

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Brně

Katedra: Biologie živočišné výroby

Fakulta: 1. lékařská fakulta

Školní rok: 1985/86

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Mgr. JUDr. Vladimír Štěrba

obor Biologie živočišné výroby

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

Název tématu: Průběh vývoje a funkce štěrbového aparátu u ovčáka domácího

Pokyny pro vypracování:

1. Účelem úkolu je seznámení se s vývojem a funkcí štěrbového aparátu u ovčáka domácího. Úkol je vypracován formou referátu. Referát musí být psán ručně, srozumitelně a stručně. Referát musí obsahovat úvod, hlavní část a závěr. Úvod musí obsahovat cíl úkolu a hlavní část musí obsahovat popis vývoje a funkce štěrbového aparátu u ovčáka domácího. Závěr musí obsahovat shrnutí hlavních poznatků a závěry. Referát musí být doplněn literaturou, která byla použita při vypracování úkolu. Referát musí být doplněn i vlastními poznámkami a obrázky. Referát musí být doplněn i vlastními poznámkami a obrázky.

- V úvodu referátu uveďte cíl úkolu a hlavní část musí obsahovat popis vývoje a funkce štěrbového aparátu u ovčáka domácího.
- V hlavní části referátu uveďte popis vývoje a funkce štěrbového aparátu u ovčáka domácího. Popis vývoje musí být doplněn obrázky a popis funkce musí být doplněn obrázky.
- V závěru referátu uveďte shrnutí hlavních poznatků a závěry. Závěr musí obsahovat shrnutí hlavních poznatků a závěry.
- Referát musí být doplněn literaturou, která byla použita při vypracování úkolu. Referát musí být doplněn i vlastními poznámkami a obrázky.
- Referát musí být doplněn i vlastními poznámkami a obrázky.

Autorské právo se řídí zákonem
186/2006 Sb. o právu autorském
a právu na ochrannou známku,
zákonem 127/2007 Sb. o
ochraně práv duševního vlastnictví
a zákonem 113/2002 Sb. o
ochraně práv duševního vlastnictví
v oblasti vynálezů a průmyslových
vzorů.

Česká zemědělská univerzita v Brně
Katedra biologie živočišné výroby
602 00 Brno, tř. 15. listopadu 15
IČO 431117

Rozsah grafických laboratorních prací:

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

Vedoucí diplomové práce:

Konsultanti:

Datum zahájení diplomové práce:

Datum odevzdání diplomové práce:



.....
Vedoucí katedry

.....
Děkan

VŠST LIBEREC
fakulta strojní

Obor 23-34-8

Výrobní stroje a zařízení
zaměření
sklářské a keramické stroje

katedra sklářství a keramiky

Modelování tvarování odstředivým litím

M i r o s l a v S y r o v á t k a
DP 330/79

Vedoucí práce

Ing. Jaroslav Nosek - VŠST

Konzultanti

Ing. Jaroslav Nosek

Ing. Jan Cibulka - VŠST

Rozsah práce:

Počet stran	70
Počet příloh	1
Počet tabulek	28
Počet obrázků	1

DT 666.1.001.5

Datum 25. 5. 1979

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, dne 24. května 1979

Miroslav Syrovátka

Miroslav Syrovátka

Obsah

Seznam použitých značek	5
Úvod	7
1. Současný stav	8
2. Sklo SIMAX	12
3. Modelové kapaliny	17
3.1 Běžně používané modelové kapaliny	17
3.2 Model. kapaliny na bázi difenylů a terfenylů.	19
3.3 Vosky a voskové směsi	22
3.3.1 Vosky	22
3.3.2 Voskové směsi	23
4. Metodika měření tokových vlastností tavenin vosků a jejich směsí	27
4.1 Příprava modelové kapaliny	29
4.2 Princip měření na Höpplerově-Viscometru	29
5. Experimentální část	32
5.1 75 P - 10 V - 10 M - 5 K	33
5.2 55 P - 10 V - 20 M - 15 K	34
5.3 55 P - 10 V - 20 M - 15 K + 12 g pilin	35
5.4 55 P - 10 V - 30 M - 5 K	37
5.5 55 P - 10 V - 25 M - 10 K	38
5.6 60 P - 10 V - 27 M - 3 K	40
5.7 58 P - 10 V - 27 M - 5 K	41
5.8 56 P - 10 V - 27 M - 7 K	42
5.9 57 P - 10 V - 30 M - 3 K	44

5.10	55 P - 10 V - 30 M - 5 K	45
5.11	53 P - 10 V - 30 M - 7 K	46
5.12	54 P - 10 V - 33 M - 3 K	48
5.13	52 P - 10 V - 33 M - 5 K	49
5.14	50 P - 10 V - 33 M - 7 K	50
5.15	20 P - 75 M - 5 K + 12 g pilin	52
5.16	20 P - 80 M + 12 g pilin	53
5.17	90 K - 10 M	55
5.18	85 K - 15 M	56
5.19	Stanovení nejvhodnější model.kapaliny ...	58
5.19.1	Porovnání směrnic	58
5.19.2	Porovnání měřítek	60
5.20	Experimentální zařízení	63
5.20.1	Návrh formy	65
5.20.2	Pracovní postup	65
6.	Diskuze výsledků	67
	Závěr	69
	Seznam použité literatury	70

Seznam použitých značek

Kapitola 1.

- L geometrický rozměr /m/
- v rychlost /m.s⁻¹/
- n otáčky /min⁻¹/
- t čas /s/
- η viskozita /Pa.s/
- ρ měrná hmotnost /kg.m⁻³/
- σ povrchové napětí /N.m⁻¹/
- p tlak /Pa/
- H výška hladiny /m/
- α úhel osy rotace od svislé polohy /°/
- ω rychlost naklápění /s⁻¹/
- s síla stěny /m/
- λ poměr měrných hmotností

Kapitola 2.

- ξ_i molární díl
- m_i molární procento
- f_i parciální molární procento
- P_i váhové procento
- M_i molekulová váha
- η viskozita /Pa.s/
- t teplota /°C/
- A, B, T₀ konstanty
- ρ měrná hmotnost

Kapitola 4.

- η viskozita /cP/
t čas /s/
 τ smykové napětí /p.cm⁻²/
k konstanta měrného pouzdra
T teplota /°C/

Kapitola 5.

- ρ měrná hmotnost /°C/
 b_1 směrnice
x x-ová souřadnice
y y-ová souřadnice
n počet bodů
s měřítko délek
L geometrický rozměr /m/
 η viskozita /Pa.s/
 λ poměr měrných hmotností
T teplota /°C/

ÚVOD

S rozvojem průmyslové výroby, uplatňováním vědeckotechnického pokroku ve všech oblastech života, se postupně mění i profil sklářského průmyslu. Zatím co dříve převažovala v odvětví skla výroba určená pro osobní spotřebu, v současné době se podílí na sklářské výrobě zhruba ze dvou třetin produkce, která nachází své uplatnění v dalším použití v navazujících průmyslových odvětvích a ve stavebnictví.

Zejména s prudkým rozvojem průmyslu těžké chemie, vystupuje do popředí požadavek na výrobu netradičních výrobků pro montáž chemických aparatur. Jedním z nich jsou velkorozměrné skleněné trouby, vyrobené ze skloviny SIMAX. Pro výrobu těchto velkorozměrných skleněných výrobků bude použito technologie odstředivého lití.

Velikost a hmotnost výrobků klade značné nároky na technologické a konstruční řešení tvarovacího zařízení. V daném případě je vhodné využití techniky modelování k ověření základních technologických podmínek postupu tvarování.

Úkolem této diplomové práce je nalézt modelovou kapalinu, která by realizovala anizotermní proces modelování tvarování odstředivým litím.

1. Současný stav

Zvyšování výroby, její racionalizace je nerozlučně spjata s technickým rozvojem a vědeckým výzkumem. Zajištění předstihu výzkumu před výrobou, úsporu času i prostředků je možno realizovat modelováním tvarování odstředivého lití (dále TOL) v laboratorních podmínkách.

Při modelování se sledování jevu na díle zaměňuje sledováním stejného jevu na modelu. Jev v modelu musí přitom probíhat tak, aby výsledky sledování na modelu bylo možno aplikovat na dílo. Podmínky pro modelování, t.j. pro zhotovení modelu i pro proces v něm probíhající, udává teorie podobnosti.

Na modelu musí být možno provést jednak proces podobný procesu na díle, jednak všechna měření a sledování jevů. Aby jevy v modelu a díle byly podobné, musí se dodržet všechny podmínky podobnosti.

Pro modelování TOL válce Js 1 000 byla stanovena tato měřítka prepočtu hodnot z modelu (index M) na dílo (index D). Výpočet podmínek podobnosti fyzikálních jevů modelování TOL byl shrnut v /11/.

Měřítka délek s bylo zvoleno $s = 5$.

$$\text{Měřítka délek} \quad \frac{L_D}{L_M} = 5 \quad (1)$$

$$\text{Měřítka rychlosti} \quad \frac{V_D}{V_M} = s^{1/2} = 2,236 \quad (2)$$

$$\text{Měřítko otáček} \quad \frac{n_D}{n_M} = s^{-1/2} = 0,447 \quad (3)$$

$$\text{Měřítko času} \quad \frac{t_D}{t_M} = s^{1/2} = 2,236 \quad (4)$$

$$\text{Měřítko viskozit} \quad \frac{\eta_D}{\eta_M} = \lambda \cdot s^{3/2} \quad (5)$$

$$\lambda = \frac{\rho_D}{\rho_M} \quad (6)$$

ρ_D pro sklovinu SIMAX 2,23 g/cm³ pro 20° C.

$$\text{Měřítko povrchového napětí} \quad \frac{\sigma_D}{\sigma_M} = \lambda \cdot s^2 \quad (7)$$

$$\text{Měřítko tlaku} \quad \frac{p_D}{p_M} = \lambda \cdot s^{1/2} \quad (8)$$

Na MTOL, umístěném na KSK v Liberci, byla provedena řada výzkumů, zabývajících se dílčími úkoly TOLu, které bylo rozděleno do tří etap.

První etapa se zabývala stanovením výšky hladiny modelové kapaliny jako funkcí $H = H(n, t, \eta, \alpha)$

kde je H výška hladiny

n otáčky

η viskozita

t doba tvarování

α úhel osy rotace od svislé polohy.

Z ní plynou tyto závěry:

Při vyšších otáčkách formy, větším sklonu osy rotace od vertikální plochy a při nižší viskozitě modelové kapaliny je výška její hladiny H_M vyšší a časový náběh na H_M je kratší. Také rychlost tvarování je větší.

Druhá etapa se zabývá experimentálním stanovením závislosti tloušťky stěny jako funkcí $s = s(n, \eta, t, \omega, \alpha)$

kde je s tloušťka stěny

n otáčky

η viskozita

t doba tvarování

ω rychlost naklápění

α úhel osy rotace od svislé polohy

Z ní plynou tyto závěry:

1. Čím nižší je viskozita, tím menší jsou rozdíly vlivu naklápění osy rotace a rychlosti naklápění.
2. Se snižující se viskozitou se snižuje čas potřebný k TOL.
3. Hodnota vytvarování tloušťky stěny je závislá především na dosažených tvarovacích otáčkách.
4. Pro dosažení rovnoměrné tloušťky stěny je výhodnější tvarování při nakloněné ose rotace. Rovněž proces tvarování odstředivým litím je při nakloněné ose rotace rychlejší.

Z těchto dvou etap plynou pouze kvalitativní závěry.

Ve třetí etapě je provedeno matematické zpracování experimentálních dat modelování tvarování odstředivým litím formou regresní závislosti. Je zde zpracována metoda plánovaného experimentu. Cílem práce bylo získat matematický popis zkoumaného děje, aby se dosáhlo určité představy o procesu, který při tvarování bude probíhat na díle.

Ve všech těchto pracích, které byly na KSK provedeny, se realizoval pouze izotermní model. Použitím modelové kapaliny, realizující anizotermní model, by se proces modelování TOL více přiblížil procesu tvarování na díle.

2. Sklo SIMAX

SIMAX je pětisložkové sklo, složené z SiO_2 , B_2O_3 , Al_2O_3 , Na_2O a K_2O . Technologická norma složení skla udává obvykle chemické složení složek ve váhových %. Protože jednotlivé kysličníky se liší do značné míry molekulovou vahou mezi 60,06 pro SiO_2 až po 101,94 pro Al_2O_3 , byly by jejich vzájemné vlivy částečně maskovány. Zastupitelnost kysličníků je proto patrná teprve tehdy, vyjádříme-li složení v molárních poměrech v trojí možné formě, odvozené z váh. %:

$$\text{molární díl, } q_i = \frac{p_i}{M_i} \quad (9)$$

$$\text{molární procento, } m_i = \frac{\frac{p_i}{M_i} \cdot 100}{\sum \frac{p_i}{M_i}} \quad (10)$$

$$\text{parciální molární díl, } f_i = \frac{1}{100} \cdot m_i \quad (11)$$

kde p_i je váhové procento určitého kysličníku $M_n O_m$

M_i je jeho molekulová váha.

Složení Simaxu ve váh. %, v molárních dílech, molárních procentech a v parciálních molárních dílech je uvedeno v tabulce 1.

Fyzikální vlastnosti Simaxu dostupné přímému měření jsou uvedeny v tabulce 2.

tab. 1

R_{mO_n}	% váh.	Mol.díly	% mol.	Parciální mol. díly
SiO_2	80	1,3320	82,57	0,8257
B_2O_3	13	0,1866	11,57	0,1157
Al_2O_3	2,2	0,0216	1,34	0,0134
Na_2O	4	0,0645	3,99	0,0399
K_2O	0,8	0,0085	0,53	0,0053
Σ	100	1,6132	100	1

tab. 2

Hustota při 20°C	d	2,23	g/cm^3
Teplotní roztažnost	α	$3,2 \cdot 10^{-6}$	K^{-1}
Viskozita	$\log \eta$ 7,065	820	$^\circ C$
	$\log \eta$ 4,00	1260	$^\circ C$
Viskozitní prac.interval		440	$^\circ C$
Modul elasticity	E	6400	MPa
Poissonův poměr	ν	0,22	
Index lomu	n_D	1,474	
Abbeho konstanta	ν	64	
Fotoel. konstanta	B	$3,5 \cdot 10^{-12}$	Pa^{-1}
Dielektr. konstanta	ϵ	4,6	
El. odpor při	250°C	8,1	$M\Omega$
	350°C	6,6	$M\Omega$

Hodnoty měrné hmotnosti při různých teplotách jsou uvedeny v tabulce 3.

tab. 3

T/°C/	$\rho/g.cm^3/$	T/°C/	$\rho/g.cm^3/$	T/°C/	$\rho/g.cm^3/$
20	2,230	400	2,222	1200	2,168
100	2,228	500	2,220	1300	2,152
200	2,226	1000	2,200	1400	2,135
300	2,224	1100	2,184	1500	2,119

Křivka viskozity skloviny SIMAX v rozmezí teplot 1250 až 1500°C se určí extrapolací z Vogel-Fulchert-Tammanovy rovnice.

$$\log \eta = A + \frac{B}{t - T_0} = a_1 \quad (12)$$

Hodnoty viskozit pro sklovinu SIMAX byly naměřeny v SVÚS v Hradci Králové v roce 1974,

$$\text{pro } t_1 = 1100^\circ\text{C} \quad \log \eta = 4,089$$

$$t_2 = 1150^\circ\text{C} \quad \log \eta = 3,758$$

$$t_3 = 1250^\circ\text{C} \quad \log \eta = 3,200$$

Jednotlivé konstanty A, B, T_0 vypočteme ze soustavy rovnic.

$$T_o = \frac{a_1 t_1 - a_3 t_3 + /a_2 t_2 - a_1 t_1/ \cdot \frac{t_3 - t_1}{t_2 - t_1}}{/a_1 - a_3/ - /a_1 - a_2/ \cdot \frac{t_3 - t_1}{t_2 - t_1}} \quad (12 a)$$

$$A = \frac{a_2 t_2 - a_1 t_1 + T_o /a_1 - a_2/}{t_2 - t_1} \quad (12 b)$$

$$B = /a_1 - A/ \cdot /t_1 - T_o/ \quad (12 c)$$

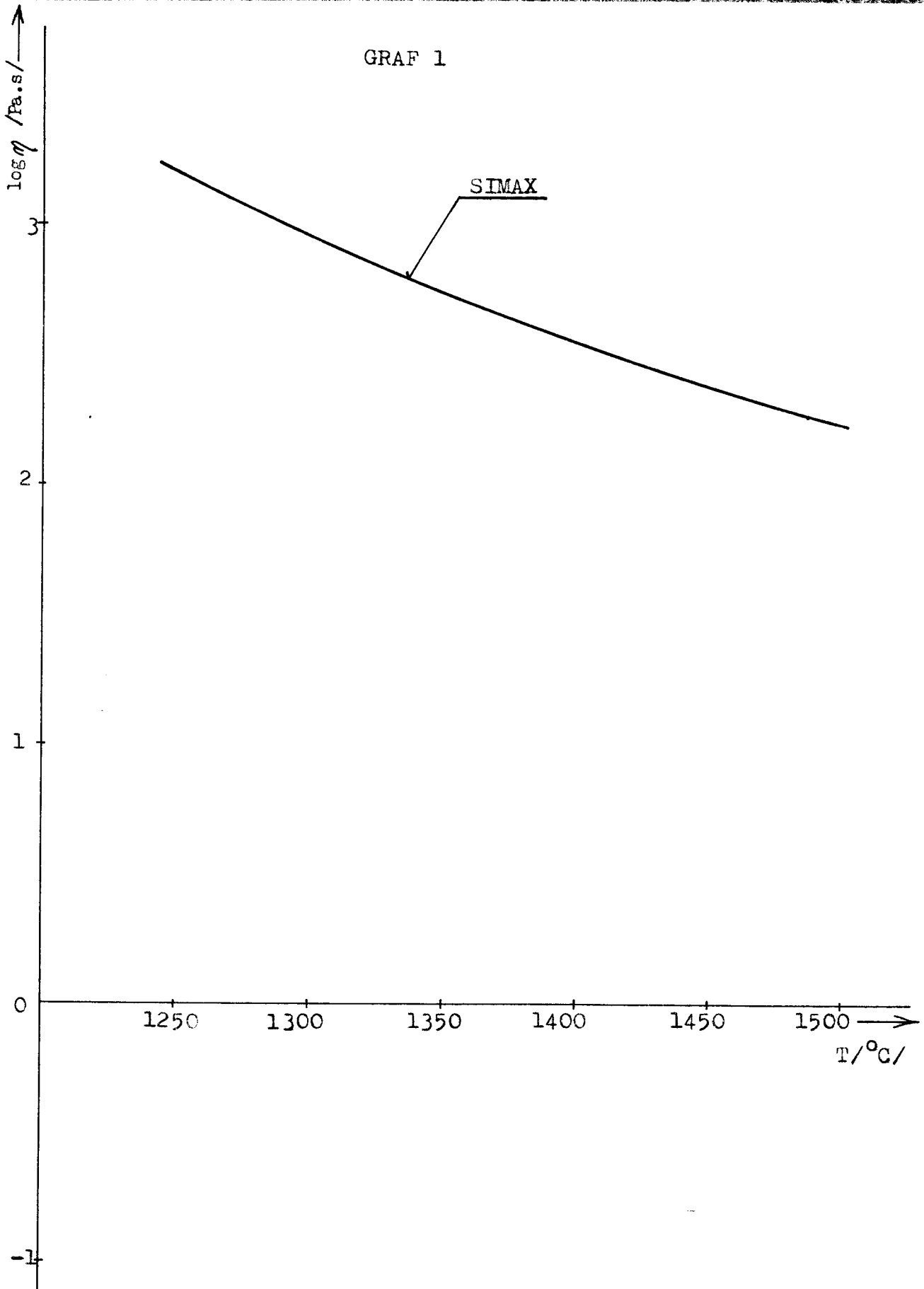
Bylo vypočteno: $A = - 1,569$
 $B = 4553,615$
 $T_o = 295,19$

Naměřené a vypočtené hodnoty viskozity skloviny SIMAX jsou uvedeny v tabulce 4 a znázorněny v grafu 1.

tab. 4

$T/^{\circ}C/$	$\log \eta /Pa.s/$	$\eta /Pa.s/$
1250	3,200	1584,890
1300	2,962	916,220
1350	2,747	558,470
1400	2,550	354,813
1450	2,371	234,960
1500	2,206	160,690

GRAF 1



3. Modelové kapaliny

3.1 Běžně používané modelové kapaliny

Voda - nejjednodušší modelová kapalina. Má však velmi nízkou viskozitu, není tedy vhodná tam, kde chceme modelovat moudění.

Glycerin - také jednoduchá modelová kapalina. Je průhledný, bezbarvý a má vysoký bod varu (200°C). Při teplotách $20 \div 90^{\circ}\text{C}$ má malou těkavost. Jeho viskozita je také poměrně malá, proto se zvyšuje různými přísadami. škrob, sirup, cukr .

Makromolekulární látky

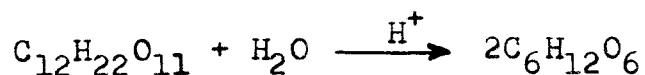
Aeroclor (USA) - Používal ho při svých pracích Hamilton /1/. Tato látka taje při 20°C . S rostoucí teplotou do 100°C jeho viskozita postupně klesá. V intervalu teplot $100 \div 120^{\circ}\text{C}$ má přibližně stejnou viskozitní křivku jako sodnovápenatá sklovina mezi 1310°C a 1490°C . Tato látka je vhodná k modelování tvarovacího procesu, protože při nižších teplotách má průběh viskozity jako tuhnutí sklo.

Polymetakrylát sodný - tuhá bílá látka, rozpuštěním ve vodě dává průhlednou kapalinu. Její viskozitu lze množstvím vody upravit. Je vhodná pro modelování sodnovápenatých skel s větším obsahem alkálií.

Škrobový sirup s přídavkem chloridu lithného - přídavek LiCl nemá na viskozitu podstatný vliv, vodivost se do množství 1,5 % LiCl zvyšuje, další přídavek již nemá vliv. Zahříváním sirup houstne, změní se jeho viskozita i barva a po delší době hnědne.

Glycerin s louhem sodným - viskozita glycerinu s přídavkem 0,5 ÷ 1 % NaOH je téměř stejná. Dalším přídavkem do 2 % se viskozita zvyšuje. Vodivost se zvyšuje jen do koncentrace 1,5 % NaOH, pak se již nemění.

Cukr - voda - glycerin - sacharóza se ve vodném roztoku účinkem některých enzymů, nebo za přítomnosti vodíkových iontů štěpí na molekuly monosacharidů (glukózu a fruktózu):



Tento získaný roztok invertního cukru při zahřívání houstne. Stává se viskóznější, nekrytalizuje, ale ztuhne až na sklovitou hmotu. Inverze se provádí při 80°C po dobu asi 2 hodin. Její rychlost roste s teplotou a s koncentrací vodíkových iontů.

Glycerin - chlorid lithný - různými přídavky LiCl lze dosáhnout požadované hodnoty viskozity. LiCl též tvoří kapalinu elektricky vodivou. Hodnota viskozity nezávisí pouze na množství LiCl, ale i na množství vody v původním glycerinu a na teplotě, při níž se LiCl v glycerinu rozpouští. Rozsah potřebných vlastností modelových kapalin je široký a lze je připravit prakticky pro všechny běžné skloviny a pro modely v měřítku od 1 : 10 do 1 : 50.

Viskozita při dlouhodobém zahřívání, kdy jde o otevřenou hladinu, mírně stoupá. To je způsobeno odpařováním vody z kapaliny.

Glycerin - kyselina citronová - přidáváním kyseliny citronové do glycerinu lze rovněž v širokém rozsahu ovlivňovat viskozitu takto vzniklé modelové kapaliny. Viskozita závisí nejen na množství rozpuštěné kyseliny citronové, ale i na množství vody ve výchozích látkách a na teplotě, při níž se kyselina v glycerinu rozpouští. Průběh viskozity u těchto kapalin velmi závisí na teplotě přípravy. Při zahřívání v otevřené nádobě dochází k odpařování vody a tím se zvyšuje bod varu a mění se průběh viskozity.

Glycerin - borax - 16 váh. % boraxu ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$)
a 84 váh. % glycerinu ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$)

Modelová kapalina je hydroskopická a její viskozita se mění i po delším stání, proto je třeba ji upravit vždy těsně před měřením.

3.2 Modelové kapaliny na bázi difenylů a terfenylů

Těmito model. kapalinami se zabývali Němec a Konečná /12/. Nedoporučují je k modelování, protože při zahřátí na 120°C uvolňují chlor a lepí se na sklo.

Modelovými kapalinami na bázi difenylů se také zabývali ve Výzkumném ústavu Sklounionu v Teplicích. Označují tyto modelové kapaliny jako elektrofenyly.

Elektrofenyly - chlorované deriváty difenylů. Jejich skupenství závisí na obsahu chloru. Tvoří viskozní kapaliny, pevné látky pryskyřičné a pevné látky krystalické. Efenyly jsou rozpustné v organických rozpouštědlech. s rostoucím obsahem chloru rozpustnost klesá.

Jejich významné rozpouštědla jsou: petrolej, benzen, toluen, terpentýn, tetrachlor, chloroform, chlorbenzen, alkoholy, fenoly, kyselina octová, minerální a rostlinné oleje, sirouhlík a nitrobenzen. Jsou nerozpustné ve vodě, v glycerinu a formaldehydu.

Nelze je zmýdelnit, jsou stále vůči zředěným kyselinám. Efenyly jsou stále vůči teplu a lze je dlouhodobě udržovat při teplotách 250 - 300°C bez znatelného rozkladu a polymerizace. Do 250 - 300°C jsou stále proti oxydaci. Nejsou citlivé k působení světla. Při teplotě nad 100°C působí korozivně na konstrukční materiály z bronzu a mosazi. Nejodolnější jsou konstrukční materiály z plávkové a nerezavějící oceli, niklu, skla a keramiky.

(H)	elektrofenyl	1 Hepta	$C_{12}H_3Cl_7$	hepta chloridifenyl
(O)	- " -	0	$C_{12}H_2Cl_8$	oktochloridifenyl
(D)	- " -	Deka	$C_{12}Cl_{10}$	dekachloridifenyl

Některé vlastnosti těchto elektrofenylů ukazuje
tabulka 5.

tab. 5

Fyzikální vlastnosti	H	O	D
Molekulová váha	395,5	430	499
Obsah Cl %	62,5 - 63	65,5 - 66	70,5 - 71,1
Obsah popela %	0	0	pod 0,01
Barva	bezbarvý průhledný	bílý opákní	bílý opákní
Index lomu $D^{25^{\circ}}$	1,65 - 1,655		
Skupenství	pryskyřice	pryskyřice kusy	krystalická moučka
Viskozita 20° 100° 180°	—	—	—
Měrná hmotnost /g/cm ³ / 25° 100°	1,5554-1,564 1,579 -1,589	— 1,570-1,580	1,94 —
Odpor /ohm . cm ⁻² . cm ¹ / 100°	$500 \cdot 10^9$	$500 \cdot 10^9$	$500 \cdot 10^9$
Koeficient roztažnosti	0,00063	—	—
Spec. teplo 0° 100°	0,19 0,30	—	—
Ztráta vypařením za 6 hodin při 100°C	0,0 - 0,2%	0,0 - 0,1%	—

3.3 Vosky a voskové směsi

3.3.1 Vosky

Při tuhnutí vykazují značné smrštění. Měkké vosky a parafiny se smršťují méně než vosky tvrdé (např. vosk karnaubský, montánní). Vhodnou kombinací vosků lze připravit voskovou směs o malém smrštění. Důležitá hodnota k posuzování voskových směsí je interval tuhnutí (rozdíl hodnot bodu tuhnutí a bodu skápnutí). Na něm závisí, zda vosková směs ztuhne ve formě rychle, nebo pomalu. Obvykle mají voskové hmoty pro gravitační lití modelů delší interval tuhnutí než hmoty pro vstřikové lití pod tlakem.

Parafin

Základní složka pro gravitační lití. Má nízký bod zkápnutí, vyhovující tvrdost, malé smrštění, ale nízkou stabilitu a pevnost. Přidá-li se k parafinu některý tvrdý vosk, zvýší se obvykle bod tání směsi, pevnost a tvrdost.

Karnaubský vosk

Je to rostlinný produkt zvláštní palmy. Přidá-li se k měkkým voskům, zvyšuje značně jejich tvrdost a bod tání, zkracuje dobu tuhnutí. Má značné smrštění.

Včelí vosk

Je měkký, velmi tvárný. Po přidání k jiným voskům

vytváří směsi o značné pevnosti a prodlužuje interval tuhnutí. Jeho nevýhodou je velká lepivost na stěny kovových forem.

Stearín

Zvyšuje pevnost voskových směsí, snižuje bod tání a tvrdost, značně prodlužuje interval tuhnutí. Velmi podstatně snižuje smrštění tvrdých vosků.

Montánní vosk

Přidán k parafinovým směsím zvyšuje jejich bod tání a tvrdost a zkracuje interval tuhnutí. Má velké smrštění.

Kalafuna

Přidá-li se k voskovým směsím, snižuje jejich bod tání a stabilitu, zvyšuje pevnost, ale také lepivost modelových hmot ke stěnám formy. Prodlužuje interval tuhnutí.

Fyzikální vlastnosti vosků jsou uvedeny v tabulce 6.

3.3.2 Voskové směsi

Parafin sám je příliš měkký, má nízkou pevnost, tvrdost a bod zkapnutí, který podmiňuje i nízkou stabilitu, zvláště při vyšší pracovní teplotě. Mísením s jinými vosky lze nepříznivé vlastnosti parafinu podstatně zlepšit.

Všechny tvrdé vosky nepříznivě ovlivňují lineární smrštění parafinových směsí, nejméně však

montánní vosk tuzemský, který je nejlevnější. Zajímavé je, že velmi nízké hodnoty smrštění vykazují směsi parafinu s kalafunou. Mají však příliš nízký bod zkápnutí, který upozorňuje na nízkou stabilitu. Tyto směsi silně lepí na stěny forem.

Ternární směsi:

Parafin - montánní vosk - kalafuna - dlouho tuhne, při 25°C se modely deformují vzhledem k nízké stabilitě. Kromě toho lepí.

Provozně vhodné jsou kvaternární směsi parafin - včelí vosk - montánní vosk - kalafuna, nebo ternární směs parafin - včelí vosk - montánní vosk.

Složení modelových voskových hmot:

72,5 % parafinu nerafinovaného
15 % včelího vosku extrahovaného
10 % montánního vosku Riebeck (A)
2,5 % kalafuny

Jde o univerzální hmotu, vhodnou pro výrobu modelů všech velikostí.

75 % parafinu nerafinovaného
10 % včelího vosku extrahovaného
10 % montánního vosku tuzemského (B)
5 % kalafuny

Tato hmota je vhodná pro tenkostěnné odlitky.

Pro odlévání modelů velkých a středních velikostí je vhodná tato ternární vosková směs:

- 75 % parafinu nerafinovaného
 - 15 % včelího vosku extrahovaného
 - 10 % montánního vosku tuzemského
- (c)

Fyzikální vlastnosti voskových směsí jsou uvedeny v tabulce 7.

tab.6

	Hustota /g.cm ³ /	Bod skápnutí /°C/	Bod tuhnutí na kuličce /°C/	Lineární smrštění /%/	Tvrdost 25°C *	Stabilita *	
						25°C	30°C
Parafin	0,919	54	50	0,8	52	142	200
Parafin nerafinovaný	0,923	49	48	0,8	46	148	200
Stearin technický	0,970	54	50,2	2,3	18	—	—
Vosk včelí technický	0,971	64	63,5	1,8	48	12	32
Vosk včelí extrahovaný	0,974	68	68	2,0	26	13	33
Karnaubský vosk	0,977	85	78	2,1	3	0	0
Montánní surový tuzemský	1,008	81	74,5	2,05	3	0	0
Montánní surový Riebeck /NDR/	1,015	88	76,5	2,00	3	0	0

tab. 7

	Hustota /g·cm ⁻³ /	Bod skápnutí /°C/	Bod tuhnutí na kuličce /°C/	Lineární smrštění /%/	Tvrdost 25°C *	Stabilita *	
						25°C	30°C
A	0,944	75	55	1,1	19	16	65
B	0,956	74	51	1,4	22	16	54
C	0,953	78	53	1,2	21	16	48

* Čím vyšší hodnota, tím nižší tvrdost, stabilita.

4. Metodika měření tokových vlastností tavenin vosků a jejich směsí

Výsledky měření, provedených v /7/, prokázaly, že reprodukovatelné výsledky měření viskozity tavenin vosků a jejich směsí bude možné získat jen za předpokladů pečlivé přípravy vzorků a použití vhodné metodiky měření.

Tavenina vosků nesmí obsahovat vodu. Její přítomnost již v malém množství buď snižuje naměřenou hodnotu viskozity, nebo způsobí velký rozptyl získaných výsledků. Obsah většího množství vody ve vzorku může i znemožnit měření. Získané hodnoty měření mají rozptyl několik desítek procent a nejsou tedy reprodukovatelné.

Proto tavenina vzorků před měřením byla vždy ohřívána ve vodní lázni na 100°C a na této teplotě udržována po dobu 10 minut a potom ještě přehřívána v elektrické sušárně při teplotě 110°C po dobu 2 minut. Pak následovalo ochlazení na zvolenou teplotu měření a temperování vzorku na této teplotě po dobu 10 minut, aby bylo zjištěno jeho rovnoměrné prohřátí na zvolenou teplotu.

Vlastní měření viskozity bylo prováděno za izotermických podmínek. Teplota během temperování a měření byla udržována ultratermostatem, regulujícím nastavenou výši teploty. Po provedených informativních měřeních v /7/ byl zvolen následující postup.

Po zbavení vzorku taveniny zbytku vody výše popsaným postupem, byl vzorek v Rheo - Viscometru připraveném k měření ochlazen na výchozí teplotu měření, kterou byla vždy nejvyšší teplota teplotního intervalu, v němž mělo být měření provedeno. Na této teplotě byl vzorek temperován po dobu 10 minut. Pak bylo provedeno měření v sériích po pěti měřeních při dvou rozdílných smykových napětích. Nebyli-li rozptyl každé série měření větší jak 2 %, byl vzorek ochlazen na další nižší teplotu zvoleného teplotního intervalu, temperován na ní 10 minut a provedena další série měření.

Měření viskozity při různých smykových napětích bylo nutné proto, aby bylo zjištěno, zda se tavenina chová jako newtonovská kapalina, nebo zda vykazuje nějakou tokovou anomálii.

Z výsledků měření proveděných v /7/ vyplývá, že po překročení určité teploty (kritické teploty přehřátí) přehřáté taveniny, nabude tavenina newtonovských vlastností a zachová si je i při teplotách nižších. (Kritická teplota přehřátí montánního vosku je 82,6 - 91,6°C.) Jestliže tavenina nebyla přehřáta nad tuto teplotu, má reologické vlastnosti, což znamená, že její zdánlivá viskozita je závislá na smykovém napětí, vyvolaném tahem.

K získání správného tvaru křivky viskozity, vyjadřující závislost viskozity taveniny na teplotě, byl každý ze vzorků měřen nejméně při pěti vhodně odstupňovaných konstantních teplotách od nejvyšší k nejnižší. Tento postup je nutno bezpodmínečně dodržet, zejména při měření viskozity tavenin voskových směsí. Je prokázáno, že při opačném postupu měření, od nižších teplot k vyšším, naměřené hodnoty viskozity dosti výrazně závisí na čase temperování vzorku a současně rozptyl naměřených hodnot je i několik desítek procent.

4.1 Příprava modelové kapaliny

Jednotlivé směsi byly připraveny z uvedených surovin pečlivě zbavených vody zahrátím jejich tavenin na 100°C a krátkodobým přehřátím na 110°C .

Smísení podílů bylo prováděno rozpuštěním kalfuny v roztaveném montánním vosku teploty 95°C . Potom následovalo rozpuštění včelího vosku v tavenině kalfuny a montánního vosku 95°C . Nakonec pak rozpouštění parafinu v tavenině třech předešlých složek 95°C teplotě. Přidávají-li se dřevěné piliny jako plnivo, vsypou se za stálého míchání do taveniny všech čtyř složek.

4.2 Princip měření na Höplerově - Viscometru

Podstata metody měření viskozity tavenin voskových směsí na tomto přístroji spočívá v protlačování

skleněné měrné kuličky, upevněné na kovové tyčce, přesně broušeným skleněným válcovým pouzdem, se vzorkem taveniny. Kulička je protlačována silou vyvozenou závažím vhodné velikosti po dráze 30 mm. Čas potřebný k protlačení se měří stopkami s přesností nejméně 0,1 sec.

Konstantní teplota vzorku během měření je zajišťována vodní lázní, v níž je skleněné měrné pouzdro ponořeno. Vodní lázeň je temperována ultratermostatem. Teplota temperovací vodní lázně se odečítá na kontrolním rtuťovém teploměru se stupnicí dělenou po 0,5°C. Vhodné smykové napětí, zvolené pro daný případ měření, se nastavuje závažím vkládaným na misku Rheo-Viscometru. Viskozita, případně zdánlivá viskozita se vyhodnocuje podle vztahu (13).

$$\eta = \tau \cdot t \cdot k \quad (13)$$

kde η - je viskozita /cP/

τ - je smykové napětí, při němž se měření provádí /p . cm⁻²/

t - je doba v sec. potřebných k protlačení kuličky po dráze 30 mm.

k - je konstanta měrného pouzdra.

K přednostem použitého Höpplerova Rheo-Viscometru patří jeho jednoduchost a spolehlivost, snadné provádění sérií měření při konstantní teplotě, jeho značná citlivost a jednoduchá manipulace při plnění i čištění. Spolehlivě a přesně měří viskozitu tavenin vosků a je-

jich směsí při vyšším přehřátí nad teplotu příslušného likvidu.

Nevýhody přístroje, použitého při teplotách těsně nad likvidem a v intervalu tuhnutí, jsou následující: Neorůznivě se projevuje chladnutí taveniny vzorku na hladině, která je ~~zakryta~~ pouze kovovým víčkem a je proto ve styku s atmosferou teploty kolem 20°C. Při opakovaném měření dochází k ucpávání průchoodu tyčky s kuličkou ve výřezu kovového víčka měřícího pouzdra. Při měření se tomu zabráňovalo čištěním tyčky po každém měření.

Závažnější potíž vznikla při měření v intervalu tuhnutí, kdy v tavení voskové směsi jsou rozptýleny částice tuhé fáze o vyšší měrné hmotnosti a dochází k jejich sedimentaci. Tak naměřená viskozita z první horní poloviny dráhy pohybu měrné kuličky byla nižší a ze druhé poloviny dráhy vyšší. Čelilo se tomu promícháváním vzorku při zpětném pohybu kuličky a měřením při vyšších smykových napětích. Za těchto podmínek proběhlo jedno měření v čase do nejvýš 10 - 20 sec. Takto upravená metodika měření umožnila omezit nepříznivý vliv sedimentace na výsledky měření.

5. Experimentální část

Voskové směsi, kterými se dále zabýváme, jsou složeny zpravidla ze čtyř, nebo ze dvou komponentů. Jsou to parafin nerafinovaný (dále P), včelí vosk extrahovaný (dále V), montánní vosk tuzemský (dále M) a kalafuna (dále K).

Do některých směsí byly přidány dřevěné piliny jako plnivo, proto abychom získali modelovou kapalinu s vyšší viskozitou. Velikost pilin je max. 0,2 mm.

V označení směsi číslo označuje procentuální obsah složky označené písmenem.

Hodnotu viskozity vypočteme ze vztahu (13). Tuto hodnotu η dostaneme v cP, protože přístroj, na kterém bylo měření prováděno byl cejchován pro tyto jednotky. Pro přepočítání na Pa . s použijeme vztahu (14).

$$10 P = 1 \text{ Pa} \cdot \text{s} \quad (14)$$

5.1 Směs 75 P - 10 V - 10 M - 5 K

(I)

$$\rho = 0,956 \text{ g/cm}^3$$

Naměřené hodnoty doby t a vypočtené hodnoty viskozity jsou uvedeny v tabulce 8 a znázorněny v grafu 2.

tab. 8

T / °C	t / s					\bar{t}	τ_{33} / g.cm ³	k	η / Pa.s	log η / Pa.s
	1	2	3	4	5					
80	5,7	5,7	5,8	5,7	5,7	5,72	10	0,1	0,00572	-2,243
80	2,9	2,8	2,9	2,9	2,9	2,88	20	0,1	0,00576	-2,24
75	6,3	6,3	6,4	6,3	6,3	6,32	10	0,1	0,00632	-2,199
75	3,1	3,0	3,1	3,0	3,1	3,06	20	0,1	0,00612	-2,213
70	7,2	7,1	7,1	7,1	7,2	7,14	10	0,1	0,00714	-2,147
70	3,6	3,6	3,5	3,5	3,6	3,56	20	0,1	0,00712	-2,148
65	8,0	8,0	8,1	8,0	8,1	8,04	10	0,1	0,00804	-2,095
65	4,1	4,0	4,0	4,1	4,0	4,04	20	0,1	0,00808	-2,093
60	9,2	9,1	9,2	9,1	9,1	9,14	10	0,1	0,00914	-2,039
60	4,5	4,6	4,5	4,5	4,5	4,52	20	0,1	0,00904	-2,043
55	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	10	0,1	0,0138	-1,86
55	6,8	6,8	6,8	6,7	6,7	6,76	20	0,1	0,01352	-1,869

5.2 55 P - 10 V - 20 M - 15 K

(II)

$$\rho = 0,965 \text{ g/cm}^3$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 9
a znázorněny v grafu 2.

tab. 9

T /°C/	t /s/					\bar{t}	τ /g.cm ⁻³ /	k	η /Pa.s/	log η /Pa.s/
	1	2	3	4	5					
80	10,3	10,4	10,4	10,4	10,3	10,36	10	0,1	0,01036	-1,985
80	5,2	5,2	5,1	5,1	5,2	5,16	20	0,1	0,01032	-1,986
75	12,0	12,0	12,1	12,0	12,1	12,02	10	0,1	0,01202	-1,92
75	5,9	5,9	6,0	5,9	6,0	5,94	20	0,1	0,01188	-1,925
70	13,9	13,8	13,8	13,9	13,8	13,84	10	0,1	0,01384	-1,859
70	6,8	6,8	6,8	6,9	6,9	6,84	20	0,1	0,01368	-1,864
65	15,9	16,0	16,0	16,0	16,0	15,98	10	0,1	0,01598	-1,796
65	8,0	7,9	8,0	7,9	7,9	7,94	20	0,1	0,01588	-1,799
60	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	10	0,1	0,019	-1,721
60	9,6	9,5	9,5	9,5	9,6	9,54	20	0,1	0,01908	-1,719
55	23,3	23,3	23,3	23,2	23,2	23,26	20	0,1	0,04652	-1,332
55	15,5	15,5	15,6	15,5	15,6	15,54	30	0,1	0,04662	-1,331

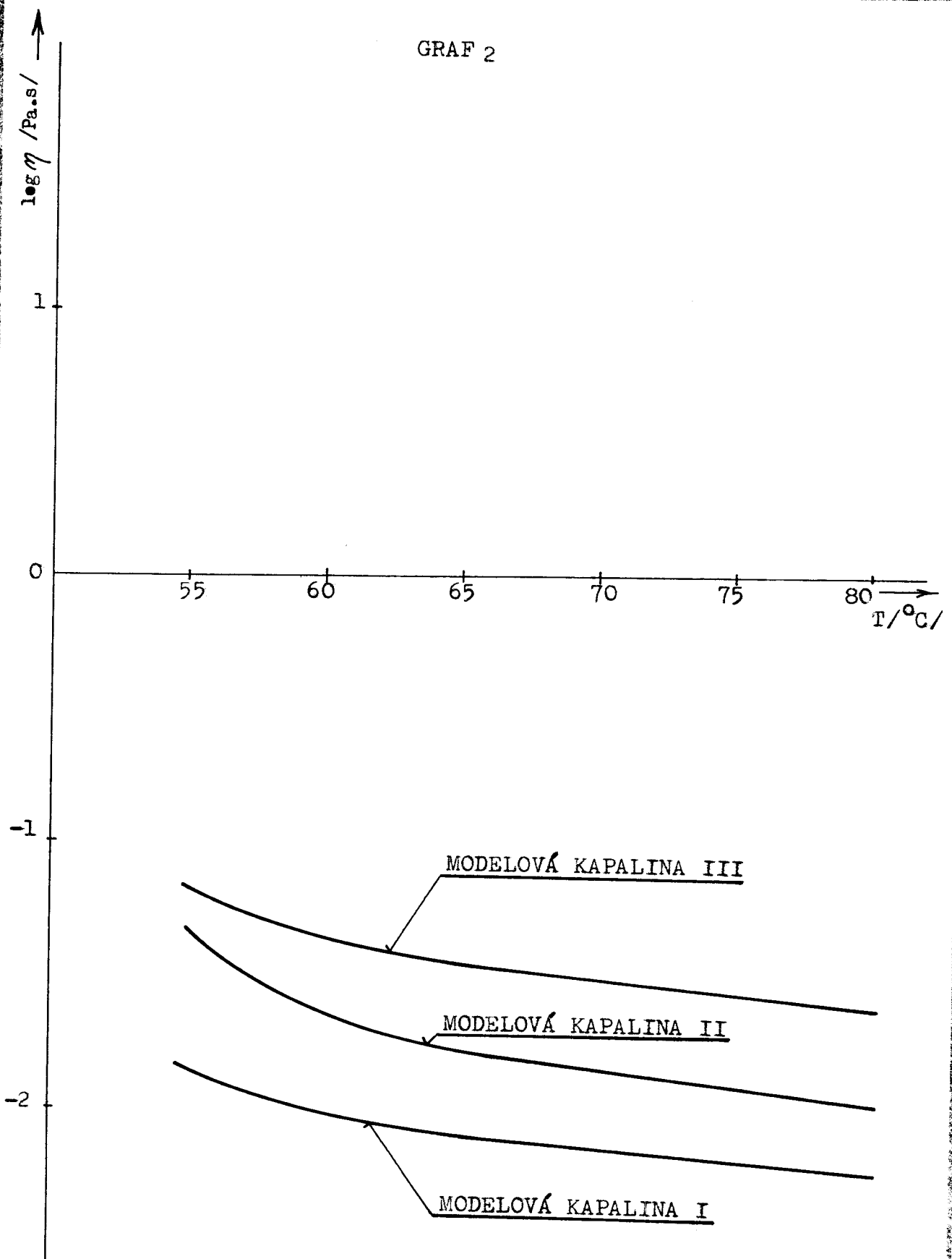
5.3 55 P - 10 V - 20 M - 15 K + 12 g pilin (III)

$$\rho = 0,952 \text{ g/cm}^3$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 10 a znázorněny v grafu 2.

tab. 10

T /°C/	t /s/					t	τ /g.cm ⁻³ /	k	η /Pa.s/	log η /Pa.s/
	1	2	3	4	5					
80	4,0	4,0	4,1	4,0	4,1	4,02	60	0,1	0,02412	-1,618
80	3,5	3,5	3,6	3,5	3,5	3,55	70	0,1	0,0246	-1,609
75	4,2	4,2	4,3	4,2	4,3	4,24	60	0,1	0,0254	-1,595
75	3,7	3,6	3,7	3,7	3,7	3,68	70	0,1	0,0258	-1,588
70	5,2	5,2	5,1	5,2	5,2	5,18	60	0,1	0,031	-1,509
70	4,5	4,5	4,5	4,4	4,5	4,48	70	0,1	0,0313	-1,504
65	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1	6,05	60	0,1	0,036	-1,444
65	5,2	5,3	5,3	5,2	5,2	5,24	70	0,1	0,0367	-1,435
60	7,1	7,1	7,0	7,0	7,1	7,06	60	0,1	0,0424	-1,373
60	6,2	6,2	6,2	6,1	6,2	6,18	70	0,1	0,0432	-1,365
55	11,1	11,1	11,0	11,0	11,0	11,04	60	0,1	0,0662	-1,179
55	9,3	9,3	9,4	9,3	9,4	9,34	70	0,1	0,0654	-1,184



5.4 55 P - 10 V - 30 M - 5 K

(IV)

$$\rho = 0,958 \text{ g/cm}^3$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 11 a znázorněny v grafu 3.

tab. 11

T /°C/	t /s/					t	τ /g.cm ⁻³ /	k	η /Pa.s/	log η /Pa.s/
	1	2	3	4	5					
80	11,0	10,9	11,0	10,9	10,9	10,94	10	0,1	0,01094	-1,961
80	5,5	5,4	5,5	5,5	5,4	5,46	20	0,1	0,01092	-1,962
75	12,4	12,5	12,4	12,5	12,4	12,44	10	0,1	0,01244	-1,905
75	6,2	6,2	6,2	6,3	6,2	6,22	20	0,1	0,01244	-1,905
70	14,3	14,2	14,3	14,2	14,2	14,24	10	0,1	0,01424	-1,846
70	7,0	7,0	7,0	7,1	7,0	7,02	20	0,1	0,01404	-1,853
65	16,4	16,3	16,4	16,3	16,3	16,34	10	0,1	0,01634	-1,787
65	8,1	8,0	8,1	8,1	8,1	8,08	20	0,1	0,01616	-1,792
60	8,5	8,4	8,4	8,4	8,5	8,44	40	0,1	0,03376	-1,472
60	6,8	6,8	6,7	6,8	6,8	6,78	50	0,1	0,0339	-1,469
55	8,4	8,4	8,4	8,3	8,3	8,36	80	0,1	0,06688	-1,174
55	7,5	7,4	7,4	7,4	7,4	7,42	90	0,1	0,06678	-1,175

5.5 55 P - 10 V - 25 M - 10 K

(V)

$$\rho = 0,962 \text{ g/cm}^3$$

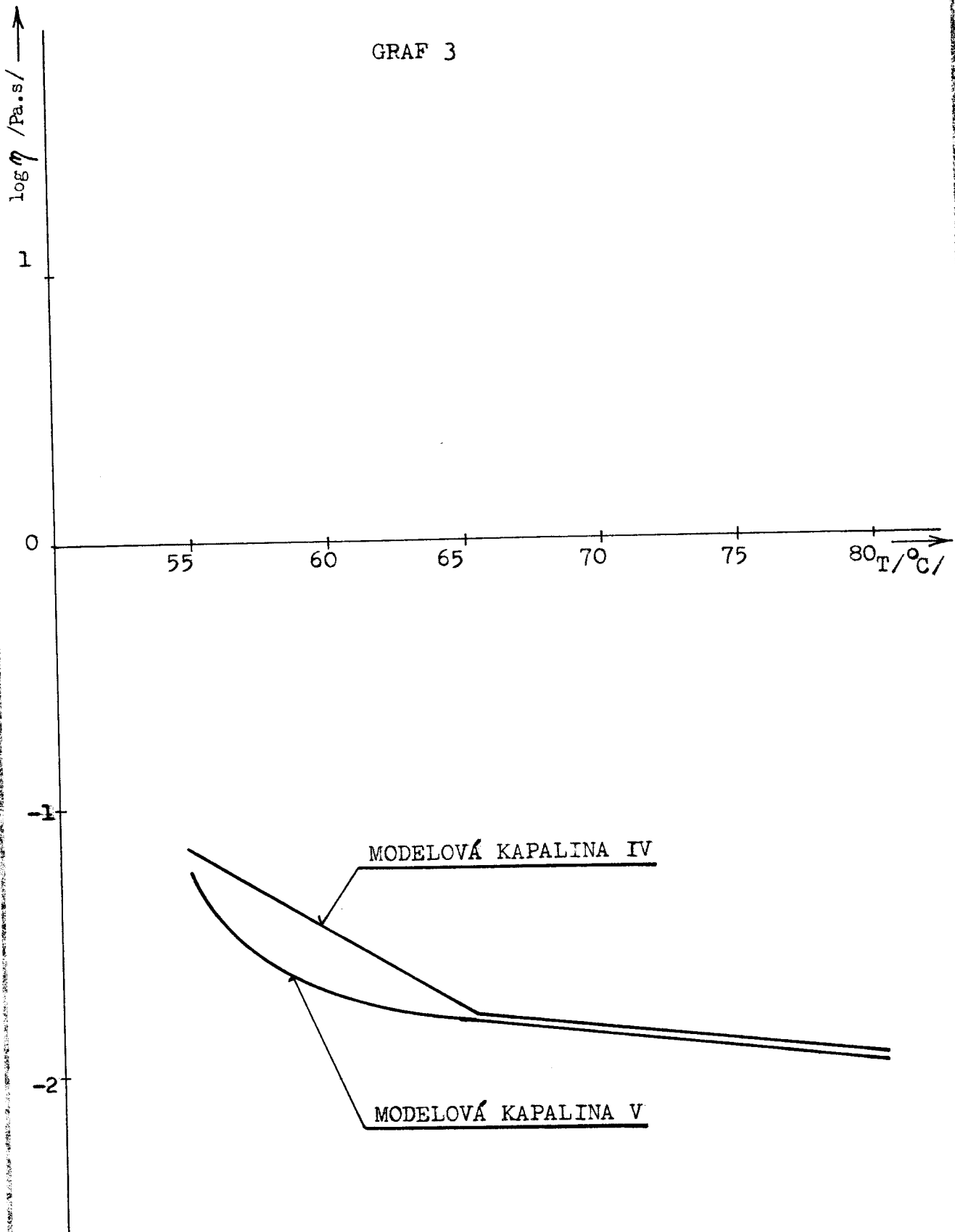
Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 12 a znázorněny v grafu 3.

tab. 12

T /°C/	t /s/					t	τ /g.cm ⁻³ /	k	η /Pa.s/	log η /Pa.s/
	1	2	3	4	5					
80	10,8	10,8	10,8	10,7	10,7	10,76	10	0,1	0,01076	-1,968
80	5,3	5,2	5,2	5,3	5,2	5,24	20	0,1	0,01048	-1,979
75	12,2	12,2	12,1	12,2	12,1	12,18	10	0,1	0,01218	-1,914
75	5,9	5,9	6,0	6,0	6,0	5,96	20	0,1	0,01192	-1,924
70	13,8	13,8	13,9	13,8	13,9	13,84	10	0,1	0,01384	-1,859
70	6,9	6,9	6,8	6,9	6,9	6,88	20	0,1	0,01376	-1,861
65	15,9	15,9	15,9	16,0	16,0	15,94	10	0,1	0,01594	-1,798
65	8,0	7,9	7,9	8,0	8,0	7,96	20	0,1	0,01592	-1,798
60	18,2	18,2	18,3	18,2	18,3	18,24	10	0,1	0,01824	-1,739
60	9,2	9,2	9,3	9,3	9,2	9,24	20	0,1	0,01848	-1,733
55	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	60	0,1	0,051	-1,292
55	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	7,28	70	0,1	0,05096	-1,293

Viskózní křivka modelové kapaliny č. IV v rozmezí teplot 55 ÷ 65°C je podobná viskózní křivce skloviny SIMAX. Dále bylo zjišťováno, jaký průběh budou mít viskózní křivky pro kapaliny s málo odlišným složením jako má modelová kapalina č. IV.

GRAF 3



5.6 60 P - 10 V - 27 M - 3 K

(VI a)

$$\rho = 0,953 \text{ g/cm}^3$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 13 a znázorněny v grafu 4.

tab. 13

T /°C/	t /s/					δt /s/	τ /g.cm ⁻³ /	k	η /Pa.s/	log η /Pa.s/
	1	2	3	4	5					
80	8,5	8,4	8,5	8,4	8,4	8,44	10	0,1	0,00844	-2,074
80	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	20	0,1	0,008	-2,097
75	9,2	9,2	9,3	9,2	9,2	9,22	10	0,1	0,00923	-2,035
75	4,6	4,6	4,7	4,6	4,7	4,66	20	0,1	0,00928	-2,032
70	10,5	10,6	10,5	10,5	10,6	10,54	10	0,1	0,01054	-1,977
70	5,2	5,2	5,3	5,2	5,2	5,22	20	0,1	0,01044	-1,981
65	12,1	12,1	12,2	12,2	12,1	12,14	10	0,1	0,01214	-1,916
65	6,0	6,1	6,0	6,1	6,1	6,06	20	0,1	0,01212	-1,916
60	15,3	15,2	15,3	15,2	15,2	15,24	10	0,1	0,01524	-1,817
60	9,5	9,4	9,5	9,5	9,5	9,48	20	0,1	0,01896	-1,722
55	7,9	7,9	8,0	7,9	8,0	7,94	90	0,1	0,07146	-1,146
55	6,2	6,2	6,3	6,3	6,2	6,24	100	0,1	0,0624	-1,205

5.7 58 P - 10 V - 27 M - 5 K

(VI b)

$$\rho = 0,956 \text{ g/cm}^3$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 14 a znázorněny v grafu 4.

tab. 14

$t / \text{°C} /$	t /s/					ϕt /s/	τ /g.cm ⁻³ /	k	η /Pa.s/	$\log \eta$ /Pa.s/
	1	2	3	4	5					
80	9,3	9,3	9,2	9,2	9,2	9,26	10	0,1	0,0092	-2,036
80	4,6	4,6	4,6	4,5	4,6	4,58	20	0,1	0,00916	-2,038
75	10,2	10,2	10,3	10,2	10,3	10,24	10	0,1	0,01024	-1,989
75	5,0	5,1	5,1	5,0	5,1	5,06	20	0,1	0,01012	-1,995
70	11,5	11,5	11,6	11,6	11,5	11,54	10	0,1	0,01154	-1,938
70	5,9	5,9	5,8	5,9	5,8	5,86	20	0,1	0,01172	-1,931
65	13,5	13,5	13,5	13,5	13,6	13,52	10	0,1	0,01352	-1,868
65	7,1	7,1	7,0	7,0	7,0	7,94	20	0,1	0,01408	-1,851
60	24,0	23,9	23,9	24,0	23,9	23,94	10	0,1	0,02394	-1,621
60	12,1	12,1	12,1	12,0	12,0	12,06	20	0,1	0,02412	-1,618
55	4,6	4,7	4,7	4,7	4,7	4,68	90	0,1	0,04094	-1,377
55	4,1	4,2	4,2	4,1	4,1	4,14	100	0,1	0,0414	-1,383

5.8 56 P - 10 V - 27 M - 7 K

(VI c)

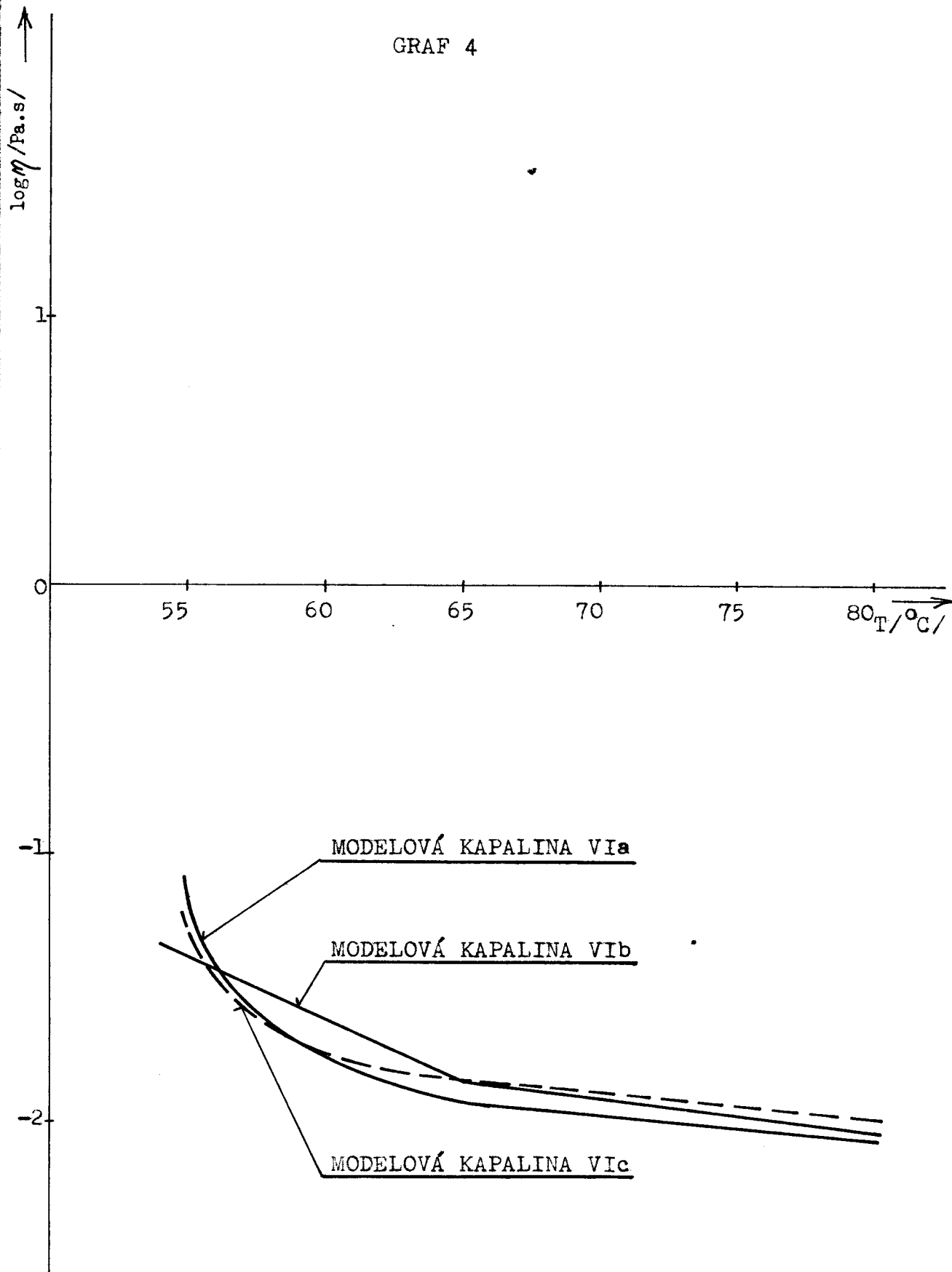
$$\rho = 0,959 \text{ g/cm}^3$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 15 a znázorněny v grafu 4.

tab. 15

T / °C	t / s/					t / s/	τ / g.cm ⁻³ /	k	η / Pa.s/	log η / Pa.s/
	1	2	3	4	5					
80	10,1	10,0	10,1	10,1	10,1	10,08	10	0,1	0,01008	-1,996
80	4,9	5,0	4,9	5,0	5,0	4,96	20	0,1	0,00992	-2,003
75	11,5	11,4	11,4	11,5	11,5	11,46	10	0,1	0,01146	-1,941
75	5,7	5,8	5,8	5,7	5,7	5,78	20	0,1	0,01148	-1,94
70	12,9	12,8	12,9	12,9	12,8	12,86	10	0,1	0,01286	-1,891
70	6,4	6,4	6,5	6,5	6,4	6,44	20	0,1	0,01288	-1,89
65	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	10	0,1	0,0145	-1,839
65	7,2	7,1	7,1	7,2	7,1	7,16	20	0,1	0,01432	-1,844
60	17,3	17,4	17,4	17,4	17,4	17,38	10	0,1	0,01738	-1,759
60	8,8	8,8	8,7	8,7	8,8	8,76	20	0,1	0,01752	-1,756
55	5,5	5,5	5,5	5,4	5,4	5,46	90	0,1	0,04914	-1,309
55	4,9	5,0	5,0	4,9	5,0	4,46	100	0,1	0,0496	-1,305

GRAF 4



5.9 57 P - 10 V - 30 M - 3 K

(VII a)

$$\rho = 0,956 \text{ g/cm}^3$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 16 a znázorněny v grafu 5.

tab. 16

T /°C/	t /s/					t /s/	τ /g.cm ⁻³ /	k	η /Pa.s/	log η /Pa.s/
	1	2	3	4	5					
80	9,5	9,5	9,5	9,4	9,5	9,48	10	0,1	0,00948	-2,023
80	4,8	4,7	4,7	4,8	4,7	4,74	20	0,1	0,00948	-2,023
75	10,7	10,8	10,7	10,7	10,8	10,74	10	0,1	0,01074	-1,969
75	5,3	5,4	5,4	5,4	5,4	5,34	20	0,1	0,0107	-1,971
70	12,0	12,0	12,1	12,0	12,1	12,04	10	0,1	0,01204	-1,919
70	6,0	6,1	6,0	6,0	6,0	6,02	20	0,1	0,01204	-1,919
65	14,0	13,9	13,9	14,0	13,9	13,94	10	0,1	0,01394	-1,856
65	7,0	7,0	6,9	7,0	6,9	6,96	20	0,1	0,01392	-1,856
60	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	10	0,1	0,021	-1,678
60	10,5	10,4	10,4	10,5	10,5	10,46	20	0,1	0,02092	-1,679
55	9,5	9,6	9,6	9,5	9,6	9,56	90	0,1	0,08604	-1,065
55	8,7	8,8	8,7	8,7	8,7	8,72	100	0,1	0,0872	-1,059

5.10 55 P - 10 V - 30 M - 5 K

(VII b)

$$\rho = 0,959 \text{ g/cm}^3$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 17 a znázorněny v grafu 5.

tab. 17

T / °C	t / s/					ρt / s/	τ / g.cm ⁻³ /	k	η / Pa.s/	log η / Pa.s/
	1	2	3	4	5					
80	11,0	10,9	11,0	10,9	10,9	10,94	10	0,1	0,01094	-1,961
80	5,5	5,4	5,5	5,5	5,4	5,46	20	0,1	0,01092	-1,962
75	12,4	12,5	12,4	12,5	12,4	12,44	10	0,1	0,01244	-1,905
75	6,2	6,2	6,2	6,3	6,2	6,22	20	0,1	0,01244	-1,905
70	14,3	14,2	14,3	14,3	14,2	14,24	10	0,1	0,01424	-1,846
70	7,0	7,0	7,0	7,1	7,0	7,02	20	0,1	0,01404	-1,853
65	16,4	16,3	16,4	16,3	16,3	16,34	10	0,1	0,01634	-1,787
65	8,1	8,0	8,1	8,1	8,1	8,08	20	0,1	0,01616	-1,792
60	6,8	6,8	6,7	6,8	6,8	6,78	50	0,1	0,0339	-1,469
60	8,5	8,4	8,4	8,4	8,5	8,44	40	0,1	0,03376	-1,472
55	8,4	8,4	8,4	8,3	8,3	8,36	80	0,1	0,06688	-1,175
55	7,5	7,4	7,4	7,4	7,4	7,42	90	0,1	0,06678	-1,175

5.11 53 P - 10 V - 30 M - 7 K

(VII c)

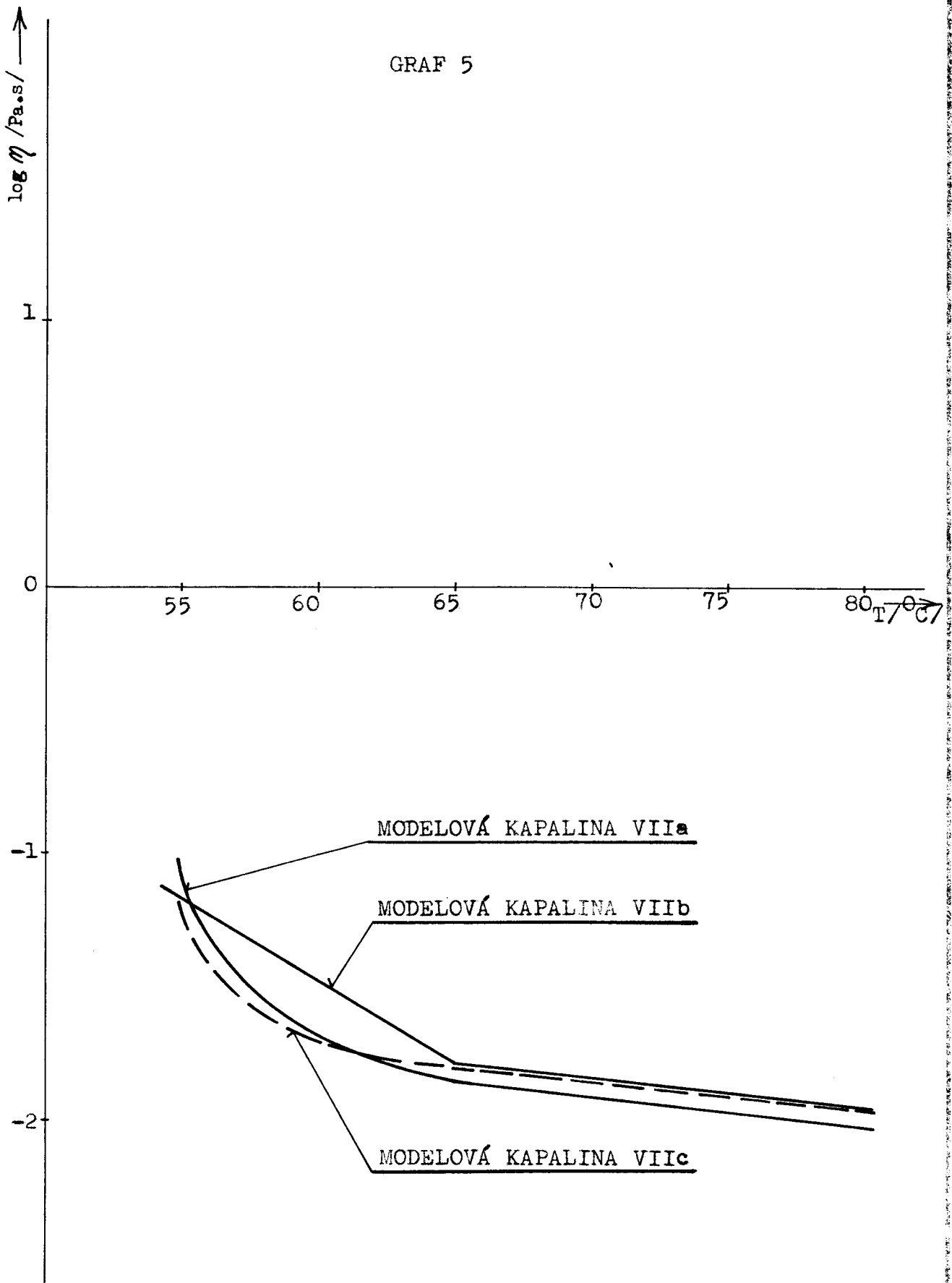
$$\rho = 0,961 \text{ g/cm}^3$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 18 a znázorněny v grafu 5.

tab. 18

T /°C/	t /s/					δ t /s/	τ /g.cm ⁻³ /	k	η /Pa.s/	log η /Pa.s/
	1	2	3	4	5					
80	11,0	10,9	11,0	11,0	11,0	10,98	10	0,1	0,01098	-1,959
80	5,5	5,5	5,4	5,4	5,5	5,46	20	0,1	0,01092	-1,962
70	14,0	14,1	14,1	14,1	14,0	14,06	10	0,1	0,01406	-1,852
70	7,0	7,1	7,0	7,0	7,1	7,04	20	0,1	0,01408	-1,851
65	16,2	16,2	16,1	16,2	16,2	16,18	10	0,1	0,01618	-1,791
65	8,0	8,1	8,0	8,1	8,1	8,06	20	0,1	0,01612	-1,793
60	18,9	19,0	19,0	18,9	19,0	18,96	10	0,1	0,01896	-1,722
60	9,5	9,5	9,4	9,5	9,4	9,46	20	0,1	0,01892	-1,723
55	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	90	0,1	0,0549	-1,260
55	5,5	5,4	5,5	5,5	5,4	5,46	100	0,1	0,0546	-1,263

GRAF 5



5.12 54 P - 10 V - 33 M - 3 K

(VIII a)

$$\rho = 0,958 \text{ g/cm}^3$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 19 a znázorněny v grafu 6.

tab. 19

T /°C/	t /s/					t /s/	τ /g.cm ⁻³ /	k	η /Pa.s/	log η /Pa.s/
	1	2	3	4	5					
80	10,7	10,7	10,7	10,6	10,6	10,66	10	0,1	0,01066	-1,972
80	5,2	5,3	5,2	5,3	5,2	5,24	20	0,1	0,01048	-1,979
70	13,5	13,5	13,6	13,6	13,5	13,54	10	0,1	0,01354	-1,868
70	6,9	6,8	6,9	6,8	6,9	6,86	20	0,1	0,01372	-1,863
65	15,6	15,5	15,5	15,6	15,6	15,56	10	0,1	0,01556	-1,808
65	7,9	7,8	7,8	7,8	7,8	7,82	20	0,1	0,01564	-1,806
60	6,1	6,1	6,2	6,2	6,1	6,14	50	0,1	0,0307	-1,513
60	5,0	5,1	5,0	5,0	5,0	5,02	60	0,1	0,03012	-1,521
57,5	4,5	4,5	4,6	4,5	4,5	4,52	90	0,1	0,04068	-1,391
57,5	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,16	100	0,1	0,0416	-1,381

5.13 52 P - 10 V - 33 M - 5 K

(VIII b)

$$\rho = 0,961 \text{ g/cm}^3$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 20 a znázorněny v grafu 6.

tab. 20

T / °C	t / s/					t / s/	T / g.cm ⁻³ /	k	η / Pa.s/	log η / Pa.s/
	1	2	3	4	5					
80	11,0	10,9	10,9	10,9	10,9	10,92	10	0,1	0,01092	-1,962
80	5,5	5,4	5,4	5,4	5,4	5,42	20	0,1	0,01084	-1,965
70	14,2	14,1	14,2	14,2	14,2	14,18	10	0,1	0,01418	-1,844
70	7,0	7,0	7,1	7,1	7,1	7,06	20	0,1	0,01412	-1,850
65	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	10	0,1	0,0162	-1,790
65	8,1	8,1	8,0	8,0	8,1	8,06	20	0,1	0,01612	-1,793
60	7,0	7,1	7,1	7,0	7,0	7,04	50	0,1	0,0352	-1,453
60	5,8	5,7	5,7	5,8	5,8	5,76	60	0,1	0,03456	-1,451
57,5	4,9	4,9	4,8	4,9	4,9	4,88	90	0,1	0,04392	-1,357
57,5	4,5	4,5	4,4	4,4	4,5	4,46	100	0,1	0,0446	-1,351

5.14 50 P - 10 V - 33 M - 7 K

(VIII c)

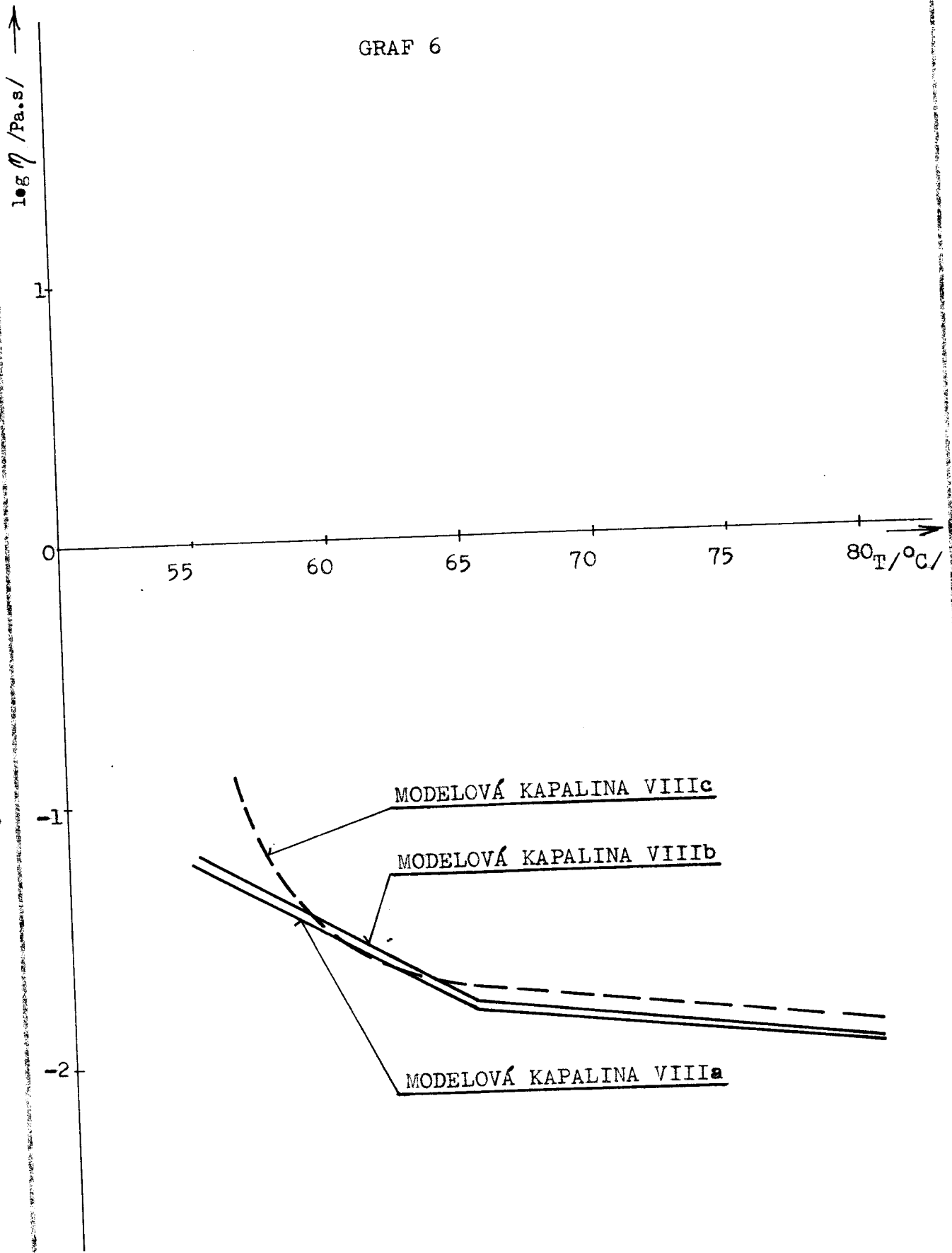
$$\rho = 0,964 \text{ g/cm}^3$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 21 a znázorněny v grafu 6.

tab. 21

T /°C/	t /s/					t /s/	T /g.cm ⁻³ /	k	η /Pa.s/	log η /Pa.s/
	1	2	3	4	5					
80	13,0	13,0	13,0	12,9	12,9	12,96	10	0,1	0,01296	-1,887
80	6,4	6,5	6,5	6,4	6,4	6,44	20	0,1	0,01288	-1,890
70	15,1	16,0	16,0	16,1	16,1	16,06	10	0,1	0,01606	-1,794
70	8,1	8,0	8,1	8,1	8,0	8,06	20	0,1	0,01612	-1,793
65	19,0	18,9	18,9	18,9	18,9	18,92	10	0,1	0,01892	-1,723
65	9,4	9,5	9,5	9,4	9,4	9,44	20	0,1	0,01888	-1,724
60	5,7	5,8	5,8	5,7	5,8	5,76	50	0,1	0,0288	-1,541
60	4,7	4,8	4,7	4,7	4,7	4,72	60	0,1	0,02832	-1,548
57,5	7,0	7,1	7,0	7,0	7,0	7,02	90	0,1	0,06318	-1,199
57,5	6,2	6,2	6,2	6,2	6,3	6,22	100	0,1	0,0622	-1,206

GRAF 6



5.15 20 P - 75 M - 5 K + 12 g pilin (IX)

$$\rho = 0,993 \text{ g/cm}^3$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 22 a znázorněny v grafu 7.

tab. 22

T / °C	t / s					\bar{t} / s	τ / g·cm ⁻³	k	η / Pa·s	log η / Pa·s
	1	2	3	4	5					
95	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,18	100	0,1	0,0418	-1,379
95	3,4	3,5	3,5	3,4	3,4	3,44	120	0,1	0,04128	-1,384
90	4,7	4,8	4,8	4,7	4,8	4,76	100	0,1	0,0476	-1,322
90	3,9	3,9	4,0	4,0	3,9	3,94	120	0,1	0,04728	-1,325
85	5,7	5,8	5,7	5,7	5,7	5,72	100	0,1	0,0572	-1,243
85	4,7	4,8	4,8	4,7	4,8	4,76	120	0,1	0,05712	-1,243
80	5,8	5,8	5,9	5,8	5,9	5,84	110	0,1	0,0642	-1,192
80	5,3	5,4	5,3	5,3	5,3	5,32	120	0,1	0,0638	-1,195
75	6,6	6,7	6,7	6,6	6,6	6,64	110	0,1	0,07304	-1,136
75	5,9	6,0	6,0	6,0	5,9	5,96	120	0,1	0,07152	-1,146
70	8,1	8,1	8,2	8,2	8,2	8,16	110	0,1	0,08976	-1,047
70	7,5	7,4	7,5	7,5	7,5	7,48	120	0,1	0,08976	-1,047

5.16 20 P - 80 M + 12 g pilin

(X)

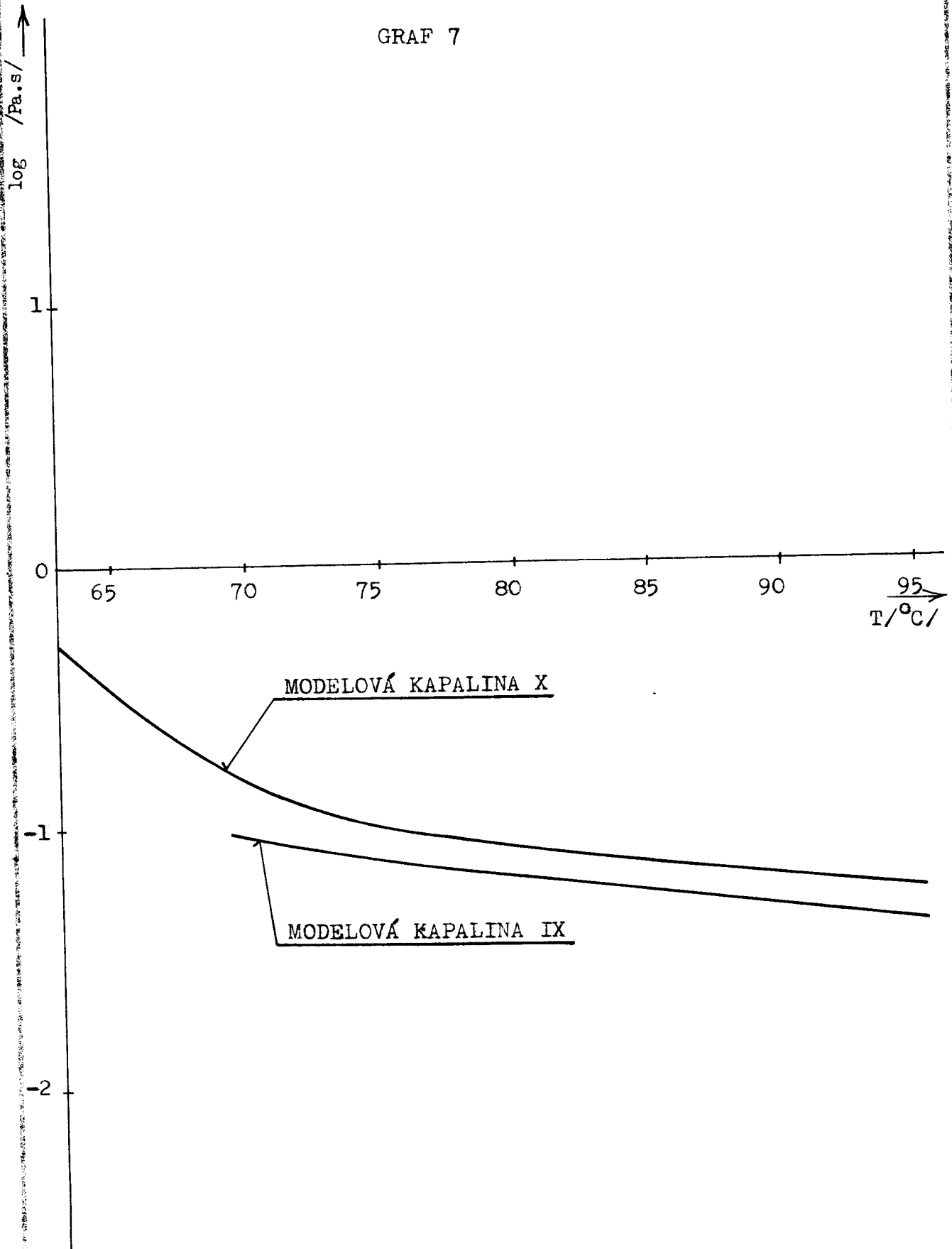
$$\rho = 0,977 \text{ g/cm}^3$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 23 a znázorněny v grafu 7.

tab. 23

T / °C	t / s/					Ø t / s/	τ / g.cm ⁻³ /	k	η / Pa.s/	log η / Pa.s/
	1	2	3	4	5					
95	5,8	5,8	5,9	5,8	5,9	5,84	10	1	0,0584	-1,234
95	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,72	20	1	0,0544	-1,264
90	6,5	6,5	6,4	6,5	6,5	6,48	10	1	0,0648	-1,188
90	3,1	3,1	3,0	3,1	3,1	3,08	20	1	0,0616	-1,21
85	7,2	7,2	7,2	7,1	7,1	7,16	10	1	0,0716	-1,145
85	3,5	3,4	3,5	3,5	3,5	3,48	20	1	0,0696	-1,157
80	8,7	8,7	8,6	8,6	8,7	8,66	10	1	0,0866	-1,062
80	4,2	4,3	4,3	4,3	4,3	4,28	20	1	0,0856	-1,068
75	10,1	10,2	10,2	10,1	10,1	10,14	10	1	0,1014	-0,994
75	5,1	5,0	5,0	5,1	5,0	5,04	20	1	0,1008	-0,997
72,5	11,1	11,2	11,2	11,2	11,1	11,16	10	1	0,1116	-0,952
72,5	5,5	5,4	5,4	5,5	5,5	5,46	20	1	0,1092	-0,962
70	7,2	7,3	7,2	7,2	7,2	7,22	20	1	0,1444	-0,840
70	14,3	14,4	13,3	14,3	14,3	14,32	10	1	0,1432	-0,844
65	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	4,92	70	1	0,3444	-0,463
65	6,2	6,1	6,1	6,1	6,1	6,12	60	1	0,3672	-0,435
63	5,1	5,0	5,1	5,1	5,0	5,06	100	1	0,506	-0,296

GRAF 7



5.18 85 K - 15 M

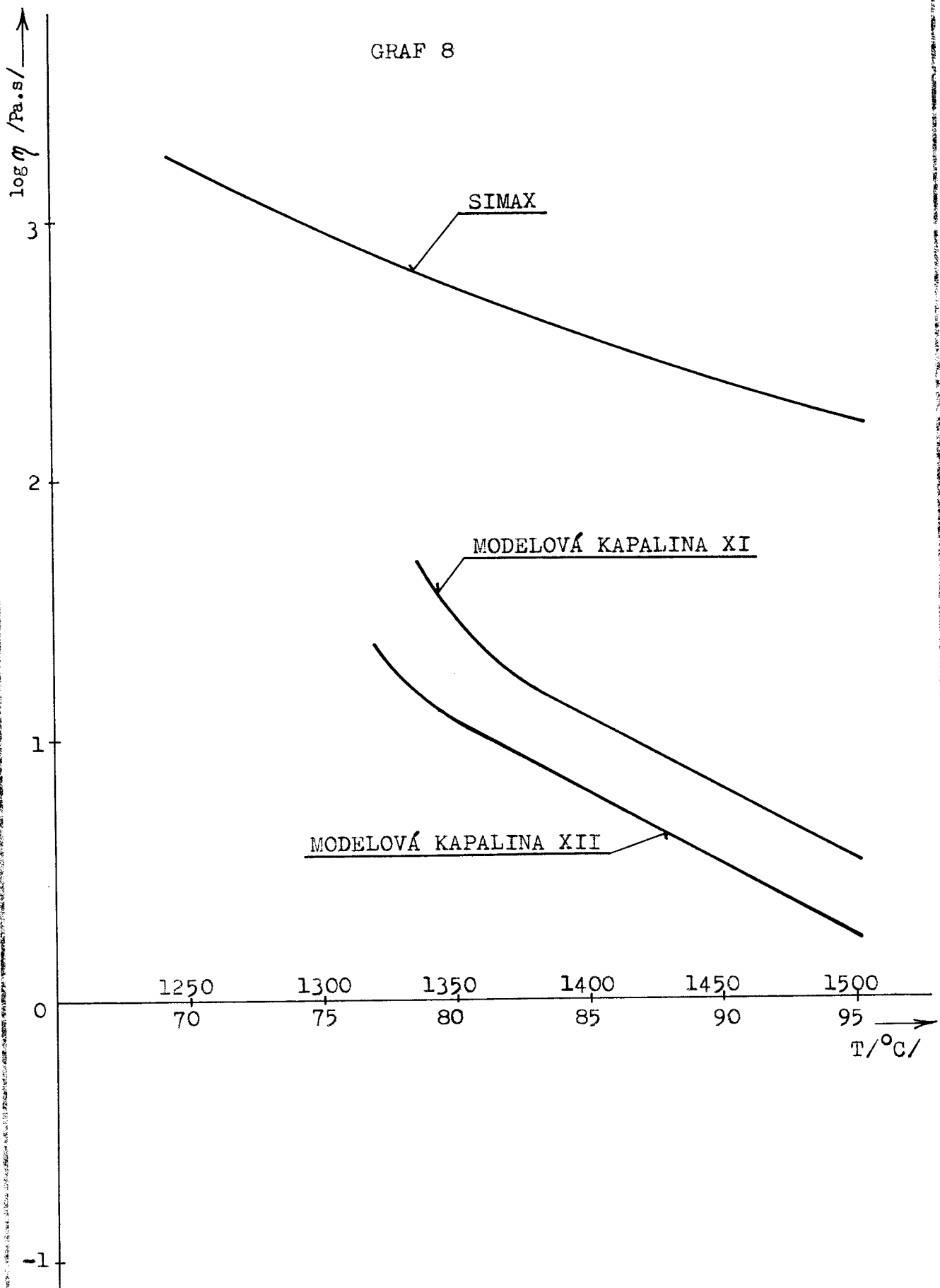
(XII)

$$\rho = 1,061 \text{ g/cm}^3$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 25 a znázorněny v grafu 8.

tab. 25

T /°C/	t /s/					t /s/	τ /g.cm ⁻³ /	k	η /Pa.s/	log η /Pa.s/
	1	2	3	4	5					
95	4,2	4,3	4,3	4,3	4,3	4,28	40	10	1,712	0,234
95	3,5	3,5	3,6	3,5	3,5	3,52	50	10	1,76	0,245
90	8,0	8,1	8,0	8,1	8,1	8,06	40	10	3,22	0,508
90	7,0	7,0	7,1	7,0	7,0	7,02	50	10	3,51	0,545
85	12,7	12,8	12,8	12,7	12,8	12,76	50	10	6,38	0,804
85	9,4	9,3	9,3	9,4	9,3	9,34	70	10	6,54	0,815
80	13,5	13,6	13,6	13,5	13,5	13,54	90	10	12,18	1,085
80	12,0	12,1	12,0	12,0	12,1	12,02	100	10	12,02	1,080
77,5	13,0	13,0	12,9	13,0	13,0	12,98	150	10	19,47	1,289
77,5	11,5	11,6	11,6	11,6	11,5	11,56	170	10	19,65	1,293



5.19 Stanovení nejhodnější modelové kapaliny

Podobnost modelové kapaliny stanovíme tak, že porovnáme směrnice přímek Simaxu a modelové kapaliny. Závislost viskozity na teplotě skloviny Simax můžeme uvažovat jako přímkovou.

Dále pak zjistíme, která modelová kapalina svou viskozitou nejvíce odpovídá sklovině SIMAX v měřítku 1 : 5.

Z provedených měření vynesných do grafů je patrné, že nejvíce podobné Simaxu jsou modelové kapaliny VI b, VII b, VIII a, VIII b, X, XI a XII.

5.19.1 Porovnání směrnic

Při porovnání směrnic vycházíme ze vztahu (15).

$$b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (15)$$

Kde b_1 je směrnice přímk

x_i je xová souřadnice i-tého bodu

y_i je yová souřadnice i-tého bodu

n je počet bodů, kterými chceme přímkou proložit.

Směrnice skloviny SIMAX a vybraných směsí jsou uvedeny v tabulce 26.

tab. 26

	T /°C/	x_i /mm/	$y_i = \log \eta$ /Pa.s/	b_1
SIMAX	1350	75	2,747	-0,0075
	1400	100	2,550	
	1450	125	2,371	
VI b	55	25	-1,383	-0,0093
	60	50	-1,621	
	65	75	-1,851	
VII b	55	25	-1,175	-0,0119
	60	50	-1,469	
	65	75	-1,787	
VIII a	57,5	32,5	-1,391	-0,0099
	60	50	-1,521	
	65	75	-1,808	
VIII b	57,5	32,5	-1,351	-0,0106
	60	50	-1,461	
	65	75	-1,790	
X	65	10	-0,463	-0,0106
	70	35	-0,844	
	75	60	-0,997	
XI	83	90	1,195	-0,0107
	90	125	0,808	
	95	150	0,557	
XII	80	75	1,085	-0,0108
	85	100	0,815	
	90	125	0,545	

5.19.2 Porovnání měřítek

Měřítka délek s bylo zvoleno $s = 5$.

$$s = \frac{L_d}{L_M} = 5$$

Měřítka viskozit

$$\frac{\eta_D}{\eta_M} = \lambda \cdot s^{3/2}$$

$$\lambda = \frac{\rho_D}{\rho_M}$$

$\rho_D = 2,23 \text{ g/cm}^3$ pro sklovinu SIMAX při 20°C .

Měrná hmotnost modelových kapalin a poměr měrných hmotností je uvedeno v tabulce 27.

tab. 27

	$\rho_M / \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	λ
VI b	0,956	2,33
VII b	0,959	2,33
VIII a	0,958	2,33
VIII b	0,961	2,32
X	0,977	2,28
XI	1,063	2,10
XII	1,061	2,10

Z měřítka pro viskozitu se vypočítá s pro všechny kapaliny a vzájemným porovnáním zjistíme která kapalina vyhovuje požadavkům.

$$s = \sqrt[3]{\frac{\eta_D^2}{\lambda^2 \eta_M^2}} = \sqrt[3]{\frac{558,47^2}{2,33^2 \cdot 0,0414^2}} = 320,7$$

Vypočtené hodnoty s jsou uvedeny v tabulce 28.

tab. 28

Modelová kapalina	T /°C/	η /Pa.s/	s
VI b	55	0,0414	320,7
	60	0,02394	341,5
	65	0,01408	369,6
VII b	55	0,06678	233,3
	60	0,0339	279,9
	65	0,01634	334,7
VIII a	57,5	0,04068	324,5
	60	0,03012	293,1
	65	0,01556	345,8
VIII b	57,5	0,0446	306,0
	60	0,03456	268,1
	65	0,0162	337,5
X	65	0,3444	79,3
	70	0,1432	105,2
	75	0,1008	101,0
XI	83	15,66	6,5
	88	7,9	7,6
	93	4,4	8,6
XII	80	12,18	7,8
	85	6,54	8,7
	90	3,51	10,0

Z vypočtených hodnot vyplývá, že nejvhodnější modelovou kapalinou realizující anizotermní model je směs XI. Je to směs obsahující 90 % kalafuny a 10 % montánního vosku.

5.20 Experimentální zařízení

Pro výzkum problematiky TOL, který byl zadán KSK v Liberci, bylo zhotoveno zkušební zařízení, na kterém se dají simulovat podmínky, které mohou nastat při TOL. Navržený model se skládá z těchto částí:

- vlastní modelové zařízení
- ovládací zařízení.

Modelové zařízení

Modelové zařízení (obr. 1) sestává ze základové desky (2) s nábojem (3). Uložení náboje umožňuje naklápění základové desky a tím i celého modelového zařízení. Pohon modelu formy (6) zajišťuje hydraulický motor (4), ke kterému je připojeno tachodynamo (5), které slouží k nastavení a měření otáček modelu formy. Hřídel modelu formy je uložen v radiálních ložiskách a v pouzdru ložisek (7). Nastavenou hodnotu úhlu sklonu osy rotace zajišťuje elektromagnetická brzda. Základová deska slouží pro uchycení stojanu s plynovým hořákem pro předehřátí formy. Celé modelové zařízení je upevněno k rámu (1), na kterém je uchycen hydraulický válec (8), pomocí kterého se provádí naklápění osy rotace. Tlakovou kapalinu do válce i hydraulického motoru dodává hydraulický agregát I HA-3.

Ovládací zařízení

Ovládací zařízení sestává ze spouštěcího panelu. Ovládají se jím nezávisle na sobě plnicí otáčky-rotace 1 a tvarovací otáčky-rotace 2. Rovněž naklápění modelu formy v rozsahu $0^\circ - 90^\circ - 0^\circ$. Otáčky modelu formy a rychlost naklápění se řídí škrtícími ventily, které jsou umístěny na rámu modelového zařízení.

5.20.1 Návrh formy

Pro modelovou kapalinu realizující anizotermní děj bylo nutné navrhnout novou formu, která by odolala vyšším teplotám a dovozovala snadné vyjmutí hotového odlitku bez jeho porušení. Doposud používaný model formy byl vyroben z plexiskla. Nová forma je kovová a je rozebiratelná. Její návrh je přiložen v příloze.

5.20.2 Pracovní postup

1. Příprava modelové kapaliny již dříve popsaným způsobem. Jedna dávka má objem 256 ml. Toto množství bylo vypočteno z rozměrů, které má mít hotový odlitek. Hlavní rozměry odlitku jsou:

vnější průměr	$D = 207,7 \text{ mm}$
výška	$H = 131,3 \text{ mm}$
tloušťka stěny	$s = 3,03 \text{ mm}$

2. Zapojení celého zařízení na elektrickou síť.
3. Seřízení plnicích a tvarovacích otáček.
4. Zahřátí modelu formy na 95°C .
5. Naplnění modelu formy modelovou kapalinou při plnicích otáčkách.
6. Ustavení osy modelu formy do pracovní polohy o úhel α .
7. Roztočení modelu formy na tvarovací otáčky.
8. Po vytvoření odlitku a jeho ztuhnutí, vypnutí rotace.
9. Sklopení modelu formy do výchozí vertikální polohy ($\alpha = 0^{\circ}$).
10. Vyjmutí odlitku.

6. Diskuze výsledku

Z hodnot získaných z měření a vynesných do grafů byly vybrány kapaliny VI b, VII b, VIII a, VIII b, X, XI a XII, které svým průběhem viskózní křivky byly podobné průběhu viskózní křivky skloviny SIMAX.

Průběh viskózní křivky skloviny SIMAX jsme uvažovali jako přímkový. Dále jsme uvažovali průběhy viskózních křivek vybraných modelových kapalin v některých oblastech také jako přímkové. Vzájemným porovnáním směrnic přímk modelových kapalin a skloviny SIMAX jsme došli k závěru, která modelová kapalina je svým průběhem viskózní křivky nejvíce podobná průběhu viskózní křivky skloviny SIMAX.

Dále bylo zjišťováno, která modelová kapalina svými hodnotami viskozit odpovídá sklovině SIMAX v požadovaném měřítku 1 : 5. To z toho důvodu, že modelování je prováděno na zařízení, které je v tomto měřítku na KSK postaveno.

Z výpočtů směrnic plyne, že modelová kapalina VI b má směrnic, která je nejbliže směrnicí pro sklovinu SIMAX. Avšak její hodnoty viskozit vůbec neodpovídají požadovaným hodnotám. Tyto hodnoty by odpovídaly měřítkům 1 : 320 až 1 : 370.

Z vypočtených hodnot vychází, že modelová kapalina XI by byla schopna, vzhledem k jejímu průběhu viskózní křivky i vzhledem k hodnotám viskozit v rozmezí teplot $83 \div 93^{\circ}\text{C}$, s dostatečnou přesností realizovat anizotermní model při modelování tvarování odstředivým litím.

ZÁVĚR

Úkolem této diplomové práce bylo najít vhodnou, dostupnou a ekonomicky výhodnou kapalinu, která by realizovala anizotermní model, kterým by se modelování TOL více přiblížilo k procesu tvarování na díle. S tímto úkolem souvisel i další úkol - navržení konstrukčního uspořádání modelu formy válce Js 1000 pro modelování anizotermního procesu.

Z výsledků měření je zřejmé, že modelová kapalina XI odpovídá nejvíce jak svým průběhem viskózní křivky, tak i hodnotami viskozit skloviny SIMAX ve zvoleném měřítku.

Vzhledem k tomu, že tato modelová kapalina obsahuje 90 % kalafuny a příliš se lepí na stěny formy, bude nutné nalézt látku, která by stěny formy před tímto nalepením chránila. Je to nutné hlavně z toho důvodu, aby se odlitek mohl bez porušení z formy vyjmout.

V závěru své diplomové práce bych chtěl poděkovat všem pracovníkům KSK v Liberci za pomoc a podporu při plnění tohoto úkolu. Zvláště pak děkuji s. Ing. Jaroslavu Noskovi a s. Ing. Evě Haškové.

Použitá literatura

- /1/ Staněk, J. : Elektrické tavení skla, SNTL, Praha 1976
- /2/ Brož, J. a kol.: Základy fyzikálních měření I, II,
SPN, Praha 1967
- /3/ Horák, Z. : Technická fyzika, SNTL, Praha 1960
- /4/ Doškář, J. : Přesné lití do keramických forem,
SNTL, Praha 1961
- /5/ Belda, J. : Modelování tvarování odstředivým
litím, zpráva VŠST Liberec 1975
- /6/ Nosek, J. : Modelování tvarování odstředivým
litím, zpráva VŠST Liberec 1976
- /7/ Spal, J. : Tokové vlastnosti tavenin, vosků
a jejich směsí, zpráva KTM VŠST
Liberec 1971 - 1973
- /8/ Vávra, J. : Optimalizace parametrů tvarování velko-
rozměrových skleněných nádob, DP 290/77
VŠST Liberec 1977
- /9/ Volf, M. B.: Chemie Simaxu, Skl.ker. 22, 1972, č.2
- /10/ Volf, M. B.: Glas SIMAX und seine eigenschaften,
Glasrevue, 33, 1978, 8, 9, 10, 11, 12
- /11/ Žáčková, D.: Modelování tvarování skla odstředivým
způsobem, DP 238/75, VŠST Liberec 1975
- /12/ Němec, Konečná : Modelový výzkum podstrojové komory
Pitsburg, výzkumná zpráva, Duchcov 1967
- /13/ Nosek, J. : Modelování tvarování odstředivým litím,
zpráva KSK VŠST Liberec 1978