

---

# Krażek Mac Cready'ego

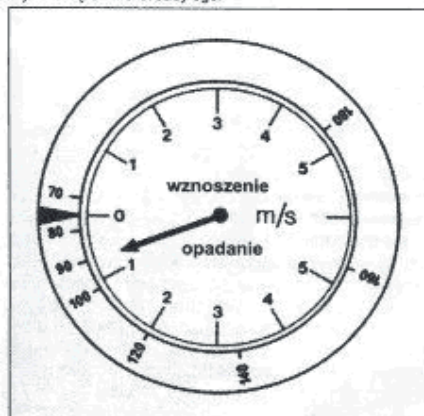
## zawsze przydatny

---

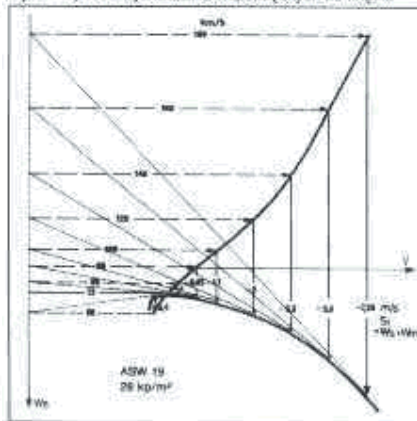
*Autor: Tomasz Rubaj*

Krażek Mac Cready'ego (nazywany dalej skrótem K.M.) jest jednym z podstawowych przyrządów niezbędnych do podejmowania prawidłowych decyzji taktycznych podczas przelotu szybowcowego. Jednakże nie wszyscy piloci szybowcowi znają podstawowe zasady wykorzystania tego przyrządu. Idea K.M. powstała pół wieku temu i była wykorzystywana przez długie lata. Również dzisiaj, kiedy coraz częściej korzystamy z komputerów pokładowych, nie powinniśmy zapominać o tym, że wykorzystują one tylko matematyczny zapis oparty na zasadzie K.M. Postaram się dlatego wyjaśnić, do czego służy ten przyrząd. W dużym uproszczeniu można powiedzieć, że z jego pomocą pilot może określić optymalną prędkość lotu w napotkanych warunkach meteorologicznych. Jednak nie tylko. Z jego pomocą można też podejmować inne, ważne decyzje taktyczne, które chciałbym również w skrócie opisać. K.M. używany w naszych szybowcach jest prostym przyrządem osadzonym obrotowo na obrzeżu wariometru energii całkowitej (rys.2) ze skalą proporcjonalną liniowo (bardzo ważna jest więc prawidłowa kompensacja wariometru). Oznaczone są na nim charakterystyczne punkty, opisane odpowiednimi liczbami. Wynikają one z biegunowej szybowca przy danym obciążeniu powierzchni nośnej (rys.1). Zakładając, że krażek jest ustawiony prawidłowo, liczba wskazywana przez wskazówkę wariometru oznacza optymalną prędkość lotu szybowca.

Rys.2. Krażek Mc Cready'ego.



Rys.1. Sposób wyznaczania współrzędnych do krażka



Rysunki pochodzą z H. Reichmann „Streckensegelflug“

Im mniejsze opadanie szybowca, tym wolniej należy lecieć. Nie powinniśmy jednak zwalniać poniżej prędkości ekonomicznej. Właśnie dlatego na trójkącie zaznaczona jest prędkość ekonomiczna, a więc prędkość, przy której szybowiec opada najwolniej. Jest ona również prędkością graniczną lotu po prostej. W przypadku, gdy wskazówka wariometru wzniesie się ponad trójkąt, oznacza to, że należy w tym miejscu lecieć wolniej niż prędkość ekonomiczna. Utrzymywanie nadal lotu po prostej jest zwykle niemożliwe, ze względu na zbliżanie się do fazy przeciągnięcia szybowca i związaną z tym dużą stratą wysokości. Należy więc wydłużyć czas lotu w takim miejscu wykonując tzw. esowanie lub rozpoczynając krążenie. Esowanie wykonujemy wtedy, kiedy lecimy pod szlakiem cumulusów, spodziewając się pod nim jeszcze mocniejszych noszeń. Wykonujemy je także wtedy, gdy przelatując przez noszenie na dużej wysokości nie jesteśmy przekonani, czy komin jest na tyle silny, że warto w nim zakrężyć.

Przy tej okazji rozszerzamy również penetrację przestrzeni. Wykonując bowiem pierwszą część esowania w stronę skrzydła, które zostało podwiane, możemy trafić w silniejsze noszenie. Jeżeli w pierwszej części esowania noszenie zaczyna spadać, kontynuujemy lot po nakazanej trasie nie tracąc cennego czasu na zbędne okrążenia. Krążenie natomiast rozpoczynamy wtedy, gdy napotkamy noszenie podczas przelotu z wykorzystaniem pojedynczych, znacznie odległych od siebie kominów termicznych. Powinniśmy rozpocząć krążenie również w przypadku, kiedy wznoszenie napotkane pod szlakiem znacznie przekracza średnie noszenia w danych warunkach. Ideą K.M. jest wskazanie takiego działania, które pozwoli maksymalnie skrócić czas przebywania w duszeniach. Im większe duszenie, tym szybciej należy przez nie przelecieć. Oczywiście, wraz ze wzrostem prędkości lotu szybowca maleje jego doskonałość. Z tego powodu istnieje tylko jedna optymalna prędkość lotu w napotkanym duszeniu, a wskazuje ją na krążku wskazówka wariometru. Samo odczytywanie prędkości z krążka jest więc banalnie proste. Trudniejsze okazuje się prawidłowe ustawienie K.M. na wariometrze. Podczas przelotu pilot powinien na bieżąco zmieniać ustawienie krążka. Postaram się zatem wyjaśnić jak należy to robić.

#### **Istnieją cztery podstawowe zasady nastawy K.M.:**

- **największej doskonałości względem powietrza**
- **największej doskonałości względem ziemi**
- **największej prędkości przelotowej**
- **dolotu do kominu termicznego na bezpiecznej wysokości.**

### **Zasada 1 (największej doskonałości względem powietrza).**

Polega ona na takim pokręceniu krążka, aby oznaczony na nim trójkąt wskazywał na skali wariometru wartość zero. Lecąc w powietrzu idealnie spokojnym ustalą się charakterystyczne parametry lotu. Wariometr wskazywał będzie wartość zgodną z opadaniem własnym szybowca na prędkości optymalnej, podanej w instrukcji szybowca, a prędkość odczytywana z krążka będzie właśnie prędkością optymalną. Jeżeli lot będzie odbywał się w duszeniu, wtedy wariometr wskaże zwiększone opadanie, a prędkość nakazana odczytana z krążka będzie większa. W ten sposób, lecąc ze zwiększoną prędkością, będziemy krócej przebywać w duszeniu i stracimy mniej wysokości niż lecąc stale z prędkością optymalną odczytaną z instrukcji szybowca. Kiedy wlecimy w obszar powietrza wznoszącego się z niewielką prędkością, ale mniejszą niż prędkość opadania własnego szybowca, to wariometr wskaże tzw. zmniejszone opadanie. Jest to opadanie mniejsze od opadania własnego szybowca. W takim przypadku, zgodnie z K.M., musimy zmniejszyć prędkość lotu, zwiększając tym samym czas przebywania, w korzystnie wznoszącym się powietrzu. Lecąc po prostu zmniejszamy proporcjonalnie prędkość, która dla opadania równego zero powinna osiągnąć wartość prędkości ekonomicznej szybowca (oznaczonej na trójkacie na krążku). Jeżeli powietrze będzie wznosić się szybciej od prędkości opadania szybowca lecącego z prędkością ekonomiczną, to wariometr wskaże wznoszenie. Należy wtedy jeszcze bardziej zwiększyć czas przebywania w takim miejscu. Nie możemy jednak nadal zmniejszać prędkości lotu, bo grozi to przeciągnięciem szybowca. Wykonujemy więc esowanie lub krążenie, które wykonujemy tak długo, jak długo się wznosimy.

### **Zasada 2 (największej doskonałości względem ziemi).**

W tym przypadku w rozważaniach należy uwzględnić wpływ wiatru. Ogólna zasada mówi, że prędkość optymalna dolotu pod wiatr (czołowa składowa prędkości wiatru) jest większa od prędkości optymalnej dolotu w warunkach bezwietrznych, a przy dolocie z wiatrem jest od niej mniejsza. Powstaje jednak pytanie, o jaką wartość należy zmienić prędkość optymalną szybowca. Musimy przecież na bieżąco uwzględniać nie tylko tę zmianę, ale również zmiany prędkości optymalnej podczas przelotu przez duszenia o różnej sile. Mając już dwie zmienne trudno byłoby korzystać z tabeli, a tym bardziej bezcelowe jest obliczanie prędkości optymalnej w pamięci. Pomocny jest nam wtedy K.M., ponieważ przy nastawie na zero uwzględnia on zmiany prędkości optymalnej w zależności od noszeń lub duszeń napotkanych na dolocie. Należy jednak zmienić nastawę krążka tak, aby prędkość optymalna wskazywana przez wskazówkę wariometru uwzględniała również poprawkę na wiatr. Wykorzystując wykresy biegunowych prędkości podstawowych szybowców obliczyłem

graficznie wartość poprawki w zależności od składowej czołowej wiatru. Z powyższego wynika, że krążąc na juniorze w noszeniu 0,6 m/s przy składowej czołowej wiatru na dolocie -40 km/h, z każdą sekundą zmniejszamy zasięg naszego szybowca mimo tego, że mamy coraz większą wysokość. Zauważmy również, że podczas dolotu z wiatrem zwiększamy nasz zasięg krążąc w zmniejszonym opadaniu. Dla przykładu wykonując na Puchatku dołot na największym zasięgu, przy składowej czołowej wiatru +40 km/h (wiatr w ogon), powinniśmy rozpocząć krążenie w momencie, gdy opadanie szybowca spadnie poniżej 0,3 m/s. A więc, mimo że opadamy, zwiększamy zasięg naszego szybowca. Jednakże przy podejmowaniu decyzji o rozpoczęciu krążenia powinniśmy pamiętać, że opadanie szybowca w krążeniu jest nieco większe niż w locie po prostej. Czasami po jednym okrążeniu opadanie wzrośnie na tyle, że dalsze pozostawanie w krążeniu będzie bezcelowe. Decyzja o rozpoczęciu takiego krążenia, które trzeba natychmiast zakończyć, jest zwykle błędem taktycznym.

Typ szybowca	Wartość składowej czołowej prędkości wiatru [m/s]								
	- 40	- 30	- 20	- 15	- 10	- 5	+10	+20	+40
Puchatek	+0,80	+0,52	+0,28	+0,20	+0,13	+0,06	- 0,10	- 0,18	- 0,30
Bocian	+0,75	+0,45	+0,25	+0,18	+0,12	+0,05	- 0,08	- 0,15	- 0,23
Junior	+0,62	+0,40	+0,22	+0,16	+0,11	+0,05	- 0,06	- 0,12	- 0,21
Jantar Std.3	+0,40	+0,30	+0,20	+0,15	+0,10	+0,05	- 0,05	- 0,10	- 0,20
Jantar 2 B	+0,35	+0,24	+0,15	+0,12	+0,09	+0,05	- 0,05	- 0,10	- 0,15

Uwaga: Jantar 2B i Jantar Std3 z pełnym balastem wodnym

### **Zasada 3 ( największej prędkości przelotowej).**

Polega na ustawieniu krążka na przewidywaną wartość średniego wznoszenia w następnym kominie termicznym. Należy jednak dokładnie wytłumaczyć sens średniego wznoszenia. Średnie wznoszenie w następnym kominie oblicza się w ten sposób, że wysokość uzyskaną w kominie podczas krążenia dzieli się przez **całkowity czas krążenia**, który składa się z:

- o czasu zużytego na odnalezienie komina pod chmurą,
- o czasu centrowania komina,
- o czasu właściwego krążenia,
- o czasu wyjścia z komina.

Zwróćmy uwagę, że na średnie wznoszenie wpływa czas szukania i centrowania komina. Czas ten zwiększa się w trudnych warunkach termicznych. Jest on także większy dla pilotów mniej doświadczonych. Dlatego, nawet jeśli w ustalonym krążeniu wariometr wskazuje

wartość 2 m/s, średnie wznoszenie w kominie może spaść nawet poniżej 1 m/s. Dzieje się tak wtedy, gdy przy niskich podstawach chmur czas krążenia w kolejnych kominach jest stosunkowo krótki. Przy wysokich podstawach, w związku z długim czasem właściwego krążenia, stosunek czasu szukania i centrowania do ogólnego czasu krążenia jest dużo mniejszy. Dlatego przy wysokich pułapach noszeń różnica między średnim wznoszeniem w kominie, a wznoszeniem przy ustalonym krążeniu jest dużo mniejsza. Z tych powodów nastawa krążka musi różnić się od przewidywanego wznoszenia w ustalonym krążeniu, a zależność ona będzie od naszego doświadczenia, kompensacji wariometru, wysokości jaką chcemy odzyskać w następnym kominie oraz od trudności jakie sprawiają nam warunki termiczne w danym dniu. Im większy jest stosunek czasu szukania i centrowania komina do ogólnego czasu krążenia, tym niższa powinna być nastawa krążka.

#### **Zasada 4 (dolotu do komina na bezpiecznej wysokości).**

Korzystamy z niej wtedy, gdy odległości między kominami są bardzo duże. Przykładowo, w warunkach burz termicznych występują wznoszenia powyżej 5 m/s przy podstawach około 2000 m i odległościach między kominami ponad 50 km. W takim przypadku, jeżeli nawet spodziewamy się, że w następnym kominie napotkamy średnie wznoszenie 5 m/s, to nie ustawiamy krążka na tę wartość, ponieważ nasz zasięg z wysokości 2000 m będzie mniejszy od odległości do następnego komina. Dojdzie więc do sytuacji w której do następnego komina będziemy lecieć optymalnie szybko, lecz nie dolecimy do niego. Decyzję o nastawieniu krążka podejmujemy wtedy na podstawie odległości do następnego komina, bezpiecznej wysokości, na której chcemy do niego dolecieć oraz wysokości wyjścia na przeskok międzykominowy. Nastawa ta nie może być jednak większa od przewidywanego średniego wznoszenia w kominie do którego lecimy. Przy korzystaniu z tej zasady należy więc posiadać znaczne doświadczenie na danym typie szybowca w celu prawidłowego oszacowania straty wysokości podczas przeskoku przy danej nastawie krążka. W celu ustalenia odległości do następnego komina przeprowadzamy analizę (przy pomocy mapy) odległości do cieni chmur na powierzchni ziemi. Bezpośrednie określenie odległości do chmur jest bowiem bardzo trudne i zazwyczaj niedokładne. Wykorzystując cienie chmur możemy również obliczyć składową czołową wiatru na danym odcinku przelotu. W wielu miejscowościach w Polsce znajdują się boiska piłkarskie. Jeżeli więc wypatrzymy takie boisko podczas krążenia, to najpierw określamy kierunek przemieszczania się cienia chmury, a potem sprawdzamy przez ile sekund krawędź cienia chmury przebędzie odległość porównywalną z długością wzorcowego boiska. Dzieląc 100 m przez ilość sekund znamy prędkość wiatru w metrach na sekundę. Znając również kąt wiatru możemy obliczyć składową czołową prędkości wiatru. Jest ona również pomocna przy obliczaniu prędkości

przelotowej względem powietrza, co pozwala na podejmowanie odpowiednich decyzji taktycznych.

Znając już podstawowe zasady omówimy schematycznie pracę z krążkiem podczas całego lotu.

**Przed startem** ustawiamy krążek zgodnie z zasadą największej doskonałości względem powietrza, ponieważ zaraz po wyczepieniu znajdujemy się zazwyczaj na małej wysokości i musimy dbać o to, aby strata wysokości podczas dolotu do pierwszego kominu była jak najmniejsza. Nie zawsze przecież pilot holówki nakazuje wyczepić się w kominie termicznym, a przez to musimy znaleźć go sobie sami. **Kiedy uzyskamy** już wystarczającą **wysokość**, zwykle nie odchodzimy na trasę przelotu od razu. Nie zależy nam jeszcze na prędkości przelotowej, ustawiamy więc krążek na małe wartości, zwykle 0,2 do 0,5 m/s. Takie ustawienie daje nam parę korzyści, a mianowicie:

- o utrata wysokości podczas lotu po prostej jest niewielka, a więc mniej czasu będziemy spędzać w krążeniu podczas odzyskiwania utraconej wysokości. Należy pamiętać, że w każdym krążeniu działa na pilota przeciążenie, które osłabia go, powodując zmęczenie. Decyzje taktyczne podejmowane przez zmęczonego pilota są z każdą minutą coraz mniej doskonałe. Nie należy więc przeciążać organizmu zbędnymi przeciążeniami jeszcze przed rozpoczęciem przelotu.
- o lecąc przed odejściem na trasę wolno, nie narażamy się na napięcia psychiczne związane z możliwością lądowania - jesteśmy spokojniejsi i mamy więcej czasu na analizę pogody i wybranie optymalnego czasu odlotu na trasę;
- o w okresach kiedy występuje duża ilość owadów w powietrzu, latając wolno zmniejszamy tym samym ilość owadów przylepiających się do krawędzi natarcia skrzydeł; zwiększa więc to doskonałość naszego szybowca na początku przelotu;
- o możemy także poświęcić mniej czasu na szukanie kominów, a więcej na penetrowanie rozkładu wznoszeń pod chmurami Cu, latając po prostej.

W chwili kiedy decydujemy się na **odlot na trasę**, wychodząc z kominu termicznego z największej wysokości, lecimy do punktu odlotowego ustawiając krążek zgodnie z zasadą największej doskonałości względem ziemi.

**W trakcie przelotu** ustawiamy krążek zgodnie z zasadą największej prędkości przelotowej lub zgodnie z zasadą bezpiecznego dolotu do kominu termicznego, w zależności od odległości kominów od siebie i od efektywnego pułapu wznoszeń.

Interesująca jest **taktyka dolotu do punktu zwrotnego** przy znanej składowej czołowej wiatru. Jeżeli wiemy, że krążymy ostatni raz przed punktem zwrotnym, to krążek ustawiamy na wartość średniego wznoszenia w kominie termicznym po punkcie zwrotnym, korygując ją jednocześnie o wartość poprawki zgodną z zasadą maksymalnego zasięgu względem ziemi dla danej składowej czołowej wiatru. Sprawia to, że dolot do PZ pod wiatr wykonywać będziemy na zwiększonej prędkości (wyższa nastawa K.M.), a dolot z wiatrem - na prędkości zmniejszonej (niższa nastawa K.M.). Ważna jest również bieżąca obserwacja wartości prędkości wznoszenia poniżej skorygowanej nastawy krążka oznacza, że dalsze krążenie jest nieefektywne, przy założeniu, że lecąc przez punkt zwrotny i uwzględniając stratę wysokości na wykonanie zdjęcia, dolecimy do następnego komina na bezpiecznej wysokości. **Po zrobieniu zdjęcia PZ** rezygnujemy z korekty na wiatr i przestawiamy krążek ponownie, zgodnie z zasadą największej prędkości przelotowej.

Nieco inaczej postąpimy jeżeli PZ znajduje się na obszarze atermicznym oraz gdy termika wokół niego została wytłumiona przez chmury warstwowe lub opad deszczu. Gdy punkt zwrotny znajduje się na obszarze atermicznym oraz gdy termika wokół niego została wytłumiona przez chmury warstwowe lub opad deszczu nasze postępowanie jest następujące:

Jeżeli dolot do PZ i powrót do komina jest na granicy zasięgu naszego szybowca, to krążąc w ostatnim kominie ustawiamy krążek zgodnie z zasadą największej doskonałości względem ziemi z uwzględnieniem poprawki na wiatr. W trakcie krążenia do pułapu noszeń musimy być świadomi tego, że w momencie gdy średnie noszenie spadnie poniżej nastawy krążka, dalsze krążenie staje się nieefektywne, ponieważ im dłużej będziemy krążyć, tym niżej wykonamy zdjęcie PZ. Dolot do punktu wykonujemy więc zgodnie z zasadą największej doskonałości względem ziemi, natomiast dolot do komina po zdjęciu PZ - zgodnie z zasadą największej doskonałości względem powietrza (tzn. krążek nastawiamy na zero).

Następnym ważnym składnikiem przelotu jest dolot do lotniska docelowego. Jeżeli istnieje podejrzenie, że podczas dolotu nie znajdziemy już żadnego komina termicznego, a lotnisko znajduje się na granicy naszego zasięgu, to krążek ustawiamy zgodnie z zasadą największej doskonałości względem ziemi. Musimy zdawać sobie jednocześnie sprawę z tego, że krążąc w kominie termicznym, w którym średnie wznoszenie jest mniejsze od nastawy krążka, zmniejszamy szansę naszego dolotu do lotniska, ponieważ wysokość uzyskana w kominie nie zrekompensuje odległości o jaką oddalimy się od lotniska w wyniku działania wiatru. W przypadku kiedy na dolocie istnieją nadal dobre warunki termiczne, a my decydujemy się na krążenie, ponieważ znaleźliśmy komin dolotowy, krążek ustawiamy na średnie wznoszenie w tym kominie z ostatnich 20-30 sekund. Wysokość niezbędną do wykonania dolotu wyliczamy

dla tej nastawy. Jeżeli średnie wznoszenie z ostatnich 20-30 sekund rośnie lub maleje, zmieniamy odpowiednio nastawienie krążka obliczając jednocześnie nową wysokość opuszczenia komina. Jeżeli będąc na dolocie napotkamy komin termiczny, w którym możemy wznosić się szybciej niż nastawa krążka, to rozpoczynamy krążenie zmieniając jednocześnie jego nastawę i obliczając wysokość niezbędną do rozpoczęcia nowego dolotu.

We wszystkich powyższych rozważaniach zająłem się tylko przelotem według modelu Mac Cready'ego (czyli przelotem pomiędzy pojedynczymi, znacznie oddalonymi od siebie kominami termicznymi), nie biorąc pod uwagę możliwości wykorzystania szlaków noszeń podczas lotu "delfinem".

Niniejsze wywody odnoszą się głównie do lotu w terenie równinnym. Analiza przelotu w terenie górzystym, wygląda inaczej.

***Tomasz Rubaj***