

3 PROUDĚNÍ – KONVEKCE

Je-li proudění vzduchu vyvoláno rozdílnými měrnými hmotnostmi vzduchu, nazývá se takové proudění volné (přirozené). Vznikne-li proudění vzduchu vlivem vnějších sil (patří sem pohyb vzduchu vyvolaný ventilátorem, vítr apod.), označuje se jako proudění nucené (umělé).

Obecně lze rozlišit 3 druhy samovolného proudění:

- 1) laminární - vzduch proudí ve vrstvách rovnoběžných ve směru proudu,
- 2) vířnaté
- 3) turbulentní - části vzduchu přecházejí z jedné vrstvy do druhé

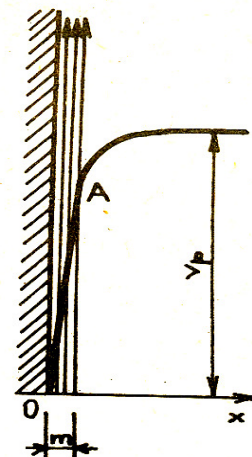
O tom, který z těchto tří druhů proudění nastane, rozhoduje vliv velikosti teplotního rozdílu Δt mezi pevnou stěnou a tekutinou. Je-li:

- $\Delta t < 15^\circ\text{C}$ převládá proudění laminární
- $\Delta t > 15^\circ\text{C}$ převládá proudění turbulentní

Celkový průběh samovolného proudění je závislý především na tom, zda v příslušném prostoru dochází pouze k ohřívání či ochlazování tekutiny a nebo k oběma jevům, tj. ohřívání i ochlazování současně. Prvé případy nazýváme přestupem tepla v neomezeném prostoru, druhé přestupem tepla v omezeném prostoru.

Při proudění vzduchu kolem pevného tělesa (kolem povrchu konstrukce) se vytváří tzv. oblast vnějšího proudění a oblast, v níž se v důsledku viskozity vzduchu mění rychlost proudu spojitě od nulové hodnoty na povrchu až do rychlosti vnějšího proudu - viz obr. 1. Tuto oblast (vrstvu) proudu nazval L. Prandtl mezní vrstva. Mezní vrstva může být laminární a turbulentní.

Z výzkumných prací je známo, že se v laminární vrstvě šíří teplo vedením, to znamená, že i při malé tloušťce mezní vrstvy klade tato vrstva jistý odpor proti průchodu tepla, neboť součinitel tepelné vodivosti vzduchu při 0°C je $\lambda = 0,0244 \text{ [W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}\text{]}$; je-li mezní vrstva turbulentní, je odpor proti průchodu tepla v této vrstvě téměř zanedbatelný.



Obr. 1: Znárodnění proudění vzduchu kolem povrchu konstrukce

3.1 Newtonův vztah

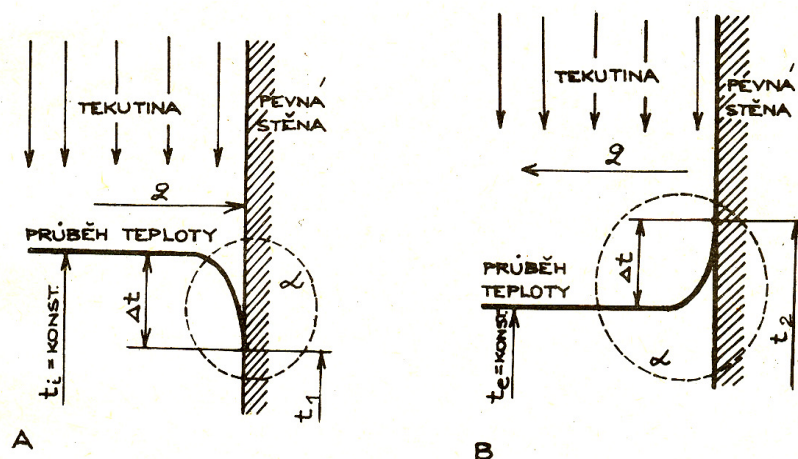
Proudí-li tekutina kolem panelu konstrukce pevného tělesa a má-li odlišnou teplotu od teploty povrchu, dochází mezi proudící tekutinou a povrchem k výměně tepla. Tato výměna tepla je dána Newtonovým vztahem:

$$\dot{Q} = \alpha_k \cdot (t_1 - t_2) \quad [\text{W.m}^{-2}] \quad //$$

kde: $\dot{Q}$ - hustota tepelného toku

$(t_1 - t_2)$ - rozdíl teploty povrchu konstrukce a tekutiny nebo naopak

α_k - součinitel přestupu tepla při proudění $[\text{W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}]$



Obr. 2: Přestup tepla: A) z tekutiny do pevné stěny, B) z pevné stěny do tekutiny.

Newtonův vztah je zdánlivě jednoduchý; obtížnost při stanovení množství přestupujícího tepla z povrchu konstrukce do tekutiny nebo naopak je skryta v součiniteli přestupu tepla při proudění. Při přestupu tepla z pevné stěny do tekutiny nebo obráceně je účelné předpokládat rovnoměrné rozložení teploty v tekutině, i když je skutečnost složitější. Za tohoto předpokladu se jeví u stěny teplotní skok podle obr. 2.

Podle toho množství tepla při jeho přestupu lze stanovit na základě zákona odvozeného Newtonem podle rovnic:

$$Q = \alpha_k \cdot A \cdot (t_i - t_1) = A \cdot \vartheta \rightarrow \text{ochlazování} \quad /2/$$

$$Q = \alpha_k \cdot A \cdot (t_2 - t_e) = A \cdot \vartheta \rightarrow \text{ohřívání} \quad /3/$$

kde: Q - množství tepla [W]

A - plocha stěny [m^2]

α_k - součinitel přestupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

Ze vzorců /2/ a /3/ lze konstatovat, že udává tudíž množství tepla sdílného za [s] jednotkou povrchu při jednotkovém rozdílu teplot mezi teplotou tekutiny a teplotou stěny. Součinitel přestupu tepla při proudění závisí na druhu proudění, na rychlosti proudění tekutiny, na teplotním rozdílu mezi tekutinou a povrchem konstrukce, na povrchu konstrukce, na součiniteli tepelné vodivosti, na měrné tepelné kapacitě, vazkosti, měrné hmotnosti tekutiny apod. Nezávisí však na materiálu stěn, ze kterých se teplo sdílí.

Vzhledem k tomu, že součinitel přestupu tepla při proudění je složitou funkcí více než 10 proměnných, zjišťuje se v praxi experimentálně. Přitom je zvlášť výhodné použít k řešení tohoto problému teorii podobnosti.

QUALITY RECORD

Název	Proudění tepla
Popis	V této stati se autor věnuje problematice proudění tepla, jako jednou ze složek sdílení tepla při požáru. Těžiště spočívá v rozdělení proudění na základní typy a stanovení, kdy ke kterému jevu dochází. Dále jsou uvedeny základní vztahy pro proudění tepla.
Kategorie	Teorie požáru
Název souboru	1-3_Proudeni_tepla.pdf
Datum vytvoření	10. 11. 2006
Autor	Ing. Marek Pokorný Katedra konstrukcí pozemních staveb, Fakulta stavební, ČVUT v Praze
Klíčová slova	Šíření tepla; Šíření požáru; Proudění tepla; Laminární proudění; Turbulentní proudění; Hustota tepelného toku; Výměna tepla; Newtonův vztah.
Literatura	Kupilík, V.: Stavební konstrukce z požárního hlediska, Grada Publishing, Praha, 2006, 272 str., ISBN 80-247-1329-2 Kupilík, V.: Termodynamika, Praha 1987, 162 str., skl. č. 738, 54-005-87, TS 03/05