

INTERFERENCJA DOBRA I ZŁA

Opór interferencyjny i opór indukowany to różne zjawiska. Zrozumienie tej różnicy jest istotne zarówno przy projektowaniu i budowie jachtów, jak i w teorii żeglowania.

Stefan Workert

W jednym z artykułów spotkałem stwierdzenie następujące: „Bardzo istotne jest dokładne zaprojektowanie połączenia wszystkich elementów składowych zespołu kila z uwagi na efekty interferencji... Interferencja prowadzi do zwiększenia lokalnego oporu indukowanego i turbulizacji. Zjawisko to najwyraźniej zaznacza się w miejscu przejścia kadłuba w kil i kila w bulb”.

Wydaje mi się, że autorzy pomylili pojęcia. Albowiem opór interferencyjny i opór indukowany są wywołane odmiennymi zjawiskami z dynamiki przepływów. Słuszne jest jedynie stwierdzenie, że opór interferencyjny może wystąpić w okolicy styku bulbkila z płetwą kilową, ale największe szansę ma pojawić się na styku kila z kadłubem.

Zacznijmy od zdefiniowania interferencji i indukcji.

Wywoływanie a nakładanie się zjawisk

Indukcja z fizycznego punktu widzenia powstaje wtedy, gdy pojawienie się jednego zjawiska wywołuje inne zjawisko. Dlatego dodatkowe tworzenie się wiru na krawędzi zewnętrznej płetwy mieczowej i sterowej - jako zjawisko wtórne, czyli zaindukowane zjawiskiem różnicy ciśnień z jednej i drugiej strony płet-

wy, w wyniku którego pojawiają się siły prostopadłe do linii prądu opływającej cieczy, powodujące ich odchylenie, czyli straty energii (spadek sprawności płetwy) - możemy nazwać oporem indukowanym. Jedno wywołuje drugie.

Natomiast interferencja jest wzajemnym nakładaniem się dwóch zjawisk fizycznych powodującym powstawanie zjawiska wypadkowego o różnym natężeniu czy energii. Jedno z nich nie wywołuje więc drugiego, ale wzajemnie się nakładając powodują nowe zjawisko fizyczne, a to jest zasadnicza różnica. W fizyce zjawisko interferencji wykorzystywane jest w wielu dziedzinach, np. w laserach, wzmacniaczach radiowych, w badaniach wytrzymałościowych zmęczeniowych przy wykorzystaniu drgań własnych i dudniących, krystalografii etc.

Interferencja w żeglarstwie

W żeglarstwie interferencja może mieć efekt pozytywny lub negatywny. W oporze falowym dzięki interferencji powstają obszary prędkości o małym i dużym oporze, co uwzględnia się przy projektowaniu statków z napędem mechanicznym. W kataranach w pewnych warunkach

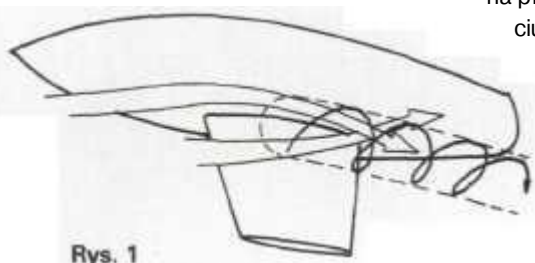
może wystąpić interferencja fal skośnych powstających od dwóch kadłubów wzajemnie się wygaszających, co wpływa korzystnie na zmniejszenie oporu falowego. Jako zjawisko niekorzystne może wystąpić w obszarze, gdzie stykają się ze sobą co najmniej dwie bryły poruszające się w pewnym ograniczonym obszarze cieczy obejmującym te bryły. Szczególnym przypadkiem powstawania interferencji przepływu linii prądu w jachcie są połączenia płetwy balastu lub miecza z kadłubem, połączenia wszelkich bulbkilów, płetw brzegowych lub skrzydełek z płetwą kilową oraz połączenie płetwy steru z kadłubem, o ile jest on oddzielony od płetwy kilowej.

Opór interferencyjny

Rozpatrzmy najprostszy przykład połączenia płetwy balastowej z kadłubem. Zanurzona część kadłuba jest znacznie dłuższa niż cięciwa profilu płetwy przy kadłubie. Poza tym kadłub jest znacznie bardziej pękaty (pełnotliwy). Przy tej samej prędkości jachtu linie prądu opływające kadłub będą miały różną prędkość przepływu w rejonie płetwy na samym kadłubie. Rozważmy hipotetyczne dane.

Założmy, że prędkość jachtu równa jest „V”. Strugi opływają-

ce kadłub zwiększają tę prędkość np. o 5%, czyli prędkość $V_k = 1,05V$. Równocześnie prędkość na podciśnieniowej stronie płetwy wzrosła np. o 10%, czyli $V_p = 1,1 V$. W rzeczywistości prędkości te nakładają się na siebie (interferują ze sobą) i sumaryczny przyrost prędkości jest większy. Wynosi on $V_{int} = (1,1 \times 1,05)V = 1,155 V$, czyli o 15,5% więcej. Energia kinetyczna płynu rośnie wraz z kwadratem przyrostu prędkości, a zatem w tym samym stosunku wzrośnie opór, czyli $1,155^2 = 1,334$. Zatem opór wynosi 33,4%, podczas gdy sam kadłub spowo-

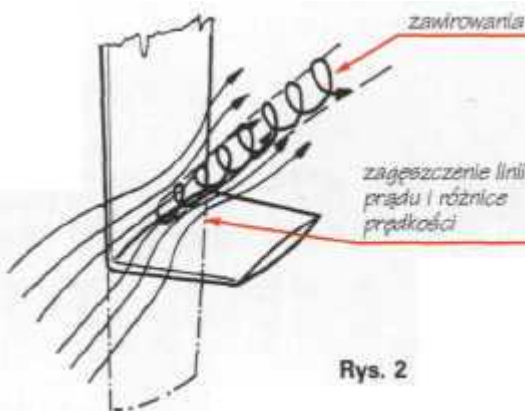


Rys. 1

duje jego wzrost zaledwie $1,05^2 = 1,1025$, czyli o 10,25%, a opór płetwy o $1,1^2 = 1,21$, czyli 21%. Zamiast wynieść więc w sumie 10,25% + 21% = 31,25% wynosi skutek interferencji 33,4%.

Stanowi to około 7% w stosunku do samego przyrostu. Źródłem oporu interferencyjnego są też zawirowania spowodowane dodatkowymi zmianami kierunku spływu linii prądu z kadłuba w stosunku do kierunku linii prądu opływającego płetwę, co zakłóca równoległość optywu powodując dodatkowe zawirowania (rys. 1).

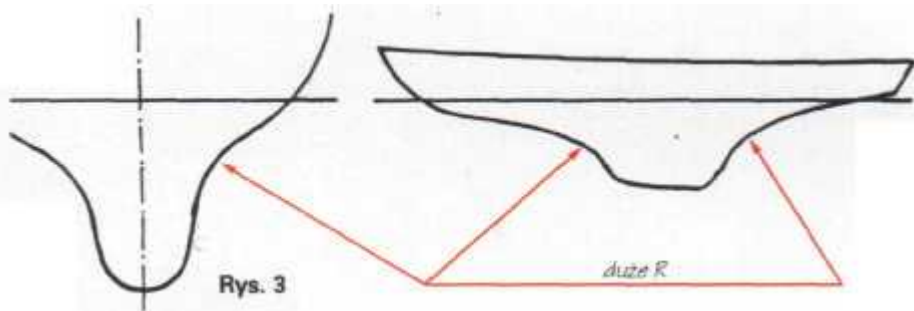
Jako ciekawostkę trzeba unaocznic fakt, że np. gdyby trapezową płetwę kilową zgiąć na końcu pod kątem takim jak na rys.2, to pomimo



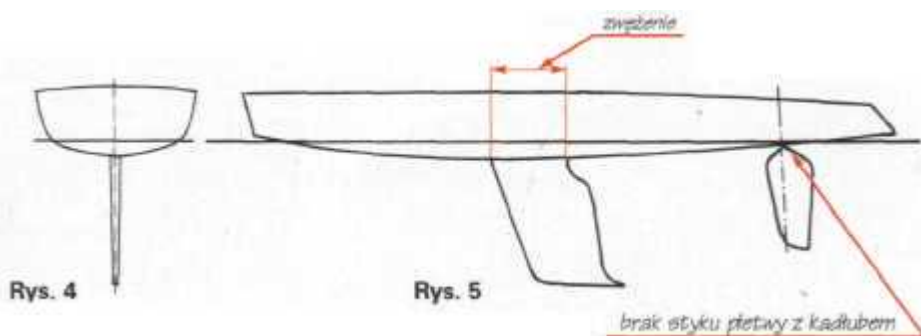
Rys. 2

że w miejscu zgięcia profile są takie same i mają taką samą cięciwą (długość), to opływ takiego kształtu na płaskim odcinku płetwy i na zgięciu też będzie odmienny tak pod względem szybkości przepływających linii prądu, jak i kierunku. W narożu tego układu powstanie więc opór interferencyjny.

W różnych czasach różnie radzono sobie z tym szkodliwym oporem. W jachtingu lub lotnictwie przejście np. skrzydła w kadłub wykonywano możliwie łagodnie dużym promieniem (rys. 3). Okazało się jednak, że zbyt du-



Rys. 3



Rys. 4

Rys. 5

że promienie przejścia zmniejszyły efektywność siły nośnej, a zupełnie ostre przejścia lub o niewielkim promieniu przyniosą więcej pożytku niż szkody (rys. 4).

Innym sposobem ograniczenia oporu interferencyjnego jest ograniczenie długości styku płetwy kilowej i sterowej z kadłubem (rys. 5)

W lotnictwie i w jachtach bardzo szybkich, wchodzących w ślizg, na opór interferencyjny może wpływać też różnica krytycznych liczb Reynoldsa, gdzie kadłub może pracować w zakresie nadkrytycznych liczb Reynoldsa, czyli w opływie turbulentnym, a płetwa kilu i ster w zakresie podkrytycznych liczb Reynoldsa, czyli w opływie laminarnym, ale to rozważanie odłożymy sobie na inną okazję, albowiem w turystycznych jachtach wypornościowych opór laminarny nam nie grozi.

Literatura: Jan Staszek „Aerodynamika Modeli Latających”, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1983.