

Očkovanie polypropylénu styrénom (II) Optimálna koncentrácia zložiek redoxného systému

I. ŠIMEK, D. MIKULÁŠOVÁ, M. GHEORGHIU

*Katedra organickej technológie Slovenskej vysokej školy technickej,
Bratislava*

Sleduje sa vplyv trietylétetramínu a síranu železnatého ako zložiek emulzného polymerizačného redoxného systému na výťažok polystyrénu naočkovaného na polypropylén. Na vyhodnotenie obidvoch vplyvov sa použila metóda aproximácie vzájomných vzťahov výsledkovou plochou.

V predchádzajúcej práci [1] sme sa zaoberali skúmaním podmienok očkovania polypropylénu styrénom v emulznom systéme za použitia trietylétetramínu a síranu železnatého. Zistilo sa, že zo všetkých sledovaných vplyvov je vplyv týchto dvoch zložiek rozhodujúci. Preto sme sa v tejto práci zamerali na skúmanie vzájomného vzťahu obidvoch zložiek vzhľadom na dosiahnutie maximálnych množstiev naočkovaného styrénu. Uvádzané vplyvy sa vyznačujú neobyčajne výrazným interakčným charakterom, ktorý sledovať na základe klasického metodického poňatia problému je obťažné. Preto sme si na podrobnejšie štúdium závislosti výťažku naočkovaného polystyrénu od zloženia a koncentrácie týchto zložiek redoxného systému zvolili výhodnú a objektívnu metódu štatistického vyhodnotenia experimentálnych výsledkov podľa G. E. P. Boxa a K. B. Wilsona [2—5]. Metóda lokálneho skúmania výsledkovej plochy sa už ujala v prácach z výskumu optimálnych podmienok niektorých procesov [6—9] a je súčasťou viacerých monografií [5, 10—13].

Pracovný postup, použité suroviny a zariadenie sú tie isté, ako ich uvádzame v predchádzajúcej práci [1]. Experimentálne výsledky sa získali pri pH 7, teplote 35 °C a dobe očkovania 300 minút. Sledoval sa len výťažok naočkovaného polystyrénu. Glukóza a fosforečnan sodný sa zo základného predpisu úplne vynechali.

Výsledky

Prešetrili sme tvar funkcie výťažok—koncentrácia trietylétetramínu a síranu železnatého. Vo všeobecnosti možno tento vzťah vyjadriť polynómom n -tého stupňa. Výsledkovú plochu si môžeme aproximovať polynómom druhého stupňa, ktorý skutočnú plochu úplne presne nevystihuje, ale obvykle pre požadovanú presnosť postačuje. Úloha je potom uvádzanou metódou riešiteľná pre systém troch premenných: Y — výťažok polystyrénu naočkovaného na polypropylén v %, x_1 — koncentrácia trietylétetramínu a x_2 — koncentrácia síranu železnatého v mól/l. Jednotlivé podmienky pokusov treba zostaviť v takých kombináciách, aby hodnoty nezávisle premenných v pracovných jednotkách plánovanej schémy pokusov tvorili navzájom ortogonálny systém. Na základe predchádzajúcich pokusov sme experimentálnu oblasť umiestili do sféry stacionárneho bodu. Experimentálne výsledky série pokusov s potrebnými údajmi sú zhrnuté v tab. 1.

Tabuľka 1

Základné údaje pre riešenie ortogonálneho systému

	Výťažok Y	Pracovné jednotky		$x_1 \cdot x_2$	$(x_1^2 - 2/3)$	$(x_2^2 - 2/3)$	$Y \cdot x_1$	$Y \cdot x_2$	$Y \cdot x_1 \cdot x_2$	$Y(x_1^2 - 2/3)$	$Y(x_2^2 - 2/3)$
		x_1	x_2								
1	25,7	-1	-1	1	1/3	1/3	- 25,7	- 25,7	25,7	8,56	8,56
2	197,8	-1	0	0	1/3	-2/3	-197,8	—	—	65,93	-131,86
3	208,3	-1	1	-1	1/3	1/3	-208,3	208,3	-208,3	69,43	69,43
4	63,9	0	-1	0	-2/3	1/3	—	- 63,9	—	- 42,6	21,3
5	180,7	0	0	0	-2/3	-2/3	—	—	—	-120,46	-120,46
6	182,6	0	1	0	-2/3	1/3	—	182,6	—	-121,72	60,86
7	89,2	1	-1	-1	1/3	1/3	89,2	- 89,2	- 89,2	29,73	29,73
8	191,3	1	0	0	1/3	-2/3	191,3	—	—	63,76	-127,52
9	179,0	1	1	1	1/3	1/3	179,0	179,0	179,0	66,33	66,33
	$\sum_{i=1}^n$	$\cdot x_1$	x_2	$(x_1 \cdot x_2)^2$	$(x_1^2 - 2/3)^2$	$(x_2^2 - 2/3)^2$	$Y \cdot x_1$	$Y \cdot x_2$	$Y \cdot x_1 \cdot x_2$	$Y(x_1^2 - 2/3)$	$Y(x_2^2 - 2/3)$
	$\bar{Y} = 146,5$	0	0	4	2	2	27,7	391,10	- 92,8	18,96	-123,63

Pracovné jednotky -1 0 1
 Koncentrácia trietylétetramínu 4,56 22,80 41,04 mól/l . 10⁻³
 Koncentrácia síranu železnatého 4,56 13,68 22,80 mól/l . 10⁻⁴

Odkovanie polypropylénu (II)

Na základe týchto výsledkov aproximujeme všeobecnú rovnicu kužeľosečky polynómom druhého stupňa pre ľubovoľný výťažok:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2. \quad (1)$$

Neznáme koeficienty b_0 až b_{22} získame na základe regresnej analýzy podľa vzťahov:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_{1i}y_i}{\sum_{i=1}^n x_{1i}^2} = 4,62, \quad b_2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_{2i}y_i}{\sum_{i=1}^n x_{2i}^2} = 65,18,$$

$$b_{11} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{1i}^2 - 2/3)y_i}{\sum_{i=1}^n (x_{1i}^2 - 2/3)^2} = 9,48,$$

$$b_{22} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{2i}^2 - 2/3)y_i}{\sum_{i=1}^n (x_{2i}^2 - 2/3)^2} = -61,81, \quad (2)$$

$$b_{12} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{1i}x_{2i}y_i}{\sum_{i=1}^n (x_{1i}x_{2i})^2} = -23,20.$$

Regresný koeficient b_0 dopočítame zo vzťahu

$$b_0 = \bar{y} - 2/3 b_{11} - 2/3 b_{22} = 181,39 \quad (3)$$

Výsledná experimentálne zistená rovnica teda bude:

$$Y = 181,39 + 4,62 x_1 + 65,18 x_2 - 23,20 x_1x_2 + 9,48 x_1^2 - 61,81 x_2^2. \quad (4)$$

Ak dosadíme transformované hodnoty jednej nezávisle premennej v pracovných jednotkách a ľubovoľnú hodnotu výťažku, máme definované body závislosti x_2 od x_1 pre príslušný výťažok. Výpočet je však zdĺhavý a obťažný.

Pôvodnú rovnicu (4) prevedieme na kánonický tvar:

$$Y - Y_S = B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2, \quad (5)$$

kde Y_S je výťažok v stacionárnom bode, B_{11} a B_{22} sú regresné koeficienty a X_1 a X_2 sú transformované nezávisle premenné kánonického tvaru.

Riešením sústavy lineárnych rovníc:

$$\frac{\partial Y}{\partial x_1} = 4,62 - 23,2 x_2 + 18,96 x_1 = 0, \quad (6)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial x_2} = 65,18 - 23,2 x_1 - 123,62 x_2 = 0$$

získame súradnice stacionárneho bodu v pôvodných pracovných osiach. Dosadením

týchto súradníc stacionárneho bodu do pôvodnej rovnice (4) získame výťažok v stacionárnom bode:

$$Y_S = 197,34 \%, \quad x_{1S} = 0,326, \quad x_{2S} = 0,465.$$

Neznáme koeficienty B_{11} a B_{22} v rovnici (5) získame riešením

$$\begin{vmatrix} (b_{11} - B) & 1/2 b_{12} \\ 1/2 b_{12} & (b_{22} - B) \end{vmatrix} = 0, \quad (7)$$

kde B je B_{11} , resp. B_{22} .

Konečný kánonický tvar rovnice (5) experimentálne zisteného vzťahu (4) je:

$$Y - 197,34 = 11,32 X_1^2 - 63,65 X_2^2. \quad (8)$$

Z tejto rovnice možno potom jednoduchým výpočtom pre daný výťažok a jednu zvolenú súradnicu získať číselné hodnoty druhej súradnice, avšak v transformovaných hodnotách kánonických osí.

Vo všeobecnosti môžu byť pôvodné pracovné súradnice x_1 a x_2 voči stredovým súradniciam X_1 , X_2 súčasne posunuté a pootočené. Posun a pootočenie osí urobíme ortogonálnou transformáciou:

$$X_1 = m_{11}(x_1 - x_{1S}) + m_{12}(x_2 - x_{2S}), \quad (9)$$

$$X_2 = m_{21}(x_1 - x_{1S}) + m_{22}(x_2 - x_{2S})$$

Na výpočet neznámych koeficientov m_{11} až m_{22} najskôr zo sústavy

$$(b_{11} - B_{11})M_{11} + 1/2 b_{12} \cdot M_{12} = 0, \quad (b_{11} - B_{22})M_{21} + 1/2 b_{12} \cdot M_{22} = 0, \quad (10)$$

$$1/2 b_{12} \cdot M_{11} + (b_{22} - B_{11})M_{12} = 0, \quad 1/2 b_{12}M_{21} + (b_{22} - B_{22})M_{22} = 0$$

získame premenné hodnoty M_{12} a M_{21} , keď do celej sústavy rovníc dosadíme za $M_{11} = M_{22} = 1$.

Potvrdením správnosti výpočtu musí byť súhlas vypočítaných koeficientov M_{12} (M_{21}) v príslušných dvojiciach rovníc:

$$M_{11} = M_{22} = 1, \quad M_{12} = -0,1586, \quad M_{21} = 0,1586$$

Koeficienty m_{11} až m_{22} potom získame z vypočítaných hodnôt M podľa vzťahov:

$$m_{1i} = \frac{M_{1i}}{\sqrt{M_{11}^2 + M_{12}^2}}, \quad = \frac{M_{2i}}{\sqrt{M_{21}^2 + M_{22}^2}}, \quad (11)$$

$$m_{11} \doteq m_{22} \doteq 1, \quad m_{12} \doteq -0,16; \quad m_{21} \doteq 0,16$$

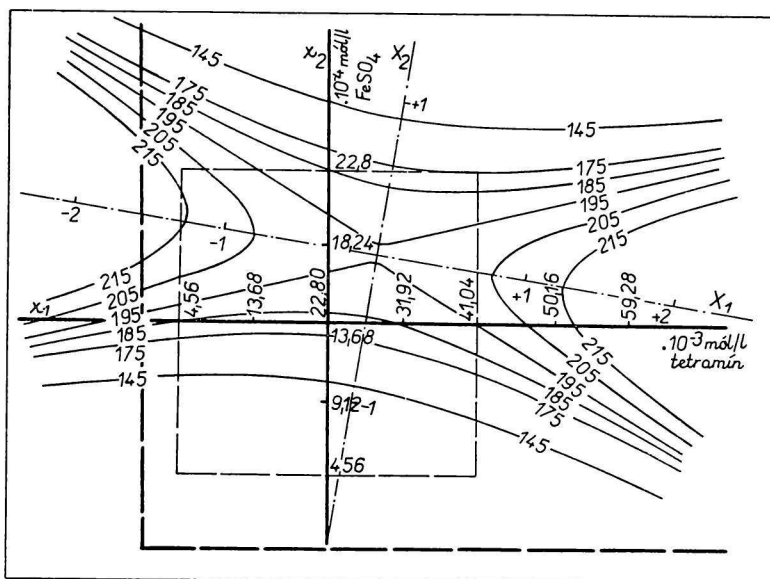
Príslušné vzťahy pre transformáciu súradníc sú:

$$X_1 = (x_1 - 0,326) - 0,16(x_2 - 0,465), \quad (12)$$

$$X_2 = 0,16(x_1 - 0,326) + (x_2 - 0,465).$$

Na základe týchto vzťahov možno potom do kánonického tvaru v grafickom vyjadrení zakresliť systém pôvodných pracovných súradníc v pracovných jednotkách.

Teoreticky vypočítaný tvar výsledkovej plochy je zobrazený vrstevnicovým diagramom na obr. 1.



Obr. 1. Výsledková plocha závislosti výťažku očkovaného polypropylénu od koncentrácií trietylétetramínu a síranu železnatého.

Os úsečiek: x_1 — pôvodné súradnice, koncentrácia trietylétetramínu v $\text{mól/l} \cdot 10^3$; X_1 — transformované súradnice kánonického tvaru.

Os poradníc: x_2 — pôvodné pracovné súradnice, koncentrácia síranu železnatého v $\text{mól/l} \cdot 10^4$; X_2 — transformované súradnice kánonického tvaru v pracovných jednotkách.

Tenkou prerušovanou čiarou sú ohraničené podmienky experimentovania. Hrubá prerušovaná čiara ohraničuje oblasť reálnych koncentrácií. Príslušnými číslami sú označené vrstevnice o rovnakom výťažku.

Vhodnosť empirickej funkcie možno na základe porovnania skutočne dosiahnutých a predpokladaných výsledkov posúdiť v tab. 2, v ktorej je zahrnutých aj päť kontrolných pokusov.

Rozptyl okolo regresnej čiary počítame zo vzťahu

$$s_r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{n - m} = 89,06, \quad (13)$$

čiže $s_r = 9,44$. Vo vzťahu (13) n je počet nameraných hodnôt a m počet konštánt v regresnej rovnici.

Zistená regresná rovnica poskytuje údaj o výťažku pri ľubovoľných kombináciách koncentrácií tetramínu a síranu železnatého v daných experimentálnych podmienkach s chybou $\pm 9,5\%$ pre 68 % pravdepodobnosť.

Z predchádzajúcich sérií sme vybrali osem dvojíc paralelných pokusov na ocenenie experimentálnej chyby. Pomocou F testu sme overili, či rozptyl týchto výsledkov sa štatisticky významne líši od rozptylu výsledkov štatistického vyhodnotenia. Potrebné údaje sú zhrnuté v tab. 3.

Rozptyl, prislúchajúci experimentálnej chybe, zistíme podľa [14]:

$$s_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_1 - x_2)^2}{2n} = 25,9 \quad (14)$$

Testovaciu hodnotu F , definovanú ako

$$F = \frac{s_r^2}{s_1^2} = 3,44, \quad (15)$$

Tabuľka 2

Porovnanie skutočných a teoretických výťažkov

	y_i	Y_i	$y_i - Y_i$	$(y_i - Y_i)^2$	10 ³ mól/l TETA*	10 ⁴ mól/l FeSO ₄
1	180,7	181,39	— 0,69	0,4761	22,8	13,68
2	197,8	186,25	—11,55	133,40	4,56	13,68
3	25,7	36,06	—10,36	107,33	4,56	4,56
4	63,9	54,40	9,50	90,25	22,80	4,56
5	182,6	184,76	— 2,16	4,67	22,80	22,80
6	89,2	91,70	— 2,50	6,25	41,04	4,56
7	191,3	195,49	— 4,19	17,56	41,04	13,68
8	179,0	175,66	3,34	11,16	41,04	22,80
9	208,3	212,82	— 4,52	20,43	4,56	22,80
10	177,5	178,84	— 1,34	1,80	31,92	22,80
11	195,7	186,07	9,63	92,74	31,92	13,68
12	80,0	70,68	9,32	86,86	31,92	4,56
13	50,8	42,86	7,94	63,04	13,68	4,56
14	172,7	181,45	— 8,75	76,56	13,68	13,68

y — dosiahnutý výťažok, Y — výťažok vypočítaný z rovnice (4).

*TETA — trietylétetramín.

Tabuľka 3

Výsledky paralelných pokusov pre odhad experimentálnej chyby

	x_1	x_2	$(x_1 - x_2)$	$(x_1 - x_2)^2$
1	152,5	152,5	0,0	0,00
2	148,3	160,0	—11,7	136,90
3	154,0	143,6	10,4	108,16
4	136,7	143,0	— 6,3	39,69
5	155,0	157,1	— 2,1	4,41
6	151,5	153,0	— 1,5	2,25
7	165,2	154,7	10,5	110,25
8	146,5	150,0	— 3,5	12,23
Σ				413,89

Rozptyl, prislúchajúci experimentálnej chybe, zistíme podľa [14].

porovnáваме s kritickou hodnotou tabuliek Fisherovho—Snedecorovho [15] rozdelenia na 5 % (3,55), resp. 1 % (6,40) hladine významnosti. Z F testu

$$F = 3,44$$

$$\begin{aligned} &< F_{0,05(13,7)} = 3,55 \\ &< F_{0,01(13,7)} = 6,40 \end{aligned}$$

vyplýva, že rozdielnosť rozptylov obidvoch súborov je štatisticky nevýznamná, t. j. rozdiel medzi skutočnými a vypočítanými výťažkami na základe regresných rovníc možno považovať za samotnú experimentálnu chybu. Použité vzťahy teda dostatočne presne vyjadrujú skutočné vzťahy medzi sledovanými premennými.

Diskusia

Aproximovaný tvar plochy znázorňujúcej sledované vzťahy medzi uvádzanými koncentráciami a výťažkom naočkovaného polystyrénu predstavuje v priestore sedlo. Experimentálne zistený tvar poskytuje zaujímavé poznatky o jednotlivých vplyvoch. Pozdĺž osi koncentrácií trietylétetramínu sa výťažok mierne zvyšuje pri veľmi nízkych a veľmi vysokých koncentráciách. V strede symetrie, asi pri $3 \cdot 10^{-2}$ mól/l, prechádza nepatrným minimom (200 %), čo predstavuje oblasť stacionárneho bodu. Zmena koncentrácií v rozmedzí 4,56 až $41 \cdot 10^{-3}$ mól/l, teda v oblasti značne širokej, pomerne veľmi málo ovplyvňuje dosiahnutý váhový prírastok polypropylénu očkovaním. S ohľadom na experimentálnu chybu skôr možno povedať, že sa výťažok so zmenou koncentrácie tetramínu pravdepodobne nemení. Napríklad znížením koncentrácie na $4,5 \cdot 10^{-3}$ mól/l alebo zvýšením na $5 \cdot 10^{-2}$ mól/l sa dosiahne zvýšenie výťažkov len o 10 %, čo je v rámci experimentálnej chyby.

Naopak sledovaním výťažkov pozdĺž osi poradníc, t. j. koncentrácie síranu železnateho, v rámci experimentálnej oblasti ($4,56 \cdot 10^{-4}$ až $22,8 \cdot 10^{-4}$ mól/l) sa potvrdil silný vplyv železnej soli na aktivitu tohto systému. Optimálna koncentrácia leží v oblasti asi 1,6 až $2,0 \cdot 10^{-3}$ mól/l, teda v rozmedzí prekva-pujúco úzkom.

Zvyšovaním koncentrácie síranu železnateho nad hornú hranicu experimentovania ($2,28 \cdot 10^{-3}$ mól/l) dochádza k prudkému poklesu výťažkov, takže pri koncentrácii asi $2,7 \cdot 10^{-3}$ mól/l by bol výťažok, odhadnutý extrapoláciou mimo pracovnej oblasti, približne polovičný. Obdobne k prudkému poklesu výťažku dochádza aj pri znížení koncentrácie asi pod $1,4 \cdot 10^{-3}$ mól/l. Načrtnutý obraz obidvoch vplyvov podporuje predstavu výsledkovej plochy vo forme alebo sedla, silne pretiahnutého v smere koncentrácií trietylétetramínu a prudko sa symetricky zvažujúceho v smere koncentrácií želez-natej soli od určenej optimálnej asi 200 % oblasti, alebo dokonca v extrémnom prípade (značná experimentálna chyba) chrbátu s optimálnymi výťažkami

pre danú optimálnu koncentráciu železatej soli s ľubovoľnou koncentráciou amínovej zložky.

Výsledky predchádzajúcich pokusov ukázali, že očkovaný polypropylén v danom polymerizačnom systéme nevzniká [1], ak je prítomná len jedna zložka. Pretože výťažky naočkovaného polystyrénu sú v podstate určené len koncentráciou síranu železnateho, vo veľmi úzkom koncentračnom rozmedzí, vnucuje sa predpoklad osobitného vzťahu dvojmocného železa ku konštantným iným zložkám reakčného systému (koncentrácie peroxidických skupín v polypropyléne, mersolu, monoméneho styrénu a pod.). Tetramínová zložka sa na procese zúčastňuje ako nevyhnutná, pravdepodobne s funkciou aktivátora, resp. prenášača.

Maximálne dosiahnuteľné výťažky polystyrénu naočkovaného na polypropylén za experimentálnych podmienok daných v práci sa pohybujú okolo 200 %. Prípadné ďalšie zvýšenie výťažkov možno dosiahnuť pozmenením základného predpisu mimo diskutovaných vplyvov. Táto možnosť sa však v tejto časti práce neoverila.

ПРИВИВКА СТИРОЛА К ПОЛИПРОПИЛЕНУ (II)
ОПТИМАЛЬНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ КОМПОНЕНТОВ
ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

И. Шимек, Д. Микулашова, М. Георгию

Кафедра органической технологии Словацкого политехнического института,
Братислава

В этой работе методом функции отклика статистически рассчитываются оптимальные концентрации триэтилтетрамина и сернокислого закисного железа являющихся компонентами окислительно-восстановительной системы при прививке стирола к полипропилену в водно-эмульсионной среде. Для иницирования применяются перекисные группы окисленного полипропилена. Экспериментом подтвердилось особо сильное влияние концентрации двухвалентного железа на процесс прививки при одновременно очень малом влиянии концентрации самого триэтилтетрамина. Максимальные значения выхода, полученные при данных экспериментальных условиях, имеют верхний предел около 200 %. На основе экспериментальных данных была рассчитана изогипсовая диаграмма зависимости выхода от концентраций исследуемых компонентов. Критерием существенности проверилась действенность эмпирической функции, которая в рамках найденной экспериментальной ошибки точно выражает взаимные отношения всех трех переменных.

Preložila T. Dillingrová

PFROPFUNG DES POLYPROPYLENS MIT STYROL (II)
DIE OPTIMALE KONZENTRATION DER KOMPONENTEN
DES REDOXSYSYSTEMS

I. Šimek, D. Mikulášová, M. Gheorghiu

Lehrstuhl für organische Technologie an der Slowakischen Technischen Hochschule,
Bratislava

Die optimale Konzentration von Triäthylentetrammin und Eisen(II)-sulfat als Komponenten des Redoxsystems bei der Pffropfung des Polypropylens mit Styrol in wässrigem Emulsionsmedium wird statistisch ermittelt. Zur Startreaktion werden die peroxidischen Gruppen des oxidierten Polypropylens ausgenützt. Der außergewöhnlich starke Einfluß der Konzentration des zweiwertigen Eisens sowie auch der vernachlässigbare Einfluß des Triäthylentetrammins auf den Verlauf der Pffropfung wurde experimentell bestätigt. Die höchsten erzielbaren Ausbeuten sind unter gegebenen Bedingungen durch den Höchstwert von cca 200 % begrenzt. Auf Grund der experimentellen Ergebnisse wurde ein Schichtliniendiagramm für die Abhängigkeit der Ausbeute von der Konzentration der untersuchten Komponenten konstruiert. Mit Hilfe des *F*-Tests wurde die Eignung einer empirischen Funktion überprüft, die die Beziehungen zwischen allen drei Veränderlichen im Bereich des bestimmten experimentellen Fehlers mit ausreichender Genauigkeit darstellt.

Preložil M. Liška

LITERATÚRA

1. Mikulášová D., Gheorghiu M., *Chem. zvesti* **18**, 614 (1964).
2. Box G. E. P., Wilson K. B., *J. Royal Statistical Soc. (B)*, **13**, 1 (1951).
3. Box G. E. P., Youle P. V., *Biometrics* **11**, 287 (1955).
4. Box G. E. P., *Biometrics* **10**, 16 (1954).
5. Nalimov V. V., *Uspechi chim.* **29**, 1362 (1960).
6. Felix M., Bláha K., *Matematickostatistické metody v chemickém průmyslu*, 247. Státní nakladatelství technické literatury, Praha 1962.
7. Morris A. G. C., Bozalek S. J., *Anal. Chim. Acta* **21**, 215 (1959).
8. Comstock A. J., Journack S. J., Mooney R. W., *Ind Eng. Chem.* **51**, 325 (1959).
9. Franklin N. L., Pinchbeck P. H., Popper F., *Trans. Inst. Chem. Eng.* **36**, 259 (1958).
10. Lazor J. T., *J. Appl. Polymer Sci.* **1**, 11 (1959).
11. Davies O. L., *The Design and Analysis of Industrial Experiments*. Hafner Publishing Co., New York 1956; Oliver & Boyd, London—Edinburgh 1956.
12. Cochran W. G., Cox G. M., *Experimental Design*. J. Willey, New York 1957.
13. Chew W. (vyd.), *Experimental Design in Industry*. J. Willey, New York 1958; Chapman & Hall Ltd., London 1958.
14. Eckschlager K., *Chyby chemických rozborů*, 95. Státní nakladatelství technické literatury, Praha 1961.
15. Janko J., *Matematiko-statističeskije tablicy*, 140, 144. Gostatizdat, Moskva 1961.

Do redakcie došlo 10. 1. 1964

Adresa autorů:

Inž. Ivan Šimek, C. Sc., doc. inž. Darina Mikulášová, C. Sc., Katedra organickej technológie SVŠT, Bratislava, Kollárovo nám. 2.

Inž. Mihnea Gheorghiu, Brno, Výtavní 5.