

Формирование ресурсосберегающих централизованных систем теплоснабжения на базе ТНУ

Основная цель реформирования централизованного теплоснабжения – снижение расхода потребляемого топлива в коммунальной энергетике на 20 -30 %. Поставленная цель может быть достигнута путем:

- сохранения и увеличения комбинированной выработки электрической энергии на тепловом потреблении, как самого эффективного способа её производства;
- снижения потерь тепловой энергии в транспортных коммуникациях;
- повышения эффективности регулирования распределения тепловой энергии по многочисленным абонентам;
- повышения энергетической эффективности отапливаемых зданий.

В ряде европейских стран широко применяются децентрализованные системы теплоснабжения. В таких системах обеспечение тепловой энергией квартир в многоквартирном доме осуществляется от индивидуального источника, например, газового водогрейного котла. Бытовые конденсационные котлы фирмы «Виссманн» имеют КПД на уровне 95 % и в автоматическом режиме поддерживают заданную температуру воздуха внутри отапливаемых помещений, обеспечивая существенную экономию топлива. В такой системе теплоснабжения регулирование подвода тепловой энергии осуществляется путем отключения котла.

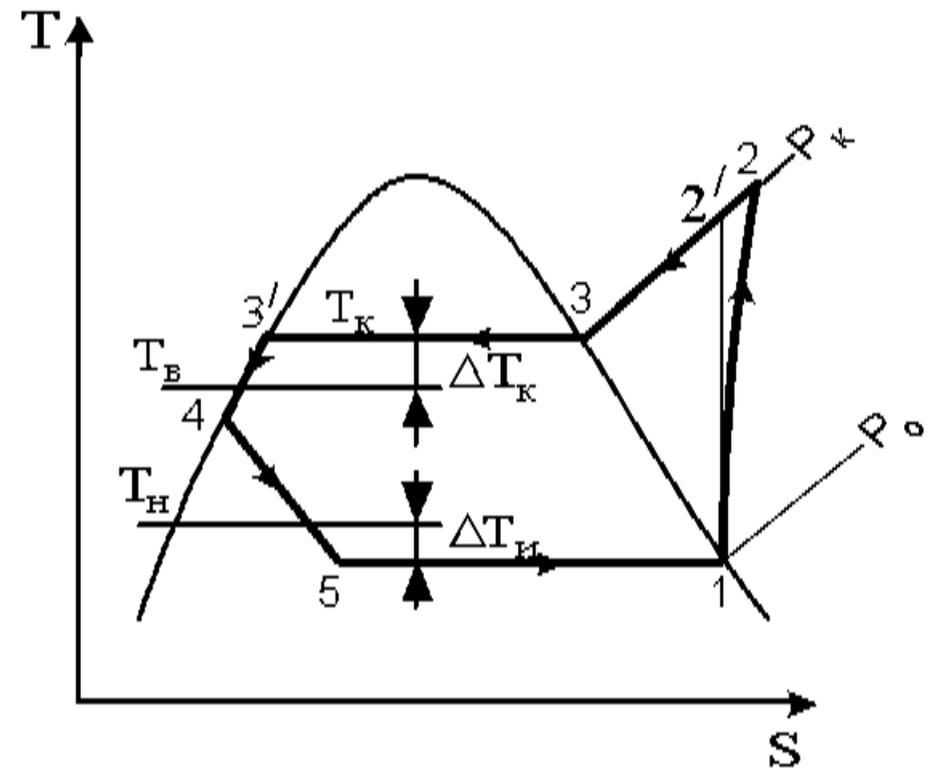
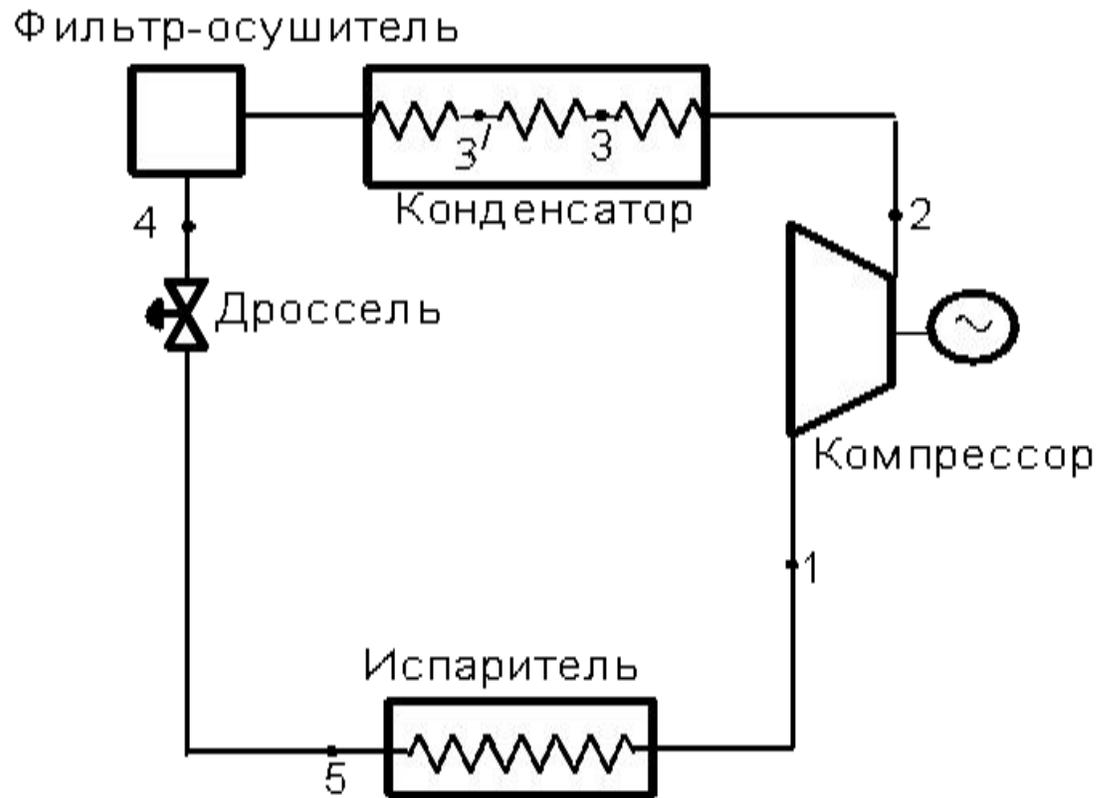
Учитывая опыт создания децентрализованных систем в европейских странах и можно сформулировать задачу по реформированию централизованных систем теплоснабжения в РФ, заключающуюся в получении таких систем теплоснабжения, которые сочетали бы в себе достоинства как одной, так и другой системы.

В качестве предлагаемой системы теплоснабжения может быть рассмотрен следующий вариант, традиционно состоящий из источника теплоснабжения, транспортных коммуникаций и систем теплоснабжения, в состав которых включены ТНУ.

Подача электрической энергии и низкотемпературного теплоносителя в ТНУ позволяет сформировать тепловой поток непосредственно в системах теплоснабжения в строго необходимом количестве для поддержания заданной температуры воздуха в отапливаемых помещениях здания.

Применение ТНУ в системах отопления зданий позволит поддерживать температуру воздуха в отапливаемых помещениях в автоматическом режиме. При этом регулирование тепловой нагрузки будет осуществляться по температуре внутреннего воздуха, а не наружного, как это происходит в системах с погодным регулированием.

Термодинамические основы работы парокompрессионной ТНУ



Основные отличия в процессах подвода энергии к сетевой воде и к фреону при формировании теплового потока, используемого в системах отопления, базируясь на первом законе термодинамики

- При нагревании сетевой воды в источнике теплоснабжения, подводимая энергия, как было показано в предыдущих главах, расходуется на **одновременное** выполнение работы расширения (L_p) и тепловой работы (L_{Tr}), связанной с увеличением её внутренней энергии. Нагревание сетевой воды при давлении выше атмосферного не позволяет отделить процесс подвода энтропийной части теплоты, затрачиваемой на совершение работы расширения, от подвода безэнтропийной теплоты, затрачиваемой на совершение тепловой работы приводящей к увеличению её внутренней энергии и температуры.

одновременно, а в два последовательных этапа. На первом этапе за счет подводимой низкотемпературной теплоты в испаритель ТНУ совершается работа расширения фреона (L_p) с переходом его в изотермическом процессе из жидкого в парообразное состояние. Затем, на втором этапе, за счет работы сжатия в компрессоре ($L_{тр}$) завершается формирование теплового потока с увеличением внутренней энергии и получением необходимой температуры фреона. Механическая работа сжатия в компрессоре несколько выше чем тепловая работа, совершаемая в изоэнтропийном процессе из-за необратимых потерь.

При этом на совершение работы расширения фреона в испарителе ТНУ затрачивается низкотемпературная тепловая энергия, а на совершение тепловой работы сжатия в компрессоре затрачивается электрическая энергия.

На совершение работы расширения фреона в испарителе ТНУ затрачивается низкотемпературная тепловая энергия, а на совершение тепловой работы сжатия в компрессоре затрачивается электрическая энергия

- Использование электрической энергии на завершающем этапе формирования теплового потока фреона обеспечивает высокую степень автоматизации подвода теплоты в системы отопления, исключая подачу избыточной теплоты в системы отопления, что исключает переотапливание помещений здания.
- Энергетический баланс парокомпрессионной ТНУ выражается следующим соотношением:

$$q_o + l_{\text{тр}} = l_p + l_{\text{тр}} = q_k$$

Работа компрессора с учетом внутренних потерь (внутренняя работа)

$$l_i = h_2 - h_1 = \frac{l_{\text{тр}}}{\eta_{oik}} = \frac{h_{2/} - h_1}{\eta_{oik}},$$

где $l_{\text{тр}} = h_{2/} - h_1$ — тепловая или теоретическая работа сжатия в компрессоре при изоэнтропийном процессе

- q_k - суммарное, удельное количество теплоты, отведенное от фреона в конденсаторе ТНУ.

Механическая или внешняя удельная работа компрессора, определяемая с учетом электромеханических потерь, составит

$$l = \frac{l_i}{\eta_{\text{эм}}},$$

где $\eta_{\text{эм}} = \eta_{\text{э}} \cdot \eta_{\text{м}}$ - электромеханический КПД ($\eta_{\text{э}}$ - КПД электродвигателя, $\eta_{\text{м}}$ - механический КПД компрессора).

парокомпрессионных ТНУ, является коэффициент трансформации теплоты, показывающий количество теплоты, полученное в конденсаторе на единицу затрачиваемой работы (мощности) в компрессоре и рассчитываемый по следующей формуле

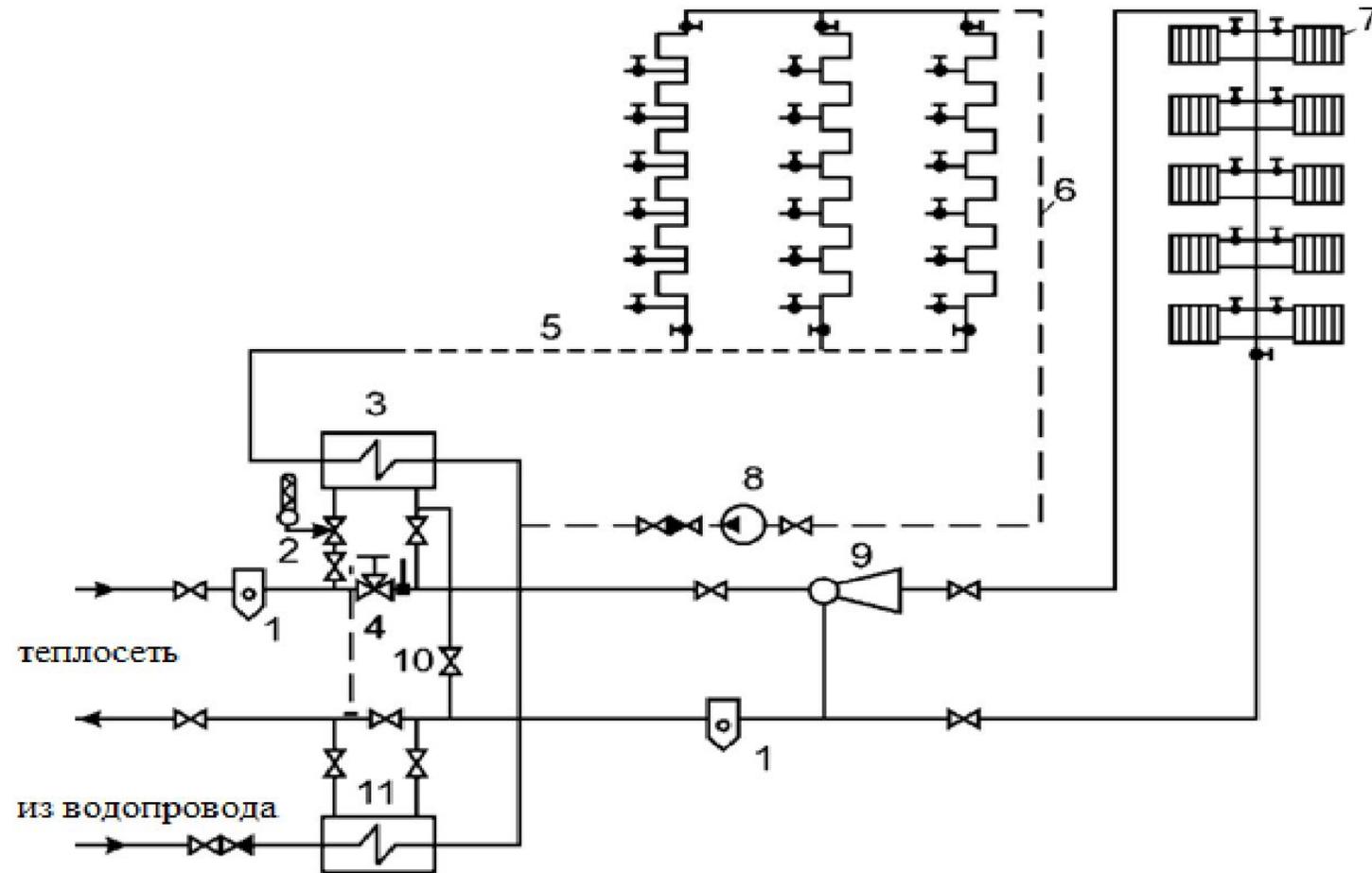
$$\varphi = \frac{q_k}{l}.$$

Как видно из уравнения энергетического баланса ТНУ (11.1), количество теплоты отводимой из конденсатора равно сумме теплоты подводимой в испаритель и работы, совершаемой в компрессоре. С увеличением количества теплоты, поступающей в испаритель, работа в

Формирование требуемого теплового потока с помощью ТНУ имеет все преимущества присущие аналогичному формированию теплового потока в индивидуальном водогрейном котле. Из конденсатора ТНУ отводится столько тепловой энергии, сколько необходимо для поддержания требуемой температуры воздуха в отапливаемых помещениях, исключая режимы переотапливания и недоотапливания.

Рассмотрим следующие возможные схемы включения ТНУ в системы отопления жилых и административных зданий:

- установка ТНУ в ИТП здания с образованием внутридомового контура отопления и ГВС;
- установка ТНУ в квартире с образованием внутриквартирного контура отопления и ГВС



Внедрение индивидуальных тепловых пунктов в российских системах теплоснабжения является одним из направлений государственной программы энергосбережения, которая была утверждена 27 декабря 2010 г. Она предполагает снижение энергоемкости ВВП страны не менее чем на 40% до 2020 года, по сравнению с 2007 годом.

Помимо перехода от открытой к закрытой системе теплоснабжения, регламентируемого ФЗ №190, важнейшим направлением развития ИТП является обновление теплообменного оборудования. Устаревшие крупногабаритные кожухотрубные теплообменные аппараты заменяются пластинчатыми.

Пластинчатые теплообменные аппараты обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с кожухотрубными теплообменниками:

- Компактность, небольшие габариты;
- Простота монтажа и сборки/разборки;
- Возможность уменьшения/увеличения площади поверхности теплообмена за счет изменения количества пластин;
- Минимальные потери тепла в окружающую среду;
- Небольшие гидравлические сопротивления;
- Высокая эффективность теплообмена.

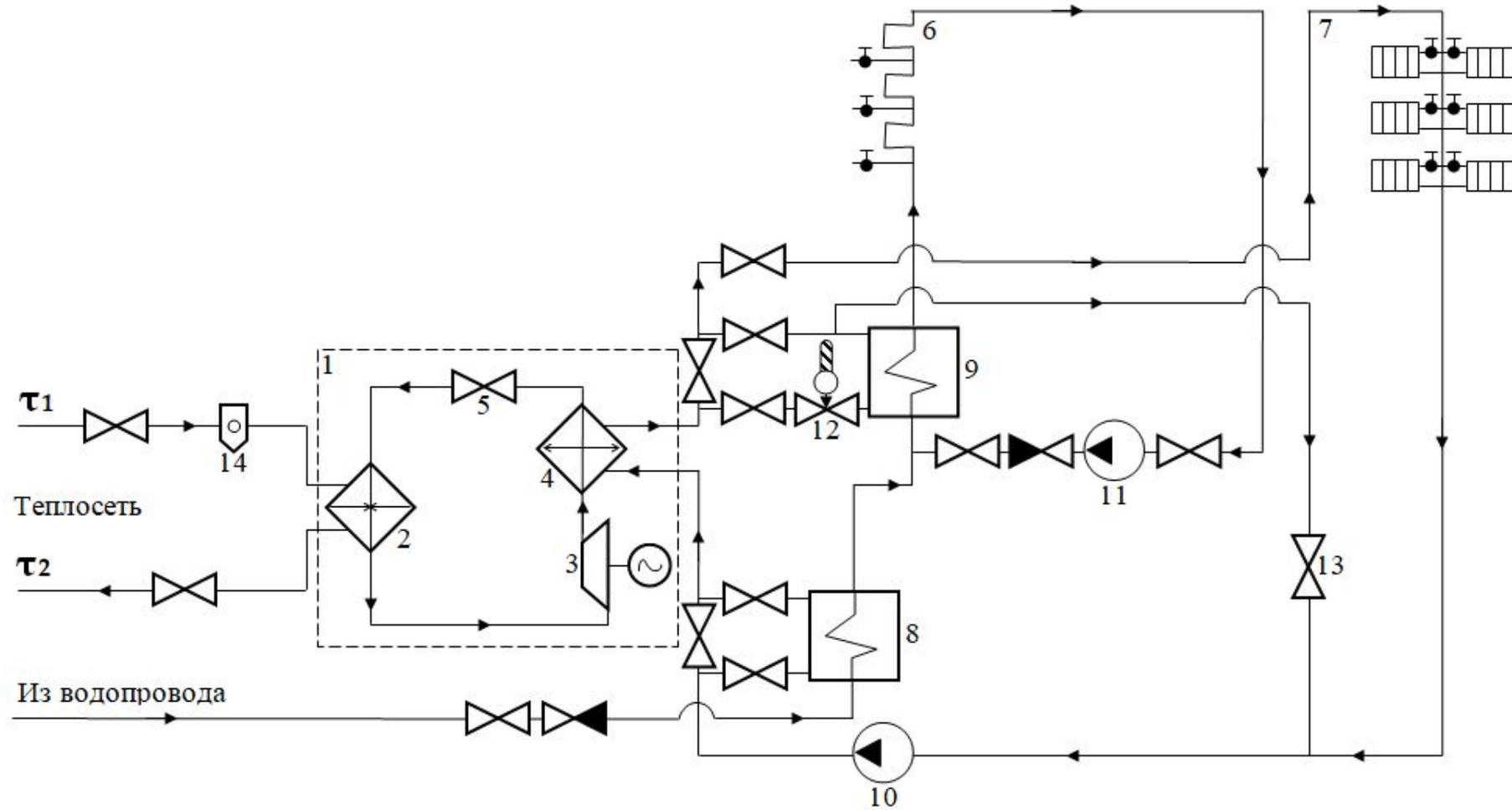
Кожухотрубный (слева) и пластинчатый (справа) водо-водяные подогреватели



Указанные приоритеты развития ИТП не решают проблемы невысокой эффективности работы систем теплоснабжения в полной мере. Внедрение ИТП не снижает тепловые потери через трубопроводы сети, не устраняет проблему высокой инерционности качественного регулирования на источниках теплоснабжения, не устраняет неравномерность распределения тепловой энергии по квартальным сетям от центральных тепловых пунктов до конечных потребителей.

Как указывалось выше, данные проблемы могут быть решены, если по тепловым сетям подавать теплоноситель с низкой температурой, и организовать трансформацию тепловой энергии непосредственно в ИТП отдельных зданий.

Принципиальная схема ИТП с теплонасосной установкой

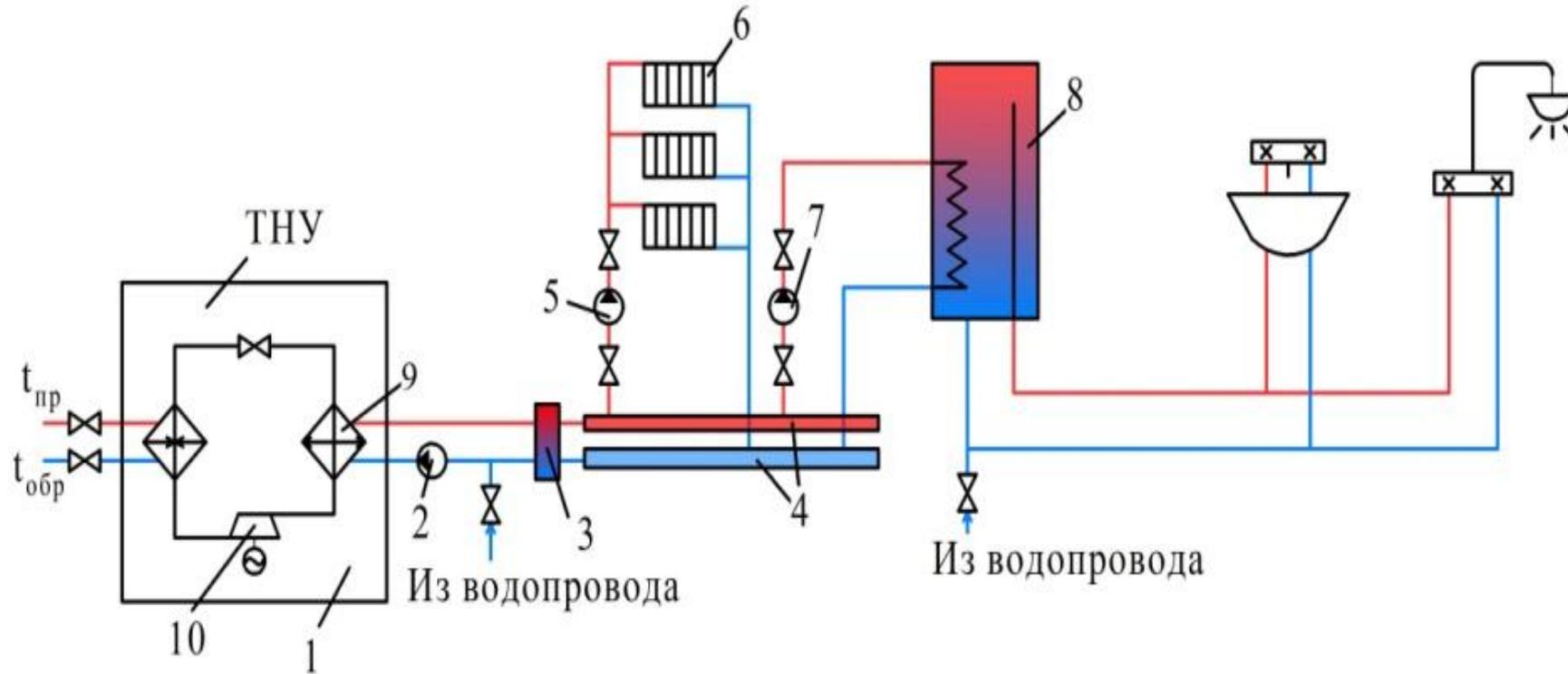


- В испаритель 2 из подающей магистрали теплосети поступает теплоноситель с температурой $\tau_1 \approx 30 \div 35^\circ\text{C}$. В качестве источника низкопотенциального теплоносителя используется контур охлаждения конденсаторов паротурбинных установок ТЭЦ. В испарителе теплоноситель (охлаждающая вода конденсатора) снижает свою температуру до $\tau_2 \approx 20 \div 25^\circ\text{C}$, отдавая свою теплоту фреону, с преобразованием его в парообразное состояние.

Сжатие парообразного фреона в компрессоре позволяет повысить его температуру до 100-150 °С, который затем поступает в конденсатор 4, где происходит охлаждение и его конденсация. Отводимая в конденсаторе от фреона теплота передается воде, циркулирующей по внутридомовому контуру отопления между отопительными приборами и конденсатором.

В представленной схеме ИТП подключение контура ГВС реализуется по закрытой системе. Нагрев водопроводной воды для контура ГВС происходит в 2 этапа: сначала в водонагревателе I ступени 8, где в качестве греющей среды выступает остывшая вода из системы отопления, а затем в водонагревателе II ступени 9, где греющей средой служит нагретый в конденсаторе теплоноситель, направляющийся в систему отопления. Отопительная нагрузка является сезонной, а нагрузка ГВС – круглогодичной. Температура теплоносителя в системе отопления должна меняться в зависимости от температуры наружного воздуха, а температура воды в системе ГВС должна быть постоянной в течение всего года. Для выполнения этого условия у водонагревателя II ступени установлен регулятор температуры 12, который регулирует расход греющей среды на входе в теплообменник 9.

Установка ТНУ в квартире с образованием внутриквартирного контура отопления и ГВС

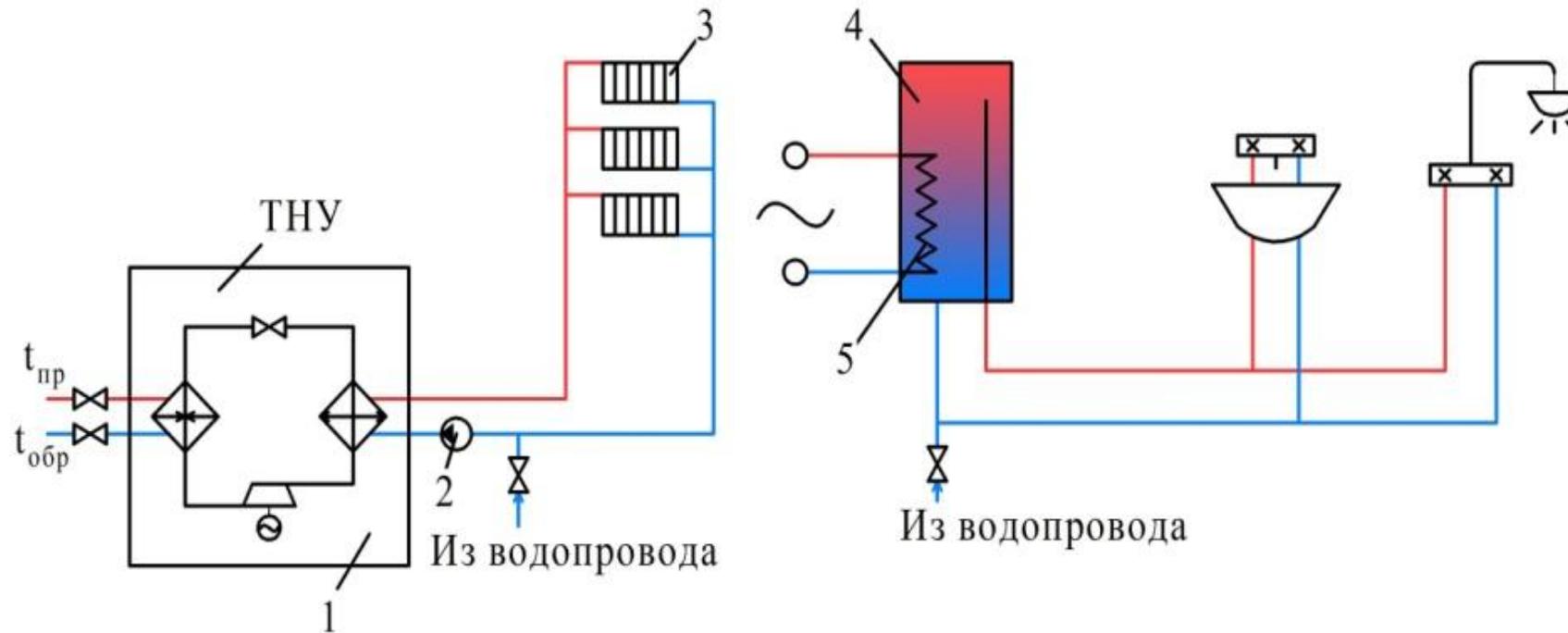


1- ТНУ; 2- циркуляционный насос; 3- гидравлический разделитель; 4- подающий и обратный коллекторы; 5- насос системы отопления; 6- отопительные приборы; 7- насос ГВС; 8- емкостной водонагреватель; 9- конденсатор ТНУ; 10- компрессор ТНУ

Гидравлический разделитель представляет замыкающую емкость между прямым и обратным коллекторами. Например, в случае отсутствия подачи на отопительные приборы (летний период), поток воды раздваивается: одна её часть насосом (7) подается в водоподогреватель (8), другая часть через гидравлический разделитель возвращается в конденсатор ТНУ (9). При одновременной работе отопления и ГВС (с приоритетом ГВС) возврата горячей воды через гидравлический разделитель в конденсатор ТНУ не происходит.

Регулирование работы системы отопления и ГВС осуществляется с помощью контроллера, принимающего сигнал от датчиков температур внутреннего воздуха в отапливаемом помещении и воды в емкостном водонагревателе. При понижении указанных температур включается насос рециркуляции (2) и компрессор ТНУ (10).

Раздельная система внутриквартирного отопления и ГВС



1- парокompрессионный тепловой насос; 2 – насос контура отопления; 3- отопительные приборы; 4- емкостной водонагреватель; 5- электрический нагреватель

- При использовании таких систем жители квартиры получают только холодную воду, часть которой нагревается в местных водонагревательных установках до требуемой температуры. Таким образом, у потребителя появляется возможность самостоятельно определять качество и количество используемой горячей воды.
- Использование более дорогой электрической энергии для получения горячей воды потребует экономного и рационального её использования. При этом исчезают потери теплоты, которые имели место при транспортировании горячей воды от ЦТП и ИТП.

Устройство емкостного водонагревателя



- Расход горячей воды за сутки при максимальном водопотреблении (G_u^h , м³/сут) определяется по следующей зависимости

$$G_u^h = 0,001 \cdot q_u^h \cdot \nu,$$

где q_u^h - норма расхода горячей воды потребителем за сутки при максимальном водопотреблении, л/сут (для жилых зданий $q_u^h = 120$ л/сут);

ν - число водопотребителей, чел.

Среднечасовой расход тепла ($Q_{ГВ}$, кДж/ч) при максимальном водопотреблении

$$Q_{ГВ}^{ср} = \frac{G_u^h \cdot \rho \cdot C_p \cdot (t_p - t_x)}{24} + Q_{ТП},$$

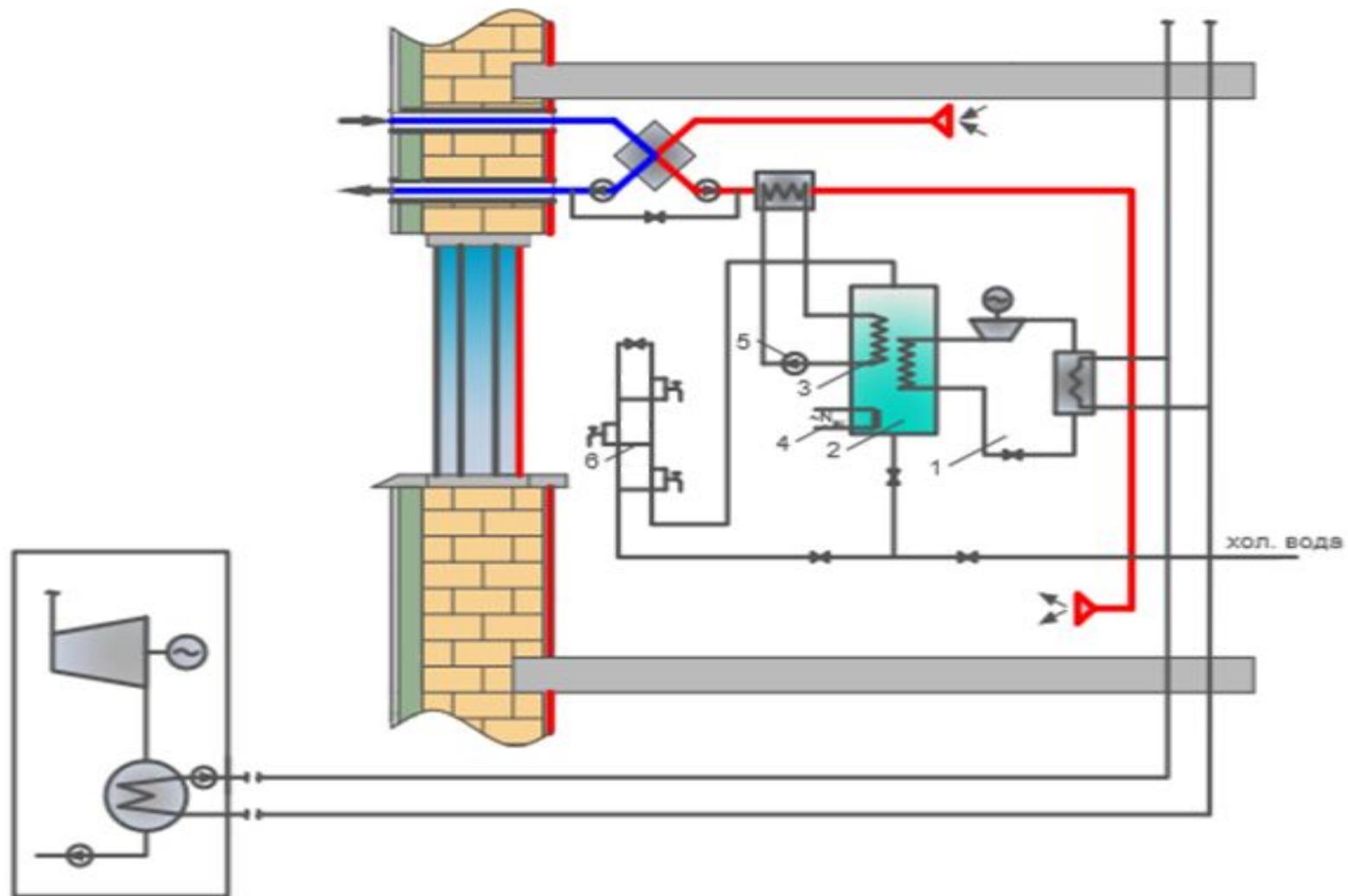
где $\rho = 985$ кг/м³ – плотность воды при 60 °С;

$t_p = 60^\circ\text{С}$ – расчетная температура воды в системе;

$t_x = 5^\circ\text{С}$ – расчетная температура воды в зимнее время;

$Q_{ТП} = 5\%$ - теплопотери в системе ГВС от общей тепловой нагрузки

Системы воздушного отопления и ГВС отдельной квартиры



Температурный режим и воздухообмен в отапливаемых помещениях, поддерживается следующим образом. Наружный воздух по всасывающему трубопроводу с помощью всасывающего вентилятора поступает в помещение, проходя две стадии нагревания.

На первой стадии наружный воздух повышает свою температуру в теплорекуператоре за счет теплоты, выносимой потоком удаляемого воздуха из помещения с помощью вытяжного вентилятора.

На второй стадии воздух догревается до необходимой температуры в воздушном нагревателе, за счет воды поступающей из емкостного водонагревателя (бака-накопителя). Нагретый таким образом воздушный поток по соответствующим каналам подается в нижнюю часть нагреваемых помещений через специальные каналы в раздаточные плинтусы.

