

## Някои зависимости при определяне на топлинните загуби в статични опори на топлопроводи чрез използване на термовизионна камера

Петър Костов, Чавдар Николов, Койчо Атанасов, Стефан Калчев

**Certain Relationships in Determining the Thermal Losses in Static Supports of Heat Pipelines Using Infra Red Camera:** The article considers the possibility of using a thermal imager to be determined the integral surface temperatures on the static supports of the pipe lines and thus to assess the heat loss. Has been shown dependencies of the heat flow of the dimensionless temperature, and the criterion  $Bi$ .

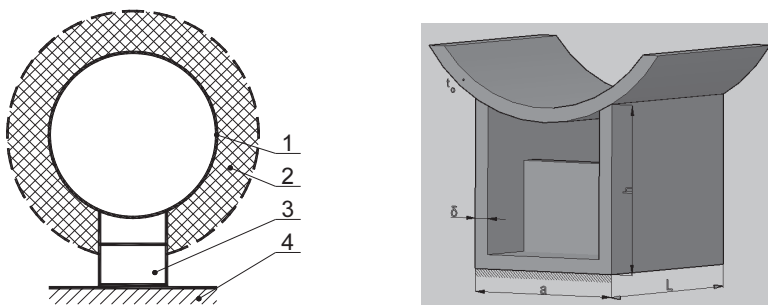
**Keywords:** Static supports, Criterion equalised, Criterion  $Bi$ , Dimensionless temperature.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Техническата диагностика на топлопроводите се основава на изменението на енталпийата на топлоносителите, чрез които се установява загубата на топлина по трасетата [1]. По този начин се съди за състоянието на топлоизолацията. Този подход е нормативно признат и позволява осъществяване на точна оценка на топлинната изолация. За съжаление този метод води до точни общи резултати, които не позволяват локализиране на дискредитирани в топлинно отношение участъци. В предшестваща публикация [3] авторите предлагат определянето на топлинните загуби в промишлен топлопровод да се осъществи с термовизионна камера, като общите загуби на топлина се представят, като алгебрични суми от загубите в характерни участъци на топлопровода. Подобен подход според нас дава възможност при периодичното му прилагане с помощта на термовизионна камера да се натрупат база данни за топлинните загуби, топлинните характеристики на топлоизолацията, използваните материали и технологии на полагане, неизбежните загуби през опорите, фасонните части и арматурата. Тази база данни може да послужи за нуждите на топлинния баланс на съоръжението, като в перспектива би могло да се лимитират допустимите загуби в характерни участъци.

### ФОРМУЛИРАНЕ НА ПРОБЛЕМА.

При използването на термовизионна камера [3] загубите на топлина се представят като сума от загубите в характерни участъци на топлопровода. Един такъв участък са опорите на топлопровода, чрез които той е установен върху носещата бетонова конструкция на съоръжението. На фиг. 1 е представен чертежа на типова опора за тръбопроводи с диаметри от 300-600 mm, така както тя се монтира в условията на „Лукойл Нефтохим“ Бургас.



Фиг.1. Обща схема на опората и аксонометрична схема с нанесени определящите величини:

1 – паропровод, 2 – топлинна изолация, 3 – опора, 4 – бетонова основа

Показаната на фигурата опора е заварена към долната част на топлопровода. В основата си тя е положена върху носещата конструкция на естакадата и може да се премества осово вследствие температурни разширения. Върху тръбите на топлопровода е нанесена топлинна изолация, която обхваща и част от опората.

От гледна точка на аналитичната теория на топлопроводност определянето на топлинните загуби в опората могат да бъдат сведени до класическия случай – охлаждане на ребро, в което топлината се разпространява чрез топлопроводност, а се охлажда чрез конвекция през околните му повърхности. Подобна задача формално поставена за разглеждания случай не може да се разглежда в традиционната постановка поради трудностите, налагани при дефиниране на началните и гранични условия. Трудностите са във връзка с наличието на топлинна изолация, която обхваща значителна част от опората и аеродинамиката „сянка“ особено при наличие на вятър, дължаща се на конструктивните особености на опората – две вертикални носещи планки и междинна такава, като свързващ елемент. Възможен изход от тези и подобни затруднения в използването на физически модели и прилагане на термовизионна камера за определяне на действителното разпределение на температурата по топлообменните повърхности.

## ЦЕЛ

Целта на настоящата работа е с помощта на термовизионна камера да се получат разпределения на температурата на топлообменните повърхности на тръбопроводни упори за удовлетворяване на получено от нас с помощта на анализа на размерностите уравнение, отнасящо се до разглеждания случай.

## ПОЛУЧЕНИ РЕЗУЛТАТИ

В предшестващата публикация [4] за случая на отвеждане на топлина от опора, използвана в НХК-Бургас използвана в паропровода DN300 – DN600 е получена чрез анализ на размерностите зависимостта:

$$Q = \lambda \cdot \delta \cdot \Delta t \cdot \left( \frac{\lambda}{\alpha \cdot \delta} \right) \cdot \left( \frac{F}{\delta^2} \right)^d \cdot \left( \frac{t_o}{\Delta t} \right)^e \quad (1)$$

където: Q, [W] – количеството топлина отдадено чрез околната повърхност на опората за единици време;

$\alpha$ ,  $\left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$  – коефициент на топлопредаване от опората към околния въздух;

$\lambda$ ,  $\left[ \frac{W}{m \cdot K} \right]$  – коефициент на топлопроводност на материала на опората;

$\delta$ , [m] – дебелина на опората;

F, [m<sup>2</sup>] – околна повърхност на опората;

t<sub>o</sub>, [K] – температура на стената на топлопровода;

$\Delta t$ , [K] – температурна разлика между интегралната температура на стената на опората и околния въздух.

Комплексът  $\left( \frac{\lambda}{\alpha \cdot \delta} \right)$  представлява реципрочната стойност на числото на Био (Bi). Произведението  $\alpha \cdot \delta^2 \cdot \Delta t$  има размерност [W]. За получаване на числена стойност на израза (1), остават геометричните характеристики на опората – F и  $\delta$  и температурния фактор  $\left( \frac{t_o}{\Delta t} \right)$ . Доколкото, при условия на изолиран тръбопровод t<sub>o</sub>

однозначно се определя от температурата на транспортирания флуид, то проблемния фактор е температурната разлика  $\Delta t$ . Следвайки подобна схема бе

организиран експеримент в лабораторна обстановка за използване на термокамера.



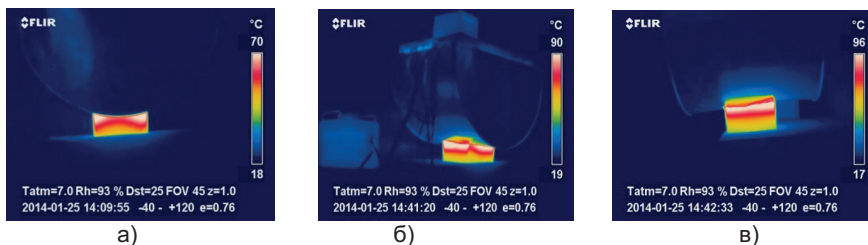
Фиг.2. Лабораторен стенд за имитиране работния режим на апарата

Лабораторния модел е реализиран в лабораторията по Топлотехника на ИПФ – Сливен. Топлинния поток се имитира с електрически нагреватели, които захранвани с ток с променливо напрежение позволяват реализиране на променлива температура на тръбата  $t_0$ . Регистрирането на температурата на тръбата е осъществявано с еталонна измервателна система, с чувствителните елементи от термосъпротивления  $P_t100$ .

Като контролни температури на образеца се приемат съответните температури на парата при налягане 1; 1,5; 2 и 4 МРа, които са характерни за работните режими в НХК – Бургас. Първите експерименти са проведени при температура на околния въздух  $4^\circ\text{C}$  в условия на свободна конвекция.

### РЕЗУЛТАТИ ОТ ЕКСПЕРИМЕНТА

При описаните по-горе условия са извършени експерименти с термовизионна камера. На фиг. 3 е дадено температурното поле, идентифицирано с при различно позициониране на термокамерата срещу обекта.



Фиг. 3. Разпределение на температурите в апарата  
а) фронтално б) под ъгъл в) странично

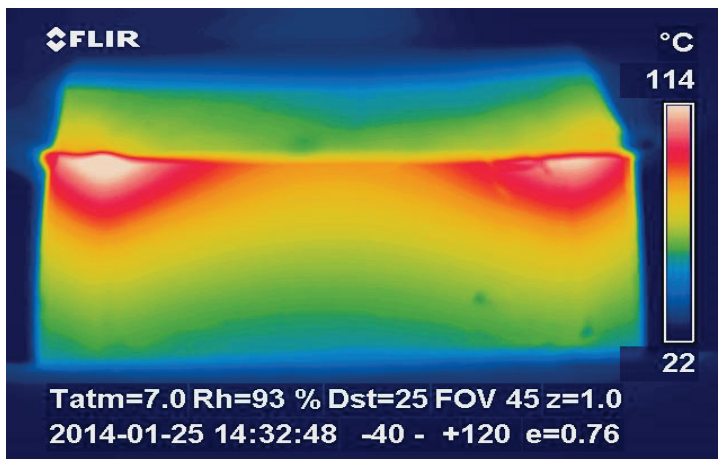
Получената термовизионна картина позволява да бъдат получени разпределенията на температурите по околните повърхности на опората. На фиг. 4 е показана фронталната инфраграма в увеличен мащаб. Отчетливо се виждат изотермичните линии в температурното поле.

Предварителният експеримент показва, че топлинния поток за този тип опори е в интервала 240-340 [W] като с нарастването параметрите на парата (респективно висока стойност на  $t_0$ ) загубите на топлина през опората относително намаляват. Това се обяснява с обстоятелството, че обобщения коефициента на топлоотдаване  $\alpha$  нараства много по-бързо от коефициента на топлопроводност  $\lambda$ . Така стойността на критерия  $Vi$  расте непропорционално по-бързо от нарастването на температурата и се превръща в съдържащ фактор за нарастването на топлинния поток.

Коментираните начални резултати според нас представляват надеждно потвърждение за възможността с помощта на термокамера да бъде определена

обменната топлина на тела със сложна форма в случаите, когато чисто аналитичния подход е затруднен.

След окончателното обзавеждане на експерименталния стенд с вентилатор и изравнителна решетка, за равномерно обдухване на опората с цел имитиране ветровото въздействие в реални условия експериментите ще продължат за натрупване и създаване на база данни, позволяваща създаване експресна система за диагностика състоянието на изолацията на тръбопровода.



Фиг.4. Изотермични линии в температурното поле

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложеното критериално уравнение дава възможност да се определи стойността на топлинния поток като функция на критерия на  $Bi$ , топлофизическите параметри и геометричните фактори.

2. Опитната установка позволява да се извършват физически експерименти за определяне на температурното поле опората, като се симулират условия на комбиниран топлообмен близки до реалните. В хода на експериментите могат да се определят доминантните фактори, които имат най-голяма тежест върху условията на топлообмена.

3. Може да се очаква, че при по-големи стойности на критерия на  $Bi$ , и по-малка дебелина на опората  $\delta$ , загубата на топлина ще са по-малки.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Соколов Б, Я. Теплофикация и тепловые сети. Учебник для вузов, 7 -е изд. стереот. М., изд. МЭИ, 2001.
- [2] Kruczek, T. Determination of annual heat losses from heat and steam pipeline networks and economic analysis of their termomodernisation. Energy, 2013, № 63, p. 120-131.
- [3] Костов П. С., К. Т. Атанасов, С. В. Калчев, Ч. И. Николов. Определяне на топлинните загуби в топлопроводи чрез използване на термовизионна камера. сп. Топлотехника, бр.3, год.3, кн. 1, стр. 56-60, ТУ-Варна, 2012.
- [4] Костов П. С., Ч. И. Николов, К. Т. Атанасов, С. В. Калчев. Възможност за определяне на топлинни загуби в опори чрез термовизионна камера. XIX Научна конференция с международно участие ЕМФ 2014, Сб. доклади, Том I, стр. 186-190.

- [5] Хантли, Г. Анализ размерностей. Мир, Москва, 1970.
- [6] Калчев С.В., П.С.Костов, Ч.И. Николов, К.Т. Атанасов. Анализ при измерване на повърхностна температура с помоща на термовизионна апаратура. УХТ, НКМУ, “Хранителна наука, техника и технология”, 19-20 октомври, Научни Трудове, Том LIX, Пловдив, 2012.
- [7] Иванов, В., М. Михайлов. Теплопренасяне. С., Техника, 1977.

**За контакти:**

Проф. д-р инж. Петър Стефанов Костов, Технически университет – София, Инженерно-педагогически факултет – Сливен, тел.: 0895586448, e-mail: PStKostov@tu-sliven.com.

Гл. ас. д-р инж. Чавдар Иванов Николов, Технически университет – София, Инженерно-педагогически факултет – Сливен, тел.: 0893690870, e-mail: nikolov.chavdar@abv.bg.

Доц. д-р инж. Койчо Тончев Атанасов, Технически университет – София, Инженерно-педагогически факултет – Сливен, тел.: 0882270483, e-mail: koycho\_atanasov@abv.bg.

Инж. Стефан Калчев, Технически университет – София, Инженерно-педагогически факултет – Сливен, тел.: 0889290143, e-mail: skalchevbg@abv.bg.

**Докладът е рецензиран.**