

# Практика применения термостатов РТД в однотрубных системах отопления домов московского строительства по проектам массовых серий

## Анализ и основные положения

С.И.Прижижецкий, М.М.Грудзинский (МНИИТЭП), П.М. Зелиско (ОАО «Сантехпром»), В.Л.Грановский (ЗАО «Данфосс»)

Использование индивидуального автоматического регулирования теплоотдачи отопительных приборов путем применения термостатов является частью комплексной программы «Энергосбережение», направленной на сокращение энергозатрат в зданиях массового и индивидуального строительства.

Экономическая эффективность от применения индивидуального автоматического регулирования подтверждена отечественным и мировым опытом и составляет, в зависимости от условий эксплуатации здания, от 15 до 25%, а срок окупаемости в пределах 1,5-4 лет.

Опыт эксплуатации термостатов нашел отражение в СНиП «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» и Московских городских строительных нормах МГСН.3.01-96 «Энергосбережение в зданиях», регламентирующих установку термостатов на каждом отопительном приборе.

В Москве опыт использования термостатов в строительстве базируется на проведении большого объема научно-исследовательских, проектно-конструкторских работ, экспериментального строительства и производства в период с 1993 по 1997гг.

В частности, в 1994 г. выполнены проектные работы (МНИИТЭП, МОСПРОЕКТ-1) и строительство экспериментального объекта - типового жилого дома серии П-55 с однотрубной системой отопления, оснащенной конвекторами «Универсал» и термостатами РТД. Последние были изготовлены на организованном в 1993 г. российском (московском) специализированном предприятии по крупно-

серийному производству термостатов, сертифицированных по европейскому стандарту качества (EN215) и в российской системе (ГОСТ-Р).

Весь необходимый комплекс исследований на экспериментальном объекте был выполнен МНИИТЭП, Московским агентством по энергосбережению и ЗАО «Данфосс» в отопительных сезонах 1994-1996 гг. При этом в сезоне 1995-1996 гг. отсутствовало постоянное наблюдение и вмешательство специалистов в работу оборудования. Сохранялся только теплоучет и автоматическая регистрация данных. Результаты испытаний указанной системы отопления в первый отопительный период (2126 ч) показали, что суммарный экономический эффект от использования термостатов составил 15%. Аналогичные результаты получены Агентством по энергосбережению в следующем отопительном сезоне с продолжительностью испытаний 4531 ч.

Эффективность работы систем отопления с термостатами лучше всего выявляется в периоды перетопов и недотопов, когда температура воды, поступающей в систему, заметно отклоняется от расчетного графика. При этом влияние работы терморегуляторов отражается через изменение параметра (AF), выражающего теплоотдачу системы отопления при  $\Delta t_m = 1^\circ\text{C}$  и численно характеризующего изменение суммарной эквивалентной поверхности теплоотдачи системы отопления в результате работы термостатов.

В частности, проведен анализ работы системы в период, когда практически в течение суток (7.12.94 г. с 0 до

22 ч) имело место значительное занижение температуры воды, поступающей в систему ( $\approx 54^\circ\text{C}$  вместо  $\approx 64^\circ\text{C}$ ).

В результате работы термостатов в этот период, теплоотдача системы отопления (AF) выросла на 23%. Уже к концу этого периода теплоотдача системы соответствовала требуемой, хотя и при несколько сниженной температуре воздуха (с  $21^\circ\text{C}$ , на которую рассчитан график, до  $\approx 20^\circ\text{C}$ ), что обусловлено предыдущим дефицитом тепла. При этом суточный дефицит тепла сократился на 26%.

В последующем, по мере компенсации предыдущего недотопа, термостаты постепенно прикрывали клапаны и уменьшали теплоотдачу приборов. Это привело к норме суммарный расход тепла за рассматриваемый период. Таким образом, работа термостатов оказалась достаточно эффективной.

Проведенные испытания показали, что при занижении температуры поступающей воды происходило увеличение теплоотдающей способности системы отопления, частично возмещающее недотоп, а при завышении - уменьшение, предотвращающее перетоп. Но в последнем случае предотвращение перетопа оказывается более эффективным. Поэтому поддержание необходимого графика температур поступающей воды способствует повышению эффективности индивидуального регулирования. Последнее показывает актуальность использования автоматизированных узлов ввода теплоносителя в здание (ИТП или АУУ).

В исследуемом здании за весь пе-

риод испытаний и по настоящее время не было ни одного отказа в работе термостатов РТД и (или) жалоб жильцов на недотоп или перетоп помещения. Последнее подтверждает возможность с помощью термостатов автоматически осуществлять перераспределение тепла в системе в соответствии с нормируемой температурой, индивидуальными потребностями и внешними влияниями.

Экспериментальные исследования, проведенные в Дегунино в течение 4-х отопительных сезонов, позволили накопить необходимый объем информации для научно-исследовательских работ с целью выявления эффективности систем отопления с индивидуальным регулированием, разработки рекомендаций по их расчету и разработки программного обеспечения для расчета систем отопления с термостатом для многоквартирных (до 25 этажей) зданий массового строительства.

Проектирование и расчеты на основе указанного программного обеспечения гарантируют устойчивое и надежное функционирование систем отопления в зимний и переходный периоды как в традиционных системах с элеваторным присоединением, так и в современных системах с узлом смещения на базе циркуляционного насоса. Устойчивость работы систем отопления, что особенно актуально, обеспечивается без применения дополнительного регулирующего оборудования на стояках (например, регуляторов расхода).

Следующим шагом в проведении данного комплекса работ явилась научно-исследовательская работа научного подразделения МНИИТЭП по анализу потребительских свойств термостатов различных фирм, поставляющих термостаты на российский рынок.

К рассмотрению были приняты данные, указанные в каталогах фирм-производителей и результаты испытаний, проведенных на единственном в Москве и в России экспериментальном стенде, специально предназначенном для испытаний термостатов.

Наиболее существенными характеристиками при оценке эффективности работы термостатов являются пропускная способность клапана ( $K_v$ ) и гистерезис.

Пропускная способность клапана в одноконтурных системах отопления влияет на величину поверхности на-

грева отопительных приборов, а в двухконтурных системах обеспечивает необходимый расход воды через отопительный прибор.

Гистерезис влияет на максимальную температуру воздуха в помещении, которая вычисляется как сумма температур, заданной на головке термостата, величины зоны пропорциональности ( $X_p$ ) и величины гистерезиса. Таким образом, гистерезис непосредственно влияет на экономическую эффективность регулирования.

Влияние гистерезиса на работу термостата делает некорректным проведение испытаний, при которых степень открытия клапана задается геометрически только по величине перемещения штока клапана. Методика испытаний этих характеристик и конструкция стенда для проведения испытаний регламентируется международным стандартом CEN 215.

Согласно методике, на  $K_v$ -стенде производятся замеры изменения расхода воды через клапан в зависимости от изменения температуры среды, окружающей термостатическую головку. Динамика изменения данной температуры регламентируется нормами и обеспечивается автоматически  $K_v$ -стендом.

Характер получаемых зависимостей представлен на рис. 1. Кривая 1

кривой 1 с осью абсцисс.

Номинальный расход ( $G_2$ ) и расчетные значения  $K_{v2}$  определяются по кривой 1 при  $t_{G2} = (t_A - 2) ^\circ C$ . Величина сдвига на  $2 ^\circ C$  (зона пропорциональности  $X_p = 2 ^\circ C$ ) является общепринятой, т.к. отвечает техническим и гигиенически приемлемым требованиям. Кроме того, определяется расход воды при  $t_{G1} = (t_A - 1) ^\circ C$ , по которому также оценивается характеристика клапана.

Разница температур при одном и том же расходе воды (отрезок 5-6) численно характеризует гистерезис термостатического вентиля.

Кроме параметров  $K_v$  и гистерезиса оцениваются величины температурных сдвигов в начальных и конечных фазах процесса регулирования ( $t_{A1} - t_A$ ) и ( $t_{A2} - t_{A3}$ ), а также при изменении статического давления (отрезок 6-7).

Величины сдвигов по регулированию характеризуют ошибку в определении зоны пропорциональности с помощью касательной к кривой 1 или 2. В этом случае уточненная зона пропорциональности может быть оценена по формуле:

$$X'_p = X_p + (t_{A3} - t_A) + (t_{A1} - t_A)$$

Величина сдвига при изменении

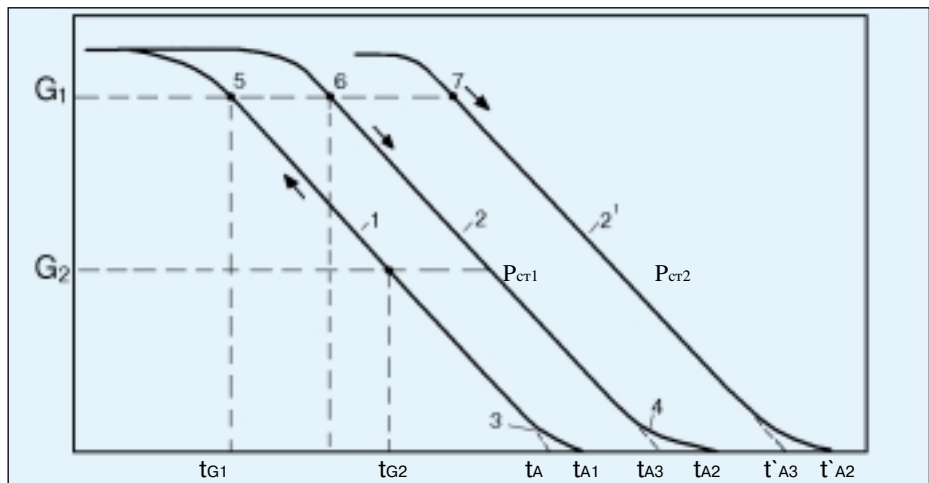


Рис.1 Регулировочные характеристики термостатов  
1 - кривая открытия; 2 - кривая закрытия при  $P_{ст1}$ ; 2' - то же при  $P_{ст2}$ ; 3,4 - касательные к соответствующим кривым; отрезок 5-6 - величина гистерезиса; отрезок 6-7 - сдвиг характеристики по давлению

отражает функцию открытия клапана  $G = f(t)$  при снижении температуры от  $t_{A1}$  до  $t_{G2}$  (при  $X_p = 2 ^\circ C$ ), кривая 2 - функция закрытия клапана при повышении температур до  $t_{A1}$ . Реперной температурой служит  $t_A$ , находящаяся в точке пересечения касательной к

статического давления характеризует стабильность поддержания регулировочных характеристик при различных режимах работы системы отопления.

По результатам испытаний термостатов некоторых фирм на  $K_v$  - стенде, выполненных авторами, к даль-

нейшему использованию были приняты термостаты РТД как наиболее предпочтительные для использования в однотрубных системах отопления.

При этом учитывался и такой важный аспект конструкции термостата, как среда заполнения чувствительного элемента термостата. Кроме влияния физических свойств среды на эффективность работы термостатов, среда определяет и конструкцию чувствительного элемента. Различными фирмами предлагаются к использованию термостаты с пароконденсатным, жидким и твердотельным заполнением чувствительного элемента.

Как правило, пароконденсатная смесь заполняется в сильфоны. Имеются результаты испытаний на долговечность сильфона, используемого в термостате РТД. Сильфон прошел 2000000 циклов сжатия - растяжения (вместо требуемого 1000000 циклов по СЕН 215), что соответствует ориентировочно 500 годам эксплуатации термостата на объекте без изменения характеристик прочности и пластичности. Эти результаты подтверждают-ся имеющимися в России более чем 30-летним положительным опытом эксплуатации термостатов на зданиях гостиницы «Россия», Гохрана, телецентра «Останкино» и др. Жидкость или твердотельный состав (парафин) заполняется, как правило, в цилиндр с поршнем и сальником.

Для термостата с пароконденсатным заполнением характерна малая величина «постоянной времени» (6-10 минут), что способствует более полной, по сравнению с жидкостным и твердотельным заполнением, утилизации избытков тепла. Эта величина характеризует скорость реакции чувствительного элемента на изменение температуры воздуха в помещении.

Такие физические свойства среды заполнения, как степень сжатия не влияют на работоспособность термостата, в частности, при «бросках» давления в системе отопления, поскольку давление в системе воздействует на клапан с обеих его сторон, т.е. клапан практически «разгружен» по давлению теплоносителя и реагирует только на воздействие чувствительного элемента.

На базе результатов указанных выше работ была разработана опытно-конструкторская документация на узлы систем отопления, адаптированные к строительной технологии мос-

ковских ДСК и включающие конвектор «Универсал», термостат РТД, замыкающий участок и подводки. Выполнены типовые проекты однотрубных систем отопления с термостатами для жилых домов всех массовых серий МНИИТЭП и «Моспроект-1» и в первом полугодии 1997 г. началось строительство по указанной проектной документации с изготовлением и комплектной поставкой ОАО «Сантехпром» заказов для поточного строительства.

С целью повышения уровня заводской готовности узла отопительного прибора, снижения трудоемкости выполнения заказов для ДСК и, как результат, создания отопительного прибора нового поколения со встроенным термостатом ОАО «Сантехпром» совместно с МНИИТЭП и ЗАО «Данфосс» осуществил поиск новых компоновочных вариантов совмещения конвектора и термостата.

В качестве основных вариантов рассмотрены две компоновки:

- с установкой 3-ходовых термостатов;

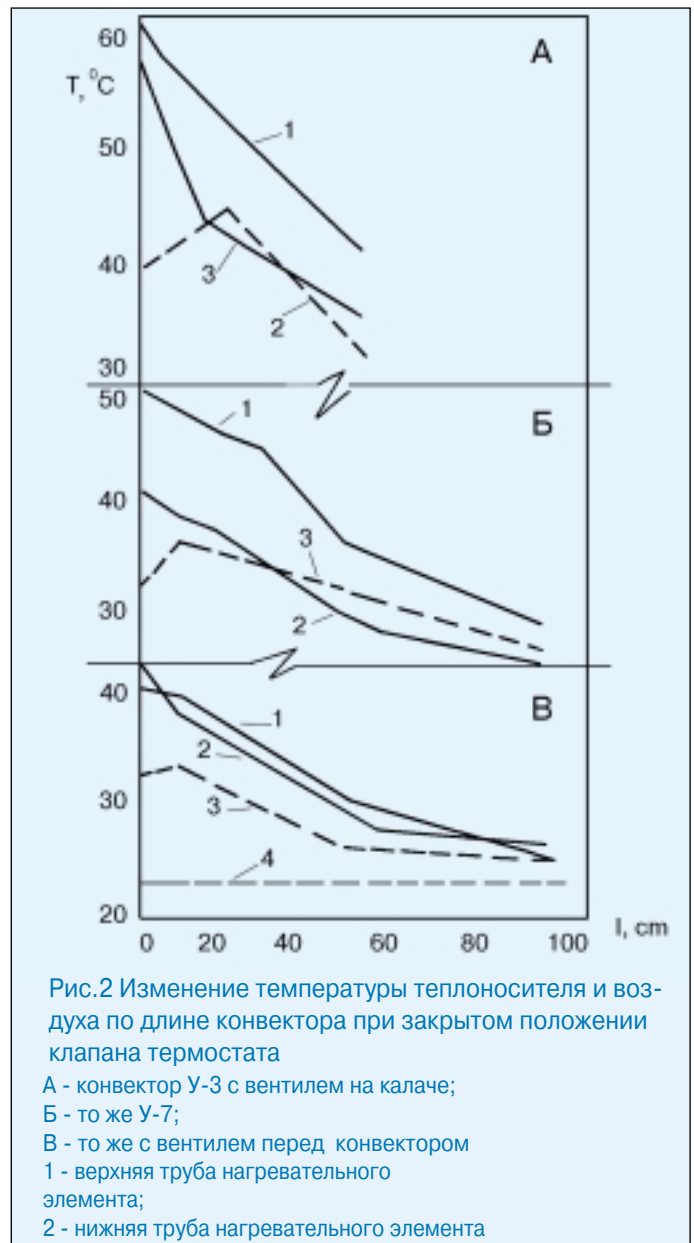
- со встроенным в конвектор угловым вентилям термостата.

Произведенная оценка возможности применения 3-ходовых кранов в системах отопления зданий различной этажности с учетом характеристик сопротивления этаже-стояка показала, что в условиях московского строительства для домов массовых серий 3-ходовые термостаты не могут служить базой для создания универсального блока отопительных приборов (конвектор-термостат), поскольку это требует полного отказа от элева-

торного присоединения для зданий выше 4-8 этажей, а при насосном присоединении позволит обеспечить устойчивую работу однотрубных систем отопления в зданиях не выше 13-16 этажей (в МНИИТЭПе имеются детальные результаты исследования по данному вопросу).

Далее рассмотрен вариант с угловым вентилям, встроенным в конвектор. По гидравлическим характеристикам данный вариант принципиально ничем не отличается от варианта с проходным термостатом. Конструктивные преимущества данного компоновочного решения заключаются в резком снижении номенклатуры приборов и в упрощении монтажа на строительном объекте.

Один из вопросов, который требует специальных исследований по данной компоновке - это оценка величи-



ны остаточной теплоотдачи. Данные исследования показали (см. рис. 2), что в конвекторе с угловым термостатом, установленным на калаче наблюдается значительная разница между температурами воды в верхней и нижней трубах по сравнению с конвектором с прямым термостатом, установленным перед конвектором. В результате величина остаточной теплоотдачи, отнесенная к теплотерям помещения, составляет 19%, а с термостатом перед конвектором - 4%.

Однако при учете теплоотдачи стояков общая по помещению величина остаточной теплоотдачи составляет соответственно 48,7% и 33,7%. Это различие не влияет на расход тепла, а вызывает лишь увеличение времени

отработки системы автоматики.

Из сказанного выше следует, что рассматриваемый компоновочный вариант приемлем для использования в системах отопления домов массовых серий.

Другим важным аспектом подготовки нового прибора к массовому производству является оценка коэффициентов затекания  $\alpha$  и сопротивления  $\zeta$  для принятой конструкции прибора.

Как правило, в проектах используются расчетные величины указанных коэффициентов, поскольку в реальных условиях, когда замыкающий участок вваривается в трубопроводы на объекте при монтаже системы отопления, качество монтажа не может

обеспечить стабильность коэффициентов затекания и сопротивления. Это нарушает расчетный режим работы системы отопления.

В процессе изготовления нового прибора ОАО «Сантехпром» освоил специальную технологию изготовления замыкающего участка, включенного в конструкцию конвектора, обеспечивающего стабильность и однозначность указанных характеристик.

Экспериментальная оценка данных параметров проведена на специальном стенде для принятых в проектах диаметров трубопроводов подводки и отверстия (см. рис. 3). В ходе эксперимента получены обобщенные зависимости  $\alpha = f(Kv)$  и  $\zeta = \Psi(Kv)$ , позволяющие получить значения величин  $\alpha$  и  $\zeta$  для любого отопительного прибора, оснащенного термостатом, запорным вентилем или другой арматурой по известным паспортным характеристикам каждого из устройств.

Результаты испытаний, представленные на рис. 3, свидетельствуют, что для нового конвектора «Универсал» с термостатом РТД ( $Kv_{общ} = 1,767$ ) коэффициенты затекания и сопротивления соответствуют принятым при проектировании систем отопления домов массовых серий и составляют соответственно  $\alpha=0,21$  и  $\zeta=5,33$ .

Базируясь на проведенном анализе и результатах испытаний, МНИИТЭП и НИИСантехники одобрили использование данного решения в строительстве, а ОАО «Сантехпром» приняло его к производству.

В процессе производства конвекторов «Универсал» с угловыми термостатами РТД и их поставки на строительные объекты МНИИТЭП, НИИСантехники и ОАО «Сантехпром» совместно выработали технические требования к угловому термостату с узлами присоединения к нагревательным элементам конвектора «Универсал» (рис. 3).

В соответствии с этими требованиями «Данфосс» подготовил соответствующую технологическую оснастку для изготовления термостатов и ритмичной их поставки в соответствии с заказом ОАО «Сантехпром».

**По всем вопросам обращаться:**  
**Тел. (095) 792-5757**  
**(многоканальный)**  
**Факс (095) 792-5759**  
**(095) 792-5760**

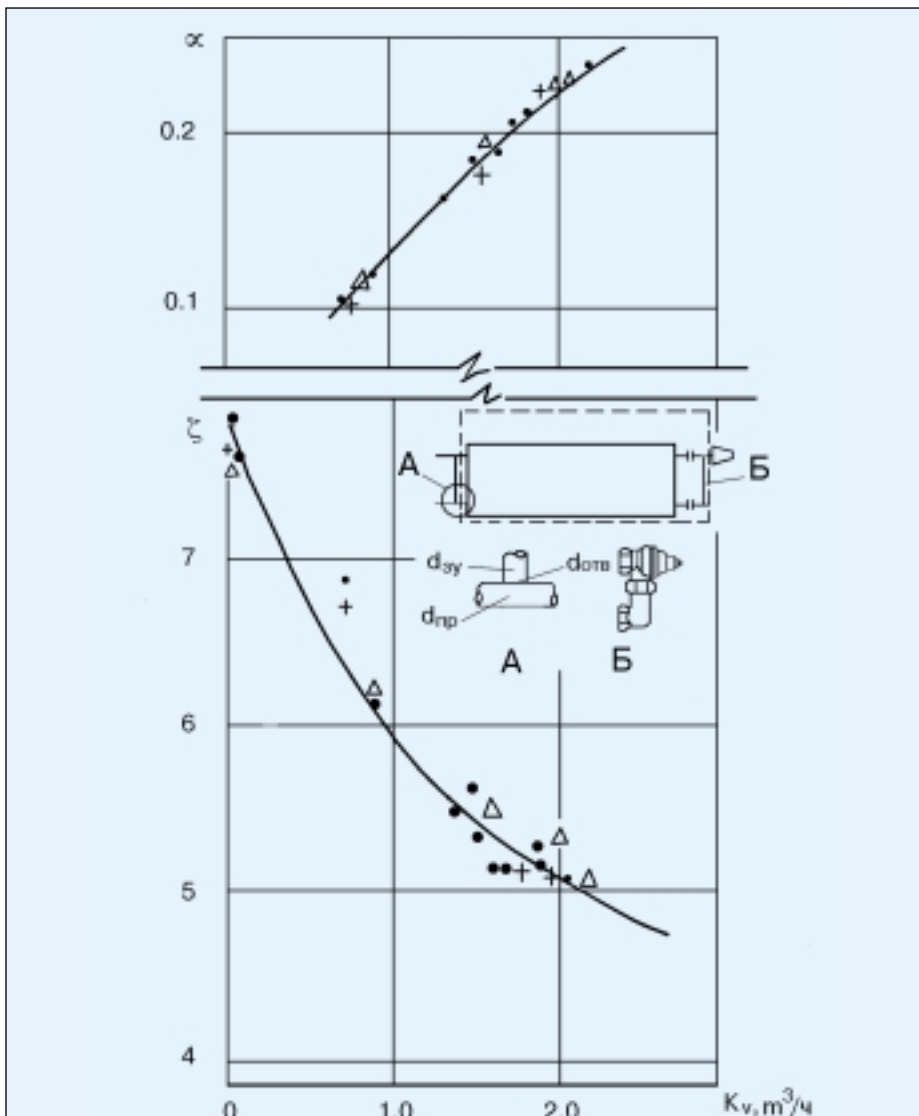


Рис.3 Зависимость коэффициентов затекания  $\alpha$  и сопротивления  $\zeta$  от общей пропускной способности конвектора с термостатом  $Kv_{общ}$   
 А - конструкция тройника замыкающего участка;  
 Б - вентиль термостата РТД;  
 $d_{3y}^{отл} = 15$  мм;  $d_{пр}^{отл} = 20$  мм;  $d_{отв} = 15$  мм.  
 + -  $G=400$  кг/ч • -  $G= 600$  кг/ч Δ -  $G= 700$  кг/ч