным элементом является компрессор.

Компрессор – это машина для сжатия газа и его перемещения.

Для функционирования холодильной машины требуется рабочее тело — хладагент. Этот хладагент постоянно переходит из жидкого состояния в пар и обратно — из пара в жидкость.

При **кипении** хладагента происходит поглощение теплоты и охлаждение нужного нам потока.

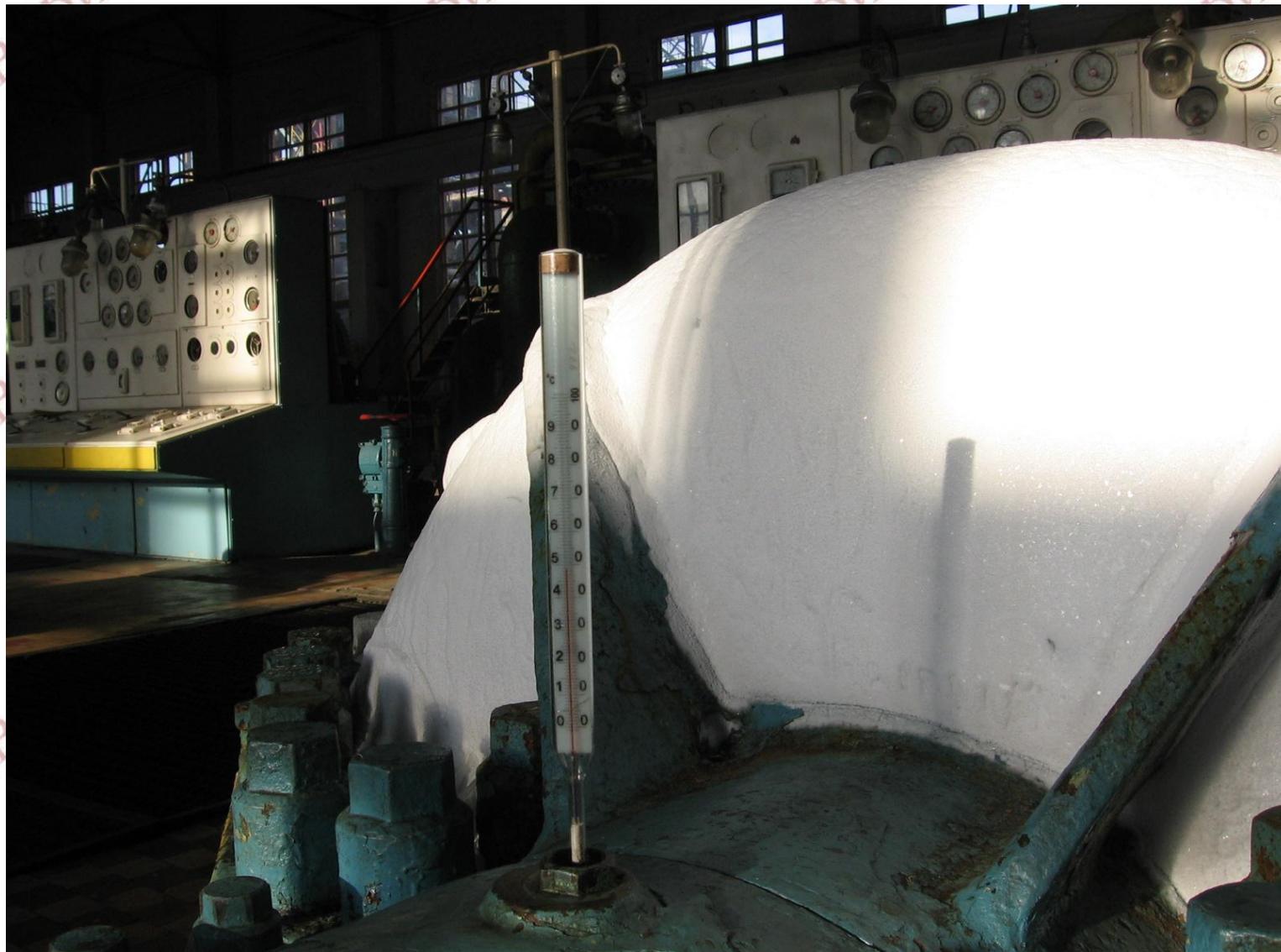
При **конденсации** хладагента эта теплота выделяется и отводится, как правило, в окружающую среду.

Кипение и конденсация происходят при разных давлениях. Для повышения давления и нужен компрессор.

Компрессор холодильной машины установки разделения этана-этилена ЗАО «Нефтехимия»



Компрессор холодильной машины установки разделения этана-этилена ЗАО «Нефтехимия»



© В. Филиппов, СамГТУ

Трубопроводы



Низкотемпературный теплообменник установки разделения этана-этилена ЗАО «Нефтехимия»



Долгое время существовала проблема: какое вещество применять в качестве рабочего тела холодильной машины?

Первоначально в этой роли выступали аммиак, вода, метан, диоксид углерода, пропан, этан, этилен и другие вещества, но ни одно из них инженеров не устраивало.

Ситуация изменилась в **1928** году, когда американский химик корпорации «Дженерал Моторс» Томас Мидглей младший (Thomas Midgley, Jr.) впервые выделил и синтезировал в своей лаборатории химическое соединение дихлордифторметан CCl_2F_2 , названное впоследствии «фреон» (от латинского *frigor* – «ХОЛОД»).

Торговую марку **FREON®** зарегистрировала компания Дюпон. Позже была синтезирована целая группа подобных соединений, они оказались носителями уникальных термодинамических свойств и были как будто специально предназначены для использования в компрессионных холодильных машинах.

В настоящее время для обозначения фреонов используется латинская буква R от слова *Refrigerant* (холодильный) и комбинации цифр (цифровой код). В этом коде первая цифра обозначает число атомов углерода в молекуле фреона минус 1 (т.е. $n-1$).

Для производных метана получается ноль – он не ставится. Вторая цифра – число атомов водорода плюс 1, третья цифра – число атомов фтора в молекуле фреона. Например, дихлордифторметан будет иметь обозначение R-12.

Самых известных и распространенных хладагентов пять:

- трихлорфторметан (CCl_3F) R-11;
- дихлордифторметан (CCl_2F_2) R-12;
- хлордифторметан (CHClF_2) R-22;
- трихлортрифторэтан ($\text{CCl}_2\text{F}-\text{CClF}_2$) R-113;
- дихлортetraфторэтан ($\text{CClF}_2-\text{CClF}_2$) R-114.