

Description of the dependence of the mixing power of turbine-blade impellers on the clearance and the blade pitch angle

Opis zależności mocy mieszania mieszadeł turbinowo-łopatkowych od prześwitu i kąta pochylenia łopatek



DOI: 10.15199/62.2026.4.4

The results of exptl. studies of the mixing power of turbine-blade impellers as a function of the blade pitch angle and the distance of the impeller from the bottom (impeller clearance) were presented. The dependence of the mixing power number on these parameters was described by 4-parameter functions for 2 ranges of the blade pitch angle, i.e. up to 45° and over 45° . The av. relative error did not exceed 13.2%. For the entire range of pitch angles tested ($15\text{--}90^\circ$), the relationship between the mixing power no. and the mixing power no. was described by a four-parameter function with a mean relative error of less than 13.4%.

Keywords: turbine-blade impeller, mixing power, clearance, blade pitch angle

Przedstawiono wyniki badań doświadczalnych mocy mieszania mieszadeł turbinowo-łopatkowych w zależności od kąta pochylenia łopatek i odległości mieszadła od dna (prześwitu mieszadła). Zależność liczby mocy mieszania od tych parametrów opisano czterema funkcjami czteroparametrowymi dla dwóch zakresów kąta pochylenia łopatek, czyli do 45° i ponad 45° . Średni błąd względny nie przekraczał 13,2%. Dla całego badanego zakresu kątów pochylenia ($15\text{--}90^\circ$) opisano zależność liczby mocy mieszania funkcją czteroparametrową ze średnim błędem względnym mniejszym niż 13,4%.

Słowa kluczowe: mieszadło turbinowo-łopatkowe, moc mieszania, prześwit, kąt pochylenia łopatek

Mieszadła turbinowo-łopatkowe PBT (*pitched blade turbine*) i FBT (*flat blade turbine*) znajdują zastosowanie m.in. w mieszaniu zawiesin¹⁻³). Zwykle są to mieszadła⁴⁻⁶) o liczbie łopatek 2–6, pochylonych pod kątem $\alpha = 45, 60$ lub 90° (FBT). Kąt nachylenia łopatek wpływa m.in. na wydajność pompowania i cyrkulację cieczy w mieszalniku^{3, 7, 8}). W zależności od kąta pochylenia łopatek i kierunku obrotów ciecz może być pompowana w dół (w kierunku dna) lub w górę⁹).

Zwykle podczas mieszania zawiesin ciała stałego, gdy gęstość ziaren jest większa niż gęstość cieczy, stosuje się przepływ osiowy w kierunku dna zbiornika. Strumień cieczy o dostatecznie dużej prędkości porywa i unosi ziarna ciała stałego i rozprowadza je w całej objętości cieczy w mieszalniku. Do określenia częstości obrotowej

mieszadła wymaganej do wytworzenia zawiesiny stosuje się wprowadzone w 1958 r. kryterium Zwieteringa^{3, 10, 11}). Jednak parametry, takie jak stosunek średnicy mieszadła D do średnicy zbiornika T oraz stosunek prześwitu mieszadła C do średnicy zbiornika T lub średnicy mieszadła D są uwzględnione jedynie w wyznaczanym doświadczalnie współczynniku równania. Prześwit mieszadła C wpływa na hydrodynamikę cieczy w mieszalniku, a przez to na czas powstania jednorodnej zawiesiny. Jednak dane literaturowe^{1, 3, 12, 13}) wskazują, że istnieje zależność pomiędzy prześwitem a mocą mieszania dla mieszadeł PBT i FBT. Na rys. 1 przedstawiono zależność liczby mocy mieszania Eu od prześwitu względnego C/D dla mieszadeł z 6 łopatkami pochylonymi pod kątem większym niż 45° .



Dr hab. inż. Jacek STELMACH (ORCID: 0000-0001-9348-5315) w roku 1986 ukończył studia na Wydziale Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej. W 2000 r. uzyskał stopień doktora, a w 2016 r. uzyskał stopień doktora habilitowanego na tym samym wydziale. Specjalność – procesy napowietrzania z wykorzystaniem mieszadeł samozasysających oraz wybrane zagadnienia z bioinżynierii.



Dr hab. inż. Andrzej OBRANIAK, prof. PŁ (ORCID: 0000-0003-0589-9679), w roku 1989 ukończył studia na Wydziale Mechanicznym Politechniki Łódzkiej. W 2002 r. uzyskał stopień doktora, a w 2020 r. stopień doktora habilitowanego na Wydziale Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska tej samej uczelni, gdzie obecnie pracuje jako adiunkt w Katedrze Aparatury Procesowej. Specjalność – inżynieria chemiczna i procesowa, mechanika.

* Adres do korespondencji:

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 213, 93-005 Łódź, tel.: (42) 631-37-29, e-mail: jacek.stelmach@p.lodz.pl

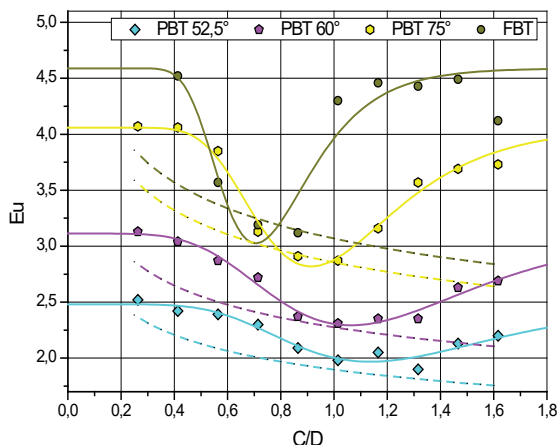


Fig. 1. Dependence of the mixing power number Eu on the relative clearance $C/D^{12)}$

Rys. 1. Zależność liczby mocy mieszania Eu od przeswitu względnego $C/D^{12)}$

Z analizy rys. 1 wynika, że przy wzroście przeswitu moc mieszania maleje aż do osiągnięcia minimalnej wartości, po czym wzrasta. Jednak przy zmniejszaniu kąta pochylenia łopatek α obserwuje się spłaszczanie krzywej $Eu = f(C/D)$ i przesuwanie się minimum w kierunku większych przeswitów. Jednocześnie można stwierdzić zmniejszanie mocy mieszania dla malejących kątów pochylenia łopatek¹⁴⁾. Takiego przebiegu krzywych mocy mieszania w zależności od przeswitu C i kąta pochylenia α nie przewiduje zależność podana przez Medka¹⁵⁾ i opisana zależnością (1):

$$Eu = 1,507 \cdot \left(\frac{T}{D}\right)^{-0,365} \cdot \left(\frac{C}{D}\right)^{-0,165} \cdot \left(\frac{H}{D}\right)^{-0,140} \cdot n_p^{0,701} \cdot (\sin\alpha)^{2,077} \quad (1)$$

w której Eu oznacza liczbę mocy mieszania, T średnicę zbiornika, D średnicę mieszadła, C przeswit mieszadła, n_p liczbę łopatek i α kąt pochylenia łopatek.

Uzyskane z zależności (1) krzywe mocy dla liczby łopatek $n_p = 6$ naniesiono na rys. 1 (linie przerywane). Dobrą zgodność uzyskano dla przeswitu odpowiadającego wysokości zawieszenia mieszadła równej jego średnicy. Natomiast zależność (1) nie uwzględnia wzrostu mocy mieszania dla większych przeswitów. Z kolei bardzo skomplikowana procedura obliczeniowa podana przez Furukawę¹⁶⁾ nie uwzględnia możliwości zmian przeswitu mieszadła. Wartości liczby mocy mieszania są obliczane dla warunku

$C/H = 0,5$, gdzie H jest wysokością cieczy w zbiorniku i $H/T = 1$. W przypadku mieszania zawiesin zwykle stosuje się mniejsze przeswity.

Celem pracy było znalezienie funkcji opisującej zależność liczby mocy mieszania od przeswitu i kąta pochylenia łopatek dla 6-łopatkowych mieszadeł o średnicy $D = T/3$, szerokości łopatki $b = D/5$, pracujących w płaskodennym zbiorniku wypełnionym cieczą do wysokości $H = T$ i wyposażonym w 4 przegrody o szerokości $B = T/10$.

Część doświadczalna

Aparatura

Badania przeprowadzono w płaskodennym zbiorniku o średnicy $T = 545$ mm. Zbiornik zaopatrzony był w 4 standardowe przegrody ($B = 0,1 \cdot T$). Wysokość wody w zbiorniku wynosiła $H = 545$ mm ($H = T$). Mieszadła miały średnicę $D = 180$ mm (T/D ok. 3). Wysokość zawieszenia mieszadeł wynosiła $H_m = 35, 55, 75, 95, 115, 135, 155, 175, 195$ i 215 mm. W badaniach użyto mieszadeł o kątach pochylenia łopatek $\alpha = 15^\circ$ (6PBT15), 30° (6PBT30), 45° (6PBT45), $52,5^\circ$ (6PBT52,5), 60° (6PBT60), 75° (6PBT75) i 90° (FBT). Schemat mieszalnika przedstawiono na rys. 2.

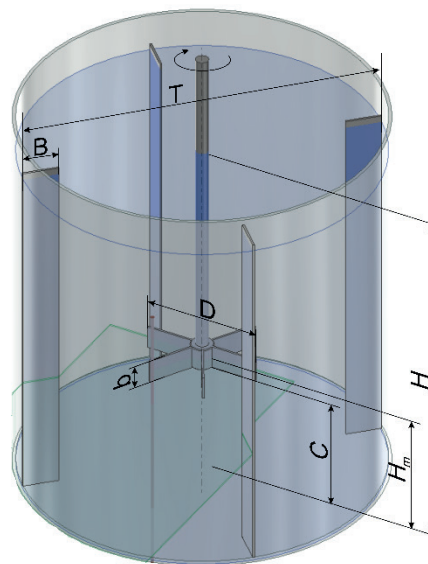


Fig. 2. Diagram of the measurement system

Rys. 2. Schemat układu pomiarowego



Dr hab. inż. Andrzej BARYGA, prof. uczelni (ORCID: 0000-0002-3399-7869), w roku 1996 ukończył studia z zakresu technologii chemicznej na Politechnice Łódzkiej. W 2002 r. uzyskał stopień doktora na tej samej uczelni, a w 2019 r. stopień doktora habilitowanego na Wydziale Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Jest profesorem w Katedrze Cukrownictwa i Zarządzania Bezpieczeństwem Żywności Politechniki Łódzkiej, a od 2020 r. pełni funkcję kierownika Katedry i akredytowanego Specjalistycznego Laboratorium Analityki Cukrowniczej. Specjalność – technologia żywności i żywienia, cukrownictwo.



Dr inż. Stanisław BRZEZIŃSKI (ORCID: 0009-0000-1185-5010) w roku 1974 ukończył studia z zakresu inżynierii chemicznej na Politechnice Łódzkiej. W 1983 r. uzyskał stopień doktora nauk technicznych na tej samej uczelni, na podstawie wyróżnionej pracy doktorskiej pt. „Zastosowanie metod elektrycznych do oznaczania zawartości wody w produktach skrobiowych”. Wyniki tej rozprawy zostały wdrożone w przemyśle. Jest adiunktem w Katedrze Cukrownictwa i Zarządzania Bezpieczeństwem Żywności PŁ. Specjalność – technologia i analiza w przemyśle cukrowniczym, skrobiowym i cukierniczym oraz pomiary i regulacja w przemyśle spożywczym.

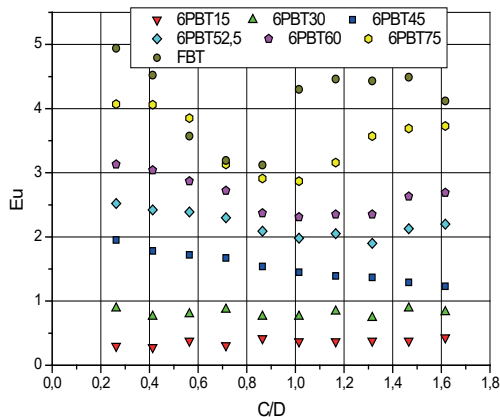


Fig. 3. Dependence of the mixing power number Eu on the blade pitch angle and relative clearance C/D

Rys. 3. Zależność liczby mocy mieszania Eu od kąta pochylenia łopatek α i przeswitu względnego C/D

Metodyka badań

W badaniach stosowano momentometr IKA EURO-SP P CV połączony z komputerem. Rejestrowano moment obrotowy M na wale w zakresie częstości obrotowych mieszadła od $N = 0,833$ 1/s do $N = 6$ 1/s dla każdego kąta pochylenia łopatek i wysokości zawieszenia mieszadła H_m .

Uzyskane dane wartości momentu obrotowego i częstości obrotowej posłużyły do obliczenia mocy mieszania P wg wzoru (2):

$$P = 2 \cdot \pi \cdot N \cdot M \quad (2)$$

w którym P oznacza moc mieszania, W , a M moment obrotowy na wale, Nm , oraz liczby mocy mieszania Eu wg wzoru (3):

$$Eu = \frac{P}{N^3 \cdot D^5 \cdot \rho} \quad (3)$$

w którym N oznacza częstość obrotową mieszadła, 1/s, D średnicę mieszadła, m , a ρ gęstość mieszanej cieczy, kg/m^3 .

Wyniki badań i ich omówienie

Na rys. 3 przedstawiono uzyskane doświadczalnie wartości liczby mocy mieszania Eu w zależności od kąta pochylenia łopatek α i względnego przeswitu mieszadła C/D .

Po analizie dostępnych w programie Origin funkcji aproksymujących przebiegi punktów z minimum lokalnym wybrano do dalszego opracowania 4 czteroparametrowe funkcje (4)–(7):

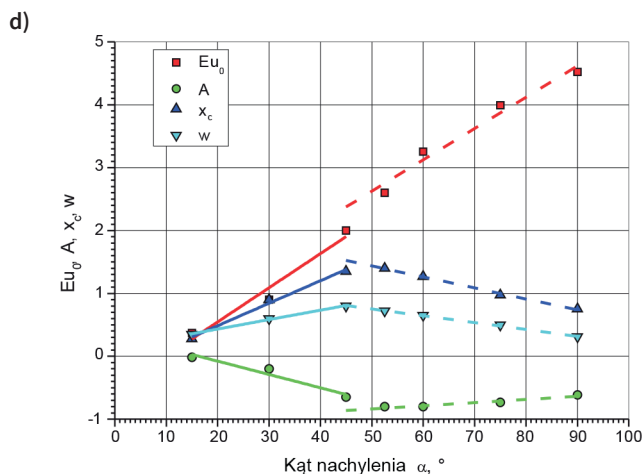
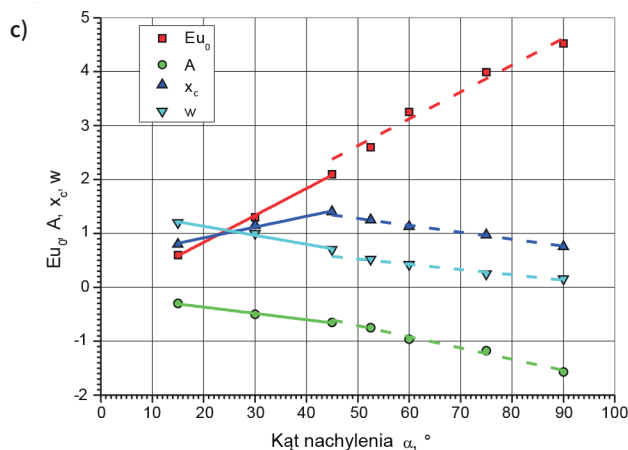
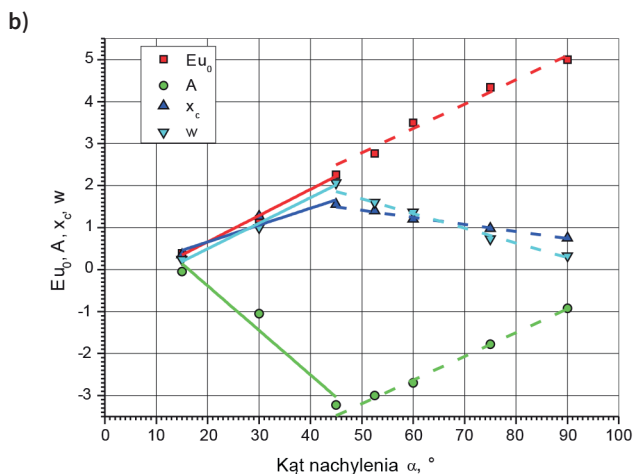
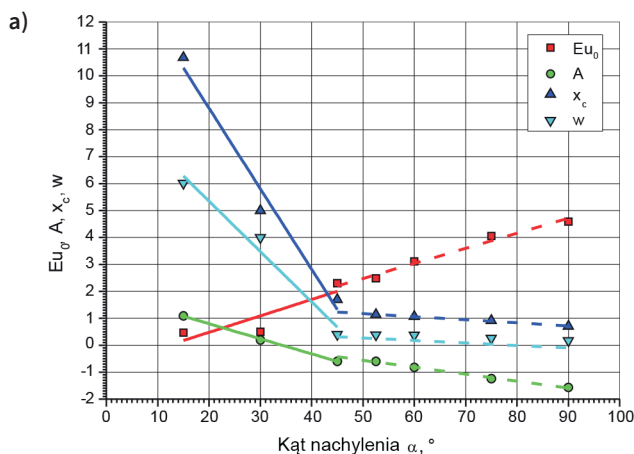


Fig. 4. Dependence of equation coefficients on blade pitch angle; a) equation (4), b) equation (5), c) equation (6), d) equation (7)

Rys. 4. Zależność współczynników równań od kąta pochylenia łopatek; a) równanie (4), b) równanie (5), c) równanie (6), d) równanie (7)

Table 1. Coefficients of the straight line for the approximation varying the coefficients of equation (4)

Tabela 1. Współczynniki prostej dla aproksymacji uzmienniającej współczynniki równania (4)

Kąt pochylenia	Eu_0		A		x_c		w	
	a_1	b_1	a_2	b_2	a_3	b_3	a_4	b_4
$\leq 45^\circ$	0,0610	-0,740	-0,056	1,919	-0,299	14,779	-0,189	9,088
$> 45^\circ$	0,0560	-0,322	-0,0258	0,734	-0,0114	1,744	-0,0062	0,729

Table 2. Coefficients of the straight line for the approximation varying the coefficients of equation (5)

Tabela 2. Współczynniki prostej dla aproksymacji uzmienniającej współczynniki równania (5)

Kąt pochylenia	Eu_0		A		x_c		w	
	a_1	b_1	a_2	b_2	a_3	b_3	a_4	b_4
$\leq 45^\circ$	0,0625	-0,591	-0,106	1,733	0,0401	-0,145	0,0609	-0,725
$> 45^\circ$	0,0580	-0,118	0,0565	-6,022	-0,0167	2,244	-0,0350	3,433

Table 3. Coefficients of the straight line for the approximation varying the coefficients of equation (6)

Tabela 3. Współczynniki prostej dla aproksymacji uzmienniającej współczynniki równania (6)

Kąt pochylenia	Eu_0		A		x_c		w	
	a_1	b_1	a_2	b_2	a_3	b_3	a_4	b_4
$\leq 45^\circ$	0,0500	-0,167	-0,0117	-0,133	0,0200	0,517	-0,0167	1,457
$> 45^\circ$	0,0489	0,135	-0,0208	0,331	-0,0128	1,917	-0,0098	1,015

Table 4. Coefficients of the straight line for the approximation varying the coefficients of equation (7)

Tabela 4. Współczynniki prostej dla aproksymacji uzmienniającej współczynniki równania (7)

Kąt pochylenia	Eu_0		A		x_c		w	
	a_1	b_1	a_2	b_2	a_3	b_3	a_4	b_4
$\leq 45^\circ$	0,0543	-0,540	-0,0212	0,347	0,0358	-0,231	0,0150	0,133
$> 45^\circ$	0,0498	0,135	0,0050	-1,087	-0,0175	2,312	-0,0109	1,298

$$Eu = Eu_0 + A \cdot \exp[-\exp(-z) - z + 1] \quad (4)$$

$$z = (C/D - x_c)/w$$

$$Eu = Eu_0 + \frac{2 \cdot A}{\pi} \cdot \frac{w}{4 \cdot (C/D - x_c)^2 + w^2} \quad (5)$$

$$Eu = Eu_0 + A \cdot \exp\left[-\frac{(C/D - x_c)^2}{2 \cdot w^2}\right] \quad (6)$$

$$Eu = Eu_0 + \frac{A}{w \cdot \sqrt{\pi/2}} \cdot \exp\left[-2 \cdot \frac{(C/D - x_c)^2}{w^2}\right] \quad (7)$$

w których Eu_0 , A , z , w oraz x_c są wyznaczanymi parametrami, C oznacza prześwit (odległość od dna do dolnych krawędzi mieszadła), m , a D średnicę mieszadła, m .

W przypadku parametrów równań (4)–(7) nie można podać ich interpretacji fizycznej, z wyjątkiem Eu_0 , który to parametr można traktować jako wartość początkową liczby mocy mieszania.

Dla każdego kąta pochylenia łopatek zostały iteracyjnie obliczone wartości współczynników równań (4)–(7). Do obliczeń stosowano program Origin i arkusz kalkulacyjny Excel z pakietem Solver. Uzyskane wartości współczynników Eu_0 , A , x_c oraz w przedstawiono na rys. 4, w zależności od kąta pochylenia łopatek α .

Z analizy rys. 4 wynika, że dla kąta $\alpha = 45^\circ$ obserwowano zmianę przebiegu punktów, dlatego dane aproksymowano liniami prostymi w 2 zakresach: $15^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ i $45^\circ < \alpha \leq 90^\circ$. Obliczone wartości współczynników równań prostych zestawiono w tabelach 1–4.

Linie przedstawiające przebieg funkcji aproksymujących zostały również naniesione na rys. 4 (linia ciągła dla zakresu $15^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ i linia przerywana dla $\alpha > 45^\circ$).

Na rys. 5 przedstawiono porównanie zmierzonych i obliczonych wartości liczb mocy mieszania. Średnie błędy względne wynosiły: $\Delta = 9,8\%$ dla zależności (4), $\Delta = 13,2\%$ dla zależności (5), $\Delta = 7,8\%$ dla zależności (6) i $\Delta = 10,3\%$ dla zależności (7). Najmniejszy średni błąd względny uzyskano dla zależności (6). Niezależnie od funkcji aproksymującej największe błędy występowały dla mieszadeł z łopatkami ustawionymi pod kątem 15 i 30° .

Z dokładniejszej analizy rys. 4 wynika, że współczynniki (parametry) zależności (6) można uzależnić niezbyt skomplikowanymi funkcjami dla całego zakresu zmienności kąta pochylenia. W pierwszej kolejności zależności parametrów równania (6) od kąta pochylenia opisano zależnościami (8)–(11):

$$Eu_0 = 0,0549 \cdot \alpha - 0,260 \quad (8)$$

$$A = -0,0166 \cdot \alpha + 0,0249 \quad (9)$$

$$x_c = 0,735 + 0,606 \cdot \exp\left[-0,5 \cdot \left(\frac{\alpha - 45,999}{17,478}\right)^2\right] \quad (10)$$

$$w = -0,0148 \cdot \alpha + 1,382 \quad (11)$$

Ponieważ zależności współczynników A oraz w od kąta pochylenia odbiegały od zależności liniowej, do ich opisu zastosowano również funkcje (12) i (13):

$$A = -0,253 - 7,214 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha^{1,666} \quad (12)$$

$$w = 0,113 + \frac{1,370 - 0,113}{1 + \exp\left(\frac{\alpha - 42,720}{14,807}\right)} \quad (13)$$

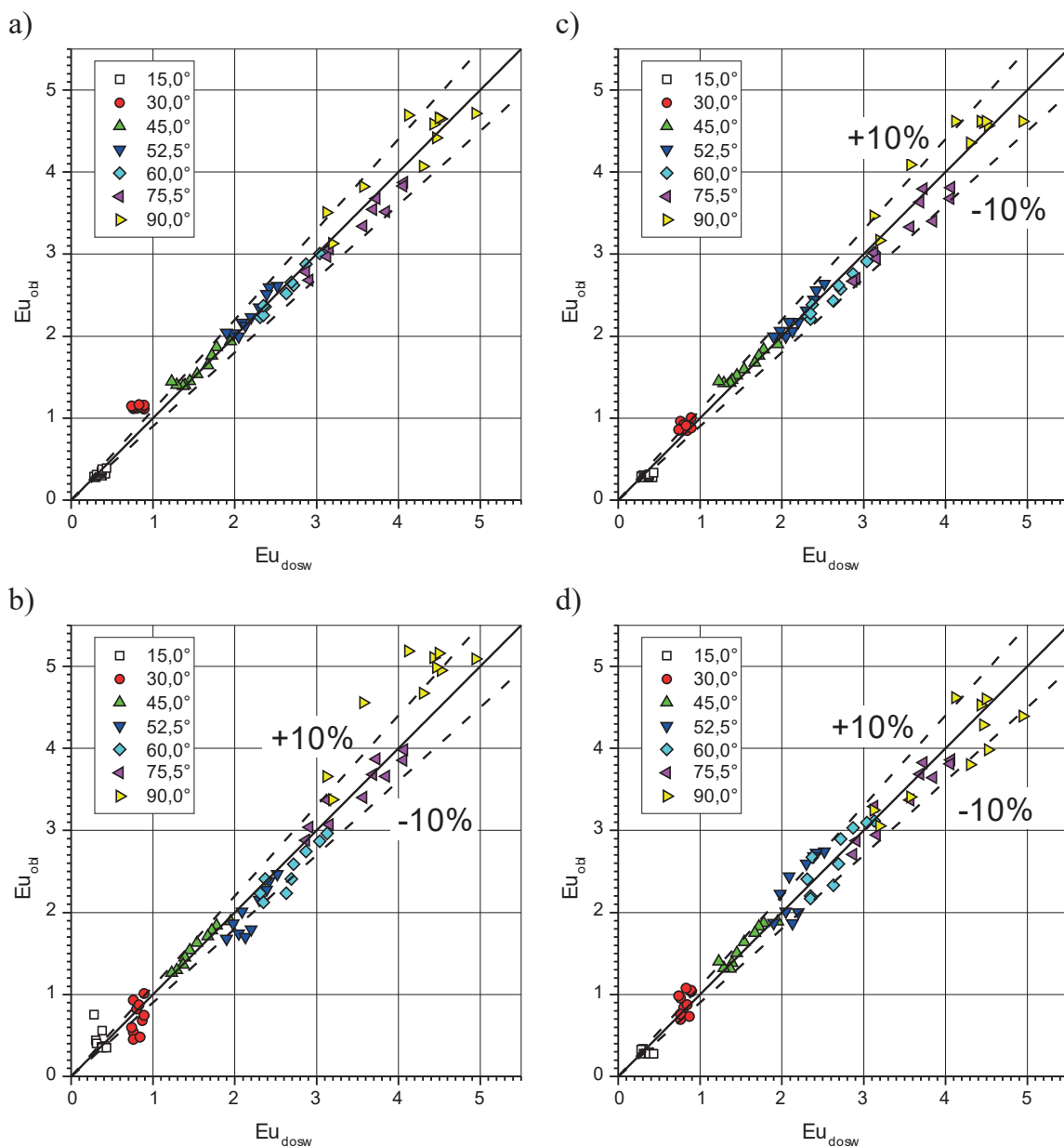


Fig. 5. Comparison of measured and calculated values of the mixing power number; a) equation (4), b) equation (5), c) equation (6), d) equation (7)

Rys. 5. Porównanie zmierzonych i obliczonych wartości liczby mocy mieszania; a) równanie (4), b) równanie (5), c) równanie (6), d) równanie (7)

Na rys. 6 przedstawiono aproksymacje zależnościami (8)–(13), a na rys. 7 porównano zmierzone i obliczone z zależności (6) wartości liczb mocy dla współczynników uzależnionych od kąta pochylenia łopatek.

Zastosowanie zależności (8)–(11) dawało średni błąd względny $\Delta = 11,3\%$, przy czym najmniej dokładne były dopasowania dla kątów pochylenia 15, 30 i 90°. Dla zależności (8), (10), (12) i (13) średni błąd względny wynosił $\Delta = 11,4\%$, a najmniej dokładne były dopasowania dla kątów 15 i 30°, natomiast dla większych kątów jakość dopasowania uległa poprawie.

Na podstawie przeprowadzonej analizy i obliczeń dla wyrażonego w stopniach kąta pochylenia łopatek w zakresie $15^\circ < \alpha \leq 45^\circ$ liczbę mocy mieszania można obliczać z zależności (14):

$$Eu = (0,050 \cdot \alpha - 0,167) + (-0,0117 \cdot \alpha - 0,133) \cdot \exp \left\{ -\frac{\left[\frac{C}{D} - (0,02 \cdot \alpha + 0,517) \right]^2}{2 \cdot (-0,0167 \cdot \alpha + 1,457)^2} \right\} \quad (14)$$

Dla kątów większych niż 45° zależność do obliczania liczby mocy mieszania ma postać (15):

$$Eu = (0,0489 \cdot \alpha + 0,135) + (-0,0208 \cdot \alpha + 0,331) \cdot \exp \left\{ -\frac{\left[\frac{C}{D} - (0,0128 \cdot \alpha + 1,917) \right]^2}{2 \cdot (-0,0098 \cdot \alpha + 1,015)^2} \right\} \quad (15)$$

Zależności (14) i (15) zapewniają największą dokładność obliczeń. Jednak godząc się na nieco większe błędy

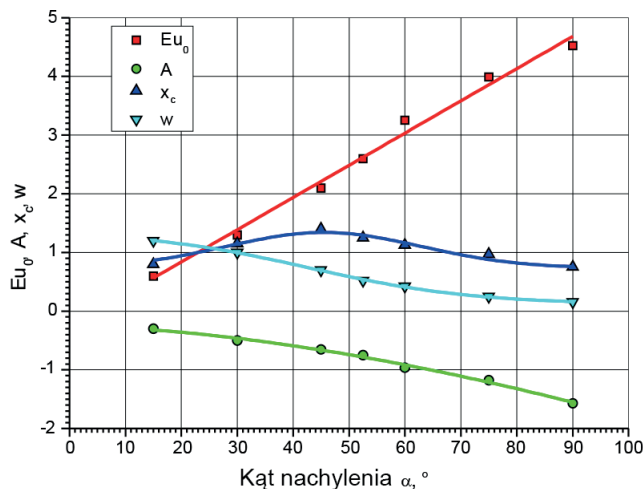
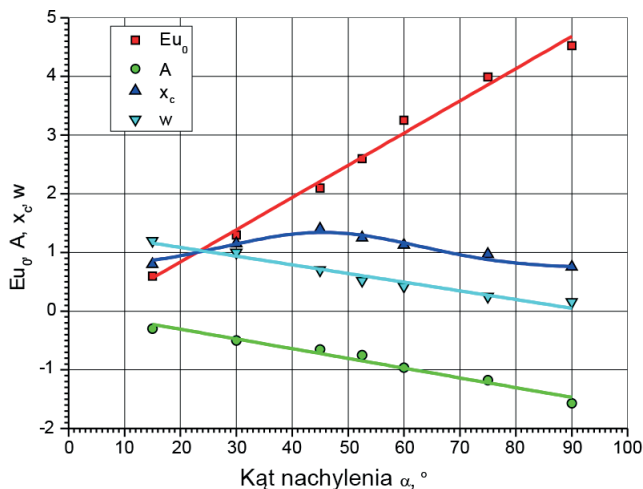


Fig. 6. Fittings of functions to points; a) dependencies (8), (9), (10) and (11), b) dependencies (8), (10), (12) and (13)

Rys. 6. Dopasowania funkcji do punktów; a) zależności (8), (9), (10) i (11), b) zależności (8), (10), (12) i (13)

w zakresie kątów pochylenia łopatek $15^\circ < \alpha \leq 90^\circ$, liczbę mocy mieszania można obliczać z zależności (16):

$$Eu = (0,0594 \cdot \alpha - 0,260) + (-0,253 - 7,214 \cdot \alpha^{1,666}) \cdot \exp \left\{ - \frac{\left[\frac{C}{D} - 0,735 - 0,606 \cdot \exp \left(-0,5 \cdot \frac{(\alpha - 45,999)^2}{17,478} \right) \right]^2}{2 \cdot \left[0,113 + \frac{1,257}{1 + \exp \left(\frac{\alpha - 42,720}{14,807} \right)} \right]^2} \right\} \quad (16)$$

Zależności (14)–(16) są słuszne dla sześciółopatkowych mieszadeł standardowych (szerokość łopatki $b = 0,2 \cdot D$, średnica i wysokość piasty $d_h = h_h = 0,2 \cdot D$) umieszczonych centrycznie w płaskodennym zbiorniku z 4 przegrodami o szerokości $B = 0,1 \cdot D$ i pracującymi w zakresie rozwiniętego mieszania burzliwego ($Re > 20000$).

Podsumowanie

Zaobserwowana zależność mocy mieszania od przeswitu mieszadła musi być spowodowana warunkami hydrodynamicznymi¹⁷⁾. Ciecz pompowana jest w kierunku dna (z wyjątkiem mieszadła FBT) i w jego pobliżu rozplywa się promieniowo. Przy małych kątach pochylenia łopatek strumień pompowanej cieczy jest mały i jego oddziaływanie na dno również jest małe. Jednak dokładniejsze wytłumaczenie tego zjawiska wymaga określenia pól prędkości dla przedstawionych w niniejszej pracy układów mieszających.

Przedstawione zależności opisujące zależność liczby mocy mieszania Eu od przeswitu i kąta pochylenia łopatek mają skomplikowaną postać, ale w przypadku obliczeń komputerowych nie stanowi to problemu. Zależności podane przez Furukawę¹⁶⁾ są również bardzo skomplikowane.

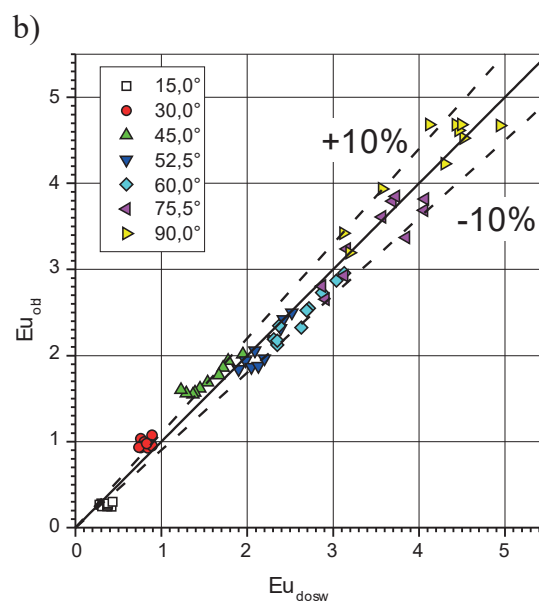
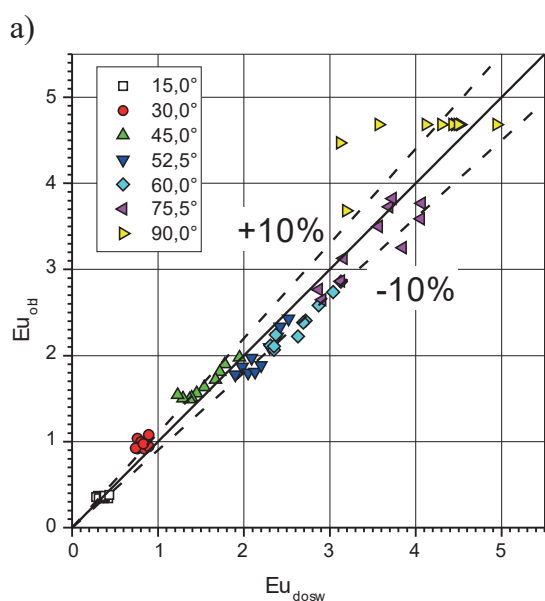


Fig. 7. Comparison of measured and calculated values of the mixing power number; a) dependencies (8), (9), (10) and (11), b) dependencies (8), (10), (12) and (13)

Rys. 7. Porównanie zmierzonych i obliczonych wartości liczby mocy mieszania; a) zależności (8), (9), (10) i (11), b) zależności (8), (10), (12) i (13)

Uzyskanie zależności, w której byłyby uwzględniona liczba łopatek wydaje się możliwe, ale spowoduje dalszą komplikację równania korelacyjnego. Wstępne badania¹⁸⁾ dla $\alpha = 45^\circ$ i $H_m = D$ wykazały liniową zależność liczby mocy mieszania Eu od liczby łopatek mieszadła n_p .

Otrzymano: 12-03-2026

Zrecenzowano: 17-03-2026

Zaakceptowano: 25-03-2026

Opublikowano: 27-04-2026

LITERATURA

- [1] F. Stręk, *Mieszanie i mieszalniki*, WNT, Warszawa 1981.
- [2] M. Zlokarnik, *Stirring. Theory and practice*, Wiley-VCH, Weinheim 2001.
- [3] E.L. Paul, V.A. Atiemo-Obeng, S.M. Kresta, *Handbook of industrial mixing. Science and practice*, John Wiley & Sons, New Jersey 2004.
- [4] BN-72/2222-06, *Mieszadła łopatkowe*, <https://rock.pollub.pl/entities/publication/51009bd7-cbc6-4763-9761-1cdd1f19dce4>, dostęp 9.02.2026 r.
- [5] BN-75/2225-08, *Mieszadło dwułopatkowe z łopatkami nachylnymi pod kątem 45°*, <https://rock.pollub.pl/entities/publication/7b706781-49e4-41ce-88fe-da6233d4baa0>, dostęp 9.02.2026 r.
- [6] BN-85/2225-19, *Aparaty z mechanicznymi urządzeniami mieszającymi*, <https://rock.pollub.pl/entities/publication/331c6c38-bb81-43a3-8570-17fdbcf1e7b2>, dostęp 9.02.2026 r.
- [7] V.W. Uhl, J.B. Gray, *Mixing. Theory and practice. Vol. III*, Academic Press, Orlando 1986.
- [8] Y.-Y. Tsui, J.-R. Chou, Y.-C. Hu, *J. Fluid Eng.* 2006, **128**, nr 4, 774.
- [9] B.B. Amira, Z. Driss, M.S. Abid, [w:] *Multiphysics modelling and simulation for systems design and monitoring. Applied condition monitoring* (red. M. Haddar, M. Slim Abbes, J.-Y. Choley, T. Boukharoub, T. Elnady, A. Kanaev, M. Ben Amar, F. Chaari), t. 2, Springer, Cham 2015.
- [10] A.T.C. Mak, *Solid-liquid mixing in mechanically agitated vessels*, Praca doktorska, University College London 1992.
- [11] R.K. Grenville, A.T.C. Mak, D.A.R. Brown, *Chem. Eng. Res. Design* 2015, **100**, 282.
- [12] M. Skalski, *Badanie zależności mocy mieszania od odległości mieszadła od dna zbiornika*, Praca inżynierska, WIPIOŚ Pł., 2021.
- [13] J. Stelmach, R. Musoski, T. Mysakowski, *Przem. Chem.* 2021, **100**, nr 8, 762.
- [14] M. Major-Godlewska, J. Karcz, *Chem. Papers* 2017, **72**, 1081.
- [15] J. Medek, *Mat. konf. „Mícháni, stavbámícháčích zařízení, ucpávky”*, Brno 1982, 127.
- [16] H. Furukawa, Y. Kato, Y. Inoue, T. Kato, Y. Tada, S. Hashimoto, *Int. J. Chem. Eng.* 2012, **2012**, nr 2, 106496.
- [17] J. Stelmach, C. Kuncewicz, S. Szufa, T. Jirout, F. Rieger, *Processes* 2021, **9**, 68.
- [18] A. Gzowska, *Badanie mocy mieszania i hydrodynamiki nowego typu mieszadła do mieszania zawiesin*, Praca magisterska, WIPIOŚ Pł., 2019.

Przemysł Chemiczny jest najstarszym polskim, branżowym czasopismem, wydawanym od 1917 r. Miesięcznik od 1964 r. jest notowany na tzw. liście filadelfijskiej najlepszych naukowych pism świata.

Miesięcznik adresowany jest do **menedżerów krajowego przemysłu chemicznego, inżynierów i technologów w przemyśle, projektantów w biurach projektowych oraz pracowników naukowych w instytutach naukowo-badawczych i na wyższych uczelniach oraz studentów chemii.**

Wszystkie publikowane prace poddawane są recenzji.

dyscypliny powiązane

1. Badania środowiska
2. Bezpieczeństwo chemiczne i ochrona zdrowia
3. Bioinżynieria
4. Biomateriały
5. Biotechnologia
6. Biotechnologia i mikrobiologia stosowana
7. Chemia (ogólnie)
8. Chemia materiałowa
9. Chemia środowiskowa
10. Ekologia
11. Energetyka i inżynieria jądrowa
12. Ekonomia
13. Ekonomia i organizacja przedsiębiorstw
14. Farmakologia, toksykologia i farmacja (różne)
15. Geochemia i petrologia
16. Gospodarka odpadami i utylizacja
17. Inżynieria bezpieczeństwa
18. Inżynieria chemiczna i procesowa
19. Inżynieria energetyczna
20. Inżynieria biomedyczna
21. Inżynieria chemiczna (ogólnie)
22. Inżynieria chemiczna (różnie)
23. Inżynieria przemysłowa
24. Inżynieria środowiskowa
25. Inżynieria materiałowa
26. Inżynieria mechaniczna
27. Marketing
28. Mikrotechnologia i biotechnologia stosowana
29. Modelowanie ekologiczne
30. Multidyscypliny
31. Nauki leśne
32. Ochrona różnorodności biologicznej
33. Ochrona środowiska
34. Organizacja i zarządzanie
35. Polimery i tworzywa sztuczne
36. Powierzchnie, powłoki i warstwy
37. Rachunkowość
38. Rolnictwo i ogrodnictwo
39. Stosunki przemysłowe
40. Strategia i zarządzanie
41. Systemy informacyjne zarządzania
42. Sztuczna inteligencja
43. Technologia paliw
44. Technologia żywności i żywienia
45. Weterynaria
46. Zachowania organizacyjne i zarządzanie zasobami ludzkimi
47. Zanieczyszczenie środowiska
48. Zarządzanie technologią i innowacjami
49. Zastosowania informatyki
50. Zootechnika i rybactwo



www.przemyslchemiczny.com