

**КУРС
МОЛОДОГО БОЙЦА
ФИРМЫ
СЕМПАЛ**

ЧАСТЬ 2

**РЕГУЛИРОВАНИЕ
температуры**

2010

Основная цель регулирования – поддержание необходимой температуры в помещении (или в трубопроводе) при изменении внешних условий.

Одна из основных целей регулирования, кроме поддержания температуры, - экономия энергоресурсов.

НЕОБХОДИМОСТЬ РЕГУЛИРОВАНИЯ

1. Регулирование отопления. Известно, что комфортная температура в обычном жилом помещении или офисе составляет $22^{\circ} \pm (5 - 7)^{\circ}$. В производственных помещениях тепловой комфорт является залогом снижения заболеваемости и повышения производительности труда. Однако на больших промышленных складах или овощехранилищах, например, или в оранжереях требуемый температурный диапазон может значительно отличаться от указанного. Иногда он может меняться несколько раз в сутки: например, ночью в учреждениях или школах температуру помещений можно снижать. Также ее можно снижать в зависимости от дня недели: например, в тех же учреждениях или школах в выходные дни, или в цехах с неполной рабочей неделей можно значительно снижать температуру помещения в нерабочие дни.

Особенность регулирования отопления в том, что хоть один датчик температуры, влияющий на процесс регулирования, является датчиком внешней температуры.

Экономия энергоресурсов только от введения регуляторов температуры по данным, взятым из различных источников, составляет в жилых помещениях 7 - 8%, в нежилых помещениях – до 50 – 60%.

В среднем считается, что экономия энергоносителей «на отоплении» составляет 30 – 35%.

2. Регулирование ГВС. В Украине практически повсеместно горячая вода получается на выходе теплообменника (бойлера), в котором холодная вода нагревается водой из системы отопления. Температура горячей воды должна быть от 50° до 75° ; по существующим нормативам за более низкие температуры нежели 50° потребитель имеет право платить меньше, хотя этим правом практически никто не пользуется. При отсутствии регулирования в трубопроводе ГВС может быть температура выше 75° , на что тратится избыточное тепло. Часто используются иные нормы: например, в группах детских садов и ясель, где дети самостоятельно моются водой из крана, температура воды должна поддерживаться в районе 36° - 38° , при этом на кухнях тех же садов и ясель должна сохраняться температура как в обычной системе ГВС.

Особенность регулирования ГВС в том, что хоть один датчик температуры, а чаще только один, устанавливается в трубопровод ГВС.

Экономия энергоресурсов от регулирования ГВС составляет в среднем 30 – 35%.

Регулирование на источниках тепла. Имеется много точек в котельных и ТЭЦ, где целесообразно иметь регулирование. Остановимся лишь на двух примерах.

Первый - поддержание постоянной температуры на выходе котла; эта процедура производится путем установки на его выходе термометра, по сигналам которого изменяется в нужную сторону подача газа или иного энергоносителя в котел.

Второй – поддержание отопительного температурного графика, то есть зависимости температуры воды, подаваемой в теплосеть, от температуры наружного воздуха. Обычно, при отсутствии автоматического регулирования, оператор устанавливает нужный режим один или, в лучшем случае, несколько раз в сутки. Только за счет более тщательного поддержания температурного графика, которое может обеспечить автоматический регулятор температуры, получается экономия газа до 5%. Поскольку источники тепла являются основными потребителями газа и иных энергоресурсов, эти проценты выливаются в огромные суммы. Так, средняя котельная производительностью 1000Гкал/час только за счет описанной «дисциплины регулирования» дает в месяц экономию порядка 3млн. грн.

ПРОСТЕЙШАЯ СХЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ

Рассмотрим самую простую схему - регулирование температуры ГВС.

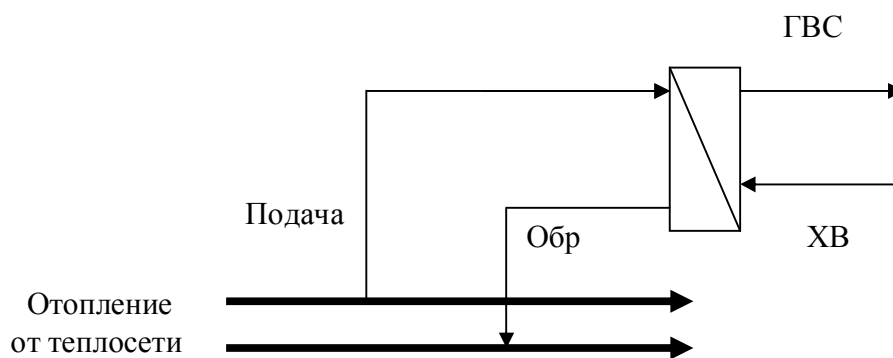


Рис.1

На рис.1 условно показан теплообменник (бойлер), в котором горячая вода получается путем нагревания холодной воды водой из трубопровода отопления. Необходимо поддерживать постоянную температуру ГВС путем регулирования расхода в подающем трубопроводе. Схемы регулирования ГВС в более подробном начертании приведены на рис. 1 и 2 Приложения 1. Здесь насосы и обратные клапаны непосредственно к регулированию не относятся. Исходными для регулирования являются: температура T_g горячей воды (ГВ), которая измеряется с помощью термосопротивления $ТС1$, и требуемая температура горячей воды T_c , которая задается потребителем и вводится в регулятор с помощью кнопок на передней панели регулятора. Регулятор может быть встроенным в состав СВТУ-10М, а может быть и автономным – РТ-10. Разность указанных температур $\Delta T = T_g - T_c$ является основным параметром, по которому исполнительный механизм (привод) с помощью регулирующего клапана управляет подачей тепла в теплообменник. Изменяя поток тепла,

поступающий в бойлер, можно изменять температуру ГВ таким образом, чтобы привести ее к заданной величине.

Зависимость между выходным сигналом, в нашем случае управляющим напряжением привода, и входным параметром ΔT , который необходимо постоянно сводить к нулю, называют законом регулирования. Закон регулирования, выраженный в математической форме, должен учитывать, кроме ΔT , периодичность измерения этой величины по времени, влияние предыдущих измерений, различные коэффициенты пропорциональности, параметры объекта регулирования, в частности, время реакции объекта на входное воздействие, и т.п. Поэтому регуляторы, как встроенный, так и автономный, являются весьма непростыми вычислительными устройствами.

подавляющее большинство законов регулирования имеют одинаковую математическую форму, так называемый пропорционально - интегрально-дифференциальный (ПИД) закон; он реализован в РТ-10. Упрощенный вариант этого закона – пропорционально - интегральный (ПИ) закон реализован во встроенном регуляторе СВТУ-10М.

ГРАФИКИ РЕГУЛИРОВАНИЯ

В описанном выше примере регулирования температуры ГВС, а также в иных случаях регулирования, участвует величина $\Delta T = T_g - T_c$, где требуемая температура T_c , как правило, не является постоянной во всех ситуациях раз и навсегда, а изменяется в зависимости от разных факторов, например, от времени суток, времени года или от различных действующих нормативов.

Регулирование температуры производится в соответствии с тремя типами графиков:

- основным;
- дополняющими;
- замещающими.

1. Основной график – **время – температурный**, который показывает зависимость температуры регулирования от времени в течение суток при некоторой постоянной температуре наружного воздуха $T_{нв}$. На рис. 2а показан пример графика с тремя точками излома в течение суток. В РТ-10 можно задавать до 8 точек излома в сутки. Для реализации только одного этого графика к регулятору достаточно подключить один термометр T_c (например, к трубопроводу ГВ).

Дополняющие и замещающие графики позволяют видоизменять основной график.

2. Дополняющих графиков два: график выходных дней и график погодной компенсации. В графике выходных дней задаются выходные дни недели и праздничные дни (число, месяц) и соответствующие им температуры, которые должны быть установлены в эти дни. Обычно этот график вводится на объектах образования, на промышленных предприятиях и в административных зданиях.

3. График погодной компенсации показывает насколько надо сместить основной время - температурный график при той или иной температуре наружного воздуха. В РТ-10 он представляет собой прямую линию и задается двумя точками. Этот график используется очень часто, поскольку в подавляющем большинстве случаев требуется регулировать температуру отопления именно в зависимости от внешней температуры. Чаще это температура наружного воздуха на улице, но иногда и температура воздуха в помещении. Пример этого графика показан на рис. 2б. Для реализации этого графика к регулятору необходимо подключить термометр Тнв, регистрирующий температуру наружного воздуха.

Рассмотрим взаимодействие и влияние графика рис. 2б на график 2а. Допустим, внешняя температура изменяется следующим образом: ночью, с 22.00 до 8.00 она составляет -6°C ; в этом интервале времени основной график смещается на ΔT_1° . С 8.00 до 12.00 температура равномерно поднимается до $+2^{\circ}\text{C}$, чему соответствует требуемое смещение ΔT_2° , а затем внешняя температура вновь постепенно снижается, достигая прежнего значения -6°C к 22.00. На рис.2в показана деформация время – температурного графика от этих изменений внешней температуры.

4. Группа замещающих графиков - график «обратной воды» и график летнего отключения – производит переключение канала регулирования только на эти графики (то есть замещение) при выполнении условий:

если температура теплоносителя в обратном трубопроводе превышает максимальную температуру «обратной воды», заданную графиком «обратной воды»;

если в течение задаваемого числа суток средняя температура наружного воздуха превышает заданный порог, регулирование практически прекращается, и наоборот, когда указанная температура снижается, регулирование возобновляется вновь.

График «обратной воды» - это зависимость максимальной температуры в обратном трубопроводе от температуры в прямом трубопроводе, обычно имеет вид линейной функции. Превышение максимальной температуры «обратной воды» указывает на недостаточно эффективное использование тепла, отпущенного на нагрев объекта, и часто ведет за собой штрафные санкции, поэтому слежение за температурой «обратной воды» возлагается на регулятор. Для реализации графика «обратной воды» необходимо иметь два термометра – в обратном и подающем трубопроводе.

5. Таким образом, для реализации в общем случае основного графика, графиков погодной компенсации и «обратной воды» необходимо иметь четыре термометра, что и учтено в каждом канале РТ – 10, где можно устанавливать до четырех термометров – термосопротивлений ТС.

Отметим попутно здесь же, что в РТ – 10 имеется много вспомогательных функций, например, защита от замерзания, управление циркуляционными насосами по времени или температуре, ручное управление, вывод архивов всех устанавливаемых и измеряемых температур, и др.

СХЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ с помощью РТ - 10

На рис. 1 – 8 Прил.1, которые взяты из Приложения С Руководства по эксплуатации РТ – 10, приведены примеры наиболее распространенных схем регулирования. Общим для них является применение насосов, которые могут управляться либо по временнОму графику, включающему/выключающему насос до двух раз в сутки, либо по специальному температурному графику, задающему пороги включения/выключени насоса по температуре.

На рис. 1 и 2 Прил.1 приведены схемы регулирования температуры в контуре ГВС, рассмотренные нами ранее; насосы в таких схемах называются циркуляционными, поскольку обеспечивают циркуляцию ГВ в контуре, чтобы она текла из кранов потребителям всегда горячая, а не прохладная после ночи, как это часто бывает.

На рис. 3 – 8 Прил. 1 показаны примеры типичных систем отопления, в которых часть охлажденной, но еще достаточно теплой воды из обратного трубопровода может подкачиваться насосом в прямой трубопровод; обратный клапан препятствует перетоку воды из подающего трубопровода в обратный. В этих схемах используются различные варианты конфигурации и различные места установки термометров. Термометры Три, показанные непосредственно перед системой отопления, могут устанавливаться и сразу после нее по усмотрению потребителя.

Имеется шесть вариантов конфигурации, включая вариант «0», которые отличаются использованием графиков регулирования.

Вариант **конфигурации “0”** рекомендуется выбирать для использования в экстремальных ситуациях, в случаях когда, например, необходимо срочно поднять температуру в контуре регулирования, без изменения параметров графиков регулирования: регулирующий клапан полностью открыт, насос включен, ТС не требуется.

Вариант **конфигурации “1”**(рис. 1,2 Приложения) - используется только одно ТС, однако можно вводить для него время – температурный график, а также график выходных дней. Вариант рекомендуется для использования в системах, в которых не требуется погодная компенсация температуры в контуре регулирования, а также не требуется ограничение максимальной температуры теплоносителя в обратном трубопроводе, например в контуре ГВС.

Вариант **конфигурации “2”** (рис. 3,4 Приложения) рекомендуется для использования в системах, в которых желательна погодная компенсация температуры в контуре регулирования, но не требуется ограничение максимальной температуры теплоносителя в обратном трубопроводе. Такую конфигурацию можно использовать, например, в контуре отопления. Требуется два ТС: одно Тнв, другое – в контуре регулирования, для него можно вводить время – температурный график, а также график выходных дней

Вариант **конфигурации “3”** (рис. 5 Приложения) рекомендуется для использования в системах, в которых не нужна погодная компенсация температуры в контуре регулирования, но требуется ограничение

максимальной температуры теплоносителя в обратном трубопроводе. Поэтому требуется три ТС: по одному в подающем и обратном трубопроводе для задания графика «обратной воды», и одно в контуре регулирования – для этого ТС можно вводить время – температурный график, а также график выходных дней

Вариант **конфигурации “4”** (рис. 7, 8 Приложения) рекомендуется для использования в системах, в которых требуется как погодная компенсация температуры в контуре регулирования, так и ограничение максимальной температуры теплоносителя в обратном трубопроводе. Для первой задачи устанавливается Т_{нв}, для второй – два ТС, и одно ТС – четвертое – в контур регулирования; для этого ТС можно вводить время – температурный график, а также график выходных дней

Вариант **конфигурации “5”** (рис. 6 Приложения) рекомендуется для использования в системах, в которых требуются погодная компенсация по температуре в контуре регулирования и управление работой насоса по температуре. Используются три ТС: Т_{нв}, ТС в «обратке» (для этого ТС можно вводить время – температурный график) и третье - в подающем трубопроводе после смешения для управления насосом.

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯТОРА, ВСТРОЕННОГО В СВТУ-10М(Модификации М1 и М2)

1. Регулирование в каждом из двух каналов может производиться по одному из следующих параметров:

- по одной температуре;
- по температуре обратного трубопровода;
- по разности давлений;
- по одному датчику давления;
- до четырех термометров – режим «Отопление».

Во всех случаях регулирования в каждом канале имеется возможность включения/ выключения насоса либо по превышению порога по температуре или расходу, либо по времени.

Алгоритмы здесь отличаются от аналогичных в РТ – 10.

2. Регулирование по температуре производится с помощью одного из термометров, подключенных к счетчику (например, рис. 1, 2 Приложения, в котором приведены схемы, одинаковые по начертанию при использовании РТ-10, либо СВТУ-10М)); также имеется возможность ввода графика линейной коррекции по значению любой иной температуры. Чаще всего это график погодной компенсации, см. рис.3, 4 Приложения, но вместо Т_{нв} может быть и другой ТС. Ввод иных графиков не предусмотрен.

3. Регулирование по температуре обратного трубопровода производится по упрощенной формуле

$$T_{обр} = T_{конст} - T_{нв},$$

где обычно Т_{конст} выбирается от 42° до 47°С; при этом обеспечивается комфортная температура в помещении, и для реализации схемы требуются

лишь два термометра, рис. 3 Приложения. Этот график эффективен при использовании теплосетью линейного температурного графика.

4. Регулирование по разности давлений - поддержание постоянной разности давлений между прямым и обратным трубопроводами. Требуются два датчика давлений, в РТ – 10 такого режима нет.

5. Регулирование по одному датчику давления – аналог регулирования по одной температуре. Требуется один датчик давления. В РТ – 10 такого режима нет.

6. Режим «Отопление». В этом режиме могут использоваться:

термометр для контроля максимальной температуры в обратном трубопроводе аналогично п.4 раздела Графики регулирования; соответствующий график представляет собой зависимость максимальной температуры в обратном трубопроводе от температуры в подающем трубопроводе. Таким образом, напомним, что для реализации алгоритма контроля максимальной температуры «обратки» необходим еще один термометр – в подающем трубопроводе;

термометр, установленный на входе системы или после смешения; поддержание температуры может производиться с учетом «день/ночь» и выходных; итого три термометра, рис. 5 Приложения. К этому последнему термометру может быть добавлен еще один термометр, в этом случае четвертый, для ввода линейного графика коррекции. Если этот график является графиком погодной компенсации, то могут быть реализованы схемы рис. 7,8 Приложения.

Более подробное начертание схемы рис. 6 при наличии теплообменника представлено на рис.9. Используются термосопротивления: $T_{пи}$ и $T_{ои}$ – температуры «подачи» и «обратки» для теплоучета; $T_{нв}$ – температура наружного воздуха для регулирования; $T_{ри}$ – температура теплоносителя, которую необходимо регулировать. Это термосопротивление может быть установлено на входе контура отопления, как показано на рисунке, либо на выходе контура отопления, то есть перед врезкой трубопровода от теплообменника в обратный трубопровод. Второй канал регулирования СВТУ-10М при этом может быть использован для поддержания температуры горячей воды на выходе теплообменника.

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯТОРА, ВСТРОЕННОГО В СВТУ-10М(Модификации 5М1 и 5М2)

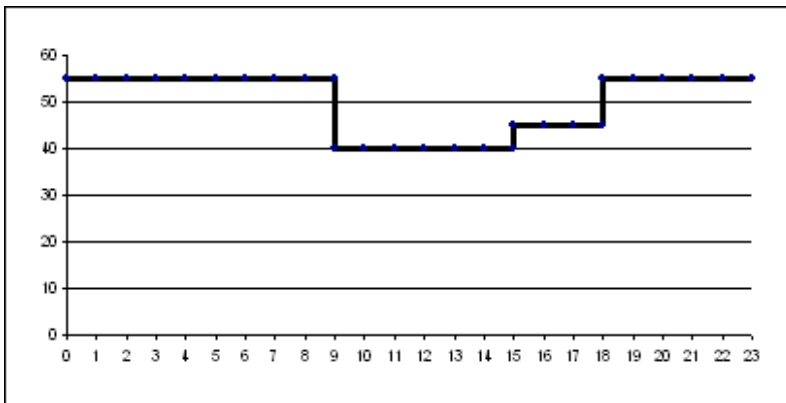
Регулирование в каждом из двух каналов регулирования может производиться по одному из следующих параметров:

- по одной температуре;
- до четырех термометров – режим «Отопление».

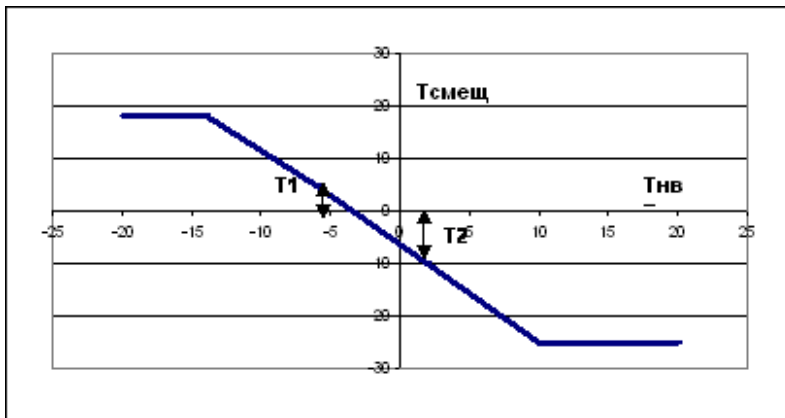
Во всех случаях регулирования в каждом канале регулирования имеется возможность включения/ выключения насоса либо по превышению порога по температуре или расходу, либо по времени.

Соответствующие алгоритмы изложены в п.п. 2 и 6 предыдущего раздела.

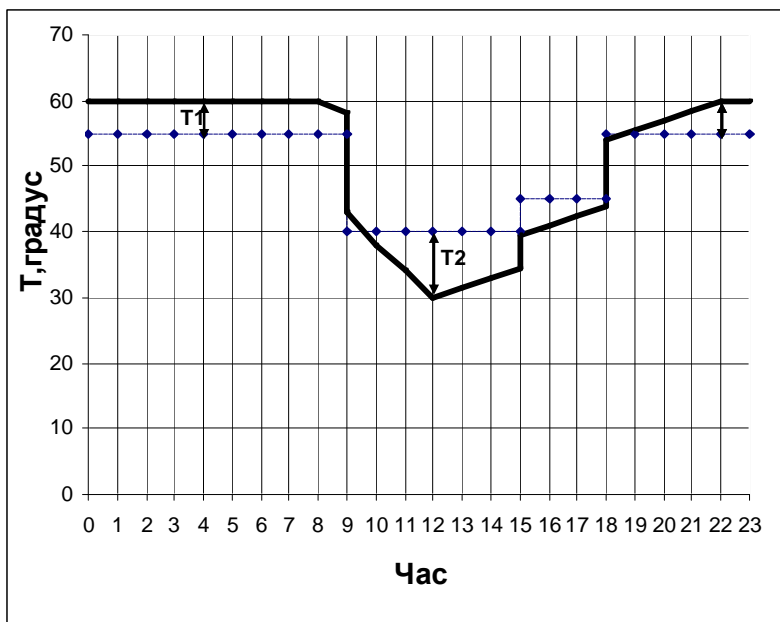
Дальнейшее ознакомление с темой следует продолжить, изучая материалы сайта www.teplotpunkt.ru, начиная со статьи http://www.teplotpunkt.ru/articles/0120_nem_reg.html.



2а



2б



2в

Рис 2

Приложение 1

Примеры применения регуляторов в системах горячего водо- и теплоснабжения

Приведены примеры схем включения одного канала встроенного в СВТУ10-М регулятора или одного канала двухканального регулятора РТ-10 в узлах приготовления теплоносителя систем ГВС и отопления. Схемы являются упрощенными и не содержат всех необходимых элементов.

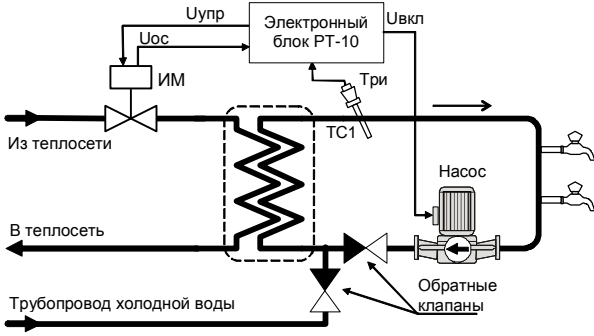


Рис.1 Регулирование температуры в контуре ГВС и управление циркуляционным насосом (конфигурация 1)

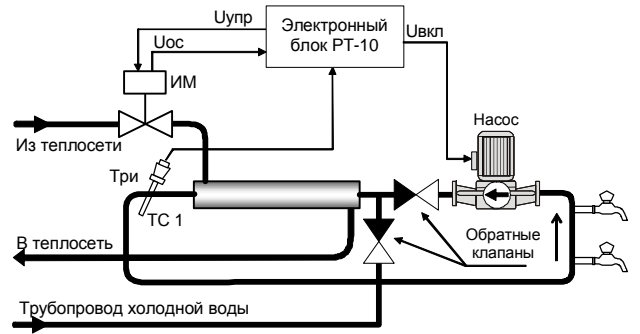


Рис.2 Регулирование температуры в контуре ГВС и управление циркуляционным насосом (конфигурация 1).

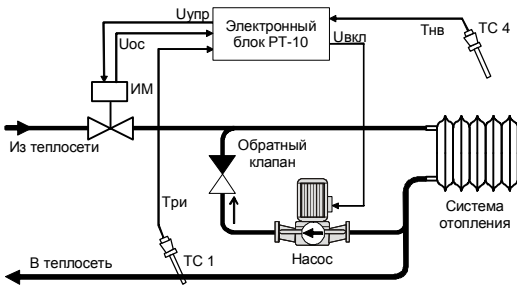


Рис.3 Регулирование температуры на выходе контура отопления с коррекцией по Тнв и управление циркуляционным насосом (конфигурация 2) .

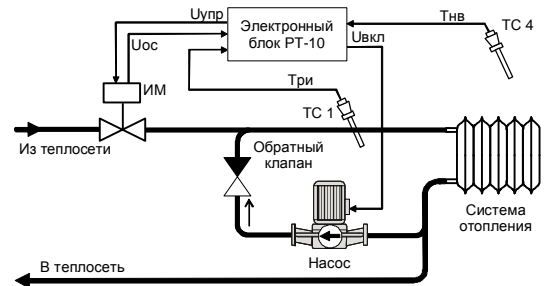


Рис.4 Регулирование температуры на входе контура отопления с коррекцией по Тнв и управление циркуляционным насосом (конфигурация 2).

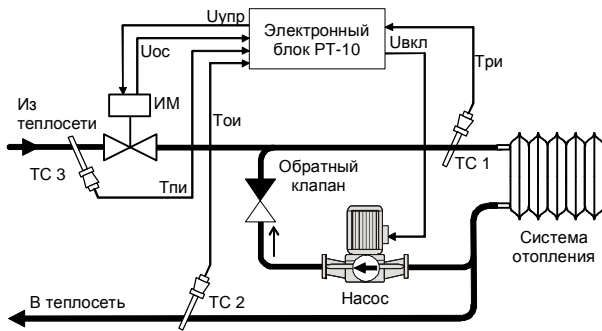


Рис.5 Регулирование температуры на входе контура отопления с ограничением температуры "обратки" и управление циркуляционным насосом (конфигурация 3) .

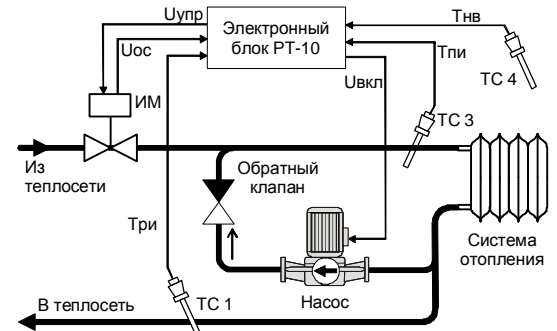


Рис.6 Регулирование температуры на выходе контура отопления с коррекцией по Тнв и управление циркуляционным насосом по температуре Тпи (конфигурация 5) .

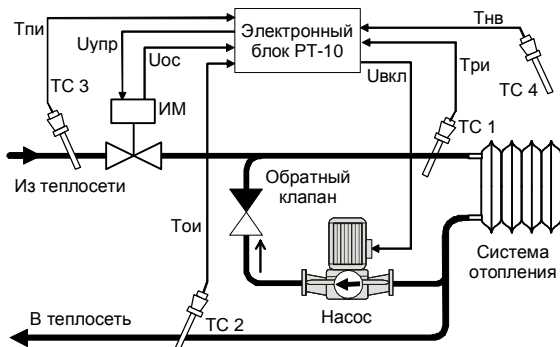


Рис.7 Регулирование температуры на входе контура отопления с коррекцией по Тнв и ограничением температуры "обратки" и управление насосом (конф. 4).

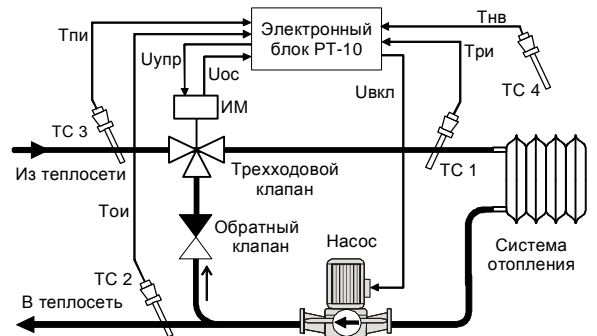


Рис.8 Регулирование температуры на входе контура отопления с коррекцией по Тнв и ограничением температуры "обратки" и управление насосом (конф. 4).

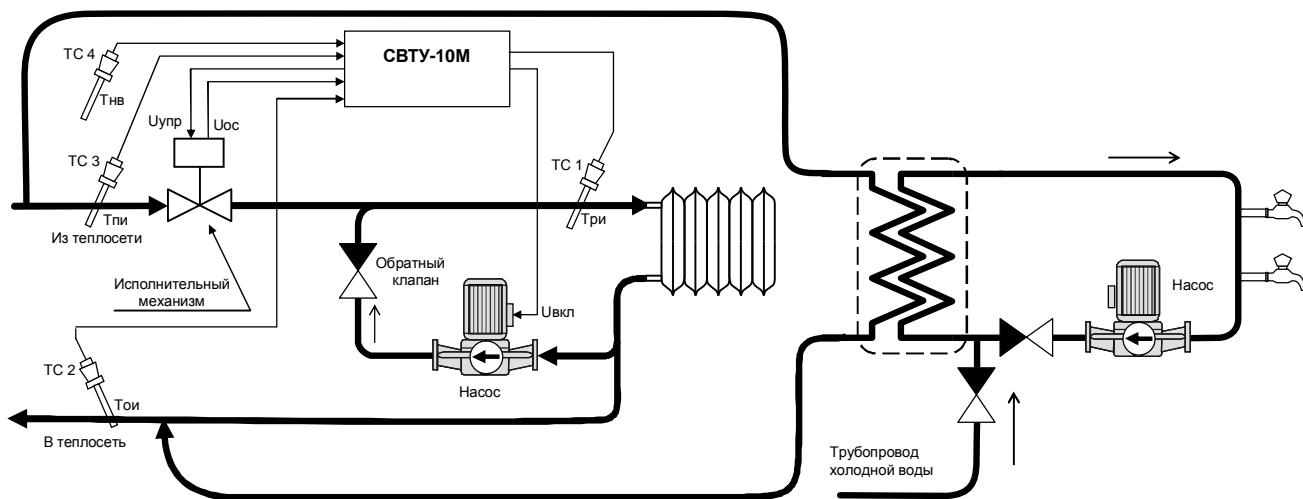


Рис. 9. Пример организации канала регулирования температуры отопления с использованием одноканального теплосчетчика CBTY-10M в схеме с теплообменником.