

**ENERGETICKÝ ÚSTAV
ODBOR TERMOMECHANIKY A TECHNIKY PROSTŘEDÍ**

**Hodnotenie obvodových konštrukcií z hľadiska
dynamického správania**

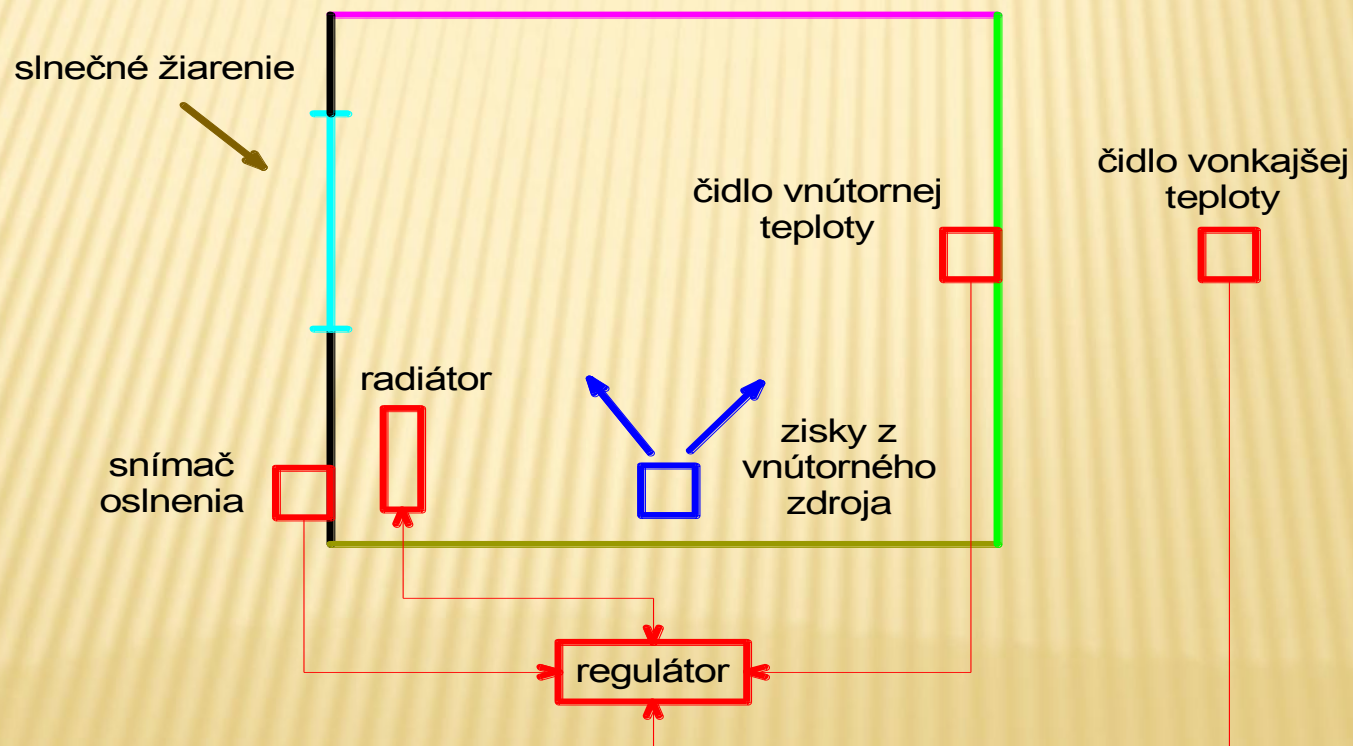
OBSAH

- 1. MOTIVÁCIA**
- 2. VEDENIE TEPLA STENOU**
- 3. POPIS MODELU**
- 4. PODMIENKY SIMULÁCIE**
- 5. CIEĽ SIMULÁCIE**
- 6. POROVNANIE VÝSLEDKOV**
- 7. ZHRNUTIE**

1. MOTIVÁCIA

Prečo sa zaoberať dynamickým správaním budov?

- úspora nákladov za energiu pri vykurovaní
- dosiahnutie tepelnej pohody vnútorného prostredia



2. VEDENIE TEPLA STENOU

Uvažujme stenu zloženú z n rôznorodých vrstiev, pre ktorú platia tieto predpoklady:

- v stene sa nenachádza vnútorný zdroj tepla,
- tepelná a teplotná vodivosť sú nezávislé na teplote a nemenné pre každú z vrstiev,
- jednotlivé vrstvy sú homogénne,
- dĺžka a šírka steny sú v porovnaní s jej hrúbkou nekonečne veľké,
- teplota okolia je priestorovo stála a konštantná s výnimkou času potrebného k vybudeniu teplotnej zmeny,
- koeficienty prestupu tepla konvekciou sú nemenné.

2. VEDENIE TEPLA STENOU

Za uvedených predpokladov možno diferenciálnu rovnicu vedenia tepla napísať v zjednodušenom tvare nasledovne:

$$\frac{\partial T_j}{\partial t} = \frac{\lambda_j}{c_j \cdot \rho_j} \cdot \frac{\partial^2 T_j}{\partial x^2} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Pre okrajové podmienky na povrchoch steny:

$$\dot{q}(0, t) = -\lambda \cdot \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = \alpha_\infty \cdot [T_\infty(t) - T(0, t)] \quad (2)$$

$$\dot{q}(L, t) = -\lambda \cdot \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=L} = \alpha_i \cdot [T(L, t) - T_i(t)] \quad (3)$$

A počiatočnú podmienku v tvare:

$$T_\infty(t) = T_i(t) = T_s, \quad t < t_o \quad (4)$$

$$T_i(t) = T_o, \quad t \geq t_o \quad (5)$$

2. VEDENIE TEPLA STENOU

Z rovnice (1) možno ekvivalentnými úpravami, pre uvedené podmienky odvodiť vzťah v tvare:

$$\frac{\dot{q}(L, t) - \dot{q}_s}{\dot{q}(L, t_0) - \dot{q}_s} = e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (6)$$

- exponenciálny priebeh je jednoznačne určený parametrom τ
- časová konštanta hovorí ako rýchlo sa teleso zohrieva
- analytické riešenie len pre jednoduché prípady
- pre zložitejšie prípady použitie prenosovej funkcie, numerického riešenia, ...

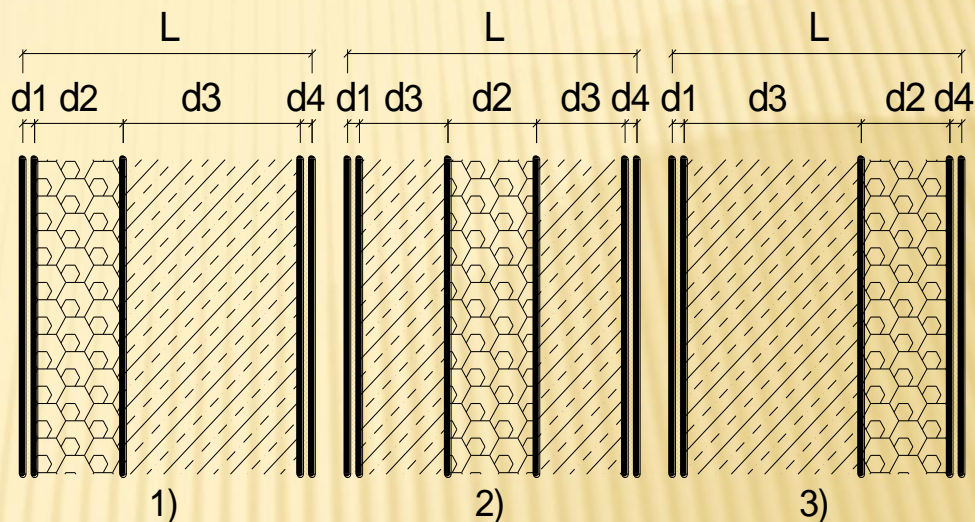
3. POPIS MODELU

ZLOŽENIE VONKAJŠEJ VIACVRSTVEJ STENY:

- omietka
- polystyrén
- betón hutný
- omietka

STENA BOLA NAMODELOVANÁ V 3 VARIANTÁCH:

- 1) polystyrén na vonkajšej strane
- 2) polystyrén v strede
- 3) polystyrén na vnútornej strane



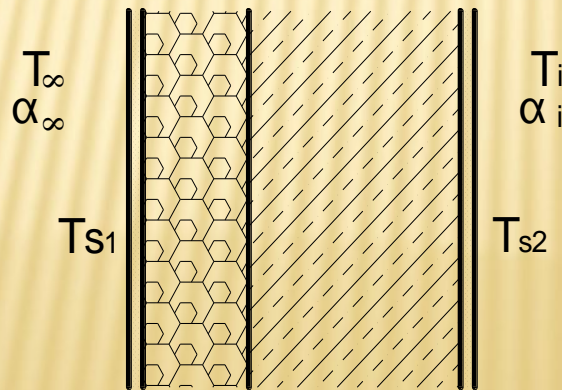
d1-omietka, d2-polystyrén, d3-betón hutný, d4- omietka

ODPOR STIEN BOL MENENÝ HRÚBKOU POLYSTYRÉNU 2, 5, 10, 15 CM

4. PODMIENKY SIMULÁCIE

Vytvorenie modelu v programe **TRNSYS 17 – TYP 56b**

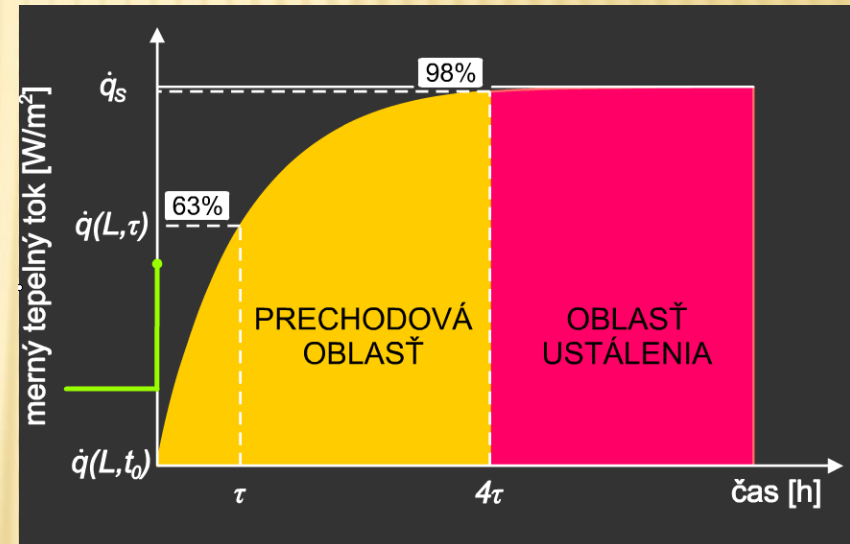
- jednotná počiatočná teplota $T_{\infty}(t) = T_i(t) = T_{s1}(t) = T_{s2}(t) = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t < t_0$
- teplota vzduchu v miestnosti po skokovom vybudení $T_i(t) = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t \geq t_0$
- zanedbaná celková intenzita slnečného žiarenia
- radiačná teplota oblohy zhodná s teplotou vonkajšieho vzduchu
- koeficienty prestupu tepla konvekciou: $\alpha_{\infty} = 25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$ $\alpha_i = 7,7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$
- vykurovanie konvektívne bez radiačnej zložky



5. CIEĽ SIMULÁCIE

Určenie časovej konštanty zloženej steny zo simulácie v programe TRNSYS za účelom porovnávania.

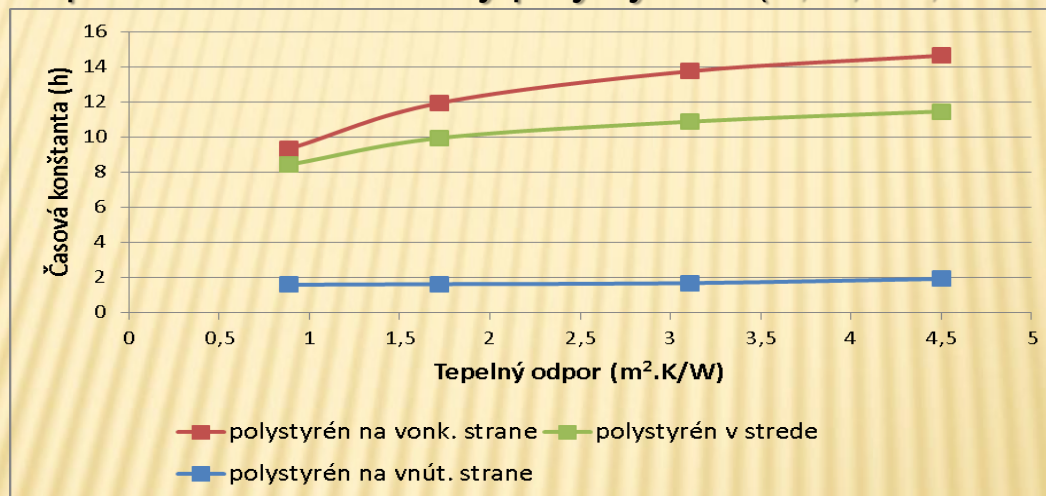
- za predpokladu $t = \tau$ možno rovnicu (6) upraviť na tvar:
$$\dot{q}(L, \tau) = \dot{q}_s + e^{-1} \cdot [\dot{q}(L, t_o) - \dot{q}_s]$$
- časová konštanta sa stanoví ako čas potrebný pre dosiahnutie 63 % ustálenej hodnoty merného tepelného toku
- hodnota \dot{q}_s môže byť definovaná ako 98 % ustáleného merného tepelného toku, čomu zodpovedá štvornásobok časovej konštanty



6. POROVNANIE VÝSLEDKOV

Porovnanie časových konštánt z hľadiska:

- usporiadania stien (polystyrén na vonkajšej strane, v strede a na vnútornej strane)
- rôznych odporov zmenou hrúbky polystyrénu (2, 5, 10, 15 cm)



usporiadanie steny	d = 2 cm	d = 5 cm	d = 10 cm	d = 15 cm
	R= 0,89 m ² .K/W τ (hod)	R= 1,72 m ² .K/W τ (hod)	R= 3,11 m ² .K/W τ (hod)	R= 4,49 m ² .K/W τ (hod)
polystyrén na vonk. strane	9,33	11,94	13,74	14,63
polystyrén v strede	8,43	9,94	10,88	11,46
polystyrén na vnút. strane	1,59	1,62	1,68	1,92

7. ZHRNUTIE

- SIMULÁCIA VONKAJŠÍCH STIEN V PROGRAME TRNSYS
- SLEDOVANIE DYNAMICKÉHO SPRÁVANIA SA STIEN PO SKOKOVOM VYBUDENÍ
- VPLYV ZMENY POLOHY POLYSTYRÉNU V STENE
- POROVNANIE JEDNOTLIVÝCH STIEN ČASOVOU KONŠTANTOU

PLÁN DO BUDÚCNA:

- POROVNANIE A OVERENIE VÝSLEDKOV ZÍSKANÝCH PRENOSOVOU FUNKCIOU Z PROGRAMU TRNSYS S MODELOM V PROGRAME SIMULINK
- OPTIMALIZOVAŤ REGULÁCIU VYKUROVACEJ SÚSTAVY
- VERIFIKOVAŤ MODEL S EXPERIMENTOM

ĎAKUJEM ZA POZORNOST