

Ռ.Ռ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Ն.Կ. ԲԱԴԱԼՅԱՆ

ՆՅՈՒԹԵՐԻ ԶԵՐՄԱՀԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ ՉԱՓՈՂ ՍԱՐՔ

Կատարվել է նյութերի ջերմահաղորդականության չափման գոյություն ունեցող մեթոդների համեմատական վերլուծություն, և ընտրվել է կիրառության համար առավել նպատակահարմար մեթոդ: Նյութերի ջերմահաղորդականության չափման գոյություն ունեցող սարքերի համեմատական վերլուծությունը ցույց է տվել, որ դրանք բավականին բարդ են և թանկ: Մշակվել է տնտեսապես շահավետ ավտոմատացված չափիչ սարք, օգտագործելով ժամանակակից «Արդոփին» կոնտրոլերը և ծրագրավորման միջոցները:

Առանցքային բաներ. ջերմահաղորդականություն, չափիչ սարք, ջերմաստիճան, չափում:

Ներածություն. Տեխնիկայի տարբեր ոլորտներում օգտագործվում են տարբեր նյութեր, որոնք ունեն տարբեր ջերմահաղորդականության արժեքներ: Այդ նյութերի կիրառման ոլորտը և նախագծվող սարքերի բնութագրերը որոշելու համար հույժ կարևոր է իմանալ նյութերի ջերմահաղորդականության մեծությունը: Այդ իսկ պատճառով կարևոր նշանակություն ունեն ջերմահաղորդականություն չափող մեթոդների հետազոտությունը և չափիչ սարքերի մշակումը:

Ներկայումս գոյություն ունեցող նյութերի ջերմահաղորդականությունը չափող սարքերը համեմատաբար թանկ են և ունեն բարդ կառուցվածք: Հետևաբար, կարևոր նշանակություն ունեն ջերմահաղորդականության չափման համապատասխան պարզ մեթոդի ընտրությունը և դրա հիման վրա ջերմահաղորդականության չափիչ սարքի մշակումը: Այս խնդիրների լուծմանն է ուղղված սույն աշխատանքը:

Նյութերի ջերմահաղորդականության չափման մեթոդներ և սարքեր. Ջերմահաղորդականության չափման համար գոյություն ունեն տարբեր մեթոդներ, որոնք բաժանվում են երկու հիմնական խմբերի՝ կայուն և անցողիկ վիճակների մեթոդներ: Վերջիններս իրենց հերթին բաժանվում են մի քանի տարատեսակների [1-4]: Այդ բոլոր մեթոդները տարբերվում են միմյանցից կիրառվող չափիչ տեխնիկայով, օգտագործվող նյութերով, նախատեսված նմուշի չափսերով, ճշտությամբ, չափման տևողությամբ և չափման մեթոդաբանությամբ [2]:

Ջերմահաղորդականության չափման գոյություն ունեցող մեթոդներից համեմատաբար առավել պարզը և նպատակահարմարը իրականացման առումով հանդիսանում է կայուն վիճակի հսկվող տաք թիթեղի մեթոդը:

Հսկվող տաք թիթեղի մեթոդը, որը նաև հայտնի է որպես Poensgen ապարատի մեթոդ [3], մեկուսիչ նյութերի ջերմահաղորդականության չափման առա-

վել հաճախ օգտագործվող և առավել արդյունավետ մեթոդներից է: Այն հիմնված է նախապես հայտնի հաստությամբ փորձանմուշի ջերմաստիճանի կայուն փոփոխության, ջերմային գրադիենտի վրա: Մեթոդի հիմնական թերությունն այն է, որ փորձանմուշում կայուն ջերմային գրադիենտ ստեղծելը ժամանակատար է [4]:

Հսկվող տաք թիթեղի մեթոդի կարևոր առավելություն է այն, որ այս մեթոդը ստանդարտացված է տարբեր երկրներում, ինչպիսիք են՝ ԱՄՆ (ASTM C 177-63), Մեծ Բրիտանիա (B.S. 874:1965), Գերմանիա (DIN 52612) [5]: Այս մեթոդը նկարագրված է American Society for Testing Material (ASTM)-ի ստանդարտներում [1]:

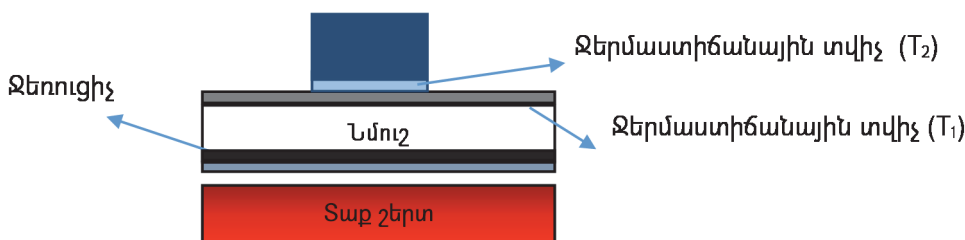
Ռուսաստանում և ԱՊՀ մի շարք երկրներում նույնպես լայն տարածում են գտել հսկվող տաք թիթեղի մեթոդի հիման վրա գործող սարքերը: Դրանցից են ջերմահաղորդականության չափման МИТ-1, ИТС-1, ИТП-МГ4 «ЗОНД», ИТП-МГ4 «100», ИТП-МГ4 «250», ИТП-МГ4 «300», ИТП-МГ4 «ГРУНТ», ПИТ-2 և ПИТ-3 սարքերը: Նշենք, որ, կախված չափիչ սարքերի տեխնիկական և չափագիտական բնութագրերից, ինքնարժեքը տատանվում է 400 000 դրամից մինչև 2,2 միլիոն դրամի:

Ջերմահաղորդականության գործակցի չափման մեթոդի նկարագիրը.

Ինչպես նշված է վերևում, որպես ջերմահաղորդականության գործակցի չափման մեթոդ ընտրվել է կայուն վիճակի հսկվող տաք թիթեղի մեթոդը: Այս մեթոդի կիրառության հիմքում դրված է տաքության հաղորդման Ֆուրյեի օրենքը՝

$$\vec{q} = -\lambda \text{grad}(T), \tag{1}$$

որտեղ $q = \frac{P}{S}$ - ջերմային հոսքի խտության վեկտորն է, P - ն՝ հոսանքի հզորությունն է, S - ը՝ ջեռուցչի մակերեսը, λ - ն՝ ջերմահաղորդականության գործակիցը, T - ն՝ ջերմաստիճանը: Փորձանմուշում կայուն ջերմային գրադիենտ ստեղծելու նպատակով նմուշը տեղադրվում է տաք և սառը շերտերի միջև (նկ. 1):



Նկ. 1. Ջերմահաղորդականության չափման տաք թիթեղի մեթոդի հիմնական սխեման

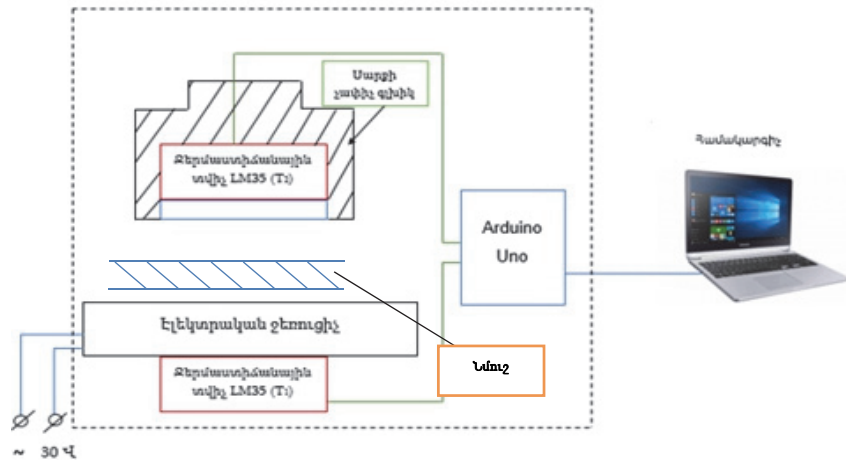
Փորձարկվող նմուշի ջերմահաղորդականության գործակիցը որոշվում է հետևյալ հավասարման միջոցով՝

$$\lambda = \frac{q \cdot h}{T_1 - T_2}, \quad (2)$$

որտեղ λ -ն ջերմահաղորդականության գործակիցն է ($\text{Վր/մ}^2\text{Կ}$), q -ն՝ ջերմային հոսքը (Վր/մ^2), T_1 և T_2 - ը՛հ համապատասխանաբար փորձարկվող նմուշի երկու կողմերում տվիչի գրանցած ջերմաստիճանները (Կ), h -ը՝ փորձարկվող նմուշի հաստությունը (մ):

Ջերմահաղորդականության չափման մշակված սարքի նկարագիրը. Ջերմահաղորդականության չափիչ սարքը կազմված է հետևյալ հանգույցներից (նկ. 2)՝

- «Արդուինո» կոնտրոլեր,
- LM35 ջերմաստիճանային տվիչ,
- էլեկտրական ջեռուցիչ:



Նկ. 2. Ջերմահաղորդականության գործակիցի չափման սարքի բլոկ-սխեման

Չափիչ գլխիկը ներկայացնում է փայտե գլան, որի ստորին մասում ամրացված է այլումինե թիթեղ: Այդ թիթեղին ամրացված է LM35 ջերմաստիճանային տվիչը, որը գրանցում է փորձանմուշի վերին մասի (T_2) ջերմաստիճանը: Էլեկտրական ջեռուցիչում ամրացված է մյուս LM35 ջերմաստիճանային տվիչը, որը գրանցում է ջեռուցիչի T_1 ջերմաստիճանը: Չափումների իրականացման համար անհրաժեշտ է ապահովել կայուն ջերմային հոսք: Այդ նպատակով էլեկտրական ջեռուցիչը միացնում ենք 30 Վ (0,55 Ա) հոսանքին: Ջերմային հոսքի հաշվարկը կատարվում է $q = \frac{P}{S}$ հավասարման միջոցով, որտեղ P -ն էլեկտրական հոսանքի հզորություն է ($P=UI$), S -ը՝ էլեկտրական ջեռուցիչի մակերեսը ($S=0.049 \text{ մ}^2$): Ունենալով վերը նշված տվյալները՝ հաշվում ենք q -ի արժեքը՝ $q = \frac{P}{S} = \frac{UI}{S} = 30 * \frac{0.55}{0.049} = 341.22 \text{ Վր/մ}^2$: Չափումն իրականացնելուց առաջ պետք է իմանալ

Մշակված և պատրաստված չափիչ սարքի տեխնիկական բնութագրերը հետևյալն են՝

- Ջերմահաղորդականության գործակցի չափման տիրույթը՝
 $\lambda = 0,19-1,27 \text{ Վտ/մ}^2 \cdot \text{Կ}$:
- Չափման սխալի սահմանը՝ 9-12 %:
- Չափման ժամանակը՝ 0,25-0,5 ժամ:
- Սարքի սնուցումը՝ 30 Վ (0,55 Ա) :
- Սարքի չափսերը՝ 355 x 240 x 110 մմ:

Նյութերի ջերմահաղորդականության ավտոմատացված չափման նպատակով մշակվել է քոմպիյութերային ծրագիր՝ «Արդուինո» (IDE) միասնական ծրագրային միջավայրում: Ծրագրավորումն իրականացվել է մշտապես բեռնվող STK500 արձանագրության վերահսկողության միջավայրում: Ծրագրավորման լեզուն C/C++-ի պարզեցված տարբերակն է: Չափիչ սարքի աշխատանքը կառավարող ծրագիրը մշակվել է անհատական քոմպիյութերի վրա և բեռնվել է «Արդուինո» - ում: Ընդ որում, սարքավորումը միացվել է USB-ի միջոցով՝ առանց ծրագրավորիչների օգտագործման:

Համեմատելով ստացված արդյունքները նյութերի ջերմահաղորդականության չափման գոյություն ունեցող սարքերի հետ՝ կարելի է եզրակացնել, որ մշակված սարքն իր տեխնիկական բնութագրերով չի զիջում գոյություն ունեցող սարքերին: Սակայն գնային առումով այն անհամեմատ ավելի էժան է (առնվազն 10 անգամ), քան հայտնի սարքերը:

Եզրակացություն.

1. Նյութերի ջերմահաղորդականության չափման գոյություն ունեցող մեթոդների համեմատական վերլուծությունը ցույց է տվել, որ կիրառության առումով առավել նպատակահարմար է կայուն վիճակի հսկվող տաք թիթեղի մեթոդը:

2. Ջերմահաղորդականության չափման գոյություն ունեցող սարքերի համեմատական վերլուծությունը ցույց է տվել, որ ներկայիս չափիչ սարքերը համեմատաբար թանկ են և բարդ իրենց կառուցվածքով:

3. Մշակվել է ավտոմատացված չափիչ սարք, օգտագործելով ժամանակակից տարրային բազան և ծրագրավորման լայն հնարավորությունները: Այն ապահովում է նյութերի ջերմահաղորդականության ավտոմատացված չափման անհրաժեշտ տեխնիկական պայմանները և մոտավորապես 10 անգամ ավելի էժան է հայտնի չափիչ սարքերից:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Saylor Academy**. Thermal conductivity [Internet]. 2016. Available from:http://www.saylor.org/site/wp-content/uploads/2011/04/Thermal_conductivity.pdf[Accessed: 2016-02-18].
2. **K123 of the department of materials engineering and chemistry**. Chapter 16- Determination of Thermal Conductivity [Internet]. 2016. Available from: <http://tpm.fsv.cvut.cz/student/documents/files/BUM1/Chapter16.pdf> [Accessed: 2016-02-18].
3. Thermal Properties of Food And Agricultural Materials/ N. N. **Mohesnin**, editor. 1st ed. -New York: Gordon and Breach Science Publishers, 1980. -408 p. DOI: 10.2307/2530323.
4. **Czichos H., Saito T., Smith L. E.** editors. Springer Handbook of Materials Measurement Method. 1st ed. - New York: Springer Science & Business Media, 2006-208 p. DOI: 10.1007/978-3-540-30300-8.
5. TA instruments. The principal methods of thermal conductivity measurement, 2016. Internet Available from: <http://thermophysical.tainstruments.com/PDF/technotes/TPN-67%20Principal%20Methods%20of%20Thermal%20Conductivity%20Measurement>.

Ր.Ր. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Ն.Կ. ԲԱԴԱԼՅԱՆ

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

Проведен сравнительный анализ существующих методов измерения теплопроводности материалов, выбран наиболее подходящий метод для использования. Сравнительный анализ существующих приборов для измерения теплопроводности материалов показал, что они достаточно сложны и дороги. Разработано экономически эффективное автоматизированное измерительное устройство с использованием современного контроллера “Ардуино” и средств программирования.

Ключевые слова: теплопроводность, измерительный прибор, температура, измерение.

R.R. VARDANYAN, N.K. BADALYAN

A DEVICE FOR MEASURING THE THERMAL CONDUCTIVITY OF MATERIALS

A comparative analysis of the existing methods for measuring the thermal conductivity of materials has been performed, the most appropriate method to be used is chosen. The comparative analysis of the existing devices for measuring the heat conductivity of materials has shown that they are rather complicated and expensive. An economically effective automated measuring device has been developed, using the modern controller “Arduino” and programming tools.

Keywords: thermal conductivity, measuring device, temperature, measurement.