

Prof. dr hab. inż. Leszek MIESZKALSKI  
 Mgr inż. Hanna Katarzyna SOŁODUCHA  
 Katedra Inżynierii Rolniczej i Surowców Naturalnych  
 Uniwersytet Warmińsko - Mazurski w Olsztynie

## METODY MODELOWANIA ZBIORU BRYŁ NASION®

W artykule przedstawiono dwie metody modelowania zbioru brył nasion na przykładzie nasion fasoli odmiany Aura. Zaproponowane metody poddano weryfikacji. Parametrem testującym była objętość nasienia i bryły. Otrzymane na podstawie modelu matematycznego wyniki objętości modelu bryły nasienia fasoli porównano z objętością rzeczywistą określoną eksperymentalnie. Do badań wykorzystano nasiona odmiany Aura wyhodowaną w 2003 roku w Zakładzie Hodowli i Nasiennictwa Ogrodniczego Strugi k/Szymanowa. Analiza statystyczna uzyskanych wyników badań wykazała rozbieżność między wymiarami rzeczywistymi i uzyskanymi z modelu matematycznego na poziomie od 0,07 % do 3,04 %.

**Słowa kluczowe:** nasiona fasoli, zbiór brył, objętość, model matematyczny.

### WSTĘP

Cechy geometryczne nasion poddawanych działaniu różnych procesów przetwórczych są istotnym czynnikiem wpływającym na charakterystykę przestrzeni roboczej maszyn i urządzeń. Podczas projektowania linii technologicznych w przemyśle przetwórczym przydatne jest opracowanie modeli matematycznych opisujących kształt nasion.

W dostępnej literaturze do opisu kształtu nasion dla celów projektowych wykorzystywano jako model wyjściowy kulę (ANDERS, 2001). LEWANDOWSKI (1998) i MIESZKALSKI (1999) jako model nasienia bobiku zaproponowali elipsoidę. Ponadto MIESZKALSKI w pracach [5, 6, 7, 8, 9, 10] przedstawił przekrój owoców przy pomocy krzywych Bezierra oraz przekrój poprzeczny ziarna zbóż jako zmodyfikowaną

konchoidę okręgu. Przy pomocy obliczeń wykonanych w oparciu o program komputerowy Mathcad MIESZKALSKI [7, 8] zmodyfikował kształt kuli i zaproponował model bryły jabłka, dyni, papryki, ogórka i innych owoców. DROGOSZ, MAŃKOWSKI [2] opracowali model nasienia łubinu przyjmując za kształt wyjściowy trochoidę.

### CEL PRACY

Celem pracy było opracowanie metody reprezentacji zbioru nasion fasoli odmiany Aura za pomocą zbioru brył.

### METODYKA BADAŃ

Do badań użyto nasion fasoli odmiany Aura o liczebności próbki 100 sztuk. W pierwszej kolejności dokonano pomiarów wymiarów podstawowych nasion takich jak długość, szerokość, grubość za pomocą suwmiarki elektronicznej MAUa-E o błędzie wskazań 0,03mm. Nasiona fasoli mierzono w trzech prostopadłych płaszczyznach. Następnie przy użyciu przyrządu do pomiaru objętości pojedynczych nasion, przedstawionego na rysunku 1, wyznaczono ich objętość rzeczywistą.

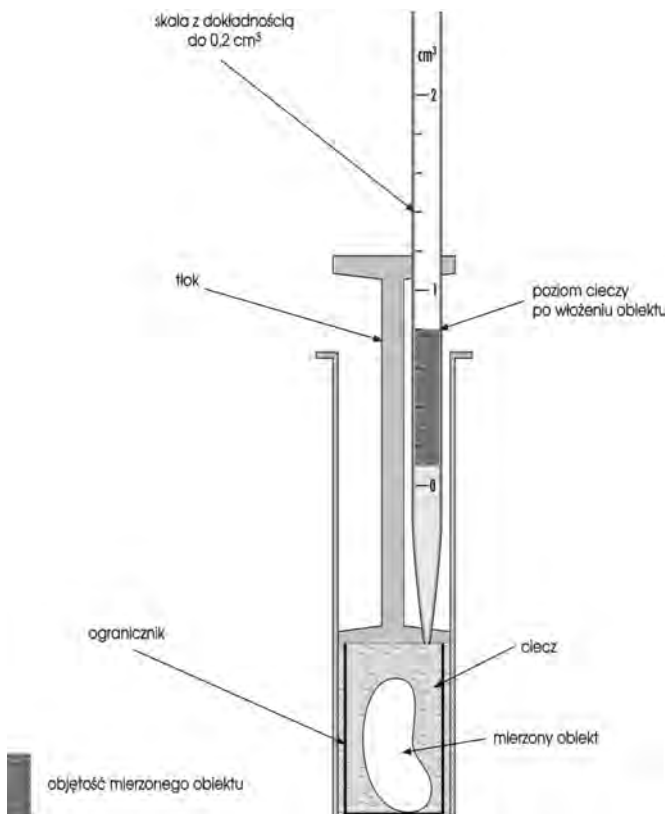
W cylindrze napełnionym toluenem ustawiono tłok poprzez umieszczenie jego blokady w takim położeniu, aby wstępny poziom cieczy utrzymywał się na najniższym wskazaniu skali wycechowanej na pipecie. Następnie po wyciągnięciu tłoka z cylindra, umieszczono nasienie w toluenie i ponownie zamknięto cylinder tłokiem opuszczając go do położenia ustalonego blokadą. Dokonano odczytu poziomu słupa cieczy w pipecie przy obecności nasienia. Z różnicy poziomów wyliczano ilość roztworu wypartego przez nasienie. Wielkość ta jest miarą objętości rzeczywistej nasienia.

Liczebność próby oszacowano na podstawie wzoru (1).

$$n := \left( \frac{t_{\alpha} \cdot s}{\alpha} \right)^2 \quad (1)$$

gdzie:  $n$  – liczebność próby,  
 $t_{\alpha}$  – współczynnik  $t$  – studenta,  
 $s$  – odchylenie standardowe nieobciążone,  
 $\alpha$  – błąd założony.

Do budowy modeli nasion fasoli wykorzystano równanie (2) (MIESZKALSKI [5, 6, 12]):



**Rys.1.** Przyrząd do pomiaru objętości rzeczywistej nasion fasoli.

$$\begin{aligned} X &= a * \sin(\phi)^f \cos(\theta)^g \\ Y &= b * \sin(\phi)^h \sin(\theta)^k \\ Z &= c * \cos(\phi)^m \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie:  $f, g, h, k, m$  – współczynniki kształtu,  
 $a, b, c$  – parametry sterujące,  
 $\phi, \theta$  – kąty

Wartość średnia objętości została obliczona ze wzoru (3)

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (3)$$

Korzystając ze wzoru (4) obliczono rozrzut wartości zmiennej losowej wokół wartości średniej czyli wariancję dla analizowanego zbioru nasion fasoli.

$$s^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (V_i - \bar{V})^2 \quad (4)$$

gdzie:  $V_i$  – objętość mierzona,  
 $\bar{V}$  – wartość średnia objętości.

Odchylenie standardowe wyznaczono jako pierwiastek kwadratowy wariancji. Współczynnik zmienności obliczono jako stosunek dyspersji (odchylenia standardowego) do wartości średniej co określa średnią zmianę objętości w całej populacji.

Korzystając ze wzoru (5), obliczono błąd względny przy zastosowanej metodzie.

$$d = [(V_{Rz} - V) / V_{Rz}] * 100\% \quad (5)$$

gdzie:  $V_{Rz}$  – średnia objętość rzeczywista nasion,  
 $V$  – średnia objętość nasienia dla poszczególnej metody.

W dalszej części przedstawiono dwie metody tworzenia modeli matematycznych analizowanego zbioru nasion a wyniki porównano z wynikami z pomiarów otrzymanych eksperymentalnie.

### MODEL MATEMATYCZNY KSZTAŁTU NASION DLA STAŁYCH WSPÓŁCZYNNIKÓW KSZTAŁTU I ZMIENNYCH WYMIARÓW DŁUGOŚCI, SZEROKOŚCI I GRUBOŚCI

W celu stworzenia modelu matematycznego nasion fasoli w równaniach parametrycznych bryły (2) dokonano skalowania w sposób pozwalający na wygenerowanie bryły jak najbardziej zbliżonej do postaci rzeczywistej nasienia.

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji kształtu nasion i analizy wyników wstępnych przyjęto następujące wartości wykładników potęg:  $f=0,8, g=0,7, h=0,8, k=0,766, m=1,19$ .

Przy ustalonych, na podstawie równań 2, dla każdego nasienia z próbki liczącej 100 szt. współczynnikach kształtu  $f, g, h, k, m$  wartości parametrów skalujących  $a, b, c$  pochodziły z pomiarów eksperymentalnych szerokości, grubości i długości poszczególnych nasion.

Uwzględniając przyjęte wartości współczynników kształtu i parametrów skalujących policzono objętości nasion wykorzystując metodę opublikowaną w artykule [13]. Otrzymane wartości porównano z wartościami objętości rzeczywistych uzyskanych metodą eksperymentalną. W metodzie tej dokonano podziału nasion względem ich szerokości na 10 klas o równym rozstępie ustalając liczebność nasion w poszczególnych przedziałach. W następnej kolejności obliczono średnie wartości wszystkich trzech wymiarów (szerokości, grubości i długości) w poszczególnych klasach. Po wstawieniu ich do wzoru (2) otrzymano 10 modeli matematycznych nasion reprezentujących każdą z 10 klas.

### MODEL MATEMATYCZNY KSZTAŁTU NASION DLA ZMIENNYCH WSPÓŁCZYNNIKÓW KSZTAŁTU I ZMIENNYCH PARAMETRÓW SKALUJĄCYCH

Metoda polega na utworzeniu dla każdego opisanego nasienia fasoli jego modelu matematycznego, w oparciu o równanie (2) [5, 6, 12], z indywidualnie dobranymi współczynnikami kształtu  $f, g, h, k$  i  $m$  w taki sposób, aby obliczona objętość była najbardziej zbliżona do objętości rzeczywistej, zmierzonej eksperymentalnie. Wielkości parametrów skalujących ( $a, b, c$ ) podobnie jak i w metodzie poprzedniej pochodziły z pomiaru suwmiarką szerokości, grubości i długości każdego nasienia.

Proponowana metoda umożliwia uzyskanie modeli matematycznych kształtu nasion fasoli podobnych do nasion rzeczywistych.

### WYNIKI POMIARÓW, OBLICZEŃ I ICH ANALIZA

Szereg rozdzielczy dla parametrów skalujących i objętości nasion fasoli odmiany Aura przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Szereg rozdzielczy dla parametrów skalujących ( $a, b, c$ ) i objętości nasion fasoli odmiany Aura

Lp	$a$ śred. [mm]	$b$ śred. [mm]	$c$ śred. [mm]	Liczeb [%]	$V$ modelu śred. mm <sup>3</sup>	$V$ rzecz, śred. mm <sup>3</sup>	Różnica jednostkowa
1	3,45	2,72	6,32	1	265,90	240,00	-25,90
2	3,58	3,15	6,85	1	352,46	380,00	27,54
3	3,71	3,22	6,76	6	370,30	386,67	16,37
4	3,84	3,33	6,85	20	400,31	419,00	18,69
5	3,97	3,46	6,96	28	437,31	445,71	8,40
6	4,1	3,74	6,99	20	490,73	511,00	20,27
7	4,23	3,72	7,25	11	520,80	521,82	1,02
8	4,36	4,05	7,24	6	581,53	608,33	26,81
9	4,49	4,11	7,52	3	638,54	640,00	1,46
10	4,62	4,11	7,13	4	617,91	642,50	24,59

W tabeli 2 przedstawiono wyniki parametrów geometrycznych modeli brył nasion fasoli.

Tabela 2. Wyniki parametrów geometrycznych modeli brył nasion fasoli Aura

nr nasiona	V rzecz mm <sup>3</sup>	V modelu mm <sup>3</sup>	a (mm)	b (mm)	c (mm)	f	g	h	k	m
1	600	606,534	4,45	4,05	8,41	1,19	1,23	1	0,7	0,71
2	550	549,63	4,17	3,83	7,21	1	0,89	0,79	0,68	0,91
3	520	519,299	4,12	3,93	6,78	0,98	1,09	0,69	0,69	0,9
4	420	419,845	3,715	3,57	6,5	0,91	1,2	0,67	0,68	0,8
5	440	439,726	3,9	3,6	6,78	1,18	1,23	1	0,7	0,71
6	460	459,87	4	3,6	6,56	0,79	0,68	0,8	0,65	1
7	480	479,566	4,29	3,78	6,37	0,7	1	1	0,82	0,9
8	500	499,457	4,16	3,63	7,16	1,18	1,23	1	0,7	0,71
9	400	399,69	3,8	3,3	6,85	0,6	0,68	1,18	0,66	1,06
10	440	439,313	3,91	3,61	6,8	0,7	1	1	0,89	0,9
11	660	659,992	4,58	4,25	7,01	0,79	0,6	0,887	0,675	0,98
12	500	499,502	4,1	3,79	6,98	1	0,92	1,21	0,7	0,8
13	580	579,205	4,37	4,02	7,54	1,2	1,3	1,2	0,69	0,77
14	400	399,617	3,81	3,33	6,48	0,98	0,79	0,97	0,68	0,82
15	580	579,641	4,17	4,25	7,06	1,18	1,23	1,01	0,75	0,72
16	540	539,749	4,29	3,73	7,14	0,8	0,6	0,98	1,3	0,74
17	540	539,87	4,04	3,86	7,31	1	1,21	1,01	0,7	0,7
18	500	499,753	4,15	4	6,5	0,99	0,68	0,99	0,99	0,83
19	560	559,838	4,55	4,13	6,89	1,06	1,3	0,88	0,8	0,87
20	540	539,551	4,08	3,77	7,1	1,12	0,6	0,69	0,6	0,93
21	680	679,351	4,52	4,14	7,45	1,1	1,2	0,81	0,68	0,67
22	520	519,477	4,17	3,68	7,2	1,1	1,17	1	0,7	0,71
23	420	419,947	3,89	3,3	6,89	0,78	0,74	0,8	0,71	1,08
24	480	479,776	4,01	3,64	7,11	1,18	1,23	1	0,74	0,74
25	440	439,891	3,88	3,6	6,35	0,73	0,68	0,8	0,648	1
26	480	479,931	4,09	3,86	6,66	1,18	1,24	0,99	0,73	0,72
27	440	439,715	4,03	3,56	6,64	0,8	0,65	0,9	0,68	1,14
28	520	519,288	4,22	3,87	7,36	1	1,2	1,3	0,67	0,88
29	440	439,348	3,98	3,74	6,51	1,18	1,26	1	0,68	0,76
30	660	659,919	4,58	4,1	7,32	0,787	0,65	0,89	0,73	0,98
31	520	519,97	4,13	3,71	7,03	0,978	0,62	0,87	0,89	0,81
32	500	499,659	4,27	3,96	6,53	1,21	1,23	1,01	0,75	0,72
33	440	439,83	4,04	3,8	6,6	0,8	0,65	0,97	0,87	1,2
34	640	639,581	4,32	3,92	7,9	1,1	1,17	0,99	0,65	0,7
35	640	639,887	4,3	4,2	7,07	0,98	1,09	0,8	0,65	0,7
36	560	559,395	4,12	3,77	7,75	0,8	0,6	0,98	1,3	0,79
37	380	379,798	3,79	3,35	6,16	0,9	0,8	0,9	0,7	0,87
38	440	439,74	3,98	3,62	6,94	0,94	1,26	1,08	0,8	0,81
39	380	379,554	3,94	3,45	6,77	0,93	0,75	0,99	0,98	1,2
40	400	399,795	3,83	3,46	6,6	1	0,75	1	0,7	0,98
41	670	669,218	4,37	4,16	7,8	1,1	1,17	1	0,7	0,7
42	660	659,995	4,69	3,98	7,64	1,2	1,23	1	0,7	0,7
43	440	439,879	4,04	3,56	6,61	0,79	0,73	0,8	0,71	1,19
44	540	539,966	4,36	3,88	6,9	0,8	0,65	0,9	0,677	1,125
45	620	619,385	4,23	4,51	6,74	1,01	1,1	1	0,7	0,7
46	520	519,881	3,86	3,61	7,61	1	0,99	1	0,7	0,7
47	500	499,972	4,19	3,76	6,8	1	0,9	1,2	0,69	0,81
48	460	459,864	3,99	3,66	6,85	1	0,99	0,99	0,7	0,88
49	500	499,212	4,11	3,65	7,81	1,2	1,3	0,8	0,8	0,89
50	580	579,528	4,6	4,11	6,56	1	1,16	0,64	0,68	0,93

c.d. Tabeli 2. Wyniki parametrów geometrycznych modeli brył nasion fasoli Aura

nr nasiona	V rzecz mm <sup>3</sup>	V modelu mm <sup>3</sup>	a (mm)	b (mm)	c (mm)	f	g	h	k	m
51	420	419,901	3,79	3,5	6,41	0,6	0,64	0,92	0,68	1
52	560	559,379	4,15	4,1	7,17	1	1,01	1	0,7	0,88
53	400	399,8	3,85	3,25	6,61	0,8	0,8	0,99	0,68	0,9
54	460	459,978	4,05	3,57	6,67	0,79	0,598	0,96	0,686	0,98
55	460	459,902	4	3,65	6,85	1	0,99	1	0,7	0,88
56	430	429,874	3,93	3,61	6,64	0,73	0,67	0,849	0,7	1,25
57	500	499,408	4,1	3,79	6,98	0,8	0,7	0,8	0,71	1,19
58	400	399,597	3,98	3,56	6,06	1	1,2	0,7	0,67	0,9
59	520	519,599	4,12	3,93	6,78	0,99	1,09	0,69	0,69	0,9
60	480	479,572	3,99	3,69	6,93	1	1,01	0,82	0,7	0,88
61	400	399,696	3,9	3,1	6,88	0,9	1,13	1,1	0,68	0,71
62	620	619,807	4,36	4,2	7,01	1	0,75	0,61	0,88	0,9
63	600	599,465	4,34	4,12	6,84	1,2	0,79	0,8	0,66	0,79
64	480	479,95	4,13	3,14	7,37	0,79	0,9	0,82	0,721	0,8
65	480	479,997	4,2	3,04	8,06	0,8	0,8	0,99	0,74	0,98
66	440	439,679	3,88	3,4	7,24	1	1,3	1,16	0,68	0,71
67	380	379,988	3,93	3,19	6,79	0,93	0,64	0,91	0,76	1,12
68	460	459,944	4,04	3,13	7,37	0,73	0,68	0,8	0,62	1
69	360	359,405	3,71	3,16	6,6	0,99	1,1	0,7	0,71	0,93
70	460	459,388	3,95	3,3	7,09	0,98	1,09	0,67	0,7	0,74
71	420	419,748	3,91	3,32	7,09	0,99	1,1	0,7	0,7	1
72	420	419,875	4,075	3,37	6,825	0,92	0,7	1	0,68	1,1
73	450	449,658	4,11	3,57	6,66	1	1,21	1,01	0,7	0,72
74	540	539,31	4,23	3,51	7,63	0,84	0,65	0,89	0,73	0,98
75	420	419,459	3,83	3,06	7,32	1	1,16	0,69	0,65	0,78
76	430	429,713	4,01	3,31	7,03	0,73	0,66	0,8	0,79	1,2
77	360	359,662	3,75	3,35	6,51	1,06	1,3	0,79	0,66	0,97
78	500	499,808	3,95	3,15	8,16	0,98	0,79	0,98	0,68	0,78
79	420	419,722	3,88	3,09	7,16	1	1,16	0,69	0,65	0,78
80	240	239,626	3,39	2,72	6,32	1	1,21	1,2	0,96	0,86
81	440	439,458	4,04	3	7,51	0,8	0,68	1,2	1	0,7
82	440	439,98	3,98	3,45	6,92	1	0,99	1	0,7	0,86
83	460	459,384	4,18	3,13	7,24	1,18	1,23	0,79	0,6	0,71
84	400	399,536	3,8	3,33	6,47	0,98	0,79	0,97	0,68	0,82
85	360	359,805	3,75	2,97	6,8	0,93	0,65	0,64	0,6	1,17
86	420	419,784	3,9	3,37	7,13	0,79	0,9	1	0,89	0,98
87	400	399,597	3,85	3,29	6,68	1	1,2	0,8	0,68	0,8
88	500	499,97	3,98	3,28	7,55	1,2	0,79	0,8	0,65	0,7
89	440	439,624	4,18	3,13	7,3	0,55	0,6	0,6	0,58	0,7
90	440	439,711	4,02	3,34	6,89	0,9	1,13	1,2	0,68	0,71
91	360	359,295	3,74	2,96	6,83	0,98	1,09	0,68	0,69	0,89
92	400	399,367	3,81	3	7,11	0,9	1,15	0,67	0,68	0,8
93	580	579,364	4,16	3,43	7,86	1	0,68	0,89	0,65	0,7
94	460	459,539	4	3,49	7,07	0,8	0,75	1,2	1,2	0,7
95	440	439,798	3,77	3,29	7,14	0,9	1,08	0,67	0,68	0,8
96	380	379,996	3,58	3,15	6,96	1	0,68	0,56	0,98	0,89
97	480	479,467	4,03	3,42	7,24	1	0,68	1,02	0,65	0,86
98	440	439,96	3,86	3,28	6,88	0,8	0,7	0,6	0,7	0,99
99	360	359,762	3,97	3,13	6,75	0,93	0,64	0,92	0,76	1,25
100	480	479,934	4,2	3,33	7,22	0,98	1,22	1,1	0,65	0,7

Charakterystykę porównawczą wyników geometrycznych nasion fasoli otrzymanych według zaproponowanych metod przedstawiono w tabeli 3.

**Tabela 3.** Charakterystyka statystyczna wyników pomiarów nasion fasoli

Wyszczególnienie	Objętość rzeczywista	Pomiary otrzymane metodą I	Pomiary otrzymane metodą II
Wartość średnia objętości [mm <sup>3</sup> ]	479,700	465,109	479,375
Odchylenie standardowe [mm <sup>3</sup> ]	89,96	80,44	84,28
Współczynnik zmienności	0,19	0,17	0,18
Wariancja [mm <sup>3</sup> ]	8092,80	6403,20	7103,12
Błąd względny [%]	0	3,04	0,07

Metoda I – metoda budowania modeli matematycznych kształtu nasion dla stałych współczynników i zmiennych wymiarów (długości, szerokości, grubości).

Metoda II – metoda budowania modeli matematycznych kształtu nasion dla zmiennych współczynników kształtu i zmiennych parametrów skalujących ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ).

Analizując wyniki przedstawione w tabeli (3) stwierdzono, iż w metodzie budowania modeli matematycznych kształtu nasion dla stałych współczynników kształtu i zmiennych wymiarów długości, szerokości, grubości - średnia wartość objętości wynosi 465,1 mm<sup>3</sup> i nieznacznie odbiega od wartości średniej rzeczywistych pomiarów. Odchylenie standardowe na poziomie 80,4 wskazuje na najmniejsze zróżnicowanie objętości spośród badanych metod, średni błąd względny określający odchyłkę pojedynczej objętości badanej od mierzonej wartości wynosi 3,04%.

Wyniki otrzymane w oparciu o metodę budowania modeli matematycznych kształtu nasion dla zmiennych współczynników kształtu i zmiennych parametrów skalujących ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) wykazały, iż średnia objętość jest na podobnym poziomie co wartość średnia dla pomiarów rzeczywistych i wynosi 479,4 mm<sup>3</sup>. Odchylenie standardowe na poziomie 84,3 mm<sup>3</sup> również jest bardzo zbliżone do wartości dyspersji pomiarów rzeczywistych. Błąd względny uzyskany przy zastosowaniu tej metody wyniósł 0,07% co pozwala stwierdzić, że metoda ta najdokładniej odzwierciedla kształt nasion rzeczywistych.

## OCENA PROPONOWANYCH METOD

Metoda tworzenia modeli matematycznych kształtu nasion dla stałych współczynników kształtu i zmiennych wymiarów długości, szerokości i grubości jest metodą statystyczną przybliżoną, przez co jest obciążona największym błędem względnym objętości średniej wynoszącym 3,04%. Badane modele matematyczne nasion ze względu na małe zróżnicowanie kształtu mają mało zróżnicowane objętości, co potwierdza najmniejsza wartość odchylenia standardowego wynosząca 80,4. Metoda ta jest dobra do badania nasion dla potrzeb przemysłu ze względu na błąd znajdujący się w granicach błędu

dopuszczalnego i łatwość otrzymania wartości początkowych przy znanych współczynnikach kształtu.

Metoda budowania modeli matematycznych kształtu nasion dla zmiennych współczynników kształtu i zmiennych parametrów skalujących charakteryzuje poszczególne nasiona zbioru. Jest obciążona najniższym błędem względnym 0,07% dzięki czemu może być wykorzystywana do celów projektowych gdzie wymagana jest większa dokładność. Minimalny błąd względny i odchylenie standardowe bardzo zbliżone do wzorcowych pomiarów 84,3 pozwala stwierdzić, że metoda ta w sposób dokładny odzwierciedla rzeczywiste kształty nasion fasoli. Wadą metody jest konieczność doboru współczynników kształtu i parametrów skalujących dla każdego nasienia.

## WNIOSKI

1. Metoda budowania modeli matematycznych kształtu nasion dla zmiennych współczynników kształtu i zmiennych parametrów skalujących (błąd względny ok. 0,07%) jest dokładniejsza od metody tworzenia modeli matematycznych kształtu nasion dla stałych współczynników kształtu i zmiennych wymiarów (błąd względny ok. 3,04%) i możliwa do wykorzystania w przemyśle spożywczym.
2. Proponowana metoda budowania modeli matematycznych kształtu nasion dla zmiennych współczynników kształtu i zmiennych parametrów skalujących, charakteryzuje się dużą dokładnością (błąd względny na poziomie 0,07%) i może być stosowana do celów projektowych.

## LITERATURA

- [1] Anders A. : Wpływ parametrów roboczych obłuskiwacza tarczowego, 2001.
- [2] Drogosz P., Mańkowski S.: Trochoid application to seed solid section mapping, Technical Sciences, 2003, nr 6, s. 57-64.
- [3] Lewandowski R.: Modelowanie procesu obłuskiwania nasion roślin strączkowych, Politechnika Warszawska, Płock, 1998, (praca doktorska).
- [4] Mieszkalski L.: Matematyczne modelowanie procesu obłuskiwania nasion, Rozprawy i monografie, Wydawnictwo ART, Olsztyn, 1999.
- [5] Mieszkalski L.: Metoda wyznaczania płaszczyzny w otoczeniu punktu powłoki modelowej bryły ziarna zbóż, Problemy Inżynierii Rolniczej 2001a, nr 3, s. 29-36.
- [6] Mieszkalski L.: Metoda tworzenia modelu bryły ziarna zbóż, Problemy Inżynierii Rolniczej 2001b, nr 1, s. 29-36.
- [7] Mieszkalski L.: Metoda modelowania nieregularnych kształtów za pomocą funkcji wielomianowych, Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 2002, nr 1, s. 13-16.
- [8] Mieszkalski L.: Modelowanie brył o nieregularnych kształtach za pomocą krzywych Beziery, Problemy Inżynierii Rolniczej 2002b, nr 2, s. 33-38.
- [9] Mieszkalski L.: Analiza krzywych Beziery stosowanych do modelowania nieregularnych kształtów obiektów biologicznych, Acta Agrophysica, 2002c.



- [10] Mieszkalski L.: Model siatki na powierzchni bryły za pomocą poczwórnego węzła krzywych wielomianowych, *Problemy Inżynierii Rolniczej* 2002d, nr 4, s. 93-100.
- [11] Mieszkalski L.: Modelowanie krzywych i siatek powierzchni brył geometrycznych imitujących surowce roślinne, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2003, nr 2, s. 37-39.
- [12] Mieszkalski L.: Method for generating three – dimensional solid models of seeds applied in the food industry, *Technical Sciences*, 2003b, No 6, (49 – 55).
- [13] Mieszkalski L., Sołoduha H. K.: Model matematyczny kształtu nasion fasoli, *Technical Sciences*, 2004, suppl. 1, s. 59-66.

## MODELING METHODS OF SETS OF THE SOLIDS SEEDS

### SUMMARY

*In the paper there are two modeling methods of sets of the solid bean seeds. The suggested methods were subject to verification. The control parameter was of the seed and solid capacity. The results of the solid bean seed model capacity based on the mathematical model were compared to the capacity of real bean seed by means of experiment. Aura variety of seeds beans harvested in 2003 year in the Plant Breeding and Seed Production Station in Strugi near Szymanów were used in the experimental material. A statistical analysis of the results obtained showed differences between the actual seed dimensions and those determined by a mathematical model at the level from 0,07 to 3,04%.*

**Key words:** *bean seeds, set of solids, capacity, mathematical model.*