

АЛТЕРНАТИВЕН МЕТОД ЗА РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА ТОПЛИННА ЕНЕРГИЯ В МНОГОФАМИЛНИ ЖИЛИЩНИ СГРАДИ С ВЪТРЕШНИ ОТОПЛИТЕЛНИ ИНСТАЛАЦИИ ОТ 'ВЕРТИКАЛЕН' ТИП ЧРЕЗ РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧАТА ЗА ПОТОКОРАЗПРЕДЕЛЕНИЕ

Емануил Зъбов

HEAT ENERGY REPARTITION ALTERNATIVE METHOD IN HOUSHOLD BUILDINGS EQUIPED BY VERTICAL HEATING INSTALATIONS VIA FLOW DISTRIBUTION APPROACH

Emanuil Zabov

An alternative to the Methodology for share distribution of heat energy in buildings - condominiums, Annex to Article 61, paragraph 1 of the "Ordinance on heat supply" № E-RD-04-1 / 12.04.2020, analytical approach for heat distribution in multifamily residential buildings. The main advantages of its application are the achievement of high accuracy in determining the amounts of heat energy emitted by the radiators and the amount of energy dissipated by the so-called. building installation due to the use of objectively measurable physical quantities and analytical apparatus based entirely on the nature of the ongoing physical processes of heat transfer and flow distribution. Another benefit is that the method is invariant to the type, manufacturer and remote communication protocol of measurement devices, except its accuracy class.

1. Въведение

В началото на развитието на топлоснабдителните системи, използващи централно регулиране на отдаваната от топлоизточниците топлинна мощност за отопление и подготовка на битова гореща вода (БГВ) в условията на планова икономика, ниски цени на първичните енергоносители, респективно услугата, и възприемане на централизираното топлоснабдяване по-скоро като социална функция на държавата, отколкото като самостоятелно съществуваща стопанска дейност, разпределението на доставяната топлинна енергия между домакинствата се осъществяваше на база регистрирания отопляем обем на техните имоти.

С навлизането на пазарните принципи, поскъпването на горивата и услугата и ограничаването на държавната намеса изключително до упражняване на регулаторна дейност, както и увеличаването на свободата на клиентите да определят обема на желаните от тях комунални услуги, точното определяне на количеството изразходвана от всяко домакинство топлинна енергия, респективно на техните задължения към доставчика се превърна в предизвикателство. Предизвикателство не само от гледна точка на избор на технически средства, но и за формиране и утвърждаване на изчислителен апарат, който гарантира удовлетворяване на множество критерии.

2. Алтернативен метод за разпределение на консумираната топлинна енергия в многофамилни жилищни сгради чрез решаване на задачата за потокоразпределение

Предлаганият метод се основава на измерване на разхода през отоплителните тела в имотите на домакинствата и измерване на общия разход на топлоносител през вътрешната отоплителна инсталация (ВОИ), което в оптималния случай се извършва с контролен топломер за съответния отчетен период.

За прилагане на метода е необходимо да бъдат набавени следните обективно измерими входни данни:

- Геометрични и топлотехнически данни за всички тръбопроводни участъци от ВОИ;
- Данни за всички отоплителни тела присъединени към ВОИ, включващи мощност при изчислителни условия (според документацията на производителя) и начин на свързване;
- Топология на ВОИ.

2.1 Определяне на количеството топлинна енергия за разпределение и температурния режим на работа на вътрешната отоплителна инсталация

Определя се количеството топлинна енергия за разпределение в сградата, kWh, като от стойността на отчета на главния топломер се приспаднат загубите в абонатната станция, добави разхода на топлинна енергия свързан с допълването на ВОИ (където това се извършва с мрежова вода) и се извърши корекция с количества 'служебна енергия', съгласно утвърдената методика¹.

$$(1) Q_r = Q_{hm} + Q_{iw} - b \cdot Q_{ssl} \pm Q_{oe}, \text{ kWh}$$

Определят се средните за периода стойности на температурата на топлоносителя на входа и изхода на ВОИ $T_{ihi,1}$ и $T_{ihi,2}$, °С, съгласно показанията на контролния топломер.

2.2 Общо количество топлинна енергия за подготовка на битова гореща вода

Разходът на топлинна енергия за подготовка на битова гореща вода се формира от два независими по своята физическа същност фактора:

- разход на битова гореща вода от домакинствата;
- топлинни загуби от излъчване в общите части на сградата, където са разположени елементите на инсталацията за битова гореща вода.

Поради мястото на формиране на топлинните загуби от излъчване на инсталацията за битово горещо водоснабдяване, а именно общите части, то техният размер категорично участва в общия топлинен баланс на сградата. Докато през неотоплителния (летния) период, когато отоплителната инсталация не работи, размерът на загубите от излъчване на инсталацията за битово горещо водоснабдяване следва да бъде относим към разхода на битова гореща вода и съответно пропорционално разпределен към домакинствата, съгласно изразходваните от тях количества. През отоплителния период загубите от излъчване на инсталацията за битово горещо водоснабдяване следва да бъдат отнесени към отоплението на сградата и да бъдат пропорционално разпределени към домакинствата, подобно на разходите за 'сградна инсталация', разпределени според отопляемия обем на имотите по проект.

Основания за горното твърдение са:

- Една и съща физическа природа на формиране на разхода на топлинна енергия от излъчване на елементите на системата за битово горещо водоснабдяване и елементите на сградната инсталация (вътрешна отоплителна инсталация);
- Системата за битово горещо водоснабдяване и ВОИ са неделима част от инсталациите на сградите, обект на собственост, пропорционално разпределена в идеални части спрямо площта на имотите в сградата;
- Системата за битово горещо водоснабдяване и ВОИ се намират във физическите граници, във вътрешния обем на сградите, и излъчваната при тяхната работа топлинна енергия участва пропорционално на отопляемия обем/площ, в топлинния баланс, респективно отоплението, на всеки отделен имот.

Това налага два различни подхода, основаващи се на физически из-

мерими величини, гарантиращи обективно, спрямо режима на работа на инсталациите, и справедливо разпределяне на разходите за битова гореща вода между клиентите в сгради-етажна собственост.

2.2.1 Отоплителен период

Определя се количеството топлинна енергия, изразходвана за подгряване на битовата гореща вода, на база количеството изразходвана вода според отчета на общия водомер. Това е водомера, монтиран на входа на подгревателя за битова гореща вода.

$$(2) Q_{hw} = \frac{G_{hw} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_{hw} - t_{cw})}{3600}, \text{ kWh}$$

където:

G_{hw} – общо количество гореща вода, изразходвано в сградата, през отчетния период, съгласно общия водомер за битова гореща вода, m^3 ;

t_{hw} – средна стойност на температурата на битовата гореща вода на изхода от подгревателя, при липса на измервания се приема $55.00, ^\circ\text{C}$, през отчетния период, $^\circ\text{C}$;

t_{cw} – средна стойност на температурата на студената вода, при липса на измервания се приема температурата на почвата на дълбочина $1.25, \text{m}$ (стойността се предоставя от НИМХ), през отчетния период, $^\circ\text{C}$;

c_p – специфичен топлинен капацитет на водата при средна температура $(t_{hw} + t_{cw}) / 2$, $\text{kJ/kg}^\circ\text{K}$;

ρ – плътност на водата при средна температура $t_{hw} + t_{cw} / 2$, kg/m^3 ;

Стойностите на специфичният топлинен капацитет и плътността, и се определят посредством интерполация от таблични данни за термодинамичните характеристики на вода под състояние на насищане при налягане от $1.00, \text{bar}$. Или от регресионни зависимости върху същите таблични данни, с коефициент на множествена корелация .

2.2.2 Неотоплителен период

През неотоплителния период цялото количество енергия за разпределение се отнася към подготовката на битова гореща вода и се разпределя между домакинствата пропорционално на разхода, отчетен по индивидуалните им водомери.

2.3 Количество енергия за отопление

Количеството топлинна енергия за отопление в сградата е енергията излъчена от сградната инсталация и отоплителните тела в общите части и имотите на клиентите. Определя се според показанията на контролния топломер на ВОИ, kWh, наличието му е оптимално решение. Разбира се има възможност контролния топломер да бъде заменен от други измервателни устройства, което ще облекчи финансово цялостното решение.

2.4 Количество енергия излъчено от тръбните участъци на вътрешната отоплителна инсталация и температури на входа и изхода на всяко отоплително тяло.

На база отчетите на разходите на топлоносител през присъединените към ВОИ отоплителни тела се определят разходите на топлоносител за всеки тръбен участък. В общия случай ВОИ има лъчева структура и задачата за определяне на разходите на топлоносител е относително лека. Когато ВОИ има сложна кръгова структура се налага използването на специализиран софтуер за съставяне на граф-модел и решаване на задачата. Използването на съществуващите софтуерни инструменти като TERMIS Schneider, SSL Sincal Siemens и други е необосновано скъпо, тъй като предоставят широка функционалност, надхвърляща обхвата и сложността на настоящата задача.

Сравнява се сумарния разход на топлоносител през отоплителните тела с този отчетен от контролния топломер.

$$(3) \Delta G_{ht} = G_{ht} - \sum_{i=1}^n G_i, \text{ m}^3$$

В случай на пълен отчет на разходомерите на отоплителните тела се извършва следващата корекция в разходите им.

$$(4) G_i = G_i + \frac{G_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \Delta G_{ht}, \text{ m}^3$$

Ако има отоплителни тела без отчетени разходомери за периода, то стойността на се разпределя пропорционално на тяхната мощност при изчислителни условия.

Чрез средните стойности за периода на отчитане на стойностите на T_{ih1} и T_{ih2} , °C от т.2.1, температури на входа и изхода на ВОИ и коригираните според израз (x+1) разходи се определят температурите във всички възли, начало/край на тръбопроводните участъци и количеството на излъчената от тях топлинна енергия. Това се извършва, чрез решаване на система от две уравнения включваща уравнението на енергийния баланс

и уравнението изразяващо закона на Фурие в цилиндрични координати с неизвестни количеството на излъчената топлинна енергия Q_{ihij} и температурата в края на всеки участък.

Определя се енергията излъчена от тръбните участъци на ВОИ.

$$(5) Q_{ihj} = \sum_{j=1}^m Q_{ihij}, \text{ kWh}$$

В края на изчислението се получават температурите на входа и изхода на всяко отоплително тяло, $t_{i,1}$ и $t_{i,2}$, °C.

2.5 Количество топлинна енергия излъчено от сградните инсталации

Количеството енергия излъчено от сградните инсталации е сумата от енергията излъчена от системата за битова гореща вода и тръбните участъци на вътрешната отоплителна инсталация. Или това количество енергия за разпределение, редуцирано с енергията излъчена от отоплителните тела и енергия за битова гореща вода.

$$(6) Q_{inst} = Q_r - Q_{rd} - Q_{hw}, \text{ kWh}$$

2.6 Количество топлинна енергия отдадено от отоплителните тела

Количеството топлинна енергия отдадена i -тото отоплително тяло се определя според следващия израз.

$$(7) Q_{rd,i} = \frac{G_i c_p \rho (t_{i,1} - t_{i,2})}{3600}, \text{ kWh}$$

Възможно е определяне на количеството топлинна енергия отдадено от отоплителното тяло и посредством използване на мощността при изчислителни условия, съгласно БДС EN 834:2013.

2.7 Общо количество енергия за един клиент (домакинство)

Общото количество на топлинната енергия, разпределена към едно домакинство през отоплителния сезон (период) се формира като сума от разпределената енергия за битова гореща вода, енергията за отопление на имота и енергията, излъчена от инсталациите и отоплителните тела разположени в общите части на сградата.

$$(8) Q_{hh,k} = \sum_{i=1}^p Q_{rd,i} + \frac{G_{hw,k}}{G_{hw}} Q_{hw} + \frac{V_k}{V} Q_{inst} + \frac{V_k}{V} \sum_{i=1}^m Q_{rd,i}$$

където:

V_k – отопляем обем, или дял от общите части на k -тото домакинство, $m^3/(-)$;

V – отопляем обем на сградата по проект, общи части, $m^3/(1)$;

m – брой на отоплителните тела в общите части, -/;

p – брой отоплителни тела в имота на k -тото домакинство, -;

3. Заключение

Представеният алтернативен метод е приложим при всяка структура на ВОИ, но има особена стойност при инсталации, в които е невъзможно измерването на количеството изразходвана топлинна енергия от домакинствата в натурални единици. Сред предимствата му могат да бъдат изброени:

- Точност, дължаща се на уравненията на енергийния баланс за всяко отоплително тяло;
- Обективност, обоснована върху обзорим набор от входни данни, чиято стойност може да бъде контролирана от домакинствата;
- Инвариантност по отношение на измервателните уреди, разходомери, по отношение на модел и производител, с изключение на клас на точност;
- Използване на стандартни разходомери за отчитане на разхода на вода (водомери) с много по-ниска цена от използваните към момента средства за дялово разпределение;
- Инвариантност по отношение на изчислителна мощност, конструкция, начин на свързване и монтаж на отоплителните тела;
- Точно, аналитично, определяне на количеството излъчена енергия от сградните инсталации;
- Физически обосновано, справедливо, разпределение на енергията излъчена от инсталацията за битова гореща вода през отоплителния и неотоплителния период;
- Възможност за алгоритмизация и извършване на напълно автоматизирани пресмятания;
- Възможност за използване на smart metering системи и СКАДА системи на ниво абонатна станция;
- Увеличаване на честотата на извършваните отчети (walk by, ARM) и разпределение на енергия, с цел подобряване на качеството на услугата и достъпност на резултатите през клиентски портал за домакинствата с цел планиране на разходите и прозрачност на услугата;

Като основен недостатък на метода може да се изтъкне големия

обем от подготвителна работа, продиктувано от необходимостта от подробни данни за структурата геометричните характеристики и топлотехническите характеристики на използваните материали във ВОИ. Също познаване на предназначението на помещенията, през които преминават тръбните участъци на ВОИ.

В момента се разработва софтуерен инструмент, който предоставя възможност за решаване на задачите за потокоразпределение в сложни кръгови хидравлични системи каквато са ВОИ. Предвиден е лек и удобен интерфейс, както и възможност за универсален по формат вход за данни. Разработката е в довършителна фаза, предстои функционален тест. Предвижда се софтуерът да предоставя WEB базирана услуга в областта на инженерните пресмятания, безплатна за образователни и научни цели. До края на 2022 се предвижда тест на метода и анализ на получените резултати върху реален обект – многофамилна жилищна сграда.

Литература

- [1] НАРЕДБА № Е-РД-04-1 ОТ 12 МАРТ 2020 Г. ЗА ТОПЛОСНАБДЯВАНЕТО, Министерство на Енергетиката, Република България

Емануил Константинов Зъбов
Асистент към Катедра 'Топло енергетика и ядрена енергетика' при
Технически Университет – София
ezabov@tu-sofia.bg
+359 889 323 222