

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРИНЦИПОВ САР ТЕМПЕРАТУРЫ И РАСХОДА В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В современных условиях финансового кризиса для многих отраслей народного хозяйства вновь стали актуальными задачи оптимизации потребления энергоресурсов и внедрения энергосберегающих технологий. Для этого требуется подготовка специалистов, способных наиболее эффективно использовать энергетические ресурсы и находить пути экономии потребления энергоносителей. С целью изучения теплоэнергетических процессов, происходящих в системах водяного отопления, была создана экспериментальная лабораторная установка, представляющая упрощенную модель системы отопления, и предназначенная для демонстрации принципов энергосбережения в системах теплоснабжения зданий. Установка используется в качестве учебного лабораторного стенда по дисциплинам «Энергосбережение и энергоаудит» и «Автоматизация технологических процессов и производств» при подготовке студентов различных специальностей. В процессе выполнения лабораторных работ студенты получают навыки работы с тепловычислителями, теплорегуляторами и адаптерами, знакомятся с основами учёта и регулирования теплопотребления, а также автоматизацией тепловых пунктов.

При разработке установки была поставлена задача осуществления регулирования параметров теплоносителя с использованием современного теплоконтроллера, который должен вести учёт и регулирование тепловой энергии на действующей модели системы отопления.

Определение регулируемых параметров системы теплоснабжения основывается на совместном решении уравнений теплового баланса и теплопередачи теплопотребляющих приборов (радиаторы, калориферы, водонагреватели и т. д.). В установившемся режиме количество теплоты Q [Вт], поступающей в прибор за время его работы n , равно количеству теплоты, отдаваемой прибором нагреваемой среде:

$$Q = W_{II} (\tau_1 - \tau_2) n = kF \Delta t n, \quad (1)$$

где W_{II} – эквивалент расхода первичной (греющей) среды, кг/с; τ_1 и τ_2 – температуры первичной (греющей) среды на входе в нагревательный прибор и на выходе из него, К или °С; k – коэффициент теплопередачи нагревательных приборов, Вт/(м²К); Δt – средняя разность температур между греющей и нагреваемой средой, К или °С; F – поверхность теплообмена прибора, м².

Средняя разность температур может быть представлена в первом приближении как разность между среднеарифметическими температурами греющей и нагреваемой среды:

$$\Delta t = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} - \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} - t_{CP}, \quad (2)$$

где t_{CP} – средняя температура нагреваемой среды; t_2 , t_1 – температуры вторичной (нагреваемой) среды на входе в нагревательный прибор и на выходе из него.

Как следует из (1), (2) количество теплоты и температура первичной среды на выходе из нагревательного прибора определяется как

$$\tau_2 = \tau_1 - \frac{Q}{nW_{II}}; Q = k \cdot F \left(\frac{\tau_1 + \tau_2}{2} - t_{CP} \right) n. \quad (3)$$

Из совместного решения (1-3) можно определить нагрузку тепловой сети:

$$Q = \frac{(\tau_1 - t_{CP})n}{\frac{1}{kF} + \frac{0,5}{W_{II}}}. \quad (4)$$

Как видно из данного выражения, тепловая нагрузка принципиально может регулироваться за счет изменения пяти параметров: коэффициента теплопередачи нагревательных приборов k , площади включенной поверхности нагрева F , температуры греющего теплоносителя на входе в прибор τ_1 , эквивалента расхода греющего теплоносителя W_{II} , времени работы прибора n .

Для регулирования из перечисленных параметров практически в экспериментальной установке можно использовать только τ_1 и W_{II} , поскольку возможный диапазон изменения τ_1 и W_{II} в реальных условиях, как правило, ограничен.

При разнородной тепловой нагрузке нижним пределом τ_1 является обычно температура, требуемая для горячего водоснабжения (обычно 60 °С). Верхний предел τ_1 определяется допустимым давлением в подающей линии

тепловой сети из условия не вскипания воды. Верхний предел $W_{\text{п}}$ определяется располагаемым напором на ГТП (тепловых пунктах при групповом регулировании) или МТП (тепловых пунктах при местном регулировании) и гидравлическим сопротивлением абонентских установок. Что же касается параметров k , F и n , то ими можно пользоваться для изменения расхода теплоты, как правило, только при местном регулировании.

Как правило, при эксплуатации зданий и сооружений задача регулирования состоит в поддержании расчетной внутренней температуры $t_{\text{в.р}}$ в отапливаемых помещениях.

При преобладании отопительной нагрузки центральное регулирование отпуска теплоты целесообразно осуществлять по эквивалентной наружной температуре. Под эквивалентной наружной температурой $t_{\text{нэ}}$, понимается наружная температура, при которой теплопотери зданий от теплопередачи через наружные ограждения равны фактическим теплопотерям этих зданий с учетом инфильтрации холодного воздуха и солнечной радиации.

Эквивалентная наружная температура:

$$t_{\text{нэ}} = t_{\text{н}} - \Delta t_{\text{ин}} + \Delta t_{\text{с.р}}, \quad (5)$$

где $t_{\text{ин}}$ – перепад температур, учитывающий эффект инфильтрации, °С,

$$\Delta t_{\text{ин}} = m(t_{\text{в.р}} - t_{\text{н}}), \quad (6)$$

m – коэффициент инфильтрации; $\Delta t_{\text{с.р}}$ – перепад температур, учитывающий эффект солнечной радиации, °С,

$$\Delta t_{\text{с.р}} = a q_{\text{с.р}} / \alpha_{\text{н}}, \quad (7)$$

a – коэффициент поглощения солнечных лучей наружной поверхностью ограждающих конструкций; $q_{\text{с.р}}$ – удельная интенсивность солнечной радиации на данную поверхность, Вт/м² или ккал/(м²·ч); $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи от наружного воздуха к поверхности наружных ограждений, Вт/(м²·К) или ккал/(м²·ч·°С).

Рассматриваемую систему автоматизированного управления экспериментальной установкой в динамическом отношении можно представить как систему автоматического регулирования температуры и расхода. Задача системы заключается в регулировании температуры и расхода теплоносителя посредством универсального регулятора, получающего информацию от датчика температуры наружного воздуха, датчиков температуры теплоносителя в

прямом и обратном трубопроводе, датчика расхода, и тепловычислителя, управляющего регулирующим системы отопления.

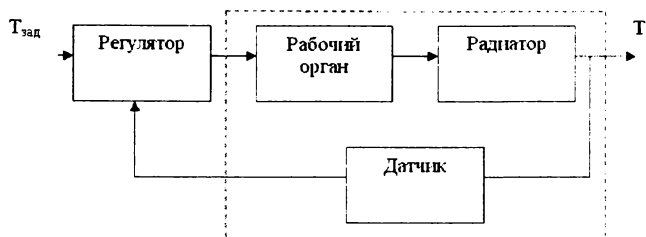


Рис. 1. Схема системы автоматического регулирования

Как видно из рисунка 1 сигнал обратной связи приходит от датчика температуры и расхода, а сигнал задания вводится в универсальный регулятор. По полученному после сравнения двух значений температур рассогласованию универсальный регулятор формирует управляющее воздействие и отправляет его на рабочий орган (регулирующий клапан с электроприводом). Структурная схема САУ температуры и расхода выглядит, как показано на рисунке 2.

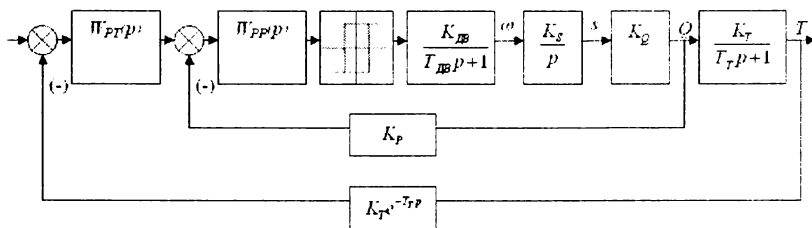


Рис. 2. Структурная схема САУ температуры и расхода

Была рассмотрена двухконтурная схема с ПИ регулятором температуры, которая показала наилучшие показатели по времени по сравнению с одноконтурной системой. Структурная схема САУ температуры и расхода экспериментальной установки показана на рисунке 3.

Созданная тепловая модель позволяет для заданных условий окружающей среды при заданном графике регулирования температуры теплоносителя определить требуемую тепловую мощность на отопление,

производить реализацию ночного режима отопления. В процессе работы системы производится формирование электронного архива данных.

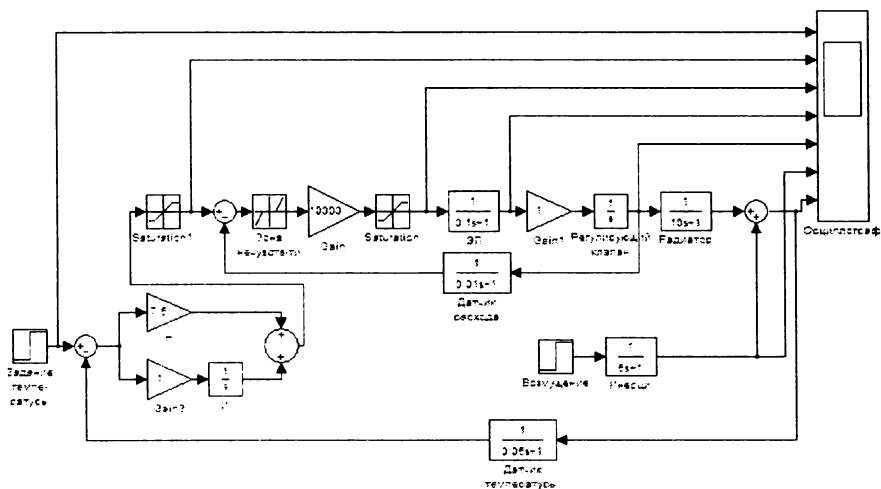


Рис. 3. Структурная схема САП температуры и расхода экспериментальной установки

Разработанный стенд оборудован вводом и выводом водяного теплоносителя на базе энергосберегающего электродного котла «ГАЛАН» с циркуляционным насосом, имитирующих оборудование теплоставщика. На стенде применяются датчики температуры прямой и обратной воды КТПТР-01 100П, преобразователь расхода вихревой электромагнитный ВПС, запорно-регулирующий клапан *Clorius Controls A/S* (ЗКР), расширительный бак и радиатор. Параметры теплоносителя: $T=60-55\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Панель стенда представляет собой узел учета тепловой энергии, на котором расположена мнемосхема стенда с выводами для подключения контроллеров и адаптеров, расположенных на стенде. Регулирование температуры воды в системе отопления производится в зависимости от температуры наружного воздуха и температуры горячей воды. Производится контроль следующих параметров: расход теплоносителя из внешней сети, температура воды в системе отопления, температура воды из системы

отопления, потребление тепла из внешней сети и температура наружного воздуха.

К лабораторному стенду предусмотрена возможность подключения следующих модулей: тепловычислители СПТ 961М фирмы «Логика» и ИМ2300 фирмы ОКБ «Маяк» для осуществления учета потребляемой тепловой энергии, а также микропроцессорный контроллер ТРМ 32 фирмы «Овен», предназначенный для контроля и регулирования температуры на действующем стенде. Принципиальная схема показана на рисунке 5.

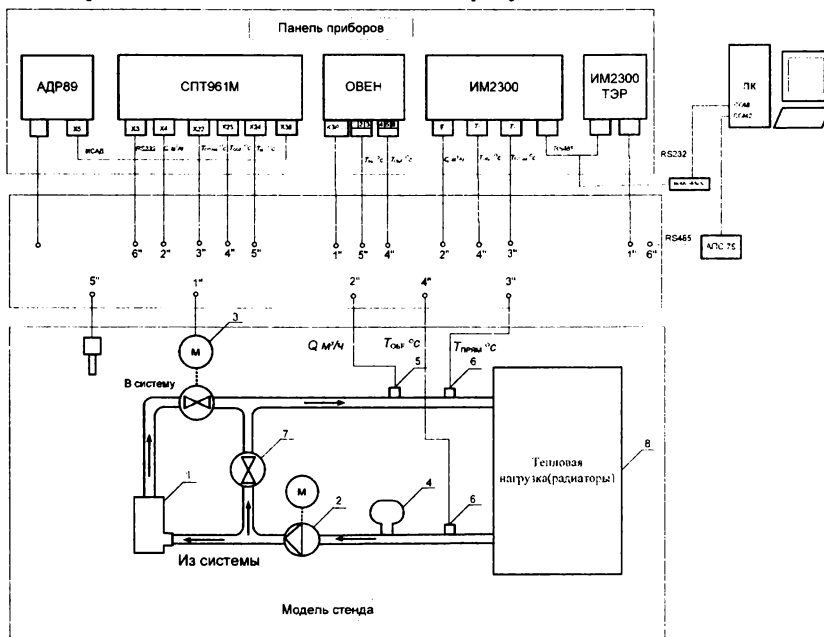


Рис. 5. Принципиальная схема подключения стенда:

- 1 – электрический водонагреватель; 2 – сетевой насос; 3 – регулирующий клапан с электроприводом *Clorius VB*; 4 – расширительный бак; 5 – датчик расхода воды ВПС ЧИ2-25; 6 – датчик температуры теплоносителя КТПТР-06; 7 – обратный клапан; 8 – тепловая нагрузка (радиатор)

В состав тепловычислителя СПТ 961М входит адаптер АДР 89, предназначенный для управления исполнительным механизмом (ЗКР) в системе регулирования теплоснабжения. Конфигурирование прибора производится с клавиатуры, расположенной на панели прибора, а также с помощью программы

Database, предназначенной для настройки прибора на конкретные условия применения путем записи определенных значений настроечных параметров.

Прибор поддерживает обмен данными с локальным компьютером или принтером при его подключении по стандарту *RS232C* на скорости до 9600 бит/с. В состав прибора входит адаптер АПС-79, позволяющий осуществлять передачу данных по интерфейсу *RS485* и производить опрос тепловычислителя СПТ 961М на расстоянии до 1,2 км.

Обмен данными с удаленным компьютером по коммутируемым и некоммутируемым линиям связи, а также по радиоканалу, осуществляется с помощью программы «Пролог» (ООО «Логика», г. С.-Петербург).

Для сравнения принципов работы тепловычислителей на стенде был дополнительно установлен многофункциональный вторичный прибор ИМ2300, предназначенный для вычисления и регистрации параметров теплоэнергетических величин, имеющий возможность регулирования расхода теплоносителя с помощью теплоэнергорегулятора ИМ2300 ТЭР.

Изучение работы стенда позволяет понять основные принципы работы тепловычислителя, настройки локального регулятора для работы в соответствии с требуемым отопительным графиком и внедрить подобные системы на типовом объекте ГВС и теплоснабжения. Внедрение лабораторного практикума и демонстрационного оборудования стимулирует общественное сознание и создает предпосылки для более широкого распространения энергосберегающих технологий студентами, прошедшими ознакомление с технологиями сбережения тепловой энергии.

Библиографический список

1. *Энергоэффективность. Опыт. Проблемы. Решения. Научно-технический журнал. Выпуск 3. 2004.*
2. *Методика проведения энергетических обследований (энергоаудита) бюджетных учреждений / Авторы-разработчики: Г. Я. Вагин, Л. В. Дудникова, Е. А. Зенютич, А. Б. Лоскутов, А. А. Севостьянов, С. К. Сергеев, С. Ф. Сергеев, Е. Б. Солнцев, Е. Н. Соснина; под ред. С. К. Сергеева; НГТУ, НИЦЭ – Н. Новгород, 2003. – 296 с.*
3. *Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Энергоиздат, 1982.*