

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАБОТАТА НА СИСТЕМА ЗА АВТОМАТИЧНО РЕГУЛИРАНЕ НА ОТОПЛИТЕЛНА ИНСТАЛАЦИЯ В СГРАДА, СЛЕД ЕНЕРГИЙНО ОБНОВЯВАНЕ**

маг. инж. Радослав Асенов Асенов

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF INTERNAL HEATING SYSTEM CONTROLL IN A BUILDING, AFTER ENERGY RENOVATION**

mag. eng. Radoslav Asenov Asenov

*The following report presents the results of experimental study of the operation of a single-pipe internal heating installation in the building, renovated under National energy efficiency program in Bulgaria. The corrective settings of the automatic temperature control of the heat supply in the district heating substation have been determined experimentally.*

**Увод:**

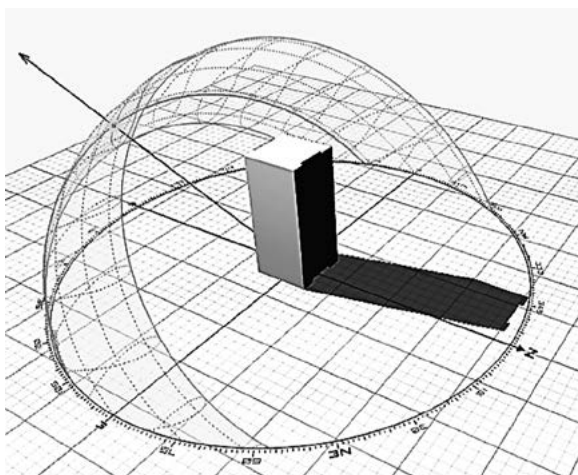
В настоящия доклад е представено експериментално изследване на работата на системата за автоматично регулиране на температурата към вътрешната отоплителна инсталация на жилищна сграда, след нейното обновяване, по „Националната програма за енергийна ефективност на многофамилни жилищни сгради“ приета с ПМС № 18/02.02.2015 г..

Основната цел на изследването е експериментално, да се определят какви са коригиращите настройки, които следва топлофикационното дружество, да въведе в системата за автоматично регулиране на топлоподаването в абонатната станция, за да се постигне желаните технико-икономически ефект от мерките за енергийна ефективност и да се постигне задоволяване на параметрите на комфорта в обитаваните помещения, съобразно новите топлофизични характеристики на ограждащите елементи на сградата. Това е необходимо особено за сгради, при които не са поставени термостатични регулиращи вентили на отоплителните тела, при които клиентите нямат изградена техническа възможност за индивидуално регулиране на топлоподаването към обитаваните помещения. Това са преобладаващо еднотръбни инсталации за отопление.

Обект на експерименталното изследване е отоплителната инсталация в жилищна сграда на адрес гр. София, жк. „Гоце Делчев“, р-н „Триадица“, бл. 231.

Отоплителната инсталация (ОИ) в изследваната сградата е едно-тръбна водна отоплителна инсталация с горно подаване и долно събиране с параметри на топлоносителя на подаваща вода 95 °С и връщаща вода 70 °С. В сградата до момента няма въведена система за дяво разпределение, не са монтирани термостатични радиаторни вентили или други устройства след абонатната станция за индивидуално регулиране на топлоподаването. В този случай за регулиране на топлоподаването в сградата се разчита изцяло на системата за автоматично регулиране, част от индиректната абонатната станция, състояща се от електронен регулатор RVD 235, регулиращ вентил, електрически изпълнителен механизъм сензор за външна температура и сензори за температура на подаване, и връщане от отоплителната инсталация. След модернизацията на топлофикационната система и подмяната на абонатната станция на сградата през 2005 г., е монтирана честотно управляема помпа за отопление WILLO Stratos 65/1-12, част от абонатната станция. Тази помпа е настроена, да работи с честотно регулиране и да поддържа постоянен напор от 6,5m. В конкретния случай, тъй като на отоплителните тела няма регулиращи вентили и характеристиката на системата не се променя съществено, дебита в отоплителната инсталация на изхода от абонатната станция остава относително постоянен. Регулирането на топлоподаването във вътрешната инсталация е изцяло качествено с промяна на температурата на топлоносителя постъпващ в нея. След изпълнението на мерките за енергийна ефективност и поставянето на външна топлоизолация и смяна на дограмата на сградата, тъй като не е променена площта на отоплителните тела, същите се явяват преоразмерени при проектния температурен режим. Ето защо е необходимо във всички сгради обновени по програма за енергийна ефективност, да се премине към температурен режим на вътрешната инсталация с по ниски температури на подаващ и връщащ топлоносител така, че топлинната мощност на съществуващите отоплителни тела, да се намали до стойности отговарящи на новите топлофизични характеристики на сградата. Това се състои в корекция на наклона на отоплителната крива в електронния регулатор, и промяна на условната температура в помещението, по които се изработва задание за температурата на топлоносителя към инсталацията за отопление, цел на изследването.

Една от характерните особености на конкретната сграда е нейното изложение на отделните фасади спрямо Слънцето, показано на Фигура 1.



Фиг. 1 Диаграма на позицията на слънцето и изложението на сградата генерирана от <http://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html>

На фигурата се вижда, че през зимния период една от фасадите на сградата не се огрява от Слънцето. В близост до сградата няма постройки, които да засенчват изследваната и не са изградени слънцезащитни системи на фасадата. Това е предпоставка за голяма неравномерност на температурите на въздуха в помещенията и по апартаменти.

В допълнение на горното, поради липса на изградена система за индивидуално регулиране на топлоподаването, и неравномерност на дебита през отделните клонове на отоплителната инсталация, клиентите в южните апартаменти регулират температурата в помещенията, чрез отваряне на прозорците, за сметка на това температурата на подаване към вътрешната отоплителна инсталация се ограничава до задания с по-висока стойност, което води до преразход на топлинна енергия в сградата.

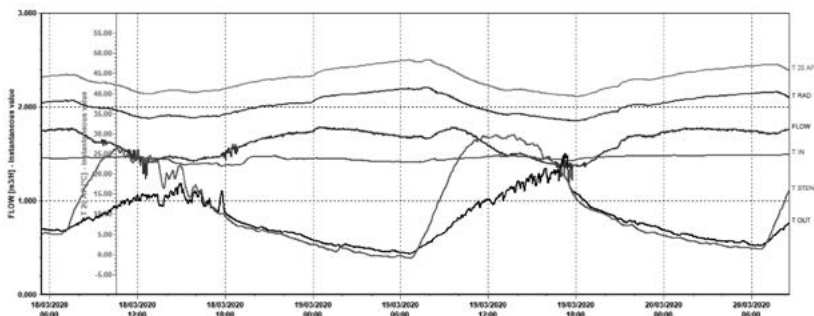
### Експериментална част:

По време на изследването е направен запис на изброените по-долу параметри за период от един отоплителен сезон (2019-2020) и е наблюдавана работата на системата за автоматично регулиране. Наблюдавана е и промяната на консумацията на енергия отчетена от топломера в абонатната станция. След анализ на събраните данни е коригирана настройката на регулатора така, че да бъде възможно достигането на проектни-

те температури на въздуха в помещенията. При експеримента е направен запис на следните параметри:

- Температура на въздуха в избрано помещение с ограничено обитаване и южно изложение. Измерва се с термосъпротивителен термометър Pt100, монтиран в средата на помещението.
- Температура на повърхността на южната фасада. Измерва се посредством термосъпротивителен сензор Pt100, монтиран на повърхността на изолацията.
- Температура на топлоносителя на входа на отоплителното тяло в избраното помещение. Измерена чрез термосъпротивителен сензор, монтиран на повърхността на тръбопровода от ВОИ.
- Температура на външния въздух. Измерва се посредством термосъпротивителен сензор Pt100, монтиран на западната фасада и екраниран от сградата.
- Ултразвуков разходомер производство на E+N, за измерване на обемния дебит през избран вертикален клон на ВОИ.
- Регистриращ прибор производство на E+N, за запис на сигналите от гореизброените прибори.

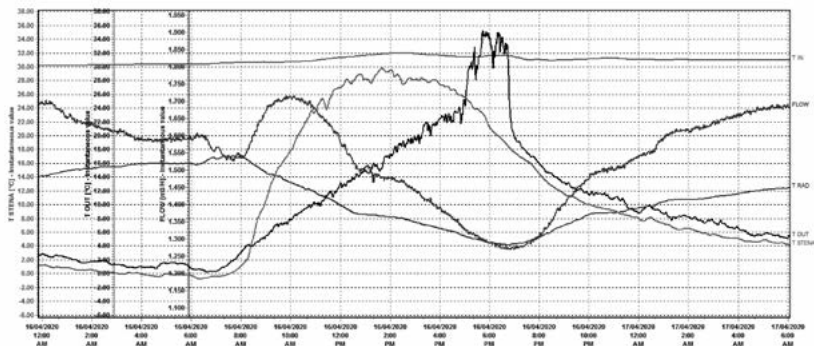
Изследвана е работата на вътрешната инсталация с различно задание на наклона на отоплителната крива и настроена условна вътрешна температура и е наблюдавана реакцията на системата при преходните процеси от промяна на външната температура, слънчевото греене, вятъра и други. На фигура 2 е представена избрана част от записа на изменението на тези параметри.



Фиг. 2 Запис от регистриращия прибор.

След разглеждане на данните от регистриращия прибор за периода на отоплителния сезон 2019-2020 е установена връзка, между дебита през избрания вертикален клон на отоплителната инсталация и изме-

нението на външната температура и температурата на водата във вътрешната отоплителна инсталация. Това изменение не е желано, защото принципа на регулиране на топлоподаването от контролера в абонатната станция е качествено регулиране с промяна единствено на подаващата температура към отоплителните тела. Наблюдаваният ефект е по скоро характерен за качествено-количествено регулиране, и се обяснява с разликата на гравитичните напори в отделните паралелни клонове, породе-но от разликата в температурите.



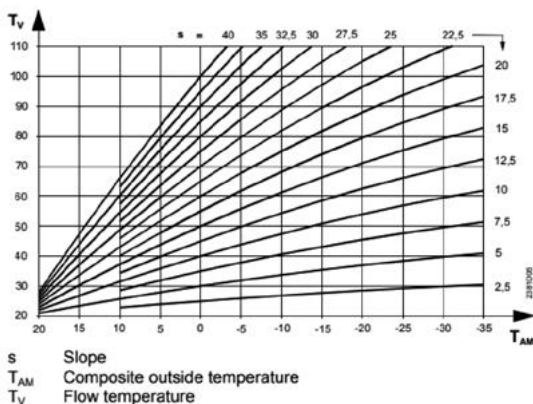
Фиг. 3 Ефект на изменение на дебита през верикален клон на отоплителна инсталация записан от регистриращия прибор (в син цвят).

От записаните данни през отоплителния сезон, след всяка нова настройка на регулатора е наблюдавано, дали в следващите няколко дни, при промяна на външната температура се наблюдават отклонения на температурата на въздуха в избраното помещение, и чрез допълнителни измервания се оценява средната температура на въздуха в помещението на сградата. От записа на преходните процеси при резки промени на външната температура се прави извод дали е необходима промяна на настройките на PID регулатора.

Установената при измерването температура на въздуха в помещението се сравнява с проектната температура, и при отклонение нагоре зададения в контролера наклон на кривата се намалява. По този начин експериментално е определено, че за конкретната инсталация, след енергийното обновяване на сградата температурния режим на вътрешната отоплителна инсталация следва да бъде коригиран от 95/70 °C (крива 20) на 60/40 °C (крива 12.5). Условна тавърешна температура има огромно влияние върху работата на регулатора и е установено, че трябва да бъде настоена на 21 °C. Посочените температурни графици са за външна изчислителна температура -15

°C. Следва да се обърне внимание, че за определяне на заданието, контролера в абонатната станция обработва сигнала по външна температура, през филтър с времеконстанта около 21 часа. По този начин се оптимизира използването на топлоакмулиращата способност на сградата. От съществено значение след изпълнение на мерките за енергийно обновяване е да се обърне внимание и на състоянието на сензора за външна температура, и мястото му на монтаж. След монтажа на топлинната изолация той задължително следва да бъде изместен над топлинната изолация.

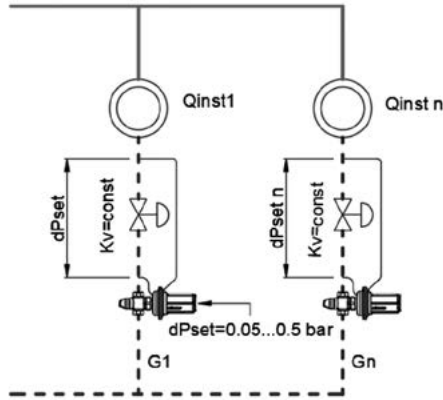
Следва да се направи уточнението, че намаляването на наклона на отоплителната крива в конкретния случай е съобразено с установените средните температури в апартаментите със Северно изложение.



Фиг. 3 Температурни режими за контролер RVD 235 по данни от производителя [6].

За да се постигне хидравлично балансиране на отоплителната инсталация и да се избегне преразпределението на дебита в клоновете на отоплителната инсталация, споменато по-горе, е възможно на нея да бъдат монтирани щранг-регулирущи вентили и диференциални регулатори на налягане. Свързването на тези вентили в схемата показана по долу, ще осигури възможност за прецизна настройка и регулиране на дебита на съответната проектна стойност, което ще даде възможност за хидравлично балансиране на системата и икономия на топлинна енергия.

При тази схема на свързване импулсните линии на регулатора на диференциално налягане, са свързани пред и след щранг-регулирущ вентил с настояваема пропускателна способност



Фиг. 4 Схема на свързване на регулатори за диференциално налягане, като регулатори на дебит.

При този начин на свързване се получава регулиране на дебита през вертикалния клон на отоплителната инсталация, на стойност зависеща от пада на налягане върху щрангрегулиращия вентил и настроената пропускателна способност.

Дебита може да се определи по следната зависимост:

$$(1) G_n = K_v \text{ set} \cdot \sqrt{\Delta p_{\text{set}}}$$

където:

$G_n$  – Изчислителна стойност на дебита през клоната на ВОИ,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$K_v$  – Пропускателна способност на щрангвентила,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$\Delta p_{\text{set}}$  – Настроена стойност на диференциалното налягане, bar.

Поставянето на тази вентили на всеки еди от вертикалните клонове дава възможност на оператора, да настрои и разпредели дебитите през отделните клонове на отоплителната система съобразно инсталираната мощност, и премахва ефекта от преразпределението и изменението на дебитите между клоновете, следствие разликите в гравитичните напори, което се наблюдава от записаните данни. Това ще се отрази в подобряване на качеството на предоставената услуга, като ще позволи постигането на допълнителна икономия на енергия в сградата.

## **Заклучение:**

След изпълнение на мерките за енергийна ефективност е необходимо, да се коригира настройката на регулатора на отоплителната инсталация в абонатната станция, за да се постигне комфорт и да не се нарушат параметрите на микроклимата в обитаваните помещения.

Това настройване следва да бъде съобразено с особеностите на конкретната отоплителна инсталация и конкретната сграда.

При изпълнение на проектите за енергийно обновяване и промяна на топлофизичните характеристики на ограждащите елементи на сградата е необходимо преизчисление на топлинната мощност на отоплителните тела или изчисление на новия температурен режим на вътрешната инсталация, особено за инсталации без индивидуално регулиране на топлоподаването.

## **Изводи:**

Подобряването на енергийната ефективност на жилищните сгради, не се изчерпва с монтажа на топлоизолационни системи. Съществува потенциал за увеличаване на икономическия ефект с реновиране и обследване на вътрешните инсталации и съвременни решения за тяхното интелигентно управление. Наблюденията показват, че независимо описаните ефекти, предписаните мерки за енергийна ефективност постигат своята цел и се наблюдава намаление на специфичния разход за отопление в сградта, също така се наблюдава съществено изменение на температурата на вътрешната стена, която има отношение към усещането за комфорт. Не на последно място са положителните ефекти от понижаване на температурата на връщащата вода от абонатната станция, преноса на по малко количество топлина до абонатната станция, изразено и с намаление на дебита през пртез нея и икономия на електрическа енергия за помпена циркулация в топлопреносната мрежа и други.

Подобряването на енергийната ефективност на жилищния фонд е една възможност за подобряване на стандарта на живот и излизане от състоянието на енергийна бедност на голяма част от населението и намаляване на зависимостта от цените на енергоизточниците.



### **Литературни източници:**

- [1] С. Стамов, Централни отоплителни инсталации, 324, (1989)
- [2] С. Стамов и колектив, Отопление, топло- и газоснабдяване Част 2, 584, (2001)
- [3] Ал. Кирий, А. Асенов, Измерване на топлинни, хидравлични и механични величини, 260, (2006)
- [4] Matthias Altendorf and collective, Flow Handbook Endress+Houser,456, (2004)
- [5] Danfoss, Differential pressure controller with flow limitation (PN 16) AVPB Data sheet
- [6] Siemens, District heating controller RVD235 installation instructions, 17, (2004)
- [7] Siemens, District Heating and Domestic Hot Water Controller, Basic Documentation, 130, (2004)

### **Автор:**

маг. инж. Радослав Асенов Асенов, +359882433106,  
radoslavasenovasenov@gmail.com