

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 21 (1993/1994)

Številka 4

Strani 212-215

Andrej Likar:

IZOLIRAJMO HIŠO!

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/21/1185-Likar.pdf>

© 1993 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

IZOLIRAJMO HIŠO!

V hladnih dneh si želimo, da bi bila naša hiša čim bolj *toplotno izolirana*. Mnoge previsoki računi za kurjavo in neprijeten hlad v stanovanju prepričajo, da je vredno hišo dodatno toplotno izolirati. V trgovinah so na voljo pripravne plošče, ki jih pritrdimo na zunanjo stran hiše. Ali bi kazalo izolirati raje notranjost? Pri opečnih zidovih raje izoliramo zunanjo stran hiše. Tako je zid topel še nekaj časa potem, ko v prostoru nehamo kuriti, poleti pa prijetno hladno tudi v hudi sončni pripeki, če so se zidovi proti jutru ohladili. Pravimo, da ima opečnat zid veliko toplotno kapaciteto. Kaj pa betonski zidovi? Njihova toplotna kapaciteta ni velika. Pokazali bomo, da je v vsakem primeru bolje postaviti izolacijske plošče na zunanjo stran zidu.

Vemo, da toplota iz toplega prostora uhaja na prosto skozi stene. Pomembno je, da je uhajanje toplote iz prostorov kar se da počasno. Zanima nas toplota, ki jo skozi steno izgubimo v časovni enoti ali *toplotni tok* P :

$$P = \frac{Q}{t}.$$

S Q smo označili toploto, ki v času t uide skozi zid na prosto. Toplotni tok P je odvisen od velikosti stene, temperaturne razlike med notranjostjo in zunanostjo in debelino zidu. Ni težko uvideti, da je toplotni tok premo sorazmeren s površino zidu S . Zato raje računamo z *gostoto toplotnega toka* j , ki meri toplotni tok skozi 1 m^2 zidu:

$$j = \frac{P}{S}.$$

Tako so računi preglednejši. Poskusi pokažejo, da je gostota toplotnega toka sorazmerna s temperaturno razliko in obratno sorazmerna z debelino zidu:

$$j = \lambda \frac{T_n - T_z}{d}.$$

Temperaturo notranje stene smo označili s T_n , temperaturo zunanje stene s T_z , d pa je debelina zidu. Pozimi je notranja stena nekaj stopinj hladnejša od zraka v prostoru daleč od sten, zunanja pa toplejša od okolice. Ob stenah sta namreč tanki plasti zraka, ki dodatno izolirata prostor. V naši razpravi bomo ti plasti zraka zanemarili. Koeficient toplotne prevodnosti λ je odvisen od snovi, iz katere je zid. Nekatere snovi so odlični toplotni prevodniki, druge pa so toplotni izolatorji. Hiša naj ima torej debele zidove iz snovi z nizko toplotno prevodnostjo.

Kako se spreminja temperatura v zidu? Z vrtnjem luknjic v zid in merjenjem temperatur na različnih globinah bi našli odgovor. A vrtnju se izognemo, če nekoliko premislimo. V razmerah, ki se s časom ne spreminjajo, je gostota toplotnega toka enaka skozi katerikoli presek zidu. Mislimo si, da je zid sestavljen iz dveh polovic. Temperatura zidu na sredi mora biti torej $\frac{T_n + T_z}{2}$. Naslednje delitve zidu kažejo, da se temperatura v zidu spreminja linearno z globino, če je seveda zid homogen, torej po vsej globini iz iste snovi.

Kako pa je, če je zid obložen? Znotraj zidu in znotraj obloge je potek temperature seveda spet linearen. Temperaturo T stične ploskve določimo iz pogoja, da sta gostoti toplotnega toka skozi steno j_s in oblogo j_0 enaki:

$$j_s = j_0.$$

Od tod sledi enačba za T :

$$\lambda_s \frac{T_n - T}{d_s} = \lambda_0 \frac{T - T_z}{d_0},$$

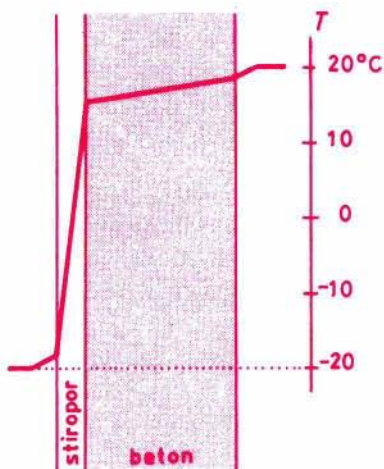
z rešitvijo:

$$T = \frac{\frac{\lambda_s}{d_s} T_n + \frac{\lambda_0}{d_0} T_z}{\frac{\lambda_s}{d_s} + \frac{\lambda_0}{d_0}}.$$

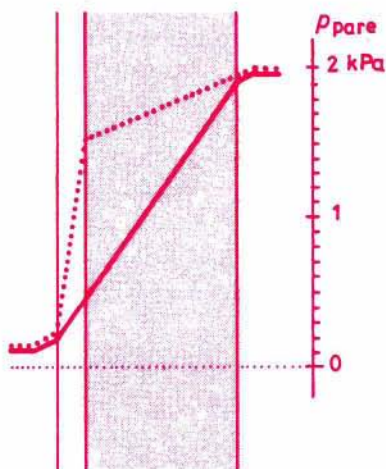
Pri računu napetosti med zaporedno vezanima upornikoma dobimo podobno enačbo. Nekateri zato pravijo količini $\frac{d}{\lambda}$ *toplotni upor*.

Na sliki 1 smo skicirali razmere pri zunanji temperaturi -20°C in notranji temperaturi 20°C za betonski zid, obložen s stiroporno ploščo. Vidimo, da je temperatura zidu praktično konstantna, saj je T blizu notranji temperaturi, v plošči pa strmo pada od T na zunanjo temperaturo. Če ploščo prestavimo v notranjost, se gostota toplotnega toka ne spremeni, o čemer se prav hitro prepričamo z neposrednim računom. Kaže, da je vseeno, s katere strani obložimo steno.

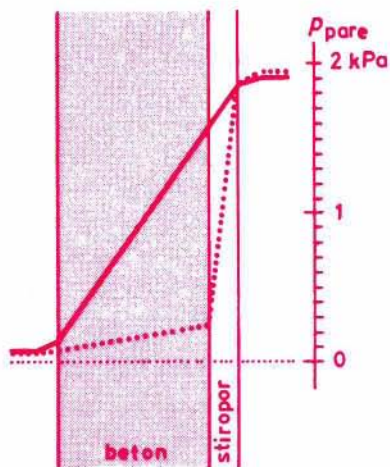
Preden se dokončno odločimo, kam postaviti izolacijske ploščice, ne smemo pozabiti na vodno paro. Pozimi je v toplem prostoru *tlak* vodne pare precej večji od zunanjega. Zaradi te tlačne razlike pronica na prosto tudi vodna para. Pravimo, da para *difundira* skozi stene. Tlak pare se v steni prav tako zmanjšuje od vrednosti v prostoru na zunanjo vrednost. Izolacijske ploščice prepuščajo paro približno tako izdatno kot enaka debelina betona. Parni tlak zato pojema z globino obloženega zidu tako, kot bi bil zid homogen, torej linearno (glej polno črto na sliki 2).



Slika 1. Potek temperature v betonskem zidu, na hladnejši strani obloženem z izolacijsko ploščo.



Slika 2. Potek parnega tlaka vode v zidu in ustrezni nasičeni parni tlak, izračunan na podlagi temperature s slike 1.



Slika 3. Nasičeni parni tlak je pri zidu, ki je obložen na toplejši strani, v znatnem delu zidu nižji od parnega tlaka na sliki 2. Para se v zidu kondenzira.

Para se v hladnem zraku kondenzira, če je njen tlak večji od *nasičenega parnega tlaka*. Ta tlak je odvisen le od temperature vlažnega zraka. Na sliki 2 smo nasičeni parni tlak v zidu in plošči ponazorili s pikčasto črto. Pri računu smo privzeli temperaturni potek s slike 1. Vidi-mo, da je parni tlak (polna črta) po vsem zidu manjši od nasičenega parnega tlaka, zato se v takem zidu para ne bo kondenzirala.

Drugače je, ko je izolacijska ploščica na notranji strani. Temperatura v plošči se strmo spusti na skoraj zunanjo temperaturo, temu sledi tudi nasičeni parni tlak. Parni tlak bi bil v tem primeru prav tak kot prej, če seveda ne bi upoštevali

kondenzacije v zidu. Do te pa prav zagotovo pride, saj je parni tlak v zidu in pretežnem delu plošče večji od nasičenega parnega tlaka. Temu pojavu se morajo gradbeniki za vsako ceno izogniti. S ploščami na zunanji strani se torej izognemo neprijetni in dragi zatesnitvi notranje stene do te mere, da para ne more difundirati na prosto.

Morda bi kdo pomislil, da je kondenzirane vode zanemarljivo malo. O nasprotnem nas poučijo gradbeniki, ki prav pojavu kondenzacije pri napačno postavljenih izolacijskih ploščah pripisujejo hude poškodbe zidov in celo rjave nje železnih palic v železobetonskih zgradbah.

Andrej Likar

SIMETRIČNI SISTEM - Rešitev s str. 189

Dani sistem enačb lahko nadomestimo s sistemom:

$$\begin{aligned}x + y + z &= a, \\xy + yz + zx &= \frac{a^2 - b}{2}, \\xyz &= \frac{a^3 - ab}{2}.\end{aligned}$$

Leve strani tega sistema so elementarne simetrične funkcije spremenljivk (x, y, z) . Torej so rešitve našega sistema enačb hkrati ničle polinoma

$$p(x) = x^3 - ax^2 + \frac{a^2 - b}{2}x - \frac{a^3 - ab}{2}$$

ali

$$p(x) = (x - a)\left(x^2 + \frac{a^2 - b}{2}\right).$$

Sledi, da je ena od rešitev:

$$x_1 = a, \quad y_1 = \sqrt{\frac{b - a^2}{2}}, \quad z_1 = -\sqrt{\frac{b - a^2}{2}},$$

ostale dobimo s permutacijo komponent te rešitve. Vseh rešitev je torej šest.

Bojan Gornik