

V Š S T L i b e r e c

nositelka Řádu práce

Fakulta textilní

Obor 31 - 11 - 8

Technologie textilií, kůže, gumy a plastických hmot

zaměření

netkané textilie - ekonomika

Katedra netkaných textilií

PODMÍNKY TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ NETKANÝCH TEXTILIÍ
ZE SOUSTAV NITÍ

Josef Qualizza

vedoucí práce : Prof.Ing.Dr.techn.Radko Kréma,DrSc. - VŠST

konzultant : Ing.Jaroslav Matějka,CSc. - VŠST

Rozsah práce a příloh :

Počet stran : 48

Počet příloh : 30

Počet tabulek : 4

Počet obrázků : 10

KUT/NE-EK

Vysoká škola: strojí a textilní Katedra: netkaných textilií
Fakulta: textilní Školní rok: 1980/81

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Josefa Qualizzu
obor 31-11-5 Technologie textilu, kůže, gumy a plastických hmot

Protože jste splnil požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: Podmínky tepelného zpracování netkaných textilií
ze soustav nití

Pokyny pro vypracování:

- 1/ Shrňte poznatky o tepelných vlastnostech vláknenných materiálů (zvláště POP, PVC-Cl, PAD, sklo) a tepelných podmínkách na daném modelovém zařízení.
- 2/ Vyšetřete podmínky ~~xx~~ pro natavení soustav termoplastických a základních nití
- 3/ Stanovte požadavky na zařízení k natavování soustav při rychlosti průchodu do 20 m/min.

Autorské právo se řídí směrnicí
MŠK pro státní závěrečné zkoušky
727/1981/14 ze dne 11. srpna
1982 Věstník MŠK 13/82, částka 24 ze
dne 31. 8. 1982 § 19 odst. 2 a § 115/53 Sb.

V. 165/1981 T
VYSOKÁ ŠKOLA STROJÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREČ I, STUDENTSKÁ 5
PŠČ 461 17

	str.
1. Seznam použitých fyzikálních veličin	6
2. Úvod	8
3. Princip výroby pojené textilie ze soustav nití ...	10
4. Tepelné vlastnosti vlákených materiálů vhodných pro výrobu pojené textilie ze soustav nití	13
4.1. Tepelná vodivost a měrné teplo	13
4.2. Teplota zesklennění	14
4.3. Teplota měknutí a teplota tání	16
5. Proces proteplování vlákněné vrstvy	18
5.1. Stanovení doby T_m Schmidovou grafickou metodou konečných rozdílů	20
5.1.1. Podmínky pro praktické použití Schmidovy gra- fické metody konečných rozdílů	24
5.2. Využití poznatků z výroby pojené textilie v n.p. RETEX na závodě v Liberci	25
5.3. Stanovení celkového součinitele přestupu tepla	29
5.3.1. Výpočet součinitele přestupu tepla podle teorie podobnosti	32
5.3.2. Obecný pohled na výpočet součinitele přestupu tepla α_D	33
5.3.2.1. Praktický výpočet součinitele přestupu tepla α_D při proteplování termoplastických nití	35

5.3.3. Praktický výpočet součinitele přestupu tepla α_p při protěplování termoplastických nití.	36
5.4. Výpočet celkového součinitele přestupu tepla α_t při protěplování termoplastických nití	38
6. Vliv chladicího účinku lišt lištového řetězu při protěplování nití	39
7. Tabulky s výsledky teoretického řešení protěplování soustav nití a zhodnocení dosažených výsledků.	40
8. Závěr	45
9. Seznam použité literatury	48

1. Seznam použitých fyzikálních veličin.

- α ... součinitel teplotní vodivosti [W/m]
 c ... měrné teplo [J·kg⁻¹·K⁻¹]
Gr ... Grashoffovo podobnostní číslo
 g ... tíhové zemské zrychlení [m·s⁻²]
 L ... průměr topného natavovacího válce [m]
 ℓ ... délka [m]
 m ... hmotnost [kg]
 M ... počet úseků Δx , ve kterých sledujeme průběhy teplot
v proteplovaném materiálu
Nu ... Nusseltovo podobnostní číslo
Pr ... Prandtlovo podobnostní číslo
 Q ... teplo [J]
 S ... plocha [m²]
 S ... relativní součinitel přestupu tepla [m]
 T ... absolutní teplota [K]
 u ... teplota [°C]
 u_f ... teplota tání [°C]
 u_g ... teplota zesklňování [°C]
 u_m ... teplota měknutí [°C]
 u_p ... počáteční rozložení teploty v nitě, teplota vzduchu
v místnosti [°C]
 u_U ... určovací teplota [°C]
 u_v ... teplota povrchu topného válce [°C]
 v ... rychlost výrobního zařízení [m·min⁻¹]
 w ... rychlost proudění tekutiny [m·s⁻¹]
 x ... tloušťka proteplovaného materiálu [m]
 Δx ... velikost elementárního dseku tloušťky materiálu x [m]

- α ... součinitel přestupu tepla $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
 α_c ... celkový součinitel přestupu tepla $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
 α_p ... součinitel přestupu tepla vedením $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
 α_p ... součinitel přestupu tepla prouděním $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
 α_R ... součinitel přestupu tepla sáláním $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
 α_v ... izobarický součinitel objemové roztažnosti $[K^{-1}]$
 λ ... součinitel tepelné vodivosti $[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
 μ ... dynamická viskozita $[N \cdot s \cdot m^{-2}]$
 ν ... kinematická viskozita $[m^2 \cdot s^{-1}]$
 ρ ... měrná hmotnost $[kg \cdot m^{-3}]$
 σ ... napětí $[N \cdot m^{-2}]$
 τ ... čas $[s]$

2. Ú v o d

Z tribuny 16. sjezdu naší strany zaznělo velmi potřebně a aktuálně vyvíjet a rychle zavádět ve všech odvětvích národního hospodářství do provozních podmínek nové technologie s nižší energetickou náročností a s vyšší produkcí. Je zapotřebí vyrábět výrobky lepší kvality, které budou schopny konkurenčně se více prosazovat na nesocialistických trzích. V dovozu technologických celků se více zaměřit na možnosti dodávek ze zemí RVHP. Růst cen surovin na světových trzích nás všechny nutí k efektivnějšímu využívání druhotných surovin a důležitějšímu řízení jejich zhodnocování.

V posledních letech se velmi úspěšně rozvíjí spolupráce katedry netkaných textilií a katedry tepelné techniky liberecké VŠST. Přesvědčit se o tom můžeme pohledem do jednoho z provozů n.p. RETEX Ivančice v Liberci. Zde již rok pracuje linka na výrobu termoplasticky pojené netkané textilie, která slouží jako nosná vrstva tolik pro naše národní hospodářství potřebných bituminových izolačních lepenek.

Tato i ostatní technologie výroby pojených textilií se vyznačuje poměrně jednoduchou konstrukcí vlastního výrobního zařízení a s ohledem na obsluhu je nenáročná. Jednoduchá obsluha, bezporuchový provoz se odráží v možnostech případného vývozu výrobních linek nejen do vyspělých kapitalistických zemí, ale hlavně také do zemí rozvojových.

Jednou z těchto technologií je i výroba pojených textilií z několika soustav nití. Jsem členem Socialistického svazu mládeže a zároveň jako budoucí pracovník v oblasti netkaných textilií, jsem hrdý, že mi bylo katedrou netkaných textilií VŠST v Liberci umožněno ve své diplomové práci řešit problém,

který je rozhodující pro tvorbu spojené textilie touto technologií.

Při řešení diplomového tématu jsem si plně uvědomoval, že výsledek mé práce může značně přiblížit období, kdy bude zavedena tato technologie v některém našem textilním národním podniku.

3. Princip výroby pojené textilie ze soustav nití

Na obrázku č. 1 je schéma technologického zařízení na výrobu pojené textilie ze soustav nití. Autoři vynálezu předpokládají použití na výrobním zařízení alespoň dvou soustav nití, kterými mohou být monofil, hedvábí, příze nebo řezané pásy z polymerních folií, z nichž alespoň jedna soustava nití je schopna přejít vlivem tepla nebo vlivem bobtnadla do viskózně tekutého stavu nebo adhezního stavu /5/.

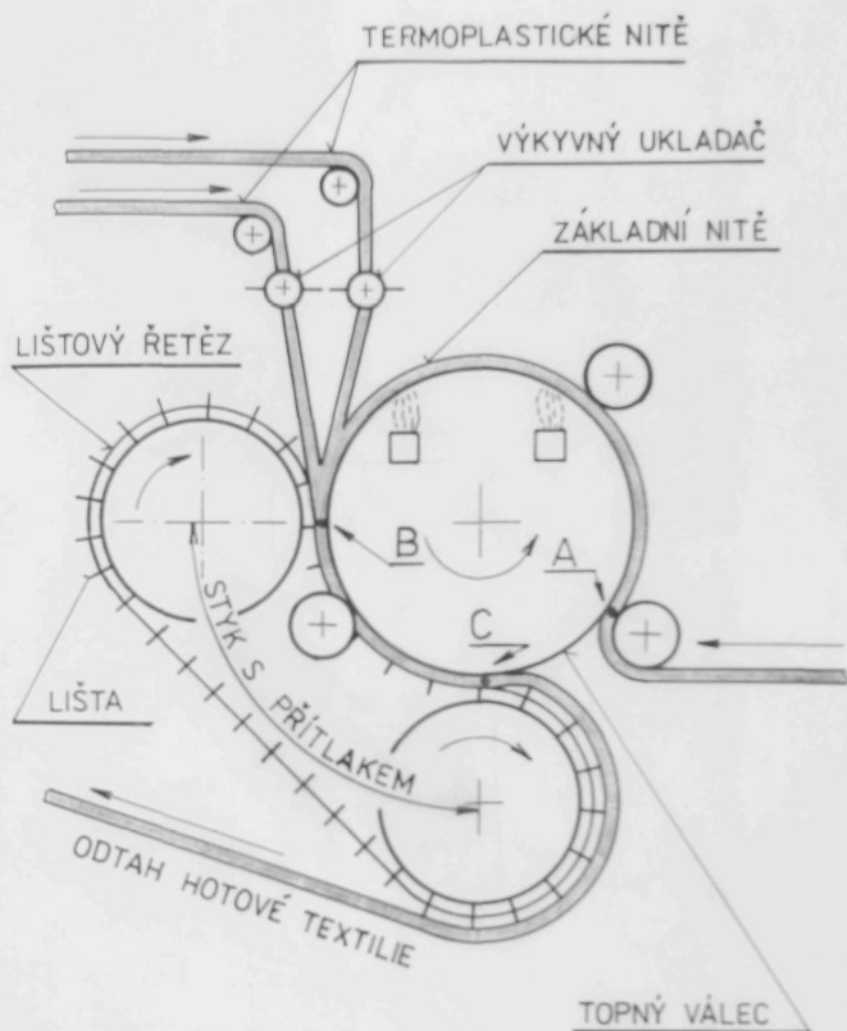
Při vyšetřování podmínek pro nastavení termoplastických nití na nitě základní jsem se zaměřil na tvorbu pojené textilie ze tří soustav nití s vědomím, že celý problém lze podle potřeby kdykoliv dále rozšířit stejným postupem na pojení dvou a více než tří soustav nití.

Materiál nití je nutné vybírat takovým způsobem, aby byla teplota tání základních nití vždy minimálně o 30 [°C] větší než u nití termoplastických. Termoplastickými nitěmi mohou být:

- a/ nitě pouze z termoplastického materiálu,
- b/ nitě skané, vzniklé seskáním termoplastické nitě s nití základní tak, aby základní nit byla obtáčena nití termoplastickou.

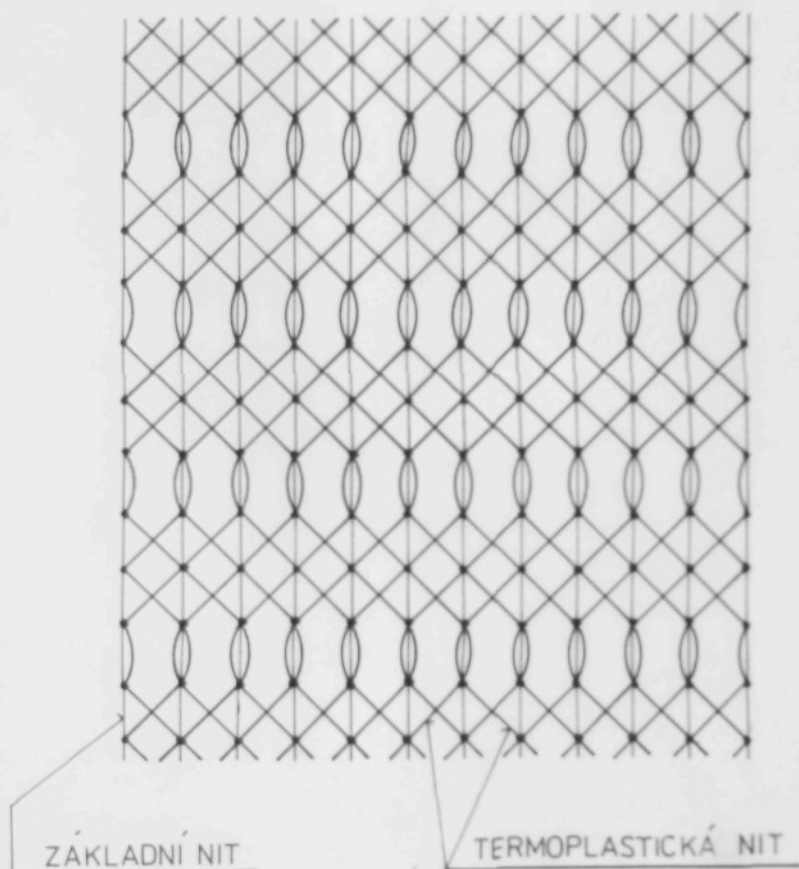
V našem případě je uvažováno, že termoplastické nitě jsou pouze z termoplastického materiálu.

Vlastní tvorba pojené textilie ze soustav nití probíhá tak, že na základní nitě, předehřívané na zařízení mezi body A a B (obr. č. 1), jsou ukládány v místě B pomocí výkyvného zařízení dvě soustavy termoplastických nití. Uchycení výkyvného ukládání termoplastických nití na nitě základní se děje s pomocí



OBRÁZEK č.1

SCHEMA TECHNOLOGICKÉHO ZAŘÍZENÍ



OBRÁZEK 8.2

STRUKTURA POJENÉ TEXTILIE ZE SOUSTAV NITÍ [5]

lišť lištového řetězu. Každá lišta zajišťuje svým přitlakem v místě překřížení po proteplení soustav nití vznik pevného spoje. Návod nití do výkyvného zařízení může být podle potřeby různě hustý.

Struktura vytvořené pojené textilie ze soustav nití je znázorněna na obr. č. 2.

4. Tepelné vlastnosti vláknenných materiálů vhodných pro výrobu pojené textilie ze soustav nití

Úspěšné sledování tepelného procesu v průběhu proteplování základních a termoplastických nití si žádá seznámit se s tepelnými vlastnostmi vláknenných textilních materiálů, vhodných pro naši technologii. Obecně mezi významné tepelné vlastnosti patří:

- a) tepelná vodivost
- b) měrné teplo
- c) teplota zesklenní
- d) teplota měknutí
- e) teplota tání

4.1. Tepelná vodivost a měrné teplo

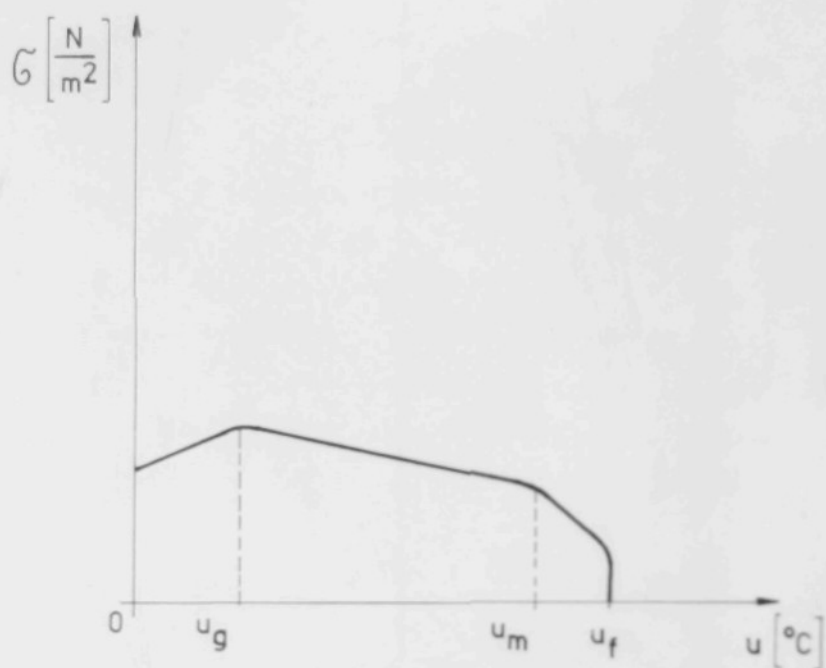
Tepelná vodivost $\lambda [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$ se definuje jako množství tepla $Q [J]$, které proteče kvádrem o ploše podstavy $s \cdot 1 [m^2]$ a výšce tloušťce materiálu $x = 1 [m]$ za dobu $\tau = 1 s$, jestliže na povrchu na obou stranách proteplovaného materiálu je rozdíl teplot $\Delta T = 1 K$. Měrné teplo $c [J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$ je určeno množstvím tepla $Q [J]$, které se musí dodat materiálu o hmotnosti $m = 1 kg$, aby se ohřál o tepelný rozdíl $\Delta T = 1 K$. [2]

Tepelná vodivost je fyzikální konstantou látky. Součinitel je závislý na teplotě, u plynů a kapalin také na tlaku. Vedení tepla látkou je ovlivněno silou vazeb mezi molekulami a atomy. Mimořádný vliv na vedení tepla má i malý obsah nečistot v látce. Tepelná vodivost je závislá na teplotě v té míře, jak se s teplotou mění měrné teplo látky.

Se vzrůstající teplotou dochází u krystalických polymerů k tání krystalitů a v polymerech vzrůstá amorfni podíl. Hodnota měrného tepla dosahuje maximální velikosti při teplotě, kdy látka pozbyla krystalického charakteru. V oblasti této teploty dosahuje i hodnota koeficientu tepelné vodivosti maximální hodnoty. Jelikož tepelná vodivost se s teplotou mění, byla při výpočtech používána průměrná hodnota koeficientů tepelné vodivosti $/3/$. Velikost průměrného koeficientu pro některé textilní materiály je uvedena v tabulce č. 1.

4.2. Teplota zesklenní.

[1] Teplota zesklenní U_g je teplota, při jejímž překročení přestávají působit v makromolekulárních látkách slabé a slabší síly mezi molekulami. Důsledek zvětšené pohyblivosti makromolekulárních řetězců se projevuje v daleko snazším dloužení vláken. Při teplotě U_g nedochází u polymerů k uvolňování ani k pohlcování tepla. Krystalizace polymerů probíhá pouze při vyšších teplotách, než je teplota zesklenní. Teplota U_g se projevuje zlomem, například na křivce závislosti napětí v niti na teplotě nitě (obr. č. 3). Průběh křivky zaznamenává i další zlomy, které odpovídají oblastem teploty měknutí U_m a teploty tání U_f . Teploty zesklenní některých textilních materiálů jsou uvedeny v tabulce č. 1.



OBRAZEK č.3

SCHEMA ZÁVISLOSTI NAPĚTÍ V NITI NA TEPLOTĚ NITĚ

TABULKA č. 1

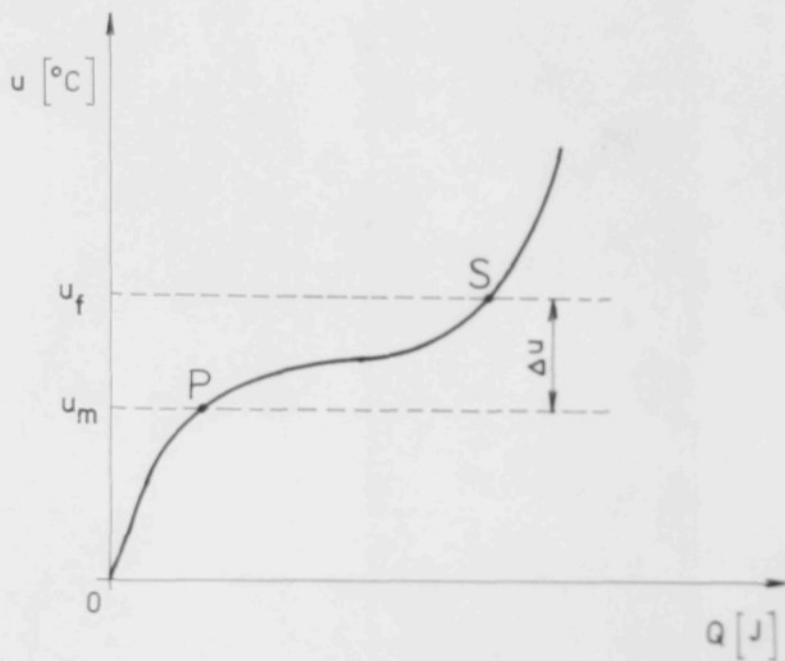
HODNOTY TEPLoty ZESKELNĚNÍ, MĚKNUTÍ, TÁNÍ A PRŮMĚRNÉ HODNOTY
TEPELNÉ VODIVOSTI NĚKTERÝCH TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ. [1],[3]

Materiál	teplota zeskelnění u_g [°C]	teplota měknutí u_m [°C]	teplota tání u_f [°C]	tepelná vodivost λ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
AC	180	205 - 235	255 - 260	0,17 - 0,35
PAD 6	41	170 - 190	212 - 225	0,29
PAD 6.6	47	220 - 245	250 - 260	0,23
PES	80	230 - 280	250 - 258	0,17
POP	-20	150 - 155	163 - 175	0,21
POE vys.t.	45	85 - 110	115	0,29
POE níz.t.	45	120 - 130	135	0,35
PVC - C1	83	70 - 130	160 - 185	0,17
sklo		815	1300	0,81

4.3. Teplota tání a teplota měknutí.

Při sledování závislosti teploty nitě na množství předaného tepla nití, lze získat křivku (obr. č. 4), která má ve svém průběhu dva význačné body P a S. Bod P odpovídá na ose závisle proměnné teplotě měknutí u_m . Obdobně bod S odpovídá na ose závisle proměnné teplotě tání u_f makromolekulární látky.

Po zahřátí polymeru na teplotu měknutí začíná docházet ve struktuře protetpovaného materiálu k tání krystalitů. Krystalická mřížka se však ještě nerozpadá. V oblasti mezi body P a S dochází dále k tání krystalitů. Příčné vazby mezi molekulami se začínají stále více porušovat. Krystalická mřížka se rozpadá. Po zahřátí polymeru na teplotu tání dochází



OBRAŽEK 8.4

ZÁVISLOST TEPLoty NITĚ NA MNOŽSTVÍ PŘEDANÉHO
TEPLA NITI

v proteplovacím materiálu k rozpadu krystalické mřížky. Látka přešla do stavu taveniny.

Velký teplotní rozdíl ΔU je u vysoce krystalické makromolekulární látky. Vyšší nebo nižší teplota tání polymeru je závislá na velikosti polymeračního stupně látky. Vyšší teplota tání polymeru odpovídá nižšímu polymeračnímu stupni. Teploty tání a měknutí některých textilních materiálů jsou uvedeny v tabulce č. 1.

5. Proces proteplování vlákně vrstvy.

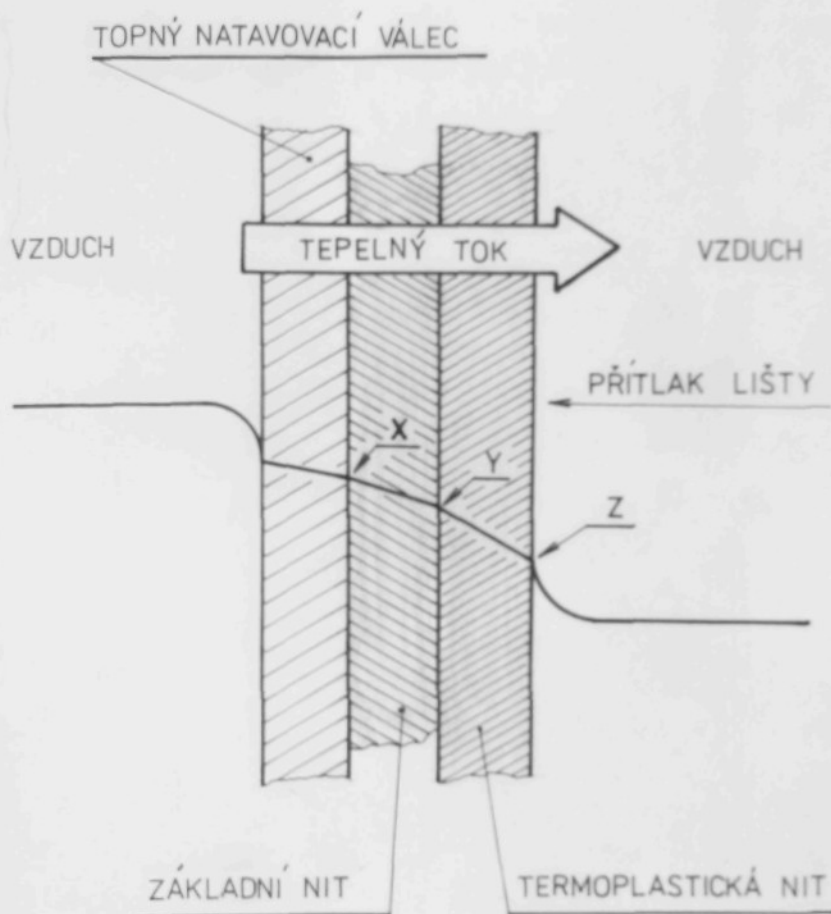
K bodovému propojení soustav nití musí dojít dle obr. č. 1 mezi body B a C. Lišty lištového řetězu v této oblasti:

- a) udržují výkyvné rozvádění termoplastických nití na nitích základních a tím zajišťují pravidelnou strukturu nově vzniklé pojené textilie,
- b) přitlačují soustavy nití na sebe a k topnému natavovacímu válci a tak pomáhají při vytváření pevných spojů mezi nitěmi.

Pro vznik pevných spojů v místech překřížení termoplastických a základních nití je zapotřebí určité doby tepelného působení na nitě. Nazvěme tuto dobu dobou celkovou T_c a považujeme zjištění její velikosti za rozhodující pro tvorbu pojené textilie ze soustav nití. Celková doba T_c v sobě obsahuje, dle obrázku č. 5 a obrázku č. 6, časový úsek:

T_p ... doba, za kterou je po začátku proteplování nití v místě Y termoplastické nitě teplota měknutí a začíná se vytvářet pevný spoj

T_m ... doba, za kterou je po začátku proteplování nití



OBRÁZEK č.6

MÍSTA S ROZHODUJÍCÍ TEPLOTOU PRO PROTEPLOVÁNÍ NITÍ

2

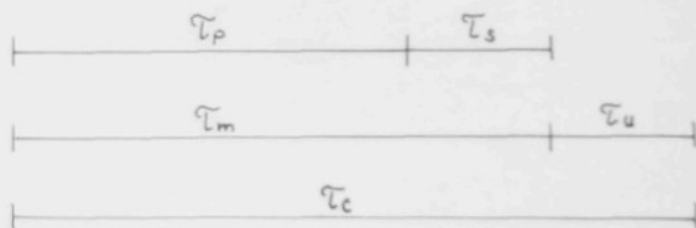
v místě Z termoplastické nitě teplota měknutí a dokončuje se tvorba pevného spoje

τ_s ... doba vytváření pevného spoje mezi termoplastickou a základní nití

τ_u ... doba, o kterou se prodlouží časový úsek τ_m vlivem chladicího účinku hrotu lišty lištového řetězu.

Velikost celkové doby τ_c je závislá na:

- a) teplotě povrchu topného natavovacího válce
- b) tepelných vlastnostech proteplovaných nití
- c) tloušťce (jemnosti) proteplovaných nití
- d) chladícím účinku hrotů lišt lištového řetězu.



OBRAZEK č. 5

ČASOVÉ ÚSEKY OBSAŽENÉ V CELKOVÉ DOBĚ

5.1. Stanovení doby τ_m Schmidtovou grafickou metodou

konečných rozdílů.

Stykem soustav nití s vyhřátým povrchem topného natavovacího válce dochází mezi válcem a soustavami nití ke sdílení tepla současně třemi způsoby: vedením, prouděním a sáláním. Protože se při proteplování mění teplota nití současně s časem, je námi sledovaný děj nestacionární a lze jej popsat

obecnou rovnicí nestacionárního vedení tepla:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = a \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (1)$$

kde

- a ... součinitel teplotní vodivosti
- $u = u(x, \tau)$... teplota
- τ ... čas
- x ... tloušťka protetpovaného materiálu
- λ ... tepelná vodivost
- c ... specifické teplo
- ρ ... měrná hmotnost

Řešení nestacionárního vedení tepla je matematicky dosti obtížné. V praxi se dává raději přednost diferenčním metodám například Schmidtově grafické metodě konečných rozdílů, jejíž přesnost je pro technickou praxi zcela dostatečná. [7]

V rovnici (1) nahradíme parciální derivace diferencemi

$$\frac{\Delta u}{\Delta \tau} = a \cdot \frac{\Delta^2 u}{\Delta x^2} \quad (2)$$

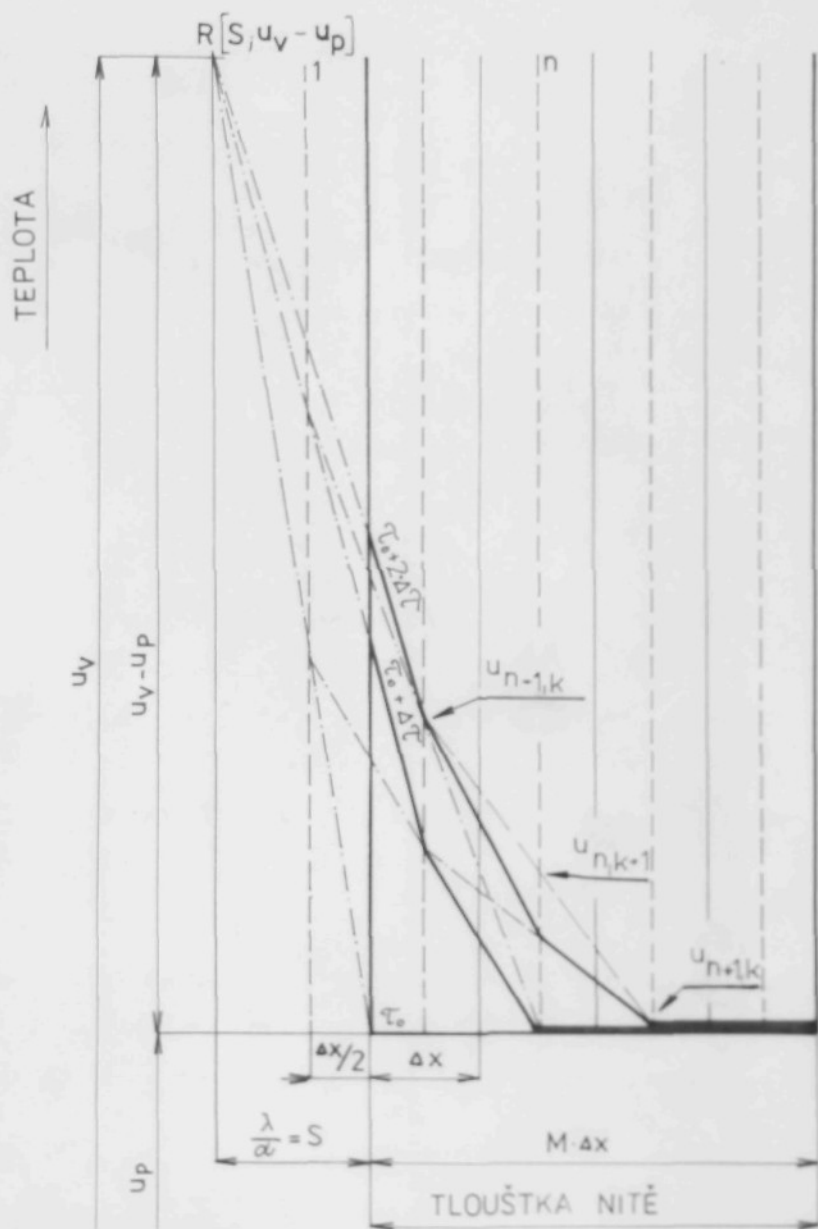
Označíme-li pomocí $u_{n,k}$ teplotu na n -té vertikále v čase $(\tau_0 + k \cdot \Delta \tau)$, lze s vyjádřením jednotlivých diferenčních poměrů rovnice (2) po úpravách obdržet vztah (obr. č. 7) :

$$u_{n,k+1} = u_{n,k} + \frac{a \cdot \Delta \tau}{\Delta x^2} (u_{n+1,k} - 2u_{n,k} + u_{n-1,k}) \quad (3)$$

Pro praktické použití metody je účelné zvolit hodnoty $\Delta \tau$ a Δx tak, aby byla splněna podmínka:

$$a \cdot \frac{\Delta \tau}{\Delta x^2} = \frac{1}{2} \quad (4)$$

Dodržením podmínky (4) získáme základní předpis pro Schmidtovu



OBRÁZEK 8. 7

GRAFICKÁ KONSTRUKCE PRŮBĚHU TEPLŮ PŘI NESTACIONÁRNÍM VEDENÍ TEPLA.

grafickou metodu konečných rozdílů:

$$u_{n,k+1} = \frac{1}{2} (u_{n+1,k} + u_{n-1,k}) \quad (5)$$

Na obrázku č. 7 je znázorněna grafická konstrukce průběhu teplot při nestacionárním vedení tepla. Symboly použité k popisu obrázku značí:

M ... počet úseků Δx , ve kterých sledujeme průběhy teplot

Δx ... díl trouščky materiálu (nitě)

S ... relativní součinitel přestupu tepla

λ ... tepelná vodivost

α ... součinitel přestupu tepla

u_v ... teplota povrchu topného natavovacího válce

u_p ... počáteční rozložení teploty v niti (teplota místností)

Schmidtova grafická metoda konečných rozdílů umožňuje sledovat nárůst teploty v čase pro jednotlivé úseky Δx trouščky nitě. Konstrukce všech teplotních křivek v čase vychází ze společného bodu R, který se nazývá řídícím bodem. Vzdálenost řídícího bodu od povrchu materiálu je dána velikostí relativního součinitele přestupu tepla

$$S = \frac{\lambda}{\alpha} \quad (6)$$

Vzdálenost řídícího bodu R od přímky počátečního rozložení teplot je určena rozdílem teploty povrchu topného natavovacího válce u_v a počátečního rozložení teploty v niti u_p .

V roce 1980 byl na požádání katedry netkaných textilií na katedře technické kybernetiky vypracován program „OHREV“.

kteřý řeší nestacionární ohřev různých materiálů právě Schmidtovou grafickou metodou konečných rozdílů na počítači RPP - 16 S.[6]

Program „ OHREV “ má pro nás velký význam při sledování nárůstu teploty v čase při zahřívání tenkých materiálů (nitě) , kde konstrukce křivek průběhu teploty není ručním způsobem proveditelná.

5.1.1. Podmínky pro praktické použití Schmidovy grafické metody konečných rozdílů.

[7] Použití pro sledování nárůstu teploty v čase rovnice (5) si žádá splnění tzv. povrchové podmínky. Tato vyjadřuje vliv obklopujícího prostředí na povrch protetpovaného materiálu (nitě) a má tvar:

$$\frac{\Delta U}{0,5 \cdot \Delta X} = \frac{U_v - U_p}{\frac{\lambda}{\alpha}} = \frac{U_v - U_p}{S} \quad (7)$$

kde

- S... relativní součinitel přestupu tepla
- λ ... tepelná vodivost
- α ... součinitel přestupu tepla
- U_p ... počáteční rozložení teploty v niti
- U_v ... teplota povrchu topného válce
- ΔX ... díl tloušťky materiálu (nitě)

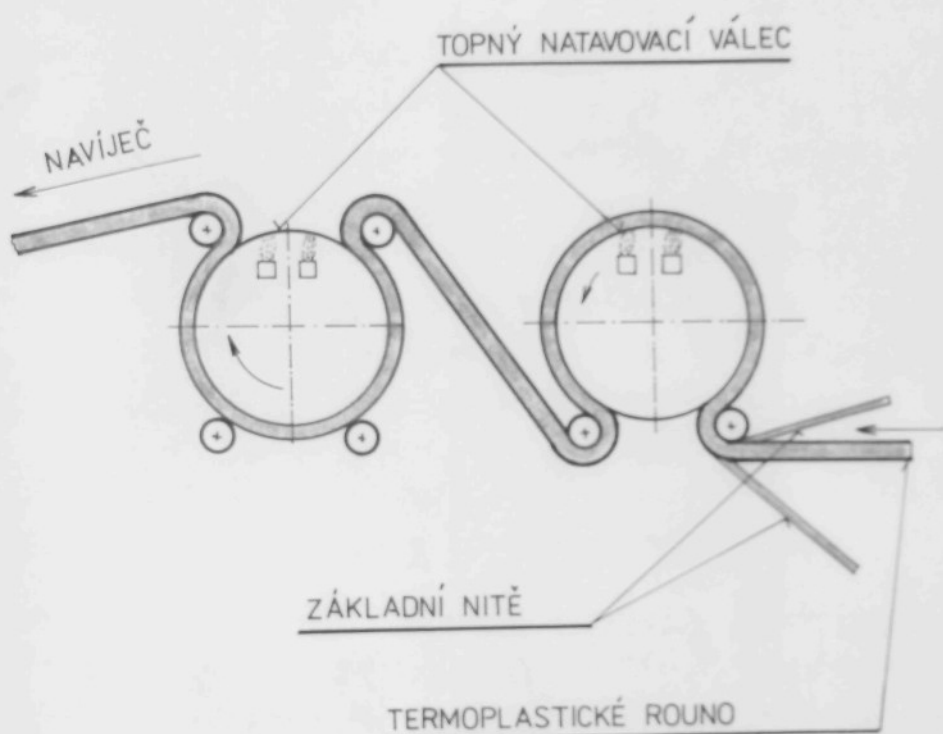
Druhá podmínka se týká volby hodnot ΔT a ΔX tak, aby byla splněna rovnice (4) .

5.2. Využití poznatků z výroby pojené textilie v n.p. RETEX
v závodě v Liberci.

V důvodu mé práce jsem se zmínil o výrobě pojené textilie v n.p. RETEX. Princip výroby pojené textilie (obr. č. 8) má mnoho společného s naším principem výroby pojené textilie ze soustav nití.

- a) Základní soustava nití je společná pro obě technologie.
- b) Místo termoplastické soustavy je použito termoplastické rouno (termoplastickou složku tvoří vlákna z polyamidu 6).
- c) K tvorbě plošné textilie dochází během styku vrstvy materiálu s povrchem topného natavovacího válce.
- d) Předpokládaná tloušťka pojené textilie ze soustav nití bude asi o polovinu tenčí než je tomu u pojené textilie v n.p. RETEX.
- e) Ke vzniku pojené textilie v n.p. RETEX je nutné oboustranné prohřívání vrstvy materiálu.

Předešlým porovnáním obou technologií se nabízí využít poznatků z výroby pojené textilie v n.p. RETEX při řešení procesu prohřívání soustav nití u naší technologie. Při výrobě pojené textilie v n.p. RETEX se používá jako základních nití nití ^{VL}sklepených a termoplastického rouna. Termoplastickou složkou je zde polyamid 6 (PAD 6). Příjemným zjištěním je, že zmiňované dva textilní materiály se předpokládá použít i při výrobě pojené textilie ze soustav nití. Vedle polyamidu 6 (PAD 6) se uvažuje zejména s použitím termoplastické nitě z polypropylenu (POP) a z chlorovaného polyvinylchloridu (PVC - Cl). Tepelný proces proteplování soustav nití bude v mé práci dále sledován pro použití skleněných nití jako nití základních a nití z polyamidu 6 (PAD 6) jako nití termoplastických.



OBRÁZEK č.8

SCHEMA LINKY NA VÝROBU POJENÉ TEXTILIE V n.p. RETEX

K tvorbě spojené textilie v n.p. RETEX dochází při teplotě povrchu topného natavovacího válce (obr. č. 9)

$$u_v = 270 [^{\circ}\text{C}]$$

Významnou teplotou při sledování procesu proteplování je i teplota u_s . K vytvoření pevných spojů v místech překřížení nití je třeba, aby teplota u_s byla rovna teplotě měknutí u_m termoplastických nití. Znalost teploty u_v a teploty u_s umožňuje vypočítat i teplotu u_4 .

Teplo prošlé jednotkou plochy S za čas $\tau = 1[\text{s}]$ základní nití je rovno teplu prošlému za stejných podmínek nití termoplastickou. Lze tedy použít následující rovnost (obr. č. 9) [2]

$$Q = \frac{\lambda_z}{x_z} (u_v - u_4) \cdot S \cdot \tau = \frac{\lambda_r}{x_r} (u_4 - u_s) \cdot S \cdot \tau \quad (8)$$

Úpravou vztahu (8) získáme výraz pro výpočet teploty v místě mezi oběma nitěmi

$$u_4 = \frac{x_r \cdot u_v \cdot \lambda_z + x_z \cdot u_s \cdot \lambda_r}{x_r \cdot \lambda_z + x_z \cdot \lambda_r} \quad (9)$$

kde

x_r tloušťka (jemnost) termoplastické nitě

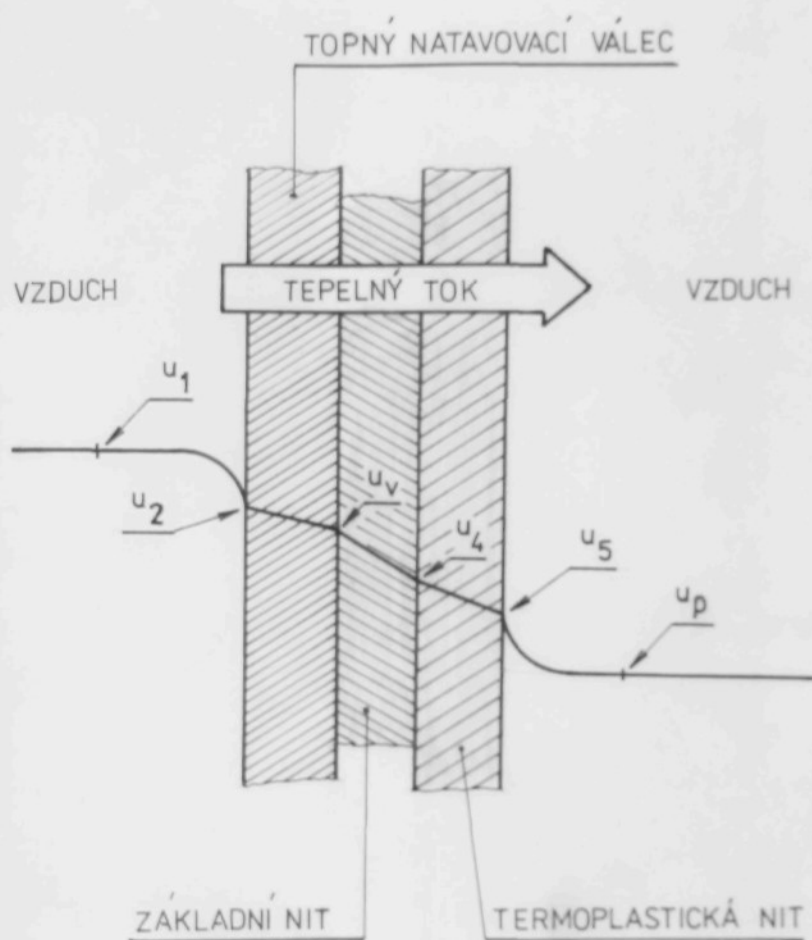
x_z tloušťka (jemnost) základní nitě

λ_r tepelná vodivost termoplastické nitě

λ_z tepelná vodivost základní nitě

u teplota místa rozhodujícího pro proteplování

Pokud by bylo nutné zjistit velikost teploty u_2 topného



OBRÁZEK 8.9

PRŮBĚH TEPLoty PŘI PROTEPLOVÁNÍ VÍCE SOUSTAV MATERIÁLŮ

natahovacího válce, postupovali bychom zcela stejně jako při výpočtu teploty u_4 .

5.3. Stanovení celkového součinitele přestupu tepla.

Součinitel přestupu tepla α má značný význam pro velikost doby τ_c , a navíc je druhou veličinou po tepelné vodivosti, jehož velikost se s teplotou částečně mění. Tento součinitel přestupu tepla je složitou funkcí mnoha proměnných veličin, které mají vliv na celý proces proteplování nití. [4]

$$\alpha = \alpha (\zeta, \omega, \rho, \lambda, w, u, \Delta u, \alpha_v, \dots) \quad (10)$$

kde

ζ ... dynamická viskozita

ρ ... měrná hmotnost

λ ... tepelná vodivost

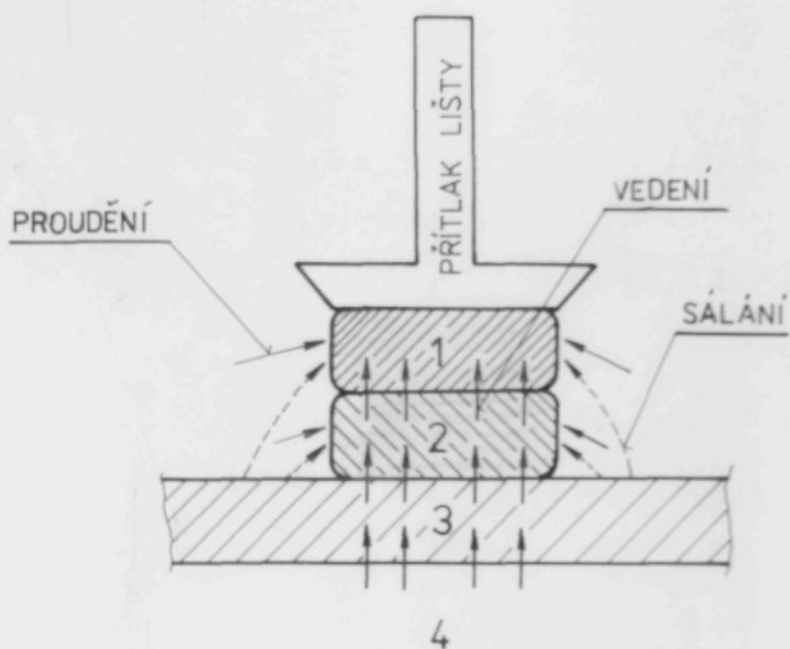
w ... rychlost tekutiny

u ... teplota

Δu ... rozdíl mezi teplotou tekutiny a stěny proteplováného materiálu

α_v ... izobarický součinitel objemové roztažnosti

Pokud by se na našem modelovém zařízení (obr. č. 1) zaměnily termoplastické a základní nitě za folie ze stejných druhů materiálů, sdílelo by se teplo mezi topným natahovacím válcem a foliemi pouze vedením (kondukcí). Náš případ je o to složitější, že nesledujeme proteplování folií, ale průtok tepla s povrchu topného natahovacího válce do nití. Proteplování se bude dít (obr. č. 10) nejen vedením tepla (kondukcí), ale



- 1 - TERMOPLASTICKÁ NIT
- 2 - ZÁKLADNÍ NIT
- 3 - TOPNÝ NATAVOVACÍ VÁLEC
- 4 - HORKÉ SPALINY

OBRÁZEK č.10

MODEL PROTEPLOVÁNÍ SOUSTAV NITÍ

i prouděním (konvekci) od zahřátého vzduchu při povrchu topného natavovacího válce ze stran do nití. Svou roli při proteplování má i sálání tepla (radiace) s povrchu topného válce mezerami mezi nitěmi.

Hledaný celkový součinitel přestupu tepla α_c v sobě zahrnuje vliv všech tří způsobů šíření tepla - vedení, proudění, sálání. Pro jeho velikost platí:

$$\alpha_c = \alpha_p + \alpha_D + \alpha_R \quad (11)$$

kde

α_p ... součinitel přestupu tepla při sdílení tepla prouděním

α_D ... součinitel přestupu tepla při sdílení tepla vedením

α_R ... součinitel přestupu tepla při sdílení tepla sáláním

Pro výpočet součinitele přestupu tepla je zvláště výhodné použít teorii podobnosti.

Sledovaný proces proteplování nití je charakteristický tím, že sdílení tepla probíhá asi z

50% vedením (kondukcí)

35% prouděním (konvekci)

15% sáláním (radiací)

5.3.1. Výpočet součinitele přestupu tepla podle teorie podobnosti.

Při výpočtu součinitele přestupu tepla α budeme vycházet ze vztahu mezi Nusseltovým, Prandtlovým a Grashoffovým bezrozměrným číslem /4/. V první části výpočtu je třeba stanovit velikost Grashoffova čísla ze vztahu:

$$Gr = \frac{g \cdot \alpha_v \cdot \Delta u \cdot L^3}{\nu^2} \quad (12)$$

kde

- g ... tíhové zrychlení
- α_v ... izobarický součinitel objemové roztažnosti
- Δu ... teplotní rozdíl míst důležitých pro sledovaný proces
- L ... vnější průměr topného natavovacího válce
- ν ... součinitel vnitřního tření (kinematická viskozita)

Další výpočet je vázán velikostí součinu Grashoffova a Prandtlova podobnostního čísla. V závislosti na velikosti tohoto součinu je možné postupovat čtyřmi způsoby:

1. Pokud $Gr \cdot Pr > 2 \cdot 10^7$, počítáme součinitel přestupu tepla α ze vztahu

$$Nu = 0,135 (Gr \cdot Pr)^{\frac{1}{3}} = \frac{\alpha \cdot L}{\lambda} \quad (13)$$

kde

- Nu ... Nusseltovo podobnostní číslo
- Gr ... Grashoffovo podobnostní číslo

Pr ... Prandtlovo podobnostní číslo

α ... součinitel přestupu tepla

L ... vnější průměr topného natavovacího válce

λ ... tepelná vodivost

2. Jestliže $Gr \cdot Pr = 5 \cdot 10^2$ až $2 \cdot 10^7$, počítáme součinitel přestupu tepla α ze vztahu

$$Nu = 0,54 (Gr \cdot Pr)^{\frac{1}{4}} = \frac{\alpha \cdot L}{\lambda} \quad (14)$$

3. Pro $Gr \cdot Pr = 10^3$ až $2 \cdot 10^7$, lze vypočítat součinitel přestupu tepla α ze vztahu

$$Nu = 1,18 (Gr \cdot Pr)^{\frac{1}{8}} = \frac{\alpha \cdot L}{\lambda} \quad (15)$$

4. Je-li $Gr \cdot Pr < 10^3$, vypočítáme součinitel přestupu tepla α ze vztahu

$$\alpha = \frac{0,5 \cdot \lambda}{L} \quad (16)$$

5.3.2. Obecný pohled na výpočet součinitele přestupu tepla α_D .

Pro sledování procesu tepelného působení na soustavy nití je důležité:

- a) Ohřívání základních nití probíhá na dvakrát větší části obvodu topného natavovacího válce.

- b) Tepelná vodivost základních nití (uvažujeme použít skleněné nitě) je asi 3,2 krát větší než u nití termoplastických (polyamid 6) .

Z předešlého textu je zřejmé, že základní nitě budou v místě X (obr. č. 6) vždy zahřáty na teplotu povrchu topného natavovacího válce dřívě, než vejdou do styku s termoplastickými nitěmi. Toto vše platí i v případě, že tepelná vodivost základních nití se bude přibližně rovnat tepelné vodivosti nití termoplastických. Zjišťujeme nyní, že veškeré úsilí je třeba zaměřit na zjištění celkové doby τ_c potřebné k ohřátí termoplastické nitě na teplotu měknutí.

Při výrobě spojené textilie ze soustav nití jsou termoplastické nitě výkyvně ukáleny na již zahřáté nitě základní. V místě překřížení nití protéká ze zahřáté základní nitě teplo do nitě termoplastické. Při výpočtu součinitele přestupu tepla α_p se nám naskytá možnost převést sdílení tepla vedením ze základní nitě do nitě termoplastické na ohřívání termoplastické nitě vzduchem o tepelné vodivosti materiálu základní nitě. Ostatní fyzikální vlastnosti výpočtového vzduchu je třeba nalézt v tabulkách pro určovací teplotu

$$u_U = \frac{u_v + u_s}{2} \quad (17)$$

Tato záměna nemá vliv na proteplování termoplastické nitě. Při výpočtu součinitele přestupu tepla α_p máme možnost tak využít teorie podobnosti.

5.3.2.1. Praktický výpočet součinitele přestupu tepla α_D
při proteplování termoplastických nití.

a) Výpočet velikosti teploty u_4 ze vztahu (9) pro hodnoty:

$$x_T = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ [m]}$$

$$x_Z = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ [m]}$$

$$u_V = 270 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$u_S = 190 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\lambda_T = 0,29 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}\text{]}$$

$$\lambda_Z = 0,81 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}\text{]}$$

$$u_4 = \frac{x_T \cdot u_V \cdot \lambda_Z + x_Z \cdot u_S \cdot \lambda_T}{x_T \cdot \lambda_Z + x_Z \cdot \lambda_T}$$

$$u_4 = \frac{0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 270 \cdot 0,81 + 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 190 \cdot 0,29}{0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,81 + 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,29}$$

$$u_4 = 248,9 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

b) Výpočet určovací teploty u_U ze vztahu (17) pro hodnoty:

$$u_V = 270 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$u_4 = 248,9 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$u_U = \frac{u_V + u_4}{2} = \frac{270 + 248,9}{2} = 259,45 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

c) Výpočet Grashoffova podobnostního čísla ze vztahu (12)

a součinitele přestupu tepla α_D z hodnot:

$$g = 9,81 \text{ [m}\cdot\text{s}^{-2}\text{]}$$

$$\alpha_V = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ [K}^{-1}\text{]}$$

$$\Delta u = u_3 - u_4 = 21,1 [^{\circ}\text{C}]$$

$$Pr = 0,68$$

$$\nu = 41,17 \cdot 10^{-6} [\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$$

$$\lambda = 0,81 [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$$

$$L = 0,3 [\text{m}]$$

$$Gr = \frac{g \cdot \alpha_v \cdot \Delta u \cdot L^3}{\nu^2} = \frac{9,81 \cdot 3,0 \cdot 10^{-3} \cdot 21,1 \cdot 0,3^3}{(41,17 \cdot 10^{-6})^2}$$

$$Gr = 12,094 \cdot 10^6$$

Jelikož platí,

$$Gr \cdot Pr = 12,094 \cdot 10^6 \cdot 0,68 = 8,224 \cdot 10^6$$

a tato hodnota leží v oblasti mezi $5 \cdot 10^2$ až $2 \cdot 10^7$, budeme počítat součinitele přestupu tepla podle vztahu (14).

$$Nu = 0,54 (Gr \cdot Pr)^{\frac{1}{4}} = \frac{\alpha \cdot L}{\lambda}$$

$$\alpha_p = 0,54 (Gr \cdot Pr)^{\frac{1}{4}} \cdot \frac{\lambda}{L} = 0,54 (8,224 \cdot 10^6)^{\frac{1}{4}} \cdot \frac{0,81}{0,3}$$

$$\alpha_p = 78,04 [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$$

5.3.3. Praktický výpočet součinitele přestupu tepla α_p při proteplování termoplastických nití.

Vzduch mezi nitěmi při povrchu topného natavovacího válce se ohřívá a ohřátý zahřívá z boku proteplovanou nit (obr. č. 10). Úkolem je stanovit součinitele přestupu tepla α_p , který udává podmínky pro přechod tepla ze vzduchu do ohřívané nitě.

Velikost součinitele přestupu tepla α_p bude přibližně

stejná jako součinitele přestupu tepla z povrchu topného natavovacího válce o teplotě povrchu $u_v = 270[^\circ\text{C}]$ do okolního vzduchu o teplotě $u_p = 20[^\circ\text{C}]$.

a) Výpočet určovací teploty u_u pro hodnoty

$$u_v = 270[^\circ\text{C}]$$

$$u_p = 20[^\circ\text{C}]$$

$$u_u = \frac{u_v + u_p}{2} = \frac{270 + 20}{2} = 145[^\circ\text{C}]$$

b) Výpočet Grashoffova podobnostního čísla ze vztahu (12)

a součinitele přestupu tepla α_p z hodnot:

$$g = 9,81[\text{m} \cdot \text{s}^{-2}]$$

$$\alpha_v = 3,0 \cdot 10^{-3}[\text{K}^{-1}]$$

$$\Delta u = u_v - u_p = 250[^\circ\text{C}]$$

$$Pr = 0,694$$

$$\nu = 27,55 \cdot 10^{-6}[\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$$

$$\lambda = 0,0343[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$$

$$L = 0,3[\text{m}]$$

$$Gr = \frac{g \cdot \alpha_v \cdot \Delta u \cdot L^3}{\nu^2} = \frac{9,81 \cdot 3,0 \cdot 10^{-3} \cdot 250 \cdot 0,3^3}{(27,55 \cdot 10^{-6})^2} = 3,18 \cdot 10^8$$

Jelikož platí,

$$Gr \cdot Pr = 3,18 \cdot 10^8 \cdot 0,694 = 2,2164 \cdot 10^8$$

a tato hodnota leží v oblasti nad $2 \cdot 10^7$, vypočteme součinitel přestupu tepla ze vztahu (13)

$$Nu = 0,135 (Gr \cdot Pr)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{\alpha \cdot L}{\lambda}$$

$$\alpha_p = 0,135 (\text{Gr} \cdot \text{Pr})^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{\lambda}{L}$$

$$\alpha_p = 0,135 (2,2164 \cdot 10^8)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{0,0343}{0,3}$$

$$\alpha_p = 9,42 [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$$

5.4. Výpočet celkového součinitele přestupu tepla α_c pro proteplování termoplastických nití.

Při proteplování termoplastické nitě bylo zjištěno, že

$$\alpha_D = 78,04 [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$$

$$\alpha_p = 9,42 [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$$

Pro výpočet celkového součinitele přestupu tepla α_c platí vztah (11). V tomto vztahu je obsažen i součinitel přestupu tepla α_R . Sdílení tepla radiací se projevuje při proteplování nití nejmenším účinkem.

Domnívám se, že neudělám příliš velkou chybu, jestliže budu předpokládat, že součet všech tří složek sdílení tepla - celkový součinitel přestupu tepla

$$\underline{\underline{\alpha_c \doteq 100 [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]}}$$

6. Vliv chladicího účinku hrotů lišt lištového řetězu

při proteplování nití.

Při řešení proteplování základních a termoplastických nití je třeba uvážit i vliv ochlazování nitě hrotem lišty lištového řetězu. Vliv chladicího účinku lišty je důležité brát v úvahu, neboť ochlazování termoplastické nitě může dosti značně prodloužit dobu nutnou na zahřátí termoplastické nitě na teplotu měknutí. Řešení tohoto problému je podle mne možné třemi způsoby:

- a) poteflonováním hrotů lišt a tak vytvořením izolující vrstvičky mezi hroty lišt a termoplastickými nitěmi,
- b) zahříváním lišt tepelným zářičem před vstupem lišt ve styk s topným natavovacím válcem a soustavami nití,
- c) zahříváním lišt plynovými hořáky před jejich vstupem ve styk s topným natavovacím válcem a soustavami nití,
- d) kombinací předešlých způsobů.

Při řešení proteplování základních a termoplastických nití předpokládám, že vliv ochlazování nití hroty lišt lištového řetězu bude potlačen.

7. Tabulky s výsledky teoretického řešení proteplování soustav nití a zhodnocení dosažených výsledků.

Pro obsluhu výrobního zařízení by bylo výhodné nalézt tabelárně sestavené závislosti výrobní rychlosti zařízení (doby styku τ_c) na druhu a tloušťce nitě a teplotě povrchu topného natavovacího válce. Mým úkolem bylo tyto tabulky vytvořit. K výrobě spojené textilie ze soustav nití se předpokládá použít termoplastických nití zejména z polyamidu 6 (PAD 6), polypropylénu (POP) nebo chlorovaného polyvinylchloridu (PVC - Cl). Na tyto tři termoplastické materiály jsem se zaměřil při sledování proteplování nití.

Řešení nestacionárního vedení tepla programem „OHREV“ umožňuje stanovit hodnoty teplot v závislosti na čase a vzdálenosti od povrchu ohřívání materiálu (nitě). Nárůst teploty v nití byl sledován 11[s] po dotyku nitě s povrchem topného natavovacího válce. Ze získaných výsledků je možné odečíst potřebnou celkovou dobu τ_c (zanedbáme-li chladicí vliv hrotů lišt, pak $\tau_c = \tau_m$) k proteplení termoplastických nití na teplotu měknutí. Jelikož známe délku opásání topného natavovacího válce lištovým řetězem ($l = 0,24$ [m]), byly vypočteny v tabulkách pro potřebné celkové doby τ_c i odpovídající výrobní rychlosti modelového zařízení. Teploty povrchu topného natavovacího válce jsou voleny od teploty o 50 [°C] vyšší, než je teplota měknutí termoplastické nitě, do teploty 350 - 380 [°C] podle druhu materiálu nitě. Při sledování proteplování nití, rozumíme pod pojmem tloušťka nitě sílu stěny nitě po jejím přitlačení lištou k topnému natavovacímu válci.

TABULKA č.2

PAD 6		TEPLoty POVRCHU TOPNÉHO NATAVOVACÍHO VÁLCE $u_v [^{\circ}\text{C}]$											
		230				250				300			
		doba styku $\tau_c [s]$	výrobní rychlost $v [m/min]$	doba styku $\tau_c [s]$	výrobní rychlost $v [m/min]$	doba styku $\tau_c [s]$	výrobní rychlost $v [m/min]$	doba styku $\tau_c [s]$	výrobní rychlost $v [m/min]$	doba styku $\tau_c [s]$	výrobní rychlost $v [m/min]$	doba styku $\tau_c [s]$	výrobní rychlost $v [m/min]$
$u_m = 180 [^{\circ}\text{C}]$	tloušťka	0,2	1,92	6,0	2,4	4,5	3,2	3,5	4,11	3	4,8	6,5	2,22
	nítě	0,4	*	11	1,31	9	1,6	7,5	1,92	6,5	2,22		

* - hledaná doba styku je delší než 11 [s].

TABULKA č.3

POP		TEPLoty POVRCHU TOPNÉHO NATAVOVACÍHO VÁLCE u_v [°C]											
		200				240				290			
		dobu styku τ_c [s]	výrobní rychlost v [m/min]	dobu styku τ_c [s]	výrobní rychlost v [m/min]	dobu styku τ_c [s]	výrobní rychlost v [m/min]	dobu styku τ_c [s]	výrobní rychlost v [m/min]	dobu styku τ_c [s]	výrobní rychlost v [m/min]	dobu styku τ_c [s]	výrobní rychlost v [m/min]
$u_m = 150$ [°C]	tloušťka	0,2	6	2,4	4	3,6	3	4,8	2,5	5,76	2	7,2	
	nítě	0,4	*	8,5	1,7	6,5	2,21	5	2,88	4	3,6		
$s \cdot 10^3$ [m]													

* - hledaná doba styku je delší než 11 [s].

TABULKA č.4

PVC-CI		TEPLOTY POVRCHU TOPNÉHO NATAVČANÉHO VÁLCE $u_v [^{\circ}C]$												
		150			200			250			300			350
$u_m = 70-130 [^{\circ}C]$		doba styku $\tau_c [s]$	výrobní rychlost $v [m/min]$	doba styku $\tau_c [s]$	výrobní rychlost $v [m/min]$	doba styku $\tau_c [s]$	výrobní rychlost $v [m/min]$	doba styku $\tau_c [s]$	výrobní rychlost $v [m/min]$	doba styku $\tau_c [s]$	výrobní rychlost $v [m/min]$	doba styku $\tau_c [s]$	výrobní rychlost $v [m/min]$	
tloušťka nitě	0,2	2,5-5,5	5,76 1,7	1,5-4,5	9,6-3,2	1,5-3,0	9,6-4,8	1-2,5	14,4-5,76	1-2	14,4-7,2	1-2	14,4-7,2	
	0,4	5 - *	2,88 a méně	3,5-6	4,11-1,6	2,5-6,0	5,76-2,40	2,0-5,0	7,2-2,88	1,5-4,5	9,6-3,2	1,5-4,5	9,6-3,2	

* - hledaná doba styku je delší než 11 [s] .

Ze zjištěných hodnot v tabulkách pro nás vyplývá:

a) Proteplování nití z polyamidu 6 (PAD 6).

Pro použití termoplastických nití z polyamidu 6 je nevýhodou jeho poměrně vysoká teplota měknutí. To nás nutí vyhřívat povrch topného natavovacího válce na vyšší teploty. Výrobní rychlost modelového zařízení i při vyšších teplotách nebude velká. K použití lze doporučit polyamidovou nit do tloušťky $0,4 \cdot 10^{-3} [\text{m}]$.

b) Proteplování nití z polypropylénu (POP).

Nižší teplota měknutí oproti polyamidu 6 umožňuje vyrábět pojenou textilii ze soustav nití při nižších teplotách povrchu topného natavovacího válce. Nevýhodou pro vlastní použití je malý teplotní rozdíl mezi teplotou tání a teplotou měknutí. Při proteplování polypropylénových nití bude po překročení oblasti teploty měknutí hrozit velmi rychle nebezpečí roztání nití. K použití lze doporučit polypropylénovou nit do tloušťky $0,6 \cdot 10^{-3} [\text{m}]$.

c) Proteplování nití z chlorovaného polyvinylchloridu (PVC - Cl).

Nitě z PVC - Cl jsou nejvýhodnější pro použití na výrobu pojené textilie ze soustav nití. Jejich výhodou je především nízká teplota měknutí. Dostatečně velký je i rozdíl mezi teplotou měknutí a teplotou tání. Pro vytvoření pevných spojů mezi soustavami nití je nutné nejen zahřát termoplastickou nit na teplotu měknutí, ale i použít dosti velkého přítlaku lišt. To na našem modelovém zařízení lze snadno provést. K použití doporučuji nit do tloušťky $0,6$ až $0,8 \cdot 10^{-3} [\text{m}]$.

Zjištěné hodnoty v tabulkách byly vypočteny teoreticky a pro praktické použití bude nutné tyto hodnoty porovnat s výsledky praktických zkoušek.

8. Z á v ě r.

Cílem mé práce bylo shrnout poznatky o tepelných vlastnostech vláknenných materiálů (zvláště POP, PVC - Cl, PAD 6 a skla) a vyšetřit podmínky pro natavení termoplastických nití na nitě základní. Dále stanovit požadavky na modelové zařízení, které by vyrábělo spojenou textilii ze soustav nití při výrobní rychlosti do 20 m/min .

Z tepelných vlastností termoplastických materiálů má největší význam teplota měknutí, teplota tání a tepelná vodivost. Vedle těchto vlastností jsem se zmínil i o měrném teple a teplotě zeskelnění.

Při výrobě spojené textilie ze soustav nití předpokládám, že výkyvné ukládání termoplastických nití je již na zahřáté nitě základní. Vznik pevných spojů mezi termoplastickými a základními nitěmi závisí pouze na době zahřátí termoplastických nití na teplotu měknutí. Tato doba byla nazvána celkovou dobou τ_c . Zjištění její velikosti je rozhodující pro tvorbu spojené textilie ze soustav nití. Velikost celkové doby τ_c může značně prodloužit vliv chladicího účinku hrotů lišt lištového řetězu. Při řešení proteplování termoplastických nití jsem předpokládal, že vliv chladicího účinku hrotů lišt bude potlačen poteflonováním hrotů, nebo zahříváním lišt tepelným zářičem nebo plynovými hořáky.

Sledování nestacionárního vedení tepla je matematicky dosti náročné. Místo obtížného řešení diferenciální rovnice pro nestacionární vedení tepla bylo použito Schmidtovy grafické metody konečných rozdílů, jejíž přesnost je pro technickou praxi dostačující. Schmidtova grafická metoda konečných rozdílů umožňuje

stanovit hodnoty teplot v závislosti na čase a vzdálenosti od povrchu ohřívání materiálu.

Použití této metody vyžaduje vypočítat součinitele přestupu tepla. Proteplování nití při výrobě pojené textilie ze soustav nití se děje současně vedením, prouděním a sáláním tepla. Náš hledaný celkový součinitel přestupu tepla α_c zahrnuje v sobě součet všech tří složek sdílení tepla. Pro výpočet jeho velikosti bylo použito teorie podobnosti.

Řešení nestacionárního vedení tepla grafickou Schmidtovou metodou konečných rozdílů jsem provedl programem „OHREV“ na počítači Tesla RPP - 16 S. Proteplování nití bylo sledováno 11 sekund po dotyku termoplastické nitě se zahřátou nití základní. Z výsledků získaných na počítači RPP - 16 S (přílohy diplomové práce) jsem získal potřebné celkové doby T_c pro různé druhy a tloušťky nití a teploty povrchu topného natavovacího válce. Získané velikosti celkových dob T_c dále posloužily, díky znalostem délky opásání topného natavovacího válce liště - vým řetězem, k výpočtu odpovídajících výrobních rychlostí modelového zařízení.

Pro výrobu pojené textilie ze soustav nití bylo uvažováno použití nití skleněných jako nití základních a polyamidu 6 (PAD 6), polypropylénu (POP) a chlorovaného polyvinylchloridu (PVC - Cl), jako nití termoplastických.

Výsledkem mé práce je nalezení tabelárních závislostí výrobní rychlosti zařízení (celkové doby T_c) na druhu a tloušťce nitě a teplotě povrchu topného natavovacího válce. Hodnoty v tabulkách byly zjištěny teoreticky a pro praktické použití bude nutné tyto hodnoty porovnat s výsledky praktických zkoušek.

Seznam použité literatury

- /1/ FOLTÝN J. : Příruční tabulky pro chemiky vláknáře;
1.vydání, SNTL Praha 1975
- /2/ HOŠEK J. : Nauka o teple; 1.vydání, SPN Praha 1954
- /3/ HUGO J. : Konstrukční plastické hmoty, jejich
vlastnosti a využití ve strojírenství;
1.vydání, SNTL Praha 1965
- /4/ KALČÍK J., SÝKORA K. : Technická termomechanika;
1.vydání, Academia Praha 1973
- /5/ KRČMA R., MATĚJKA J. : A.O.- č.188597; způsob výroby
a zařízení pro výrobu spojených textilií
z nekonečných vláknenných útvarů
- /6/ SCHOTTA I. : Výpočet nestacionárního vedení tepla
Schmidtovou diferenční metodou na počítači
RPP-16; KTK VSŠT, Liberec 1980
- /7/ MICHEJEV M.A.: Základy sdílení tepla; 1.vydání,
SNTL Praha 1953
- /8/ PLAIER O. : Praktische Rheologie für Kunststoff-
schmelzen; Wien 1970
- /9/ Kunststoffe; sešit 5, strana 335, NSR 1965

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNE OHRIVANÝM MATERIÁLEM
(TEPLOTA V URČITÉM MÍSTĚ MATERIÁLU SE MĚNÍ S ČASEM)
PŘÍBLÍŽNOU DIFERENČNÍ RESP. SCHMIDTOVOU GRAFICKOU METODOU

POČATEČNÍ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESA) $U_P = 20.0$
TEPLOTA TEPELNÉHO ZÁRICE RESP. OKOLÍ $U_V = 380.0$
TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $\lambda = 0.2900$
SOUCINĚTEL TEPELNÉ VODIVOSTI $A = 0.1190E-6$
SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $\alpha = 100.0$
VELIKOST ELEMENTU TĚLOSTKY MATERIÁLU $\Delta x = 0.2500E-4$
POČET VYŠETROVANÝCH ELEMENTÁRNÍCH ÚSEKŮ $M = 8$
VYŠETROVANÁ DOBA TEPELNÉHO PŮSOBENÍ $Z = 0.1100E-2$
VELIKOST VYŠETROVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $\tau = 0.5000$
VELIKOST ČASOVÉ DIFERENCE $\Delta t = 0.2626E-2$
RELATIVNÍ SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $S = 0.2900E-2$
POČET VÝPOČTŮ MEZI DVĚMA VÝSTUPY TEPLŮT $\theta = 190$
ROZDÍL POČATEČNÍ TEPLŮTY MATERIÁLU A OKOLÍ $\Delta U = 360.0$

TABULKA HODNOT TEPLŮT V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDALENOSTI OD PLOCHY TĚLESA

KR	ČAS	VZDALENOST OD PLOCHY TĚLESA (V MILIMETRECH)									
		0.000		0.050		0.100		0.150		0.200	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	11.00	341.2	340.9	340.7	340.4	340.2	340.0	339.9	339.8	339.8	339.8
21	10.50	337.2	336.8	336.5	336.2	336.0	335.8	335.7	335.6	335.5	335.5
20	10.00	332.6	332.3	331.9	331.6	331.4	331.2	331.0	330.9	330.8	330.8
19	9.50	327.7	327.3	326.9	326.5	326.2	326.0	325.8	325.7	325.7	325.7
18	9.00	322.1	321.7	321.3	320.9	320.6	320.3	320.1	320.0	319.9	319.9
17	8.50	316.1	315.6	315.1	314.7	314.3	314.0	313.8	313.7	313.6	313.6
16	8.00	309.3	308.8	308.2	307.8	307.4	307.1	306.8	306.7	306.6	306.6
15	7.50	301.9	301.3	300.7	300.2	299.7	299.4	299.1	299.0	298.9	298.9
14	7.00	293.7	293.0	292.3	291.8	291.3	290.9	290.6	290.4	290.3	290.3
13	6.50	284.6	283.8	283.1	282.5	281.9	281.5	281.2	281.0	280.9	280.9
12	6.00	274.5	273.7	272.9	272.2	271.6	271.1	270.8	270.6	270.5	270.5
11	5.50	263.4	262.5	261.6	260.8	260.2	259.7	259.3	259.0	258.9	258.9
10	5.00	251.2	250.1	249.1	248.3	247.6	247.0	246.6	246.3	246.2	246.2
9	4.50	237.6	236.4	235.3	234.4	233.6	233.0	232.6	232.2	232.1	232.1
8	4.00	222.6	221.3	220.1	219.1	218.2	217.5	217.0	216.7	216.5	216.5
7	3.50	206.1	204.6	203.3	202.2	201.2	200.4	199.9	199.5	199.3	199.3
6	3.00	187.8	186.1	184.7	183.4	182.4	181.5	180.9	180.5	180.3	180.3
5	2.50	167.5	165.7	164.1	162.7	161.6	160.7	160.0	159.5	159.3	159.3
4	2.00	145.2	143.2	141.4	139.9	138.6	137.6	136.8	136.3	136.0	136.0
3	1.50	120.5	118.3	116.3	114.6	113.2	112.1	111.2	110.6	110.3	110.3
2	1.01	93.1	90.7	88.5	86.6	85.1	83.8	82.9	82.2	81.9	81.9
1	0.51	63.0	60.2	57.8	55.7	54.0	52.6	51.6	50.9	50.6	50.6
0	0.00	21.5	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNE OHŘÍVANÝM MATERIÁLEM
(TEPLOTA V URČITÉM MÍSTĚ MATERIÁLU SE MĚNÍ S ČASEM)
PŘÍBLIŽNOU DIFERENČNÍ RESP. SCHMIDTOVOU GRAFICKOU METODOU

POČATEČNÍ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESA) $U_P = 20.0$
TEPLOTA TEPELNÉHO ZÁRICE RESP. OKOLÍ $U_V = 230.0$
TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $\lambda = 0.2900$
SOUCÍNĚTEL TEPELNÉ VODIVOSTI $A = 0.1190E-6$
SOUCÍNĚTEL PŘESTUPU TEPLA $\alpha = 100.0$
VELIKOST ELEMENTU TLOUSTKY MATERIÁLU $\Delta x = 0.5000E-4$
POČET VYŠETŘOVANÝCH ELEMENTÁRNÍCH USEKŮ $M = 8$
VYŠETŘOVANÁ DOBA TEPELNÉHO PŮSOBENÍ $Z = 0.1100E-2$
VELIKOST VYŠETŘOVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $\tau = 0.5000$
VELIKOST ČASOVÉ DIFFERENCE $\Delta t = 0.1050E-1$
RELATIVNÍ SOUCÍNĚTEL PŘESTUPU TEPLA $S = 0.2900E-2$
POČET VÝPOČTŮ MEZI DVĚMA VÝSTUPY TEPLŮT $O = 48$
ROZDÍL POČATEČNÍ TEPLŮTY MATERIÁLU A OKOLÍ $\Delta U = 210.0$

TABULKA HODNOT TEPLŮT V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDALENOSTI OD PLOCHY TELESA

KR	CAS	VZDALENOST OD PLOCHY TELESA (V MILIMETRECH)									
		0.000		0.100		0.200		0.300		0.400	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	11.00	162.9	161.8	160.8	159.9	159.2	158.6	158.1	157.8	157.7	157.7
21	10.50	159.5	158.4	157.3	156.3	155.6	154.9	154.5	154.2	154.0	154.0
20	10.00	156.0	154.7	153.6	152.6	151.8	151.1	150.7	150.3	150.2	150.2
19	9.50	152.2	150.9	149.7	148.7	147.8	147.1	146.6	146.3	146.1	146.1
18	9.00	148.3	146.9	145.6	144.6	143.7	142.9	142.4	142.0	141.9	141.9
17	8.50	144.1	142.7	141.4	140.2	139.3	138.5	138.0	137.6	137.4	137.4
16	8.00	139.8	138.3	136.9	135.7	134.7	133.9	133.3	132.9	132.7	132.7
15	7.50	135.2	133.6	132.2	130.9	129.9	129.0	128.4	128.0	127.8	127.8
14	7.00	130.4	128.7	127.2	125.9	124.8	123.9	123.2	122.8	122.6	122.6
13	6.50	125.4	123.6	122.0	120.6	119.5	118.5	117.8	117.4	117.1	117.1
12	6.00	120.0	118.2	116.5	115.1	113.8	112.9	112.1	111.7	111.4	111.4
11	5.50	114.5	112.5	110.8	109.2	108.0	106.9	106.2	105.7	105.4	105.4
10	5.00	108.6	106.6	104.7	103.1	101.8	100.7	99.9	99.3	99.0	99.0
9	4.50	102.5	100.3	98.3	96.6	95.2	94.1	93.3	92.7	92.4	92.4
8	4.00	96.0	93.7	91.6	89.9	88.4	87.2	86.3	85.7	85.4	85.4
7	3.50	89.2	86.8	84.6	82.8	81.2	80.0	79.0	78.4	78.1	78.1
6	3.00	82.1	79.5	77.3	75.3	73.7	72.4	71.4	70.7	70.4	70.4
5	2.50	74.6	71.9	69.5	67.5	65.8	64.4	63.4	62.7	62.3	62.3
4	2.00	66.7	63.9	61.4	59.2	57.4	56.0	54.9	54.2	53.8	53.8
3	1.50	58.5	55.5	52.9	50.6	48.7	47.2	46.0	45.3	44.9	44.9
2	1.01	49.8	46.6	43.9	41.5	39.5	37.9	36.7	35.9	35.5	35.5
1	0.51	40.5	37.2	34.3	31.9	29.8	28.2	27.0	26.2	25.8	25.8
0	0.00	21.8	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNE OHRIVANÝM MATERIÁLEM
(TEPLOTA V URČITÉM KÍSTE MATERIÁLU SE MENÍ S ČASEM)
PŘÍBLÍŽNOU DIFERENČNÍ RESP. SCHMIDTOVOU GRAFICKOU METODOU

POČATEČNÍ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESA) $U_P = 20.0$
TEPLOTA TEPELNEHO ZÁRICE RESP. OKOLÍ $U_V = 250.0$
TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $\lambda = 0.2900$
SOUCINITEL TEPELNE VODIVOSTI $A = 0.1190E-6$
SOUCINITEL PŘESTUPU TEPLA $\alpha = 100.0$
VELIKOST ELEMENTU TLOUSTKY MATERIÁLU $\Delta x = 0.5000E-4$
POČET VYŠETROVANÝCH ELEMENTÁRNÍCH USEKŮ $M = 8$
VYŠETROVANÁ DOBA TEPELNEHO PŮSOBENÍ $Z = 0.1100E-2$
VELIKOST VYŠETROVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $\tau = 0.5000$

VELIKOST ČASOVÉ DIFERENCE $\Delta t = 0.1050E-1$
RELATIVNÍ SOUCINITEL PŘESTUPU TEPLA $S = 0.2900E-2$
POČET VÝPOČTŮ MEZI DVĚMA VÝSTUPY TEPLŮT $\theta = 48$
ROZDÍL POČATEČNÍ TEPLŮTY MATERIÁLU A OKOLÍ $\Delta U = 230.0$

TABULKA HODNOT TEPLŮT V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDALENOSTI OD PŮVRCHU TELES A

KR	ČAS	VZDALENOST OD PŮVRCHU TELES (V MILIMETRECH)									
		0.000		0.100		0.200		0.300		0.400	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	11.00	176.5	175.3	174.2	173.2	172.4	171.8	171.3	171.0	170.8	170.8
21	10.50	172.8	171.5	170.3	169.3	168.5	167.8	167.3	166.9	166.8	166.8
20	10.00	168.9	167.5	166.3	165.2	164.3	163.6	163.1	162.7	162.6	162.6
19	9.50	164.8	163.4	162.1	160.9	160.0	159.3	158.7	158.3	158.1	158.1
18	9.00	160.5	159.0	157.6	156.4	155.4	154.7	154.1	153.7	153.5	153.5
17	8.50	155.9	154.4	152.9	151.7	150.7	149.8	149.2	148.8	148.6	148.6
16	8.00	151.2	149.5	148.0	146.7	145.6	144.7	144.1	143.6	143.4	143.4
15	7.50	146.2	144.4	142.8	141.5	140.3	139.4	138.7	138.3	138.0	138.0
14	7.00	140.9	139.1	137.4	136.0	134.8	133.8	133.1	132.6	132.3	132.3
13	6.50	135.4	133.4	131.7	130.2	128.9	127.9	127.1	126.6	126.4	126.4
12	6.00	129.6	127.5	125.7	124.1	122.8	121.7	120.9	120.4	120.1	120.1
11	5.50	123.5	121.3	119.4	117.7	116.3	115.2	114.4	113.8	113.5	113.5
10	5.00	117.1	114.8	112.8	111.0	109.6	108.4	107.5	106.9	106.6	106.6
9	4.50	110.3	108.0	105.8	104.0	102.4	101.2	100.3	99.6	99.3	99.3
8	4.00	103.3	100.8	98.5	96.5	94.9	93.6	92.6	92.0	91.7	91.7
7	3.50	95.8	93.1	90.8	88.8	87.1	85.7	84.7	84.0	83.6	83.6
6	3.00	88.0	85.2	82.7	80.6	78.8	77.4	76.3	75.6	75.2	75.2
5	2.50	79.8	76.9	74.2	72.0	70.1	68.6	67.5	66.7	66.4	66.4
4	2.00	71.2	68.1	65.3	63.0	61.0	59.4	58.2	57.5	57.1	57.1
3	1.50	62.1	58.9	56.0	53.5	51.4	49.8	48.5	47.7	47.3	47.3
2	1.01	52.6	49.2	46.2	43.6	41.4	39.6	38.3	37.4	37.0	37.0
1	0.51	42.5	38.9	35.7	33.0	30.8	29.0	27.7	26.8	26.3	26.3
0	0.00	21.9	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNE OHRIVANÝM MATERIÁLEM
(TEPLOTA V URČITÉM MÍSTĚ MATERIÁLU SE MĚNÍ S ČASEM)
PŘÍBLÍŽNOU DIFERENČNÍ RESP. SCHMIDTOVOU GRAFICKOU METODOU

POČATEČNÍ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESA) $U_P = 20.0$
TEPLOTA TEPELNÉHO ZARÍČE RESP. OKOLÍ $U_V = 300.0$
TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $\lambda = 0.2900$
SOUCINĚTEL TEPELNÉ VODIVOSTI $A = 0.1190E-6$
SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $\alpha = 100.0$
VELIKOST PRVKU TĚLÁ MATERIÁLU $dx = 0.5000E-4$
POČET VYŠETŘOVANÝCH PRVKŮ MATERIÁLU $M = 8$
VYŠETŘOVANÁ DOBA TEPELNÉHO PŮSOBENÍ $Z = 0.1100E-2$
VELIKOST VYŠETŘOVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $\tau = 0.5000$

VELIKOST ČASOVÉ DIFERENCE $dt = 0.1050E-1$
RELATIVNÍ SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $S = 0.2900E-2$
POČET VÝPOČTŮ MEZI DVĚMA VÝSTUPY TEPLŮ $Q = 48$
ROZDÍL POČATEČNÍ TEPLŮ MATERIÁLU A OKOLÍ $du = 280.0$

TABULKA HODNOT TEPLŮ V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDALENOSTI OD PLOCHY TELES

KR	ČAS	VZDALENOST OD PLOCHY TELES (V MILIMETRECH)									
		0.000	0.100	0.200	0.300	0.400					
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	11.00	210.6	209.1	207.7	206.5	205.5	204.8	204.2	203.8	203.6	203.6
21	10.50	206.0	204.5	203.0	201.8	200.8	199.9	199.3	198.9	198.7	198.7
20	10.00	201.3	199.6	198.1	196.8	195.7	194.9	194.2	193.8	193.5	193.5
19	9.50	196.3	194.5	192.9	191.6	190.4	189.5	188.8	188.4	188.1	188.1
18	9.00	191.0	189.2	187.5	186.1	184.9	183.9	183.2	182.7	182.5	182.5
17	8.50	185.5	183.6	181.8	180.3	179.1	178.0	177.3	176.8	176.5	176.5
16	8.00	179.7	177.7	175.8	174.2	172.9	171.9	171.1	170.5	170.3	170.3
15	7.50	173.6	171.5	169.5	167.9	166.5	165.4	164.5	164.0	163.7	163.7
14	7.00	167.2	165.0	162.9	161.2	159.7	158.5	157.7	157.1	156.8	156.8
13	6.50	160.5	158.1	156.0	154.1	152.6	151.4	150.4	149.8	149.5	149.5
12	6.00	153.4	150.9	148.7	146.7	145.1	143.8	142.9	142.2	141.9	141.9
11	5.50	146.0	143.4	141.0	139.0	137.3	135.9	134.9	134.2	133.9	133.9
10	5.00	138.2	135.4	132.9	130.8	129.0	127.6	126.5	125.8	125.5	125.5
9	4.50	130.0	127.1	124.5	122.2	120.4	118.9	117.7	117.0	116.6	116.6
8	4.00	121.4	118.3	115.6	113.2	111.3	109.7	108.5	107.7	107.3	107.3
7	3.50	112.3	109.1	106.2	103.8	101.7	100.0	98.7	97.9	97.5	97.5
6	3.00	102.8	99.4	96.4	93.8	91.6	89.9	88.5	87.7	87.2	87.2
5	2.50	92.8	89.2	86.1	83.3	81.0	79.2	77.8	76.9	76.5	76.5
4	2.00	82.3	78.5	75.2	72.3	69.9	68.0	66.6	65.6	65.1	65.1
3	1.50	71.3	67.3	63.8	60.8	58.3	56.3	54.7	53.7	53.2	53.2
2	1.01	59.7	55.5	51.8	48.7	46.0	43.9	42.3	41.3	40.7	40.7
1	0.51	47.4	43.0	39.1	35.9	33.1	31.0	29.3	28.3	27.7	27.7
0	0.00	22.4	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNE OHŘÍVANÝM MATERIÁLEM
(TEPLOTA V URČITÉM MÍSTĚ MATERIÁLU SE MĚNÍ S ČASEM)
PŘÍBLIŽNOU DIFERENCÍ RESP. SCHMIDTOVOU GRAFICKOU METODOU

POČATEČNÍ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESA) $U_P = 20.0$
TEPLOTA TEPELNEHO ZÁKICE RESP. OKOLÍ $U_V = 340.0$
TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $\lambda = 0.2900$
SOUCINĚTEL TEPELNÉ VODIVOSTI $A = 0.1190E-6$
SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $\alpha = 100.0$
VELIKOST ELEMENTU TLOUSTIKY MATERIÁLU $dx = 0.5000E-4$
POČET VYŠETROVANÝCH ELEMENTÁRNÍCH ÚSEKŮ $M = 8$
VYŠETROVANÁ DOBA TEPELNÉHO PŮSOBENÍ $Z = 0.1100E-2$
VELIKOST VYŠETROVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $\tau = 0.5000$
VELIKOST ČASOVÉ DIFERENCE $dt = 0.1050E-1$
RELATIVNÍ SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $S = 0.2900E-2$
POČET VÝPOČTŮ MEZI DVĚMA VÝSTUPY TEPLŮ $u = 48$
ROZDÍL POČATEČNÍ TEPLŮ MATERIÁLU A OKOLÍ $du = 320.0$

TABULKA HODNOT TEPLŮ V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDALENOSTI OD PLOCHY TELES

KR	ČAS	VZDALENOST OD PLOCHY TELES (V MILIMETRECH)									
		0.000		0.100		0.200		0.300		0.400	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	11.00	237.8	236.1	234.5	233.2	232.1	231.1	230.5	230.0	229.8	229.8
21	10.50	232.6	230.8	229.2	227.8	226.6	225.6	224.9	224.4	224.2	224.2
20	10.00	227.2	225.3	223.6	222.1	220.8	219.8	219.1	218.6	218.3	218.3
19	9.50	221.5	219.5	217.7	216.1	214.8	213.7	213.0	212.4	212.2	212.2
18	9.00	215.5	213.4	211.5	209.8	208.4	207.3	206.5	206.0	205.7	205.7
17	8.50	209.2	206.9	204.9	203.2	201.8	200.6	199.7	199.2	198.9	198.9
16	8.00	202.5	200.2	198.1	196.3	194.8	193.6	192.6	192.0	191.7	191.7
15	7.50	195.6	193.1	190.9	189.0	187.4	186.1	185.2	184.5	184.2	184.2
14	7.00	188.3	185.7	183.3	181.3	179.7	178.3	177.3	176.6	176.3	176.3
13	6.50	180.6	177.8	175.4	173.3	171.5	170.1	169.1	168.4	168.0	168.0
12	6.00	172.5	169.6	167.1	164.9	163.0	161.5	160.4	159.7	159.3	159.3
11	5.50	164.0	161.0	158.3	156.0	154.0	152.5	151.3	150.5	150.1	150.1
10	5.00	155.1	151.9	149.1	146.6	144.6	143.0	141.7	140.9	140.5	140.5
9	4.50	145.7	142.4	139.4	136.8	134.7	133.0	131.7	130.8	130.4	130.4
8	4.00	135.9	132.4	129.2	126.5	124.3	122.5	121.1	120.2	119.8	119.8
7	3.50	125.5	121.8	118.6	115.7	113.4	111.5	110.0	109.1	108.6	108.6
6	3.00	114.6	110.8	107.3	104.4	101.9	99.8	98.3	97.3	96.8	96.8
5	2.50	103.2	99.1	95.5	92.4	89.8	87.7	86.1	85.0	84.5	84.5
4	2.00	91.2	86.9	83.1	79.8	77.1	74.9	73.2	72.1	71.6	71.6
3	1.50	78.6	74.1	70.1	66.6	63.8	61.5	59.7	58.6	58.0	58.0
2	1.01	65.4	60.6	56.4	52.8	49.8	47.3	45.5	44.3	43.7	43.7
1	0.51	51.3	46.3	41.9	38.1	35.0	32.5	30.7	29.5	28.8	28.8
0	0.00	22.7	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNE OHŘÍVANÝM MATERIÁLEM
 (TEPLOTA V URČITĚM MÍSTĚ MATERIÁLU SE MENÍ S ČASEM)
 PŘÍBLÍŽNOU DIFFERENČNÍ RESP. SCHMIDTOVOU GRAFICKOU METODOU

POČATEČNÍ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESA) $U_P = 20,0$
 TEPLOTA TEPELNEHO ZÁRICE RESP. OKOLÍ $U_V = 200,0$
 TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $\lambda = 0,2100$
 SOUCINITEL TEPELNÉ VODIVOSTI $A = 0,9700E-7$
 SOUCINITEL PŘESTUPU TEPLA $\alpha = 100,0$
 VELIKOST ELEMENTU ILOUSTKY MATERIÁLU $\Delta x = 0,2500E-4$
 POČET VYŠETROVANÝCH ELEMENTÁRNÍCH ÚSEKŮ $M = 8$
 VYŠETROVANÁ DOBA TEPELNEHO PŮSOBENÍ $Z = 0,1100E-2$
 VELIKOST VYŠETROVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $\Delta \tau = 0,5000$
 VELIKOST ČASOVÉ DIFFERENCE $\Delta t = 0,3222E-2$
 RELATIVNÍ SOUCINITEL PŘESTUPU TEPLA $S = 0,2100E-2$
 POČET VÝPOČTŮ MEZI DVĚMA VYSTUPY TEPLŮT $Q = 155$
 KOZDIL POČATEČNÍ TEPLŮTY MATERIÁLU A OKOLÍ $DU = 190,0$

TABULKA HODNOT TEPLŮT V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDALENOSTI OD POVRCHU TELESÁ

KR	ČAS	VZDALENOST OD POVRCHU TELESÁ (V MILIMETRECH)									
		0,000	0,050	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300	0,350	0,400	0,450
22	11,00	185,1	185,0	184,9	184,7	184,6	184,5	184,5	184,4	184,4	184,4
21	10,50	183,4	183,2	183,1	182,9	182,8	182,7	182,6	182,6	182,5	182,5
20	10,00	181,4	181,3	181,1	180,9	180,8	180,6	180,6	180,5	180,5	180,5
19	9,50	179,2	179,0	178,8	178,6	178,5	178,3	178,3	178,2	178,2	178,2
18	9,00	176,8	176,6	176,3	176,1	175,9	175,8	175,7	175,6	175,6	175,6
17	8,50	174,0	173,8	173,5	173,3	173,1	172,9	172,8	172,7	172,7	172,7
16	8,00	171,0	170,7	170,4	170,1	169,9	169,7	169,6	169,5	169,4	169,4
15	7,50	167,5	167,2	166,9	166,6	166,3	166,1	166,0	165,9	165,8	165,8
14	7,00	163,7	163,3	162,9	162,6	162,3	162,1	162,0	161,8	161,8	161,8
13	6,50	159,4	159,0	158,6	158,2	157,9	157,6	157,5	157,3	157,3	157,3
12	6,00	154,6	154,1	153,7	153,2	152,9	152,6	152,4	152,3	152,2	152,2
11	5,50	149,3	148,7	148,2	147,7	147,3	147,0	146,8	146,6	146,6	146,6
10	5,00	143,3	142,6	142,0	141,5	141,1	140,8	140,5	140,3	140,2	140,2
9	4,50	136,6	135,8	135,2	134,6	134,1	133,7	133,5	133,3	133,2	133,2
8	4,00	129,1	128,3	127,5	126,9	126,3	125,9	125,6	125,4	125,3	125,3
7	3,50	120,7	119,8	118,9	118,2	117,6	117,1	116,8	116,5	116,4	116,4
6	3,00	111,3	110,3	109,3	108,5	107,9	107,3	106,9	106,7	106,5	106,5
5	2,50	100,8	99,6	98,6	97,7	96,9	96,3	95,9	95,6	95,4	95,4
4	2,00	89,1	87,8	86,6	85,6	84,8	84,1	83,6	83,2	83,1	83,1
3	1,50	76,0	74,5	73,2	72,1	71,1	70,4	69,8	69,4	69,2	69,2
2	1,01	61,3	59,6	58,2	56,9	55,9	55,0	54,4	54,0	53,8	53,8
1	0,51	44,9	43,1	41,4	40,0	38,9	37,9	37,2	36,7	36,5	36,5
0	0,00	21,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNE OHŘÍVANÝM MATERIÁLEM
(TEPLOTA V URČITÉM MÍSTĚ MATERIÁLU SE MĚNÍ S ČASEM)
PŘÍBLÍŽNOU DIFERENČNÍ RESP. SCHMIDTOVOU GRAFICKOU METODOU

POČATEČNÍ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESA) $U_P = 20.0$
TEPLOTA TEPELNÉHO ZÁKICE RESP. OKOLÍ $U_V = 380.0$
TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $\lambda = 0.2900$
SOUCÍNĚTEL TEPELNÉ VODIVOSTI $A = 0.1190E-6$
SOUCÍNĚTEL PŘESTUPU TEPLA $\alpha = 100.0$
VELIKOST ELEMENTU TĚLOSTKY MATERIÁLU $DX = 0.5000E-4$
POČET VYŠETROVANÝCH ELEMENTÁRNÍCH USEKŮ $M = 8$
VYŠETROVANÁ DOBA TEPELNÉHO PŮSOBENÍ $Z = 0.1100E-2$
VELIKOST VYŠETROVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $\tau_{AU} = 0.5000$
VELIKOST ČASOVÉ DIFERENCE $DT = 0.1050E-1$
RELATIVNÍ SOUCÍNĚTEL PŘESTUPU TEPLA $S = 0.2900E-2$
POČET VÝPOČTŮ MEZI DVĚMA VÝSTUPY TEPLŮT $Q = 48$
ROZDÍL POČATEČNÍ TEPLŮTY MATERIÁLU A OKOLÍ $DU = 360.0$

TABULKA HODNOT TEPLŮT V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDALENOSTI OD POVRCHU TELESA

KR	ČAS	VZDALENOST OD POVRCHU TELESA (V MILIMETRECH)									
		0.000		0.100		0.200		0.300		0.400	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	11.00	265.0	263.1	261.3	259.8	258.6	257.5	256.8	256.3	256.0	256.0
21	10.50	259.2	257.2	255.3	253.7	252.4	251.3	250.5	250.0	249.7	249.7
20	10.00	253.1	250.9	249.0	247.3	245.9	244.8	244.0	243.4	243.1	243.1
19	9.50	246.7	244.4	242.4	240.6	239.1	238.0	237.1	236.5	236.2	236.2
18	9.00	239.9	237.5	235.4	233.5	232.0	230.8	229.8	229.2	228.9	228.9
17	8.50	232.8	230.3	228.1	226.1	224.5	223.2	222.2	221.6	221.2	221.2
16	8.00	225.4	222.7	220.4	218.3	216.6	215.2	214.2	213.5	213.2	213.2
15	7.50	217.5	214.7	212.3	210.1	208.3	206.9	205.8	205.1	204.7	204.7
14	7.00	209.3	206.4	203.8	201.5	199.6	198.1	197.0	196.2	195.9	195.9
13	6.50	200.6	197.6	194.8	192.5	190.5	188.9	187.7	186.9	186.5	186.5
12	6.00	191.5	188.3	185.4	183.0	180.9	179.2	178.0	177.1	176.7	176.7
11	5.50	182.0	178.6	175.6	173.0	170.8	169.0	167.7	166.8	166.4	166.4
10	5.00	172.0	168.4	165.2	162.5	160.2	158.3	157.0	156.0	155.6	155.6
9	4.50	161.4	157.7	154.3	151.5	149.0	147.1	145.7	144.7	144.2	144.2
8	4.00	150.3	146.4	142.9	139.9	137.3	135.3	133.8	132.8	132.3	132.3
7	3.50	138.7	134.6	130.9	127.7	125.0	122.9	121.3	120.2	119.7	119.7
6	3.00	126.5	122.1	118.2	114.9	112.1	109.9	108.2	107.1	106.5	106.5
5	2.50	113.6	109.1	105.0	101.5	98.5	96.1	94.4	93.2	92.6	92.6
4	2.00	100.1	95.3	91.0	87.3	84.2	81.8	79.9	78.7	78.0	78.0
3	1.50	86.0	80.8	76.3	72.5	69.2	66.6	64.7	63.4	62.7	62.7
2	1.01	71.0	65.7	61.0	56.9	53.5	50.8	48.7	47.3	46.7	46.7
1	0.51	55.2	49.6	44.6	40.4	36.9	34.1	32.0	30.6	30.0	30.0
0	0.00	23.1	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNE OHŘÍVANÝM MATERIÁLEM
(TEPLOTA V URČITÉM MÍSTĚ MATERIÁLU SE MĚNÍ S ČASEM)
PŘÍBLIŽNOU DIFERENČNÍ RESP. SCHMIDTOVOU GRAFICKOU METODOU

POČATEČNÍ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESA) $U_P = 20.0$
TEPLOTA TEPELNÉHO ZARÍČE RESP. OKOLÍ $U_V = 240.0$
TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $\lambda = 0.2100$
SOUCINĚTEL TEPELNÉ VODIVOSTI $A = 0.9700E-7$
SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $\alpha = 100.0$
VELIKOST ELEMENTU TLOUSTKY MATERIÁLU $\Delta x = 0.2500E-4$
POČET VYŠETROVANÝCH ELEMENTÁRNÍCH USEKŮ $M = 8$
VYŠETROVANÁ DOBA TEPELNÉHO PUSOBENÍ $Z = 0.1100E-2$
VELIKOST VYŠETROVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $\tau = 0.5000$

VELIKOST ČASOVÉ DIFERENCE $\Delta t = 0.3222E-2$
RELATIVNÍ SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $S = 0.2100E-2$
POČET VÝPOČTŮ MEZI DVĚMA VÝSTUPY TEPLŮ $\theta = 155$
ROZDÍL POČATEČNÍ TEPLŮTY MATERIÁLU A OKOLÍ $\Delta U = 220.0$

TABULKA HODNOT TEPLŮT V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDALENOSTI OD PLOCHY TELESÁ

KR	ČAS	VZDALENOST OD PLOCHY TELESÁ (V MILIMETRECH)									
		0.000	0.050	0.100	0.150	0.200					
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	11.00	221.8	221.7	221.5	221.3	221.2	221.1	221.0	220.9	220.9	220.9
21	10.50	219.7	219.5	219.3	219.1	219.0	218.8	218.7	218.7	218.7	218.7
20	10.00	217.3	217.1	216.8	216.6	216.5	216.3	216.2	216.2	216.1	216.1
19	9.50	214.6	214.4	214.1	213.9	213.7	213.5	213.4	213.3	213.3	213.3
18	9.00	211.6	211.3	211.0	210.8	210.6	210.4	210.3	210.2	210.1	210.1
17	8.50	208.3	207.9	207.6	207.3	207.1	206.9	206.8	206.7	206.6	206.6
16	8.00	204.5	204.2	203.8	203.5	203.2	203.0	202.8	202.7	202.7	202.7
15	7.50	200.3	199.9	199.5	199.1	198.8	198.6	198.4	198.3	198.2	198.2
14	7.00	195.7	195.2	194.7	194.3	194.0	193.7	193.5	193.4	193.3	193.3
13	6.50	190.4	189.9	189.3	188.9	188.5	188.2	188.0	187.8	187.8	187.8
12	6.00	184.5	183.9	183.4	182.8	182.4	182.1	181.8	181.7	181.6	181.6
11	5.50	178.0	177.3	176.6	176.1	175.6	175.2	175.0	174.8	174.7	174.7
10	5.00	170.7	169.9	169.2	168.5	168.0	167.6	167.3	167.1	167.0	167.0
9	4.50	162.5	161.6	160.8	160.1	159.5	159.0	158.7	158.4	158.3	158.3
8	4.00	153.3	152.3	151.4	150.6	150.0	149.4	149.0	148.8	148.6	148.6
7	3.50	143.1	141.9	140.9	140.0	139.3	138.7	138.3	138.0	137.8	137.8
6	3.00	131.6	130.3	129.2	128.2	127.4	126.7	126.3	125.9	125.8	125.8
5	2.50	118.8	117.4	116.1	115.0	114.1	113.4	112.8	112.4	112.2	112.2
4	2.00	104.4	102.9	101.4	100.2	99.1	98.3	97.7	97.3	97.1	97.1
3	1.50	88.4	86.6	85.0	83.6	82.5	81.6	80.9	80.4	80.2	80.2
2	1.01	70.5	68.5	66.7	65.2	63.9	62.8	62.1	61.6	61.3	61.3
1	0.51	50.5	48.2	46.2	44.5	43.1	41.9	41.0	40.5	40.2	40.2
0	0.00	21.3	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNĚ OHŘÍVANÝM MATERIÁLEM
(TEPLOTA V URČITĚM MÍSTĚ MATERIÁLU SE MĚNÍ S ČASEM)
PŘÍBLIŽNOU DIFERENČNÍ RESP. SCHMIDTOVOU GRAFICKOU METODOU

POČATEČNÍ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESÁ) $U_P = 20.0$
TEPLOTA TEPELNĚHO ZÁRICE RESP. OKOLÍ $U_V = 340.0$
TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $\lambda = 0.2100$
SOUCINĚTEL TEPELNĚ VODIVOSTI $A = 0.9700E-7$
SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $\alpha = 100.0$
VELIKOST ELEMENTU TĚLSTYKY MATERIÁLU $\Delta x = 0.2500E-4$
POČET VYŠETŘOVANÝCH ELEMENTÁRNÍCH ÚSEKŮ $M = 8$
VYŠETŘOVANÁ DOBA TEPELNĚHO PŮSOBENÍ $Z = 0.1100E-2$
VELIKOST VYŠETŘOVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $\Delta \tau = 0.5000$
VELIKOST ČASOVÉ DIFERENCE $\Delta t = 0.3222E-2$
RELATIVNÍ SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $S = 0.2100E-2$
POČET VÝPOČTŮ MEZI DVEŘMA VYSTUPY TEPLŮT $Q = 155$
ROZDÍL POČATEČNÍ TEPLŮTY MATERIÁLU A OKOLÍ $U_0 = 320.0$

TABULKA HODNOT TEPLŮT V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDALENOSTI OD POVRCHU TELESÁ

KR	ČAS	VZDALENOST OD POVRCHU TELES (V MILIMETRECH)									
		0.000		0.050		0.100		0.150		0.200	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	11.00	313.6	313.4	313.1	312.8	312.6	312.5	312.4	312.3	312.2	312.2
21	10.50	310.5	310.2	309.9	309.6	309.4	309.2	309.1	309.0	309.0	309.0
20	10.00	307.0	306.7	306.3	306.0	305.8	305.6	305.4	305.3	305.3	305.3
19	9.50	303.1	302.7	302.3	302.0	301.7	301.5	301.3	301.2	301.2	301.2
18	9.00	298.8	298.3	297.9	297.5	297.2	296.9	296.8	296.6	296.6	296.6
17	8.50	293.9	293.4	292.9	292.5	292.1	291.9	291.6	291.5	291.4	291.4
16	8.00	288.4	287.9	287.3	286.9	286.5	286.2	285.9	285.8	285.7	285.7
15	7.50	282.3	281.7	281.1	280.6	280.1	279.8	279.5	279.3	279.3	279.3
14	7.00	275.5	274.8	274.1	273.5	273.0	272.7	272.4	272.2	272.1	272.1
13	6.50	267.9	267.1	266.3	265.7	265.1	264.7	264.4	264.1	264.0	264.0
12	6.00	259.4	258.4	257.6	256.9	256.3	255.8	255.4	255.2	255.0	255.0
11	5.50	249.8	248.8	247.8	247.0	246.4	245.8	245.4	245.1	245.0	245.0
10	5.00	239.2	238.0	236.9	236.0	235.3	234.7	234.2	233.9	233.7	233.7
9	4.50	227.2	225.9	224.8	223.7	222.9	222.2	221.7	221.4	221.2	221.2
8	4.00	213.9	212.5	211.1	210.0	209.0	208.3	207.7	207.3	207.1	207.1
7	3.50	199.0	197.4	195.9	194.6	193.5	192.7	192.1	191.6	191.4	191.4
6	3.00	182.3	180.5	178.8	177.4	176.2	175.3	174.6	174.1	173.8	173.8
5	2.50	163.7	161.6	159.8	158.2	156.9	155.8	155.0	154.4	154.2	154.2
4	2.00	142.8	140.5	138.5	136.7	135.2	134.0	133.1	132.5	132.2	132.2
3	1.50	119.5	116.9	114.6	112.6	111.0	109.6	108.6	108.0	107.6	107.6
2	1.01	93.5	90.5	87.9	85.7	83.8	82.3	81.2	80.5	80.1	80.1
1	0.51	64.3	61.0	58.1	55.6	53.5	51.9	50.6	49.8	49.4	49.4
0	0.00	21.9	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNE OHŘÍVANÝM MATERIÁLEM
(TEPLOTA V URČITÉM MÍSTĚ MATERIÁLU SE MĚNÍ S ČASEM)
PŘÍBLÍŽNOU DIFERENČNÍ RESP. SCHMIDTOVOU GRAFICKOU METODOU

POČATEČNÍ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESA) $U_P = 20.0$
TEPLOTA TEPELNEHO ZÁRICE RESP. OKOLÍ $U_V = 200.0$
TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $\lambda = 0.2100$
SOUCINĚTEL TEPELNÉ VODIVOSTI $A = 0.9700E-7$
SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $\alpha = 100.0$
VELIKOST ELEMENTU TLOUSTKY MATERIÁLU $\Delta x = 0.5000E-4$
POČET VYŠETROVANÝCH ELEMENTÁRNÍCH USEKŮ $M = 8$
VYŠETROVANÁ DOBA TEPELNEHO PŮSOBENÍ $Z = 0.1100E-2$
VELIKOST VYŠETROVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $\tau = 0.5000$

VELIKOST ČASOVÉ DIFERENCE $\Delta t = 0.1289E-1$
RELATIVNÍ SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $S = 0.2100E-2$
POČET VÝPOČTŮ MEZI DVĚMA VÝSTUPY TEPLŮ $\theta = 39$
ROZDÍL POČATEČNÍ TEPLŮ MATERIÁLU A OKOLÍ $\Delta U = 180.0$

TABULKA HODNOT TEPLŮ V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDALENOSTI OD PLOCHY TELESÁ

KR	ČAS	VZDALENOST OD PLOCHY TELESÁ (V MILIMETRECH)									
		0.000	0.100	0.200	0.300	0.400					
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	11.00	149.6	148.5	147.4	146.5	145.7	145.1	144.6	144.3	144.2	144.2
21	10.50	146.8	145.6	144.5	143.5	142.7	142.0	141.5	141.2	141.0	141.0
20	10.00	143.8	142.5	141.4	140.3	139.5	138.8	138.3	137.9	137.7	137.7
19	9.50	140.7	139.3	138.1	137.0	136.1	135.3	134.8	134.4	134.2	134.2
18	9.00	137.4	135.9	134.6	133.4	132.5	131.7	131.1	130.7	130.6	130.6
17	8.50	133.9	132.3	130.9	129.7	128.7	127.9	127.3	126.9	126.7	126.7
16	8.00	130.2	128.5	127.0	125.8	124.7	123.8	123.2	122.8	122.5	122.5
15	7.50	126.3	124.5	123.0	121.6	120.5	119.6	118.9	118.4	118.2	118.2
14	7.00	122.1	120.3	118.6	117.2	116.0	115.1	114.3	113.9	113.6	113.6
13	6.50	117.8	115.8	114.1	112.6	111.3	110.3	109.5	109.0	108.8	108.8
12	6.00	113.1	111.1	109.3	107.7	106.3	105.3	104.5	103.9	103.7	103.7
11	5.50	108.3	106.1	104.2	102.5	101.1	99.9	99.1	98.5	98.2	98.2
10	5.00	103.1	100.9	98.8	97.0	95.5	94.3	93.4	92.8	92.5	92.5
9	4.50	97.7	95.3	93.1	91.2	89.6	88.4	87.4	86.8	86.5	86.5
8	4.00	92.0	89.4	87.1	85.1	83.5	82.1	81.1	80.5	80.1	80.1
7	3.50	85.9	83.2	80.8	78.7	76.9	75.5	74.5	73.8	73.4	73.4
6	3.00	79.5	76.6	74.1	71.9	70.0	68.5	67.4	66.7	66.3	66.3
5	2.50	72.8	69.7	67.0	64.7	62.7	61.2	60.0	59.2	58.8	58.8
4	2.00	65.7	62.4	59.6	57.1	55.1	53.4	52.2	51.3	50.9	50.9
3	1.50	58.1	54.7	51.7	49.1	46.9	45.2	43.9	43.0	42.6	42.6
2	1.01	50.2	46.6	43.4	40.6	38.3	36.5	35.1	34.2	33.7	33.7
1	0.51	41.5	37.7	34.4	31.6	29.2	27.4	26.0	25.1	24.7	24.7
0	0.00	22.1	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNE OHŘIVANÝM MATERIÁLEM
(TEPLOTA V URČITÉM MÍSTĚ MATERIÁLU SE MĚNÍ S ČASEM)
PŘÍBLIŽNOU DIFERENCIÁLNÍ RESP. SCHMIDTOVOU GRAFICKOU METODOU

POČATEČNÍ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESA) $U_P = 20.0$
TEPLOTA TEPELNEHO ZÁKICE RESP. OKOLÍ $U_V = 240.0$
TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $\lambda = 0.2100$
SOUCINĚTEL TEPELNÉ VODIVOSTI $A = 0.9700E-7$
SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $\alpha = 100.0$
VELIKOST ELEMENTU TLOUSTKY MATERIÁLU $DX = 0.5000E-4$
POČET VYŠETROVANÝCH ELEMENTÁRNÍCH USEKŮ $M = 8$
VYŠETROVANÁ DOBA TEPELNEHO PŮSOBENÍ $Z = 0.1100E-2$
VELIKOST VYŠETROVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $\tau = 0.5000$

VELIKOST ČASOVÉ DIFERENCE $DT = 0.1289E-1$
RELATIVNÍ SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $S = 0.2100E-2$
POČET VÝPOČTŮ MEZI DVĚMA VYSTUPY TEPLŮ $\theta = 39$
ROZDÍL POČATEČNÍ TEPLŮ MATERIÁLU A OKOLÍ $DU = 220.0$

TABULKA HODNOT TEPLŮ V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDALENOSTI OD POVRCHU TELESÁ

KR	ČAS	VZDALENOST OD POVRCHU TELES (V MILIMETRECH)									
		0.000		0.100		0.200		0.300		0.400	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	11.00	178.5	177.0	175.7	174.6	173.7	172.9	172.3	172.0	171.8	171.8
21	10.50	175.0	173.5	172.1	170.9	169.9	169.1	168.5	168.1	167.9	167.9
20	10.00	171.4	169.8	168.3	167.1	166.0	165.2	164.5	164.1	163.9	163.9
19	9.50	167.5	165.8	164.3	163.0	161.9	161.0	160.3	159.8	159.6	159.6
18	9.00	163.5	161.7	160.1	158.7	157.5	156.5	155.8	155.4	155.1	155.1
17	8.50	159.2	157.3	155.6	154.1	152.9	151.9	151.1	150.6	150.4	150.4
16	8.00	154.7	152.6	150.8	149.3	148.0	146.9	146.1	145.6	145.3	145.3
15	7.50	149.9	147.8	145.8	144.2	142.8	141.7	140.9	140.3	140.0	140.0
14	7.00	144.8	142.6	140.6	138.8	137.4	136.2	135.3	134.7	134.4	134.4
13	6.50	139.5	137.1	135.0	133.1	131.6	130.4	129.4	128.8	128.5	128.5
12	6.00	133.9	131.4	129.1	127.2	125.5	124.2	123.2	122.6	122.3	122.3
11	5.50	127.9	125.3	122.9	120.8	119.1	117.9	116.7	116.0	115.6	115.6
10	5.00	121.6	118.8	116.3	114.1	112.3	110.9	109.8	109.0	108.7	108.7
9	4.50	115.0	112.0	109.4	107.1	105.2	103.6	102.5	101.7	101.3	101.3
8	4.00	108.0	104.9	102.1	99.6	97.6	95.9	94.7	93.9	93.5	93.5
7	3.50	100.6	97.2	94.3	91.7	89.6	87.9	86.6	85.7	85.3	85.3
6	3.00	92.8	89.2	86.1	83.4	81.2	79.3	78.0	77.1	76.6	76.6
5	2.50	84.5	80.8	77.5	74.6	72.3	70.3	68.9	67.9	67.5	67.5
4	2.00	75.8	71.9	68.4	65.4	62.9	60.8	59.3	58.3	57.8	57.8
3	1.50	66.6	62.4	58.8	55.6	52.9	50.8	49.2	48.1	47.6	47.6
2	1.01	56.9	52.5	48.6	45.2	42.4	40.2	38.5	37.4	36.8	36.8
1	0.51	46.3	41.6	37.6	34.1	31.3	29.0	27.4	26.3	25.7	25.7
0	0.00	22.6	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNE OHŘÍVANÝM MATERIÁLEM
(TEPLOTA V URČITÉM MÍSTĚ MATERIÁLU SE MĚNÍ S ČASEM)
PŘÍBLÍŽNOU DIFFERENČNÍ RESP. SCHMIDTOVOU GRAFICKOU METODOU

POČATEČNÍ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESA) $U_P = 20.0$
TEPLOTA TEPELNÉHO ZÁRICE RESP. OKOLÍ $U_V = 290.0$
TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $\lambda = 0.2100$
SOUCINITEL TEPELNÉ VODIVOSTI $A = 0.9700E-7$
SOUCINITEL PŘESTUPU TEPLA $\alpha = 100.0$
VELIKOST ELEMENTU TĚLŮSTKY MATERIÁLU $\Delta x = 0.5000E-4$
POČET VYŠETŘOVANÝCH ELEMENTÁRNÍCH ÚSEKŮ $M = 8$
VYŠETŘOVANÁ DOBA TEPELNÉHO PŮSOBENÍ $Z = 0.1100E-2$
VELIKOST VYŠETŘOVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $\Delta \tau = 0.5000$

VELIKOST ČASOVÉ DIFFERENCE $\Delta t = 0.1289E-1$
RELATIVNÍ SOUCINITEL PŘESTUPU TEPLA $S = 0.2100E-2$
POČET VÝPOČTŮ MEZI DVĚMA VÝSTUPY TEPLŮ $Q = 39$
ROZDÍL POČATEČNÍ TEPLŮ MATERIÁLU A OKOLÍ $U_0 = 270.0$

TABULKA HODNOT TEPLŮ V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDALENOSTI OD PLOCHY TĚLESA

KR	ČAS	VZDALENOST OD PLOCHY TĚLESA (V MILIMETRECH)									
		0.000		0.100		0.200		0.300		0.400	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	11.00	214.5	212.7	211.1	209.7	208.6	207.7	207.0	206.5	206.2	206.2
21	10.50	210.3	208.4	206.7	205.2	204.0	203.0	202.3	201.8	201.6	201.6
20	10.00	205.8	203.8	202.0	200.5	199.2	198.2	197.4	196.9	196.6	196.6
19	9.50	201.1	199.0	197.1	195.5	194.1	193.0	192.2	191.6	191.4	191.4
18	9.00	196.1	193.9	191.9	190.2	188.7	187.6	186.7	186.1	185.8	185.8
17	8.50	190.8	188.5	186.4	184.6	183.0	181.8	180.9	180.3	180.0	180.0
16	8.00	185.3	182.8	180.6	178.7	177.1	175.8	174.8	174.1	173.8	173.8
15	7.50	179.4	176.8	174.4	172.4	170.7	169.4	168.3	167.6	167.3	167.3
14	7.00	173.2	170.4	168.0	165.8	164.0	162.6	161.5	160.8	160.4	160.4
13	6.50	166.7	163.7	161.1	158.9	157.0	155.4	154.3	153.5	153.2	153.2
12	6.00	159.7	156.7	153.9	151.5	149.5	147.9	146.7	145.9	145.5	145.5
11	5.50	152.4	149.2	146.3	143.7	141.6	139.9	138.7	137.8	137.4	137.4
10	5.00	144.7	141.3	138.2	135.5	133.3	131.5	130.2	129.3	128.8	128.8
9	4.50	136.6	132.9	129.7	126.9	124.5	122.6	121.2	120.3	119.8	119.8
8	4.00	128.0	124.1	120.7	117.7	115.3	113.3	111.8	110.8	110.3	110.3
7	3.50	118.9	114.8	111.2	108.1	105.5	103.4	101.8	100.7	100.2	100.2
6	3.00	109.3	105.0	101.2	97.8	95.1	92.8	91.2	90.0	89.5	89.5
5	2.50	99.2	94.6	90.6	87.1	84.1	81.8	80.0	78.8	78.2	78.2
4	2.00	88.5	83.7	79.4	75.7	72.6	70.1	68.3	67.0	66.4	66.4
3	1.50	77.2	72.1	67.6	63.7	60.4	57.8	55.8	54.5	53.8	53.8
2	1.01	65.3	59.9	55.1	51.0	47.5	44.8	42.7	41.3	40.6	40.6
1	0.51	52.3	46.6	41.6	37.4	33.9	31.1	29.1	27.7	27.0	27.0
0	0.00	23.2	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNE UHRIVANÝM MATERIÁLEM
(TEPLOTA V URČITÝM MÍSTĚ MATERIÁLU SE MENÍ S ČASEM)
PŘÍBLÍŽNOU VÝPOČETNÍ RESP. SCHMIDTOVOU GRAFICKOU METODOU

POKAZATELŇ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESA) $UP = 20.0$
TEPLOTA TEPELNÉHO ZÁRICE RESP. OKOLÍ $UV = 300.0$
TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $LAMBDA = 0.1700$
SMĚRNÍK TEPELNÉ VODIVOSTI $A = 0.8200E-7$
SMĚRNÍK PŘESTUPU TEPLA $ALFA = 100.0$
VELIKOST ELEMENTU ILOUŠTKY MATERIÁLU $DX = 0.2500E-4$
POKET VYŠETŘOVANÝCH ELEMENTÁRNÍCH ÚSEKŮ $M = 8$
VÝŠETŘOVANÁ DOBA TEPELNÉHO PUSOBENÍ $Z = 0.1100E-2$
VELIKOST VYŠETŘOVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $TAU = 0.5000$
VELIKOST ČASOVÉ DIFERENCCE $DT = 0.3811E-2$
RELATIVNÍ SMĚRNÍK PŘESTUPU TEPLA $S = 0.1700E-2$
POKET VÝPOČTŮ NAZÍ DVĚNA VÝSTUPY TEPLŮ $Q = 131$
ROZDÍL POKAZATELŇ TEPLŮ MATERIÁLU A OKOLÍ $DU = 280.0$

TABULKA HODNOT TEPLŮ V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDALENOSTI OD POVRCHU TELESY

KČ	ČAS	VZDALENOST OD POVRCHU TELESY (V MILIMETRECH)									
		0.000		0.050		0.100		0.150		0.200	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	11.00	279.1	278.8	278.5	278.3	278.1	278.0	277.8	277.8	277.7	277.7
21	10.50	278.5	278.2	275.9	275.6	275.4	275.2	275.1	275.0	275.0	275.0
20	10.00	273.6	273.3	272.9	272.6	272.4	272.2	272.0	271.9	271.9	271.9
19	9.50	270.4	270.0	269.6	269.3	269.0	268.8	268.6	268.5	268.4	268.4
18	9.00	266.7	266.3	265.9	265.5	265.2	264.9	264.7	264.6	264.6	264.6
17	8.50	262.7	262.2	261.7	261.3	260.9	260.6	260.4	260.3	260.2	260.2
16	8.00	258.1	257.5	257.0	256.5	256.1	255.8	255.5	255.4	255.3	255.3
15	7.50	252.9	252.3	251.7	251.1	250.7	250.4	250.1	249.9	249.8	249.8
14	7.00	247.2	246.4	245.7	245.1	244.6	244.3	244.0	243.8	243.7	243.7
13	6.50	240.7	239.8	239.1	238.4	237.8	237.4	237.1	236.8	236.7	236.7
12	6.00	233.4	232.4	231.6	230.8	230.2	229.7	229.3	229.1	229.0	229.0
11	5.50	225.2	224.1	223.2	222.3	221.6	221.1	220.7	220.4	220.2	220.2
10	5.00	216.0	214.8	213.7	212.8	212.0	211.4	210.9	210.6	210.4	210.4
9	4.50	205.7	204.4	203.1	202.1	201.2	200.5	200.0	199.6	199.4	199.4
8	4.00	194.1	192.6	191.2	190.1	189.1	188.3	187.7	187.3	187.1	187.1
7	3.50	181.1	179.4	177.9	176.6	175.4	174.5	173.9	173.4	173.2	173.2
6	3.00	166.5	164.6	162.9	161.4	160.1	159.1	158.4	157.9	157.6	157.6
5	2.50	150.2	148.0	146.0	144.4	143.0	141.8	141.0	140.4	140.1	140.1
4	2.00	131.8	129.3	127.1	125.2	123.7	122.4	121.5	120.8	120.5	120.5
3	1.50	111.1	108.3	105.9	103.8	102.0	100.6	99.5	98.8	98.4	98.4
2	1.01	87.9	84.8	82.0	79.6	77.6	76.0	74.9	74.1	73.7	73.7
1	0.51	61.9	58.3	55.2	52.6	50.3	48.5	47.2	46.3	45.9	45.9
0	0.00	22.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNE OHŘÍVANÝM MATERIÁLEM
(TEPLOTA V URČITÉM MÍSTĚ MATERIÁLU SE MĚNÍ S ČASEM)
PŘÍBLÍŽNOU DIFFERENCIÁLNÍ RESP. SCHROTOVOU GRAFICKOU METODOU

POČATEČNÍ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESA) $U_P = 20.0$
TEPLOTA TEPELNÉHO ZÁKICE RESP. OKOLÍ $U_V = 350.0$
TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $\lambda = 0.1700$
SOUCINĚTEL TEPELNÉ VODIVOSTI $\alpha = 0.8200E-7$
SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $ALFA = 100.0$
VELIKOST ELEMENTU TLOUSTKY MATERIÁLU $DX = 0.2500E-4$
POČET VYŠETŘOVANÝCH ELEMENTÁRNÍCH ÚSEKŮ $M = 8$
VYŠETŘOVANÁ DOBA TEPELNÉHO PŮSOBENÍ $Z = 0.1100E-2$
VELIKOST VYŠETŘOVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $\tau = 0.5000$
VELIKOST ČASOVÉ DIFFERENCE $DT = 0.3811E-2$
RELATIVNÍ SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $S = 0.1700E-2$
POČET VÝPOČTŮ MEZI DVĚMA VÝSTUPY TEPLŮT $U = 131$
ROZDÍL POČATEČNÍ TEPLŮTY MATERIÁLU A OKOLÍ $DU = 330.0$

TABULKA HODNOT TEPLŮT V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDÁLENOSTI OD POVRCHU TELESÁ

KR	ČAS	VZDÁLENOST OD POVRCHU TELESÁ (V MILIMETRECH)									
		0.000		0.050		0.100		0.150		0.200	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	11.00	325.3	325.0	324.7	324.4	324.2	324.0	323.9	323.8	323.7	323.7
21	10.50	322.3	322.0	321.6	321.3	321.0	320.8	320.7	320.6	320.5	320.5
20	10.00	318.9	318.5	318.1	317.8	317.5	317.2	317.1	316.9	316.9	316.9
19	9.50	315.1	314.6	314.2	313.8	313.5	313.2	313.0	312.9	312.8	312.8
18	9.00	310.8	310.3	309.8	309.3	309.0	308.7	308.5	308.3	308.2	308.2
17	8.50	306.0	305.4	304.8	304.3	303.9	303.6	303.4	303.2	303.1	303.1
16	8.00	300.6	299.9	299.3	298.7	298.3	297.9	297.6	297.4	297.3	297.3
15	7.50	294.5	293.8	293.0	292.4	291.9	291.5	291.2	291.0	290.9	290.9
14	7.00	287.7	286.9	286.0	285.4	284.8	284.3	283.9	283.7	283.6	283.6
13	6.50	280.1	279.1	278.2	277.4	276.8	276.2	275.8	275.6	275.4	275.4
12	6.00	271.5	270.4	269.4	268.5	267.8	267.2	266.7	266.4	266.3	266.3
11	5.50	261.9	260.6	259.5	258.5	257.8	257.0	256.5	256.2	256.0	256.0
10	5.00	251.0	249.6	248.3	247.2	246.3	245.6	245.0	244.6	244.4	244.4
9	4.50	238.9	237.3	235.8	234.6	233.6	232.7	232.1	231.7	231.5	231.5
8	4.00	225.2	223.4	221.8	220.4	219.3	218.3	217.6	217.1	216.9	216.9
7	3.50	209.9	207.9	206.1	204.5	203.2	202.1	201.4	200.8	200.6	200.6
6	3.00	192.7	190.4	188.4	186.6	185.2	184.0	183.1	182.5	182.2	182.2
5	2.50	173.4	170.8	168.5	166.6	164.9	163.6	162.6	161.9	161.6	161.6
4	2.00	151.7	148.8	146.3	144.0	142.2	140.7	139.6	138.8	138.4	138.4
3	1.50	127.4	124.1	121.2	118.7	116.6	115.0	113.7	112.9	112.5	112.5
2	1.01	100.0	96.3	93.1	90.3	87.9	86.1	84.7	83.7	83.2	83.2
1	0.51	69.3	65.2	61.5	58.4	55.8	53.7	52.1	51.0	50.5	50.5
0	0.00	22.4	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNE OHŘÍVANÝM MATERIÁLEM
(TEPLOTA V URČITÉM MÍSTĚ MATERIÁLU SE MĚNÍ S ČASEM)
PŘÍBLIŽNOU DIFERENCIÁLNÍ RESP. SCHMIDTOVOU GRAFICKOU METODOU

POČATEČNÍ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESA) $U_P = 20.0$
TEPLOTA TEPELNÉHO ZÁRICE RESP. OKOLÍ $U_V = 150.0$
TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $\lambda = 0.1700$
SOUCINĚTEL TEPELNÉ VODIVOSTI $\mu = 0.8200E-7$
SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $\alpha = 100.0$
VELIKOST ELEMENTU TLOUSTKY MATERIÁLU $\Delta x = 0.5000E-4$
POČET VYSEŘOVANÝCH ELEMENTÁRNÍCH ÚSEKŮ $M = 8$
VYSEŘOVANÁ DOBA TEPELNÉHO PŮSOBENÍ $Z = 0.1100E-2$
VELIKOST VYSEŘOVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $\tau = 0.5000$
VELIKOST ČASOVÉ DIFERENCE $\Delta t = 0.1524E-1$
RELATIVNÍ SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $\beta = 0.1700E-2$
POČET VÝPOČTŮ MEZI DVĚMA VYSTUPY TEPLŮT $\theta = 33$
ROZDÍL POČATEČNÍ TEPLŮTY MATERIÁLU A OKOLÍ $\Delta U = 130.0$

TABULKA HODNOT TEPLŮT V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDALENOSTI OD PLOCHY TELES

KR	ČAS	VZDALENOST OD PLOCHY TELES (V MILIMETRECH)									
		0.000		0.100		0.200		0.300		0.400	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	11.00	115.5	114.5	113.6	112.9	112.2	111.7	111.3	111.0	110.9	110.9
21	10.50	113.5	112.5	111.5	110.7	110.0	109.5	109.0	108.8	108.6	108.6
20	10.00	111.4	110.3	109.3	108.4	107.7	107.1	106.7	106.4	106.2	106.2
19	9.50	109.2	108.0	107.0	106.0	105.3	104.6	104.2	103.8	103.7	103.7
18	9.00	106.8	105.6	104.5	103.5	102.7	102.0	101.5	101.2	101.0	101.0
17	8.50	104.4	103.0	101.8	100.8	99.9	99.2	98.7	98.3	98.1	98.1
16	8.00	101.7	100.3	99.0	97.9	97.0	96.3	95.7	95.3	95.1	95.1
15	7.50	98.9	97.4	96.1	94.9	93.9	93.2	92.6	92.2	92.0	92.0
14	7.00	96.0	94.4	93.0	91.7	90.7	89.9	89.2	88.8	88.6	88.6
13	6.50	92.9	91.2	89.7	88.4	87.3	86.4	85.7	85.3	85.1	85.1
12	6.00	89.6	87.8	86.2	84.8	83.6	82.7	82.0	81.6	81.3	81.3
11	5.50	86.1	84.2	82.5	81.0	79.8	78.8	78.1	77.6	77.4	77.4
10	5.00	82.4	80.4	78.6	77.0	75.8	74.7	73.9	73.4	73.2	73.2
9	4.50	78.5	76.3	74.5	72.8	71.5	70.4	69.5	69.0	68.7	68.7
8	4.00	74.3	72.1	70.1	68.4	66.9	65.8	64.9	64.3	64.0	64.0
7	3.50	70.0	67.6	65.5	63.7	62.1	60.9	60.0	59.4	59.0	59.0
6	3.00	65.3	62.8	60.6	58.7	57.0	55.7	54.8	54.1	53.8	53.8
5	2.50	60.4	57.8	55.4	53.4	51.7	50.3	49.3	48.6	48.2	48.2
4	2.00	55.3	52.4	50.0	47.8	46.0	44.5	43.4	42.7	42.3	42.3
3	1.50	49.8	46.8	44.2	41.9	40.0	38.4	37.3	36.5	36.1	36.1
2	1.01	44.0	40.8	38.0	35.6	33.6	32.0	30.8	30.0	29.6	29.6
1	0.51	37.5	34.2	31.3	28.8	26.8	25.2	24.1	23.3	23.0	23.0
0	0.00	21.9	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNE OHŘÍVANÝM MATERIÁLEM
(TEPLOTA V URČITÝCH MÍSTĚ MATERIÁLU SE MENÍ S ČASEM)
PŘÍBLÍŽNOU DIFERENČNÍ RESP. SCHMIDTOVOU GRAFICKOU METODOU

POČATEČNÍ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESA) $U_P = 20.0$
TEPLOTA TEPELNÉHO ZÁŘÍČE RESP. OKOLÍ $U_V = 250.0$
TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $\lambda = 0.1700$
SOUCÍNĚTEL TEPELNÉ VODIVOSTI $A = 0.8200E-7$
SOUCÍNĚTEL PŘESTUPU TEPLA $\alpha = 100.0$
VELIKOST ELEMENTU TLOUSTKY MATERIÁLU $DX = 0.5000E-4$
POČET VYŠETŘOVANÝCH ELEMENTÁRNÍCH ÚSEKŮ $M = 8$
VYŠETŘOVANÁ DOBA TEPELNÉHO PUSOBNÍ $Z = 0.1100E-2$
VELIKOST VYŠETŘOVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $\tau = 0.5000$

VELIKOST ČASOVÉ DIFERENCE $DT = 0.1524E-1$
RELATIVNÍ SOUCÍNĚTEL PŘESTUPU TEPLA $S = 0.1700E-2$
POČET VÝPOČTŮ MEZI DVEŘA VÝSTUPY TEPLŮ $Q = 33$
ROZDÍL POČATEČNÍ TEPLŮY MATERIÁLU A OKOLÍ $DU = 230.0$

TABULKA HODNOT TEPLŮ V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDALENOSTI OD PLOCHY TELES

KR	ČAS	VZDALENOST OD PLOCHY TELES (V MILIMETRECH)								
		0.000		0.100		0.200		0.300		0.400
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
22	11.00	189.0	187.3	185.7	184.3	183.1	182.2	181.5	181.0	180.8
21	10.50	185.5	183.7	182.0	180.5	179.3	178.3	177.5	177.0	176.8
20	10.00	181.8	179.8	178.0	176.5	175.2	174.1	173.3	172.8	172.5
19	9.50	177.9	175.8	173.9	172.2	170.8	169.7	168.9	168.3	168.1
18	9.00	173.7	171.5	169.5	167.7	166.3	165.1	164.2	163.6	163.3
17	8.50	169.3	166.9	164.8	163.0	161.4	160.2	159.3	158.6	158.3
16	8.00	164.6	162.1	159.9	157.9	156.3	155.0	154.0	153.3	153.0
15	7.50	159.7	157.0	154.7	152.6	150.9	149.5	148.5	147.8	147.4
14	7.00	154.5	151.7	149.1	147.0	145.2	143.7	142.6	141.8	141.5
13	6.50	148.9	146.0	143.3	141.0	139.1	137.5	136.4	135.6	135.2
12	6.00	143.1	140.0	137.1	134.7	132.7	131.0	129.8	129.0	128.6
11	5.50	136.9	133.6	130.6	128.1	125.9	124.2	122.9	122.0	121.5
10	5.00	130.4	126.9	123.7	121.0	118.7	116.9	115.5	114.6	114.1
9	4.50	123.5	119.8	116.4	113.5	111.1	109.2	107.7	106.8	106.3
8	4.00	116.2	112.2	108.7	105.7	103.1	101.0	99.5	98.4	97.9
7	3.50	108.4	104.3	100.5	97.3	94.6	92.4	90.8	89.7	89.1
6	3.00	100.2	95.8	91.8	88.4	85.6	83.3	81.6	80.4	79.8
5	2.50	91.6	86.9	82.7	79.1	76.1	73.6	71.8	70.6	70.0
4	2.00	82.4	77.4	73.0	69.2	66.0	63.5	61.5	60.2	59.6
3	1.50	72.7	67.5	62.8	58.8	55.4	52.7	50.6	49.3	48.6
2	1.01	62.5	56.9	51.9	47.7	44.1	41.3	39.1	37.7	37.0
1	0.51	51.0	45.1	39.9	35.6	32.1	29.3	27.3	25.9	25.3
0	0.00	23.3	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

VÝPOČET NESTACIONÁRNÍHO VEDENÍ TEPLA JEDNOSTRANNE OHŘÍVANÝM MATERIÁLEM
(TEPLOTA V URČITÉM MÍSTĚ MATERIÁLU SE MĚŘÍ S ČASEM)
PŘÍBLÍŽNOU DIFFERENČNÍ RESP. SCHMIDTOVOU GRAFICKOU METODOU

POČATEČNÍ TEPLOTA MATERIÁLU (TELESA) $U_P = 20.0$
TEPLOTA TEPELNÉHO ZÁRICE RESP. OKOLÍ $U_N = 300.0$
TEPELNÁ VODIVOST MATERIÁLU $\lambda = 0.1700$
SOUCINĚTEL TEPELNÉ VODIVOSTI $\alpha = 0.8200E-7$
SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $\alpha_F = 100.0$
VELIKOST ELEMENTU TLOUSTKY MATERIÁLU $DX = 0.5000E-4$
POČET VYŠETŘOVANÝCH ELEMENTÁRNÍCH ÚSEKŮ $M = 8$
VYŠETŘOVANÁ DOBA TEPELNÉHO PUSOBENÍ $Z = 0.1100E-2$
VELIKOST VYŠETŘOVANÝCH ČASOVÝCH INTERVALŮ $\tau = 0.5000$

VELIKOST ČASOVÉ DIFFERENCE $DT = 0.1524E-1$
RELATIVNÍ SOUCINĚTEL PŘESTUPU TEPLA $\beta = 0.1700E-2$
POČET VÝPOČTŮ MEZI DVĚMA VÝSTUPY TEPLŮ $Q = 33$
ROZDÍL POČATEČNÍ TEPLŮTY MATERIÁLU A OKOLÍ $DU = 280.0$

TABULKA HODNOT TEPLŮT V ZÁVISLOSTI NA ČASE A VZDALENOSTI OD PLOCHY TELES

KR	ČAS	VZDALENOST OD PLOCHY TELES (V MILIMETRECH)									
		0.000		0.100		0.200		0.300		0.400	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	11.00	225.8	223.6	221.7	220.0	218.6	217.5	216.6	216.0	215.7	215.7
21	10.50	221.5	219.2	217.2	215.4	213.9	212.7	211.8	211.2	210.9	210.9
20	10.00	217.0	214.6	212.4	210.5	208.9	207.6	206.7	206.0	205.7	205.7
19	9.50	212.2	209.6	207.3	205.3	203.6	202.3	201.3	200.6	200.3	200.3
18	9.00	207.1	204.4	201.9	199.8	198.1	196.6	195.6	194.8	194.5	194.5
17	8.50	201.7	198.9	196.3	194.0	192.2	190.7	189.5	188.8	188.4	188.4
16	8.00	196.1	193.0	190.3	187.9	185.9	184.3	183.1	182.3	181.9	181.9
15	7.50	190.1	186.8	183.9	181.4	179.3	177.7	176.4	175.5	175.1	175.1
14	7.00	183.7	180.3	177.2	174.6	172.4	170.6	169.2	168.3	167.9	167.9
13	6.50	177.0	173.4	170.1	167.3	165.0	163.1	161.7	160.7	160.2	160.2
12	6.00	169.9	166.0	162.6	159.7	157.2	155.2	153.7	152.7	152.2	152.2
11	5.50	162.4	158.3	154.7	151.5	148.9	146.8	145.2	144.2	143.6	143.6
10	5.00	154.4	150.1	146.3	143.0	140.2	137.9	136.3	135.1	134.6	134.6
9	4.50	146.0	141.4	137.4	133.9	130.9	128.6	126.8	125.6	125.0	125.0
8	4.00	137.1	132.3	128.0	124.3	121.2	118.7	116.8	115.5	114.9	114.9
7	3.50	127.7	122.6	118.0	114.1	110.8	108.2	106.2	104.9	104.2	104.2
6	3.00	117.7	112.3	107.5	103.4	99.8	97.0	94.9	93.5	92.8	92.8
5	2.50	107.2	101.5	96.3	92.0	88.3	85.3	83.1	81.6	80.9	80.9
4	2.00	96.0	89.9	84.6	79.9	76.0	72.9	70.6	69.0	68.2	68.2
3	1.50	84.2	77.8	72.1	67.2	63.1	59.8	57.3	55.6	54.8	54.8
2	1.01	71.7	64.9	58.9	53.7	49.4	45.9	43.3	41.5	40.7	40.7
1	0.51	57.8	50.5	44.3	39.0	34.7	31.3	28.9	27.2	26.4	26.4
0	0.00	24.1	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

