

Pilotaż paralotni — podejście para-naukowe

Michał Skrzypczak

11 kwietnia 2023

Specyfika lotu na paralotni powoduje, że instruktor nie może towarzyszyć kursantowi w kabinie pilota. Skutkiem tego, nie otrzymujemy rad w stylu „należało dociągnąć mocniej”, „teraz już bym odpuścił”, „trzymaj sterówki bardziej napięte”, etc. . . Szkolenie skupia się na tym jakie efekty należy osiągnąć: „nie bujaj tak tym skrzydłem”, „kręć ciaśniej”, „musisz wyłapywać klapy”. Powoduje to, że początkujący pilot często nie wie jak przełożyć odbierane przez siebie w czasie lotu sygnały na odpowiednie działania. Tę umiejętność nazywam *pilotażem*. Celem niniejszego tekstu jest próba opisanie sugerowanych metod pilotażu w wybranych stanach lotu, w sposób możliwie rzeczowy — w oparciu o kąty, siły, przyspieszenia itp.

Absolutnie nie uważam się za eksperta jeśli chodzi o paralotniarstwo. To co tu prezentuję to przemyślana i uporządkowana wiedza zebrana z rozmaitych źródeł. Wszystkie te rady należy przyjmować na własną odpowiedzialność. Będę wdzięczny za (rzeczowe) informacje zwrotne, uzupełnienia, komentarze, . . .

Spis treści

1	Konfiguracja sprzętu i sterowanie	4
1.1	Sterówki	4
1.1.1	Ustawienie długości	4
1.1.2	Chwytywanie sterówek	5
1.1.3	Nawijanie sterówek	6
1.1.4	Zakres sterowania	6
1.1.5	Dynamika sterowania	7
1.1.6	Disclaimer	8
1.1.7	Sterowanie 2D	8
1.2	<i>Weightshift</i>	9
1.2.1	Dystans karabinków	9
1.2.2	Dynamika sterowania ciałem	10
1.2.3	Wpływ pracy na sterówkach	11
1.2.4	Zachowanie równowagi	11
1.3	Speed system, sterowanie taśmami, uszy, itp	12
1.3.1	Regulacja speed-systemu	12
2	Aktywny pilotaż	13
2.1	Obciążenie sterówek	14
2.2	Odciażanie sterówek	14
2.3	Przestrzały	15
2.3.1	Przestrzał do przodu	15
2.3.2	Zostawanie z tyłu	16
2.3.3	Przestrzał w noszeniu	16
2.4	Sterowanie speed systemem	17
2.5	Mięknienie sterówek	18
2.6	Utrata siły nośnej	19
2.7	Drgania	20
2.8	Stopień napięcia sterówek	20
2.9	Gdy kłapa już wejdzie	21
2.9.1	Po froncie	21
2.9.2	Rozpędzanie skrzydła	22
2.9.3	Stany lotu bez prędkości	24
2.9.4	Rozpoznawanie stanów bez prędkości	24
2.9.5	Po klapie	25

3	Krażenie w noszeniu	26
3.1	Promień krążenia	27
3.1.1	Słabe noszenia	27
3.1.2	Średnie noszenia	28
3.1.3	Mocne noszenia	28
3.2	Wejście w noszenie	28
3.3	Kierunek kręcenia	29
3.4	Brzeg komina	30
4	Rotacja	31
4.1	Bezpieczeństwo	31
4.2	Dynamika	32
4.2.1	Etapy spirali	33
4.3	Utrata przytomności	37
4.4	Autorotacja	37
4.5	Paka w rotacji	39
4.5.1	Paka w spirali	40
4.5.2	Paka w autorotacji	40
5	Wiatr	41
5.1	Względem ziemi	42
5.2	Na żaglu	42
5.3	Ocena prędkości wiatru	43
5.4	Wiatr a kominy	44
6	Podziękowania	44

1 Konfiguracja sprzętu i sterowanie

1.1 Sterówki

Większość sterowania parolotnią odbywa się poprzez sterówki. Ich użycie jest do pewnego stopnia tematem tabu — słyszymy, że każde skrzydło jest inne, sterówki bywają różnie ustawione, wszystko zależy od obciążenia, itd. Skutkiem tego wielu początkujących pilotów boi się w ogóle zaciągać sterówki.

1.1.1 Ustawienie długości

Jakkolwiek producent podaje ustawienia fabryczne dla długości sterówek, to często faktyczne ustawienie odbiega od niego. Istnieje jednak jedna obiektywnie zdefiniowana długość sterówek: *długość minimalna*.

Gdy sterówki są *w pełni odpuszczone* to ich krętliki (lub ogólniej połączenie linek z trójkątnymi uchwyty) opierają się o bloczki, zaś krótkie tasiemki łączące bloczki z tylnymi taśmami odchylają się ku górze.

Definicja 1. *Sterówki są w ustawieniu minimalnym jeśli ich długość jest minimalną długością w której, przy sterówkach w pełni odpuszczonych, krawędź spływu nie jest zagięta ku dołowi.*

Innymi słowy, w ustawieniu minimalnym krawędź spływu nie jest załamana, natomiast staje się załamana gdy tylko pociągniemy sterówki ku dołowi.

Ze względu na opory powietrza, gdy sterówki w ustawieniu minimalnym są w pełni odpuszczone to ich linki nie są w pełni napięte — na odcinku pomiędzy bloczkami a krawędzią natarcia są nieco wydęte do tyłu przez siłę oporu powietrza. Powyższe wydęcie oraz odchylenie ku górze tasiemek z bloczkami powodują, że nie da się wyregulować sterówek do ustawienia minimalnego na ziemi — konieczna jest weryfikacja tego ustawienia w locie.

Na pewno nie należy ustawić sterówek na długość krótszą niż ustawienie minimalne, gdyż pogarsza to parametry skrzydła i nasze możliwości sterowania.

Są piloci którzy wolą mieć sterówki dłuższe niż w ustawieniu minimalnym (np. ponieważ chcą trzymać ręce niżej w czasie lotu). Nie ma w takiej decyzji nic złego. Podejmując ją należy jednak liczyć się z tym, że w takim przypadku część zakresu ruchu sterówkami jest stracona — pierwsze centymetry napinania sterówek jedynie wybierają nadmiarowy luz na linkach.

Argument za przedłużaniem sterówek by uniknąć przeciągnięcia (oprócz skrzydeł szkolnych) przypomina argument: „osłabiłem hamulce w moim samochodzie gdyż boję się poślizgu”.

1.1.2 Chwytnie sterówek

Trójkątny uchwyt sterówki charakteryzuje się dużą elastycznością, przez co tłumem przekazywane na sterówce siły. Dodatkowo, trzymanie uchwytu sterówki jak klamkę powoduje, że siły ze sterówki są przekazywane poprzez całą dłoń bezpośrednio na nadgarstek. Oba te czynniki powodują, że trzymając tak sterówki znacząco ograniczamy informacje, które przekazuje nam skrzydło.

Sposobem na uniknięcie tego wytłumienia jest bezpośrednie kontakt palcem z linką sterówki i/lub krętlikiem. Jest na to kilka sposobów, część jest krytykowana gdyż może utrudniać uwolnienie dłoni ze sterówki w sytuacji awaryjnej. Wśród sposobów oferujących duży poziom bezpieczeństwa jest tzw. *half wrap*, czyli połowiczne nawinięcie.

W tym tekście założymy, że pilot stosuje jakąś metodę nawijania sterówek i jako punkt referencyjny sterówki będziemy traktować jej krętlik — zwykle w jego okolicy ma miejsce pierwszy patrząc od strony skrzydła kontakt pomiędzy sterówką a palcem pilota.

Oprócz sposobu trzymania sterówki również kąt pod jakim zgięta jest nasza ręka w łokciu ma wpływ na sposób odbioru sił. Wydaje się, że najczulej odbieramy zmiany siły na sterówce gdy przedramię od łokcia do dłoni skierowane jest pionowo w górę, równoległe do osi pracy sterówki. Wtedy drobne ruchy sterówki są przenoszone na palce i dłoń, co zwiększa naszą czułość.

Z kolei gdy łokieć jest bardziej wyprostowany, a przedramię przebiega poziomo od łokcia do nadgarstka to odbiór sił ze sterówki jest dużo trudniejszy, bo część tej siły idzie na triceps. Jest to kolejny powód dlaczego należy unikać zbyt długiego ustawienia sterówek.

Dodatkowo, uważa się, że warto trzymać łokcie (lub łokieć wewnętrzny w zakręcie) blisko ciała. Po pierwsze poprawia to odbiór sił, po drugie lepsza jest aerodynamika ciała pilota. Dodatkowo, istnieją teorie mówiące o tym, że przy tak ustawionych łokciach jest mniejsza szansa na odruch podpierania się za sterówkę w momencie utraty siły nośnej.

1.1.3 Nawijanie sterówek

Generalnie nie zaleca się nawijania sterówek o rękę — utrudnia to rzucenie zapasu, szczególnie przy skręceniu i zablokowaniu sterówki w wysokiej pozycji. Czasami jednak decydujemy się na nawinięcie, np. przed lądowaniem albo celem wykonania akrobacji (np. SAT). Oczywiście wtedy cały zakres sterowania jest przesunięty w górę o tyle ile linki nawinęliśmy.

Jest jednak dodatkowy efekt, wynikający z faktu, że nasza subiektywna percepcja siły naprężenia jest zupełnie inna w różnych zakresach ruchu:

- przy ręce skierowanej ku górze łatwo nam przyłożyć dużą siłę do sterówki, co oznacza że odbierane przez nas siły wydają się słabsze,
- z kolei z dłonią poniżej łokcia dostępna siła spada przez co odbierane przez nas siły wydają się większe.

Skutkiem tego, gdy nawiniemy sterówkę, łatwiej nam jest nieświadomie przyłożyć większą siłę niż byśmy chcieli (nawet do przeciągnięcia!). Dlatego, oprócz szczególnych sytuacji wymienionych powyżej, nie zaleca się dodatkowego nawijania sterówek na dłonie.

1.1.4 Zakres sterowania

Załóżmy, że paralotnia ma sterówki w ustawieniu minimalnym. W przypadku większości skrzydeł (może z pominięciem części sportowych skrzydeł EN D) bezpieczny zakres sterowania powinien zawierać cały przedział od bloczków (sterówki w pełni odpuszczone), aż do zaciągnięcia w którym krętliki znajdują się na wysokości górnych ramion karabinków (ozn. *sterówki przy karabinkach*).

Nikt nie daje nam niestety gwarancji, że powyższy fakt jest prawdziwy w przypadku wszystkich skrzydeł. Ponadto zależy to od konkretnego stanu lotu, warunków, aktualnej prędkości względem powietrza itp itd. Natomiast jako wstępną regułę można przyjąć, że zaciągając sterówki (konkretnie jej krętliki) do górnego ramienia karabinków, nie powinniśmy doprowadzić do przeciągnięcia.

Można powyższy fakt zweryfikować empirycznie — lecąc z zapasem wysokości i w spokojnym powietrzu spróbować powolnym ruchem ściągnąć sterówki do poziomu sterówki przy karabinkach. Powinniśmy zaobserwować znaczny wzrost siły oporu na sterówkach i wyhamowanie prędkości postępowej paralotni do poziomu 20–25 km/h.

Należy utrzymać sterówki przy karabinkach i obserwować zachowanie skrzydła. Powinno ono stabilnie utrzymywać lot z obniżoną prędkością. Gdyby siły na sterówkach zaczęły nagle maleć lub skrzydło zaczęło „mięknąć” oznacza to, że osiągnęliśmy punkt przeciągnięcia i należy płynnym ruchem opuścić sterówki do góry.

Uwaga 2. *Przeciągnięcie jest niebezpiecznym stanem lotu którego zdecydowanie powinni unikać początkujący piloci. Zaleca się, by pierwszych przeciągnięć dokonywać na profesjonalnych szkoleniach SIV nad wodą. Dlatego powyższe próby należy wykonywać ze szczególną ostrożnością.*

W reszcie tego tekstu zakładam, że skrzydło na którym latamy nie przeciąga się ze sterówkami przy karabinkach. Jeżeli jest inaczej to można rozważyć przedłużenie ustawienia sterówek lub wypracować własne metody sterowania.

Zaciąganie sterówek poniżej karabinków jest zasadniczo ograniczone do ściśle określonych sytuacji:

- flara przy lądowaniu,
- powstrzymywanie dużych klap,
- zatrzymywanie znacznych przestrzałów czaszy przed pilotą,
- świadome przeciąganie skrzydła w locie i inne akrobacje.

W pozostałych stanach lotu zakres bloczki–karabinki powinien być wystarczający i co do zasady bezpieczny.

1.1.5 Dynamika sterowania

Cały układ pilot–skrzydło ma dużą bezwładność w otaczającym powietrzu. Powoduje to, że określone działanie (ruch sterówki, weightshift, ...) daje swój pierwszy efekt z pewnym opóźnieniem. Ponadto, ów pierwszy efekt (np. wychylenie skrzydła), stopniowo pociąga kolejny (np. wejście w zakręt i pojawienie się siły odśrodkowej). W zależności od naszych kolejnych reakcji, układ będzie albo wracał do stanu równowagi, albo pogłębiał wychylenie i zakręt. Pod tym względem latanie na paralotni przypomina żeglarstwo, gdzie np. ruch na sterze dopiero po chwili przekłada się na zmianę kursu, która z kolei powoduje zmianę pochylenia łodzi i kąta pracy żagli, które potrzebują czasu by się wypełnić i zapracować, itd

Z tego względu, oprócz szczególnych sytuacji (np. zapobieganie wchodzącej klapie, czy schodzenie „motylkiem” przy lądowaniu), generalnie zaleca się by ruchy pilota były płynne i powolne, tak by pozwolić skrzydłu zareagować na naszą kontrolę.

Ponadto, zachowanie skrzydła w danej sytuacji zależy od tego co dzieje się chwilę wcześniej. Trzeba brać ten efekt pod uwagę i pamiętać, że na przykład tuż po puszczeniu speed systemu skrzydło jest bardziej niż normalnie podatne na przeciągnięcie. Na tej samej zasadzie, reakcje skrzydła zależą od zmieniających się warunków (wejście/wyjście z komina, ...).

Mało doświadczony pilot ma trudność w przewidywaniu kolejnych etapów łańcucha reakcji skrzydła. Z tego względu, jest mu trudno np. ustabilizować huśtawkę boczną (*roll*) — kolejne działania często powodują tylko coraz większe rozhuśtanie układu. Widać to czasami przy podejściu do lądowania, jeśli wkrótce przed przyziemieniem pilot wykonał gwałtowny zakręt. Wraz z nabieraniem doświadczenia nasze reakcje stają się coraz lepiej dobrane i sterowanie jest płynniejsze.

1.1.6 Disclaimer

Z powyższych przyczyn, zdecydowanie **nie** jest zalecane by uczyć się kontroli skrzydła w odniesieniu do faktycznego stopnia zaciągnięcia sterówek (przy karabinkach, 10cm wyżej, itp). Docelowo powinniśmy reagować „z wycuciem”, w zależności od aktualnego stanu skrzydła, otaczającego powietrza, naszych poprzednich działań, itp.

Problem w tym, że początkujący pilot nie ma tego „wycucia” a bardzo boi się (zresztą słusznie), że przeciągnie skrzydło. Proponowane tu rozważania mają dać takiemu pilotowi jakąś referencję, czy ogólny punkt odniesienia. Często widzi się kursantów, latających na skrzydłach szkolnych, czasami ze świadomie przedłużonymi drogami sterowania, którzy pracują na sterówkach w zakresie górnych 15cm, co skrajnie ogranicza ich możliwości kontroli skrzydła.

1.1.7 Sterowanie 2D

Standardowy sposób sterowania zakłada pracę sterówki (właściwie krętlika, patrz Podrozdział 1.1.2) w osi równoległej do taśm. Prowadzimy wtedy sterówki trochę tak jakby nasze ręce ślizgały się po taśmach upręży. Należy

przy tym jednak uniknąć podpierania się samych taśm czy nawet ich dotykania (choć zdania w tej kwestii nie są zupełnie jednogłośne).

Jednakże, ruchomość tasiemki łączącej tylne taśmy paralotni z bloczkiem sterówki powoduje, że ruchy krętlikiem w osi prawo–lewo również mają wpływ na zachowanie skrzydła. Taki sposób sterowania nazywamy *sterowaniem 2D*¹.

Przykładowe zastosowanie tego sterowania to zaciągnięcie wewnętrznej sterówki zakrętu w kierunku na zewnątrz zakrętu (czyli pomiędzy taśmy paralotni, „przed brodę pilota”). Przy takim zaciągnięciu, krawędź spływu jest silniej zagięta na skraju płata (przy wewnętrznym stabilu), a słabiej w środkowej części płata. Powoduje to, że rośnie moment siły skręcającej paralotnię i chwilowo zwiększa ona prędkość obrotową — zacieśnia zakręt.

Teoretycznie można rozważyć też trzecią płaszczyznę sterowania: przód–tył, chociaż wpływ takiego ruchu na krawędź spływu może tu zależeć od konkretnego rozkładu linek w danej paralotni.

1.2 *Weightshift*

Kolejny w kolejności wpływu na skrzydło sposób sterowania to tzw. *weightshift* (sterowanie ciałem).

1.2.1 Dystans karabinków

Przełożenie naszych ruchów na dynamikę skrzydła w olbrzymim stopniu zależy od dystansu pomiędzy karabinkami. Generalna zasada mówi, że im szerszy dystans tym dynamiczniej przekazywane są siły; zaś im węższy tym bardziej te siły są stłumione (a za to rośnie ryzyko skręcenia w taśmach).

Producenci skrzydeł zwykle podają sugerowany dystans pomiędzy karabinkami dla danego rozmiaru skrzydła. Dystans ten należy zmierzyć pomiędzy osiami górnych ramion karabinków, w miejscach gdzie są wpięte oczka taśm skrzydła. Znaczny wpływ na ten dystans ma kąt w jakim prawa i lewa taśma są rozchylone ku górze na boki. By precyzyjnie zmierzyć ów dystans może być konieczne przeprowadzenie pomiaru w locie — regulacja na huśtawce nie zapewnia identycznego kąta rozchylenia taśm.

W przypadku wielu upręży tasiemki służące do regulacji dystansu karabinków mają tendencję do poluzowywania się. By zapewnić sobie powtarzalny

¹Termin ten bywa też używany w przypadku niektórych skrzydeł PPG, gdzie dodane są dodatkowe linki i bloczki wzmacniające opisywany tu efekt.

dystans można rozważyć ich zaszczyt. Istnieją z kolei piloci, którzy sugerują regulację tego dystansu w zależności od warunków, przy ogólnej zasadzie: większy dystans w słabszych warunkach, mniejszy w ostrzejszych.

Znane są wypadki (w tym śmiertelne) wśród których przyczyn podawany jest niewłaściwy dystans pomiędzy karabinkami. Z tego względu ja osobiście skłaniam się do tego by ustawić ów dystans zgodnie z zaleceniem producenta i takiego dystansu się trzymać.

1.2.2 Dynamika sterowania ciałem

Przenoszenie naszego ciężaru ciała na boki ma samo w sobie (przy braku przekrzywienia uprzęży) znikomy wpływ na dynamikę skrzydła — rozpiętość płata to około 10 m, zaś dostępny dla nas zakres zmiany położenia naszego środka ciężkości jest rzędu 10-15 cm.

Z tego względu, jedyny zauważalny sposób przełożenia naszych ruchów na zachowanie skrzydła zachodzi poprzez doprowadzenie do nierównomiernego obciążenia taśm, najlepiej z jednoczesnym ściągnięciem jednej z nich ku dołowi i odpuśzczeniem drugiej ku górze. W przypadku uprzęży z deską można to sobie zwizualizować tak, że naszym jedynym celem jest możliwie duże przekrzywienie deski uprzęży względem poziomu.

By taki efekt osiągnąć, należy w mniejszym stopniu skupiać się na samym wychylaniu górnej części ciała na boki, a w większym na przekrzywieniu bioder i nóg, co zmusi uprzęż do obrotu wokół osi poziomej skierowanej w kierunku lotu. Oczywiście nie da się uniknąć wychylania się w bok — równowaga poprzeczna samej uprzęży nakłada zależności pomiędzy położeniem poprzecznym naszego środka ciężkości, a wychyleniem uprzęży od pionu. Czyli wychylając ciało nieuchronnie przekrzywimy uprzęż i odwrotnie, przekrzywienie uprzęży doprowadzi do wychylenia ciała. Ale różna jest skuteczność tych działań, w zależności od tego na czym się skupimy.

Techniki pozwalające osiągnąć omawiany tu efekt przechylenia uprzęży obejmują:

- zakładanie nogi na nogę (na górze noga po stronie odciążanej) — stosowane przez początkujących pilotów w uprzężach otwartych,
- zginanie nogi po stronie którą chcemy odciążyć — bardzo wydajne w przypadku kokonów,

- zginanie tułowia w kręgosłupie lędźwiowym, wypinając na zewnątrz odciążany pośladek,
- skręcanie dolnej części tułowia (pępka) w stronę dociażaną.

1.2.3 Wpływ pracy na sterówkach

Obserwacja 3. *Zaciągnięcie sterówki ma dwojaki efekt: hamuje daną stronę skrzydła oraz chwilowo zwiększa występującą tam siłę nośną.*

Oznacza to, że nawet lekkie chwilowe zaciągnięcie sterówki (dodatkowe 10-15 cm) powinno spowodować zauważalny wzrost siły nośnej po danej stronie — powinniśmy poczuć, że nam „podbija” dany pośladek. Efekt ten wydaje się być tym silniejszy im bardziej dynamiczne jest dane skrzydło.

Warto ten efekt zaobserwować w stabilnym powietrzu i się z nim oswoić.

1.2.4 Zachowanie równowagi

Wychylając ciało na boki w uprzęży możemy mieć wrażenie braku równowagi, trochę jakbyśmy przy braku strzemion mieli trudność w utrzymaniu się na grzbiecie konia. Efekt ten jest szczególnie mocno odczuwalny w uprzężach typu hamak, przy szerokim rozstawieniu karabinków i w turbulentnym powietrzu.

Jednym z odruchów początkujących pilotów by temu przeciwdziałać jest łapanie się lub podpieranie się kciukami o taśmy uprzęży. W opinii wielu instruktorów należy tego stanowczo unikać, gdyż wprowadza to niewłaściwe odruchy. Na pewno poważnym błędem jest podciąganie się za taśmy — można w ten sposób załamać powierzchnię skrzydła. Dodatkowo, podpieranie się o taśmy sprawia, że w mniejszym stopniu reagujemy na ruchy skrzydła ciałem i sterówkami, co pogarsza dynamikę układu pilot–skrzydło.

Kolejnym błędnym odruchem jest używanie sterówek w charakterze uchwytów (jak w autobusie) za które trzymamy się celem utrzymania się w pionie. W szczególności wyjątkowo groźny jest odruch zaciągania sterówek w momencie gdy czujemy, że spadamy — one absolutnie nie służą do popierania się.

Z drugiej strony, sterówki ostatecznie są dla nas pomocą w zachowaniu równowagi w uprzęży. Wynika to z Obserwacji 3 — zaciągając (lekko) sterówkę możemy chwilowo zwiększyć siłę nośną z danej strony skrzydła. Oznacza to, że chcąc stłumić kołysanie boczne i odzyskać równowagę poprzeczną,

możemy używać sterówek pośrednio — nie jako uchwytów dla naszych rąk, ale jako kontrolerów które sterują rozkładem siły nośnej po obu stronach płata.

Wreszcie podstawową metodą zachowania równowagi w uprzęży jest świadoma praca korpusem — staramy się antycypować ruchy paralotni i działające na nas siły i przeciwdziałać tym wychyleniom poprzez odpowiednie ruchy biodrami. Najtrudniej jest nam reagować gdy tracimy podparcie z jednej lub obu stron i mamy wrażenie spadania — trudno wtedy mówić o sterowaniu ciałem, jeśli brakuje nam podparcia. Jednakże takie uczucie nie może trwać wiecznie — brak podparcia oznacza, że nasze ciało nabiera prędkości pionowej i prędzej czy później układ uprzęż–skrzydło musi się od nowa naprężyć. Należy doczekać do tego momentu gdy odzyskamy oparcie i wtedy wytłumić powstałe wahania.

Naszym ostatecznym celem w zakresie zachowania równowagi w uprzęży jest dwustronna synchronizacja pomiędzy działaniami na sterówkach a sterowaniem ciałem — zaciągnięciu sterówki powinno zwykle towarzyszyć dociążenie zaciąganej strony (by uniknąć wybicia danej strony uprzęży w górę), a z kolei uczucie spadania bioder w daną stronę staramy się skompensować zaciągnięciem sterówki (by zwiększyć siłę nośną).

1.3 Speed system, sterowanie taśmami, uszy, itp

Paralotnia oferuje oczywiście więcej metod sterowania niż tylko sterówki i *weighshift*. Ich użycie jest szczegółowo omówione w licznych materiałach i nie będziemy mu poświęcać tu czasu.

1.3.1 Regulacja speed-systemu

By w pełni wykorzystać możliwości speed systemu należy tak ustawić długość linek, by w momencie pełnego wyprostowania nogi/nóg na najgłębszej belce doszło do zetknięcia się odpowiednich bloczków na taśmach A. Z drugiej strony, trzeba zadbać by w pozycji całkowicie odpuszczonej linki speed systemu były poluzowane. Takie ustawienie oznacza to, że wykorzystujemy pełen zakres speed systemu — od całkowitego odpuszczenia do maksymalnego wciśnięcia.

Osiągnięcie tego efektu wymaga precyzyjnej regulacji długości linek z dokładnością do 1-2 cm. Robienie tego w locie jest oczywiście niewygodne. Fajnym rozwiązaniem jest użycie huśtawki w której mamy możliwość nie-

zależnego wpięcia deltek od poszczególnych taśm z danej strony uprząży w belkę uchylną (jedną po lewej i jedną po prawej stronie). Taka huśtawka pozwala symulować działanie speed-systemu i precyzyjną regulację na ziemi.

Okazuje się, że pomimo dość prymitywnej dynamiki takiej belki uchylnej opisany sposób regulacji się sprawdza. Wydaje się, że wystarczy w zasadzie jakikolwiek sposób umocowania taśm, który pozostawia im możliwość zmiany względnej długości, by praca speed systemu symulowała jego zachowanie w locie.

2 Aktywny pilotaż

W tym rozdziale przyjmuję wąską definicję aktywnego pilotażu: chodzi o to by nie dostać kłapy. Oczywiście zalety takiego pilotażu są szersze: zmniejszamy wahania układu, zmniejszamy straty wysokości i utraty prędkości, itd

Sztywność skrzydła paralotniowego wynika z obciążenia linkami oraz wewnętrznego ciśnienia w skrzydle. Możliwe podwinięcia, w zależności od ich kierunku i zakresu, obejmują same stabilne (tzw. migacz), boczne odcinki krawędzi natarcia skrzydła (klapa) oraz całą krawędź natarcia (front). Podwinięcia krawędzi spływu raczej się nie zdarzają ze względu na stały ruch paralotni do przodu (mogą nastąpić w locie do tyłu, tzw. *back fly*).

Przyczyną kłap jest pojawienie się siły działającej od góry płata ku dołowi. By taka siła się pojawiła, paralotnia musi wejść na ujemne kąty natarcia — powietrze w danym miejscu musi zacząć poruszać się w dół względem płata (lub równoważnie, płat poruszać się w górę względem powietrza). Ma to dwie, często powiązane przyczyny:

1. przestrzał skrzydła przed pilota, powodujący obrót całego układu w płaszczyźnie pionowej: paralotnia przesuwa się w przód względem pilota, zaś krawędź natarcia przemieszcza się w dół względem reszty skrzydła,
2. wlecenie w strugi opadającego powietrza (nawet bardzo lokalne).

Naszym zasadniczym celem powinno być całkowite unikanie kłap. W opinii części pilotów zawodowych, można osiągnąć w tym taką biegłość, że praktycznie nie dochodzi do deformacji skrzydła.

2.1 Obciążenie sterówek

By mieć szansę wyczuwać ruchy skrzydła i jego zmiany obciążenia na sterówkach konieczne jest utrzymanie na nich naprężeń. Zresztą takie wstępne naprężenie samo w sobie w pewnym stopniu przeciwdziała podwinięciom.

Uważa się, że standardowe *wstępne naprężenie* sterówek przy aktywnym pilotażu powinno wynosić około 2–5 kg na stronę — zwykle sugeruje się przyłożenie do sterówek siły równej ciężarowi naszych ramion: „powieś ręce na sterówkach”. Przy sterówkach w ustawieniu minimalnym oznacza to obniżenie krętkików o jakieś 10-20 cm w stosunku do sterówek w pełni odpuszczonych. Tak obciążone sterówki powinny wciąż znajdować się zauważalnie powyżej karabinków.

W wyjątkowo turbulentnym powietrzu, gdy obawiamy się niespodziewanych kłap, można zwiększać stopień naprężenia sterówek, przykładając nieco więcej siły. Trzeba to jednak wyważyć, bo bardziej przyhamowane skrzydło zawiera mniejszą objętość powietrza, które znajduje się pod mniejszym ciśnieniem, co pozostawia mniej pola na naszą reakcję gdy zacznie się podwinięcie. Mamy też wtedy mniejszy zasób możliwości hamowania skrzydła gdyby doszło do przestrzału.

2.2 Odciażanie sterówek

Już nawet opisane powyżej wstępne naprężenie sterówek ma znaczący negatywny wpływ na doskonałość skrzydła. Dlatego, w przypadku gdy zagrożenie kłapami jest niższe, a nam zależy na doskonałości, należy lecieć ze sterówkami w pełni odpuszczonymi. Podobnie nie zaleca się zaciągania sterówek w locie na speed systemie, gdyż deformuje to profil skrzydła i zwiększa ryzyko podwinięcia. Sugerowane rozwiązanie w tych sytuacjach to trzymanie uchwytów sterówek w rękach podniesionych do góry i zahaczenie palców o tylne taśmy paralotni. Pozwala to szybko zaciągnąć sterówki w razie konieczności, daje nam też kontakt z tylnymi taśmami które, podobnie jak sterówki, mogą być użyte to wyczucia skrzydła i reagowania na podwinięcia.

Warto sprawdzić do jakiego stopnia producent naszego skrzydła zaleca sterowanie taśmami. Coraz więcej skrzydeł jest do tego specjalnie przystosowana, poprzez częściowe sprzężenie ze sobą taśm B i C, tak by przy zaciągniętych taśmach C część naprężenia (zwykle 50%) było przenoszone na taśmę B. Dzięki temu skrzydło zachowuje poprawny profil, a jedynie zmienia kąt natarcia. Podobne rozwiązanie jest użyte w speed systemie, gdzie również

część naprężenia jest przenoszona z taśm A na taśmy B.

Nawet gdy powietrze jest spokojne, nie zawsze opłaca nam się latać ze sterówkami w pełni odpuszczonymi. Jeżeli na przykład zależy nam by osiągnąć minimalne opadanie (patrz prędkość ekonomiczna), to należy utrzymać wstępne napięcie sterówek.

2.3 Przestrzały

Podstawową zasadą aktywnego pilotażu jest utrzymanie skrzydła „nad głową pilota” lub bardziej ściśle w płaszczyźnie pionowej przechodzącej przez ciało pilota (ma to znaczenie w ciasnym krążeniu, gdy czasza jest de facto obok pilota). Kontrola wychylenia skrzydła względem tej płaszczyzny nazywa się *pitch control*.

Skrzydło informuje nas o swoim położeniu poprzez kąt względem pionu w jakim od uprząży odchodzą taśmy. Zmiana tego kąta powoduje powstanie siły ciągnącej dany bok ciała pilota w przód lub tył. Dodatkowo, wahania skrzydła przód–tył odczuwamy też na sterówkach, gdyż tam też zmienia się kąt działania siły naprężenia.

Nieustanne patrzenie na skrzydło w czasie normalnego lotu jest generalnie nie polecane. Poza tym, relatywnie trudno jest nam wzrokowo ocenić kiedy skrzydło jest dokładnie w zenicie. Dlatego powinniśmy nauczyć się wyczuwać położenie skrzydła bez udziału wzroku. Oczywiście, jeśli mamy podejrzenie, że wchodzi jakaś deformacja, albo z innych przyczyn dziwi nas zachowanie skrzydła, to warto zweryfikować wzrokiem co się dzieje.

2.3.1 Przestrzał do przodu

W normalnym locie, podstawową przyczyną tego, że skrzydło próbuje nas wyprzedzić jest dostanie się skrzydła w strugi opadającego powietrza — skrzydło próbuje odzyskać siłę nośną poprzez zwiększenie prędkości postępowej i nurkuje do przodu. Inne przyczyny obejmują błędy pilotażu (nieświadome wprowadzenie skrzydła w wahania podłużne), chwilowa turbulencja, osłabienie siły wiatru w locie pod wiatr, itp

Obie strony skrzydła (lewa i prawa) pracują niezależnie i tak samo niezależnie należy reagować na ich przestrzały. Gdy przestrzał dotyczy jednej strony skrzydła oznacza to zagrożenie migaczem lub klapą, gdy zaś całego płata to zagraża nam front.

Ogólne zasada mówi by tak przyhamowywać odpowiednią stronę skrzydła sterówkami by nie pozwolić mu przekroczyć w przód owej płaszczyzny pionowej w której się znajdujemy. W przypadku użycia speed systemu ten sam efekt można osiągnąć płynnie odpuszczając go. Oznacza to, że wyczuwając przestrzał skrzydła do przodu należy tak mocno je hamować by nie pozwolić mu nas wyprzedzić.

Uwaga 4 (vide casus A.P.). *Brak właściwego zabezpieczenia przed przestrzałem może skończyć się pechowo.*

Są dwa wyjątki od powyższej zasady wylapywania przestrzałów.

Przestrzały w czasie startu Gdy skrzydło wyprzedza nas przed oderwaniem się od ziemi, to często lepiej jest nadgonić je rzucając się szybciej ciałem do przodu, aniżeli zhamowywać skrzydło. Ostatecznie naszym celem jest osiągnięcie możliwie dużej prędkości przed „wyjściem z progu”. Należy przy tym dobrze wyczuć czas i sytuację, jeżeli nasza reakcja będzie spóźniona, to front i tak wejdzie, a my wylądujemy twarzą na trawie.

Przestrzały po znacznej utracie prędkości Występują one np. po froncie i są opisane szerzej w Sekcji 2.9.2.

2.3.2 Zostawanie z tyłu

Jeśli z jakiegoś powodu skrzydło (lub jedna jego strona) znalazło się za nami, to należy je odpuścić (często całkowicie) by pozwolić mu odzyskać prędkość. Gdy cały płat został z tyłu, można przyciągnąć go nad głowę płynnie dociskając speed system. Hamowanie skrzydła znajdującego się z tyłu może bardzo łatwo skończyć się niekontrolowanym przeciągnięciem. Wyjątki od tej zasady gdy celowo hamujemy skrzydło znajdujące się z tyłu to m.in. świadome przeciąganie skrzydła, flara przy lądowaniu, czy inne manewry jak np. huśtawka (ćwiczenie *pitch control*).

2.3.3 Przestrzał w noszeniu

Skrzydła o większej dynamice (od wysokiego EN B) miewają czasami zaskakującą tendencję do wystrzelania do przodu przy wejściu w silne noszenie. Odczuwamy to tak, że nagle znacząco rośnie siła docisku w dół ciała w uprzęży („deska trzeszczy”), a skrzydło próbuje nam się wyrwać do przodu.

Takie zachowanie skrzydła nie wynika z chęci odzyskania siły nośnej — w strugach unoszącego się powietrza skrzydło powinno dążyć do zmniejszenia prędkości postępowej. Wydaje się, że przyczyną tego zjawiska jest profil skrzydła i nierównomierne występowanie na nim siły nośnej.

Hamowanie skrzydła w tej szczególnej sytuacji nie jest tak kluczowe jak w przypadku pozostałych przestrzałów, gdyż duże obciążenie przedniej części skrzydła i tak zabezpiecza nas przed klapą. Z drugiej strony, wyhamowanie tego przestrzału da nam dodatkowy zastrzyk siły nośnej, co pozwoli nam szybciej nabrać wysokości i prędkości pionowej. W związku z tym, również w przypadku takich przestrzałów zasadniczo zaleca się ich wyhamowywanie.

Wchodząc w noszenie, gdy czujemy silne naprężenie uprzęży, należy przyłożyć dużą wagę by upewnić się czy skrzydło kieruje się ku przodowi, czy ku tyłowi. Jeżeli źle rozpoznamy sytuację i zaczniemy hamować skrzydło, które jest za plecami, szczególnie duże jest ryzyko przeciągnięcia. Nie tylko spadła nasza prędkość postępowa, skrzydło znalazło się z tyłu, ale dodatkowo kąt natarcia wzrósł ze względu na znalezienie się w noszeniu.

2.4 Sterowanie speed systemem

W miarę nabierania doświadczenia, coraz częściej zdarza nam się latać na speed systemie, również w turbulentnych warunkach. W tym przypadku używamy speeda do uzyskiwania efektów które normalnie osiągalibyśmy przez sterówki: przetrzały skrzydła do przodu powstrzymujemy odpuszczając speed system, zaś zostawanie skrzydła z tyłu skutkować powinno dodaniem speeda.

Taki sposób sterowania jest szczególnie wydajny w przypadku skrzydeł dwurzędowych. Mówi się, że Chrigel Maurer większość sterowania osiąga w oparciu o speed system (sterowany nogami, dający kontrolę nad taśmami A) oraz tylne taśmy (w tym przypadku B) trzymane w rękach.

Nawet jeśli nie czujemy się na siłach prowadzić aktywny pilotaż w oparciu o speed system i taśmy, powinniśmy pamiętać o podstawowej zasadzie: gdy czujemy, że nadchodzi podwinięcie, powinniśmy odpuścić speed system i zacząć kontrolować skrzydło sterówkami.

Są dwie szczególnie częste sytuacje, gdy używamy speed systemu zamiast sterówek celem wytlumienia wahań wzdluznych (*pitch*) paralotni. Zrobienie tego w dobrym momencie pozwala optymalniej zarządzać energią paralotni.

Dodawanie speeda Wychodząc z krążenia, gdy wpadamy w strugi opadającego powietrza, skrzydło wyprzedza nas by zrekompensować spadek siły

nośnej prędkością. Weiskanie speeda, w momencie gdy skrzydło jest przed nami, jest złym pomysłem, bo może skutkować podwinięciem. Dlatego wy czekujemy, aż nasze ciało zacznie nadganiać skrzydło i przyspieszać pod środek czaszy.

Warto dodać speed w momencie gdy znajdziemy się dokładnie pod czaszą, co pozwoli płynnie przejść do lotu na wprost, na speedzie, poza noszeniem. Jeśli tego nie zrobimy, to siłą rozpędu wyprzedzimy skrzydło, zostanie ono za naszymi plecami i dopiero w kolejnym wahnięciu wytłumimy układ sterówką, tracąc zmagazynowaną energię.

Puszczanie speeda Gdy w trakcie lotu na speedzie niespodziewanie wej dziemy w komin, typową reakcją skrzydła jest pozostawanie z tyłu za naszymi plecami. Podobnie jak powyżej, nagłe odpuśczenie speeda w tej konfiguracji nie jest zalecane, bo zbliża nas do stanu przeciągnięcia i pogłębia jeszcze powstałe wahadło.

Optymalnym momentem na puszczenie speeda w takiej sytuacji jest moment gdy skrzydło z powrotem wróci nad naszą głowę. W ten sposób spowolnimy jego ruch do przodu, a jednocześnie nie wytracimy sterówkami zmagazynowanej w układzie energii.

2.5 Mięknienie sterówek

Najczęstszym sygnałem nadchodzącej klapy jest nagły luz (brak naprężenia) pojawiający się na jednej lub obu sterówkach. Naszym celem powinno być dążenie do utrzymania stałego napięcia sterówek, czyli wybieranie ich w miarę jak pojawia się tam luz. Powoduje to zwiększanie kąta natarcia oraz przepompowuje powietrze z tylnej części skrzydła do przedniej, zwiększając tam ciśnienie.

W przypadku powolnych zmian naprężenia może wystarczyć trzymanie rąk zawieszonych na sterówkach — ich własny ciężar zapewni odpowiednią reakcję. Gdy mięknienie następuje szybciej, może ono wymagać od nas aktywnej reakcji zaciągania. Bywa (szczególnie na krawędzi komina), że by odzyskać wstępne naprężenie jednej ze sterówek jesteśmy zmuszeni zaciągnąć odpowiednią sterówkę w okolice karabinka. Bywa, że w takim stanie lecimy nawet kilka sekund, oczekując na moment gdy siła naprężenia zacznie rosnać. Gdy wyrówna się różnica prędkości pionowej pomiędzy tą częścią skrzydła a okolicznym powietrzem, naprężenie stopniowo zacznie rosnać i będziemy mogli popuszczać sterówkę. W ten sposób uniknęliśmy znacznej klapy.

W turbulentnych warunkach, przy mocnych kominach połączonych z mocnym wiatrem bywa, że mięknięcie jest bardzo nagłe, na tyle nagłe, że nie jesteśmy w stanie zareagować ręką na bieżąco zachowując stały poziom naprężenia. Gdy zorientujemy się, że taka sytuacja ma miejsce warto na moment nadreagować — szarpnąć sterówkę nieco dalej niż do poziomu w którym odzyskamy wstępny poziom naprężenia, a następnie popuścić do poziomu szukanej siły naprężenia. Działając w ten sposób mamy szansę złapać i „wypompować” klapę zanim faktycznie wejdzie.

Oczywiście powyższe reakcje dotyczą sytuacji zanim dojdzie do podwiniecia. Gdy już do niego dojdzie (sterówka całkowicie zmięknie, skrzydło zacznie spadać do tyłu, usłyszymy szelest, zobaczymy wzrokiem deformację skrzydła) to reakcje powinny być inne, patrz Sekcja 2.9.

2.6 Utrata siły nośnej

W przypadku bardziej dynamicznych skrzydeł bywa, że wchodząca klapa jest odczuwana jako nagły spadek siły nośnej po jednej stronie skrzydła. Wydaje się, że dotyczy to szczególnie tych skrzydeł, które reagują zauważalnym wzrostem siły nośnej przy zhamowywaniu, patrz Obserwacja 3.

Ponieważ większość siły nośnej powstaje w przedniej części skrzydła, odczuwane przez nas naprężenie taśm informuje nas o stanie powietrza w przedniej części płata. Podobnie, naprężenie na sterówkach mówi o zachowaniu powietrza w tylnej części płata, blisko krawędzi spływu. Tłumaczy to dlaczego spadek siły nośnej często poprzedza luz na sterówce, czasami też występuje w ogóle bez żadnej odczuwalnej zmiany naprężenia na sterówkach.

Podobnie jak w przypadku sterówek, naszym bazowym celem jest utrzymanie stałego i równomiernego napięcia taśm. Gdy pojawia się spadek siły nośnej po którejś ze stron (pośladek nam „spada”) to możemy spróbować dociążyć daną stronę skrzydła. W uprzężach hamakowych dzieje się to do pewnego stopnia samoczynnie, jednak dynamiczniejsze spadki siły nośnej mogą wymagać bardziej aktywnej reakcji — świadomego dociśnięcia upręży po stronie wchodzącej kłapy. Poprawne dociążenie odpowiedniej strony skrzydła może nam pozwolić na jej uniknięcie. Jedno z ćwiczeń aktywnego pilotażu zakłada wyłapywanie kłap wyłącznie poprzez dociążanie skrzydła, bez użycia sterówek.

Jeżeli czujemy, że nasza reakcja na spadek siły nośnej była zbyt wolna, możemy zapobiegawczo dopompować odpowiednią sterówkę, próbując zrekompensować nasze opóźnienie — taki nagły, trudny do zareagowania spadek

często oznacza, że wchodzi nam spore podwinięcie.

Co bardzo ważne, podobnie jak ze sterówkami, powyższe działania należy przerwać gdy kłapa już wejdzie — wtedy konieczne jest odciążanie zaklapionej strony, patrz Sekcja 2.9 poniżej.

2.7 Drgania

Część skrzydeł manifestuje otaczające je turbulencje poprzez drobne drgania o relatywnie wysokiej częstotliwości. Dotyczy to szczególnie skrzydeł lekkich, o mniejszej bezwładności i sztywności. Pilot odczuwa to jako spadek prędkości postępowej (słabnie szum wiatru), a płat skrzydła wykonuje drobne nieregularne i chaotyczne ruchy, raz z jednej raz z drugiej strony. Ich częstotliwość wynosi zwykle kilka ruchów na sekundę. Towarzyszy temu mięknięcie sterówek i mamy poczucie jakby skrzydło nie chciało lecieć. Przy tym prędkość jednak nie spada do zera, płat jest rozciągnięty, nie jest to spadochronowanie. Takie zachowanie wynika z faktu, że powietrze wokół skrzydła porusza się turbulentnie i przepływ wokół płata przestał być laminarny (trochę jak w spadochronowaniu lub przeciągnięciu).

Naturalnym odruchem w tej sytuacji bywa odpuszczenie sterówek z nadzieją, że skrzydło się rozpędzi i odzyska sztywność. Niestety jest to zła reakcja, bo znajdując się w takim powietrzu jesteśmy szczególnie narażeni na podwinięcia. Dlatego, pomimo powyżej opisanych odczuć, należy w takich warunkach dalej utrzymywać naprężenie na sterówkach (lub nawet je lekko zwiększyć).

W opisanej sytuacji warto zadać sobie pytanie co powoduje otaczające nas turbulencje: może to być pierwszy sygnał, że wlatujemy na zawietrzną, może jesteśmy blisko komina, albo zbliżamy się do wysokości na której ma miejsce ściera wiatru.

2.8 Stopień napięcia sterówek

Opisany powyżej odruch zaciągania sterówek by uniknąć deformacji może stopniowo prowadzić do coraz głębszego ich zaciągania. Warto co jakiś czas w trakcie lotu weryfikować czy nie „wisimy” na sterówkach i w razie potrzeby wracać do ich wstępnego naprężenia.

2.9 Gdy klapa już wejdzie

Powyżej opisane sposoby mają nas uchronić przed wejściem podwinięcia. Gdy ono się już pojawi (co zwykle warto zweryfikować wzrokiem, by wiedzieć z czym się mierzymy), nasze reakcje powinny się zmienić.

Po pierwsze, koniecznie odpuszczamy speed system — nie dość, że trzymanie go pogłębia potencjalną deformację, to reakcja skrzydła po podwinięciu jest dużo bardziej dynamiczna, jeśli speed system jest wciąż zaciągnięty.

Po drugie, powinniśmy zgiąć nogi i docisnąć ja od spodu pod uprząż. Niektórzy instruktorzy SIV zalecają też rozparcie kolan by oprzeć się nimi o boczne taśmy uprzęży. Usztywni to naszą pozycję i poprawi czucie sił działających na uprząż. Dodatkowo, co bardzo ważne, zginając nogi zmniejszamy moment bezwładności pilota względem osi pionowej — dzięki temu mniejsza jest szansa, że siła bezwładności doprowadzi do skręcenia w taśmach.

Pomimo podciągnięcia nóg, nie jest zalecane by w pełni zpionizować sylwetkę — lepiej jest pozostawić plecy równomiernie oparte o tył uprzęży, by jeszcze w taki sposób zespolić z nią ciało pilota i uniknąć niekontrolowanego rzucania na boki.

2.9.1 Po froncie

Po pierwsze, absolutnie nie wolno² hamować skrzydła tuż po wejściu fronta, gdyż doprowadzimy do jego przeciągnięcia. Powinniśmy obserwować jak skrzydło znika nam za plecami odpuszczając maksymalnie sterówki. Następnie czekamy, aż skrzydło się otworzy i ruszy do przodu. Gdy to się stanie to zachowujemy się zgodnie z opisem w Sekcji 2.9.2.

Uwaga 5. *Obserwując ruch skrzydła zwracamy uwagę czy nie pozostał na nim jakiś krawat, gdyż będzie on prowadzić do groźnego, asymetrycznego przestrzału — w takiej sytuacji należało będzie mocniej i wcześniej hamować zdrową stronę.*

Uwaga 6. *Nawet skrzydła z niskiego EN B potrafią wejść w upadek spiralny lub autorotację gdy ma miejsce przestrzał skrzydła z za pilota z dużym krawatem.*

²O ile nie wiemy co robimy — niektóre sportowe skrzydła wymagają stanowczego pominięcia by front w ogóle chciał wyjść. Możemy też chcieć uniknąć „kłaśnięcia” stabilami z przodu, co też wymaga chwilowego dynamicznego przyhamowania skrzydła spadającego do tyłu.

2.9.2 Rozpędzanie skrzydła

Powiedzmy, że z jakiegoś powodu (np. po znacznym froncie, przeciągnięciu, wyjściu ze spirali, etc) skrzydło znalazło się za naszymi plecami. Założmy dodatkowo, że nie ma na nim krawatów i jest ustawione równoległe do horyzontu. Skoro skrzydło zostało za naszymi plecami to znaczy, że najprawdopodobniej nasza prędkość postępową spadła niemal do zera.

Spodziewamy się, że skrzydło ruszy zaraz do przodu by odzyskać prędkość postępową. Dynamika tego przestrzału może być tak duża, że doprowadzi do kolejnego fronta lub nawet że wpadniemy w skrzydło gdy wejdzie nam pod nogi. Naszym celem jest z jednej strony pozwolić się skrzydłu rozpędzić by powstrzymać kaskadę kolejnych atrakcji, a jednocześnie chcemy wyhamować przestrzał.

Ogólna obserwacja mówi, że większość pilotów rozpoczyna hamowanie skrzydła zbyt wcześnie, doprowadzając do przeciągnięcia zanim jeszcze układ nabierze odpowiedniej prędkości. Z drugiej strony, znane są przypadki gdy pilot z jakiś powodów w ogóle nie reaguje na przestrzał. By zapewnić sobie bezpieczeństwo w powietrzu, ważne jest byśmy umieli znaleźć równowagę pomiędzy tymi dwiema skrajnościami.

Zanim nabierzemy dobrego wyczucia, na potrzeby pierwszych ćwiczeń możemy przyjąć, że nasze reakcje powinny zależeć od położenia skrzydła względem pionu — zwykle oznacza to patrzenie na skrzydło i wzrokową ocenę jego kąta oraz prędkości. Wyróżnić można następujące fazy przestrzału:

- Skrzydło nabiera prędkości za naszymi plecami — trzymamy sterówki w pełni odpuszczone by uniknąć przeciągnięcia skrzydła z tyłu.
- Skrzydło mija zenit (kąt 0 względem pionu) i rozpoczyna ruch do przodu — możemy czujnie i delikatnie napiąć sterówki do napięcia wstępnego by wyczuwać zmiany prędkości i naprężenia na skrzydle. W tej fazie jeszcze nie hamujemy gdyż nie pozwoli to nabrać układowi prędkości postępowej. W tej fazie wciąż łatwo jest doprowadzić do przeciągnięcia.
- Skrzydło mija kąt 30–45 względem pionu. Od tego momentu możemy stopniowo rozpocząć hamowanie, gdyż nawet jeśli zatrzymamy skrzydło w tym położeniu to ciągle będzie ono zyskiwać prędkość postępową. Hamowanie powinno być proporcjonalne do prędkości przestrzału — należy je tak dobrać by skrzydło nie minęło linii horyzontu, czyli kąta 90

względem pionu. Jednocześnie chcemy też uniknąć zmięknienia skrzydła (front, klapy), więc gdy zaczniemy czuć na sterówkach luz to zwiększamy obciążenie, podobnie jak przy wyłapywaniu klap.

- Gdy tylko uda nam się zatrzymać ruch obrotowy skrzydła do przodu to odpuszczamy sterówki, by pozwolić mu nabierać prędkości w locie nurkującym do przodu w dół. Nie próbujemy sterówkami zmusić skrzydła by wróciło nad naszą głowę. Gdy prędkość będzie wystarczająca by wygenerować potrzebną siłę nośną to skrzydło samo wróci nad naszą głowę. Zwykle nasze przyhamowanie powinno być momentalne — ruch rąk w dół i natychmiastowe odpuśczenie.
- Skrzydło mija kąt 90 względem pionu, czyli widzimy je na równi z horyzontem z przodu. To znaczy, że przestrzał jest stanowczo zbyt duży i jesteśmy zobowiązani zatrzymać skrzydło natychmiast, nawet kosztem ściągnięcia sterówek „pod dupę”. Pomimo takiej reakcji należy się spodziewać, że skrzydło straci sztywność i wejdzie kolejny front. Po nim zacznie się od nowa huśtawka, skrzydło spadnie nam za plecy itp itd. Jest to dobry moment by ocenić wysokość i rozważyć rzucenie zapasu.

Niezależnie od tego na którym etapie powyżej jesteśmy, gdy tylko uda nam się zatrzymać ruch obrotowy skrzydła do przodu, powinniśmy natychmiast odpuścić sterówki, by pozwolić skrzydłu nabierać prędkości postępowej. Im bardziej dynamiczne skrzydło, tym szybsze powinny być nasze reakcje i tym więcej potrzeba w tym wycucia konkretnej sytuacji — podane powyżej kąty i fazy są jedynie punktem wyjścia na którym możemy budować własne wycucie.

Wielu kursantów jest straszonych wizją tak dużego przestrzału czaszy, że czasza przechodzi pod nogi pilota, ten wpada do jej środka i zostaje tam uwięziony (tzw. cukierek). Sytuacje takie są sporadyczne, ale się zdarzają. By tego uniknąć, należy być bardzo wyczulonym na znaczne przestrzały. Na pewno nie należy w żadnej sytuacji pozwolić skrzydłu przestrzelić poniżej horyzontu (czyli ponad kąt 90 od pionu). Sytuację komplikuje fakt, że nie wszystkie przestrzały są tak uporządkowane jak w opisanej wyżej sytuacji: pilot może być skręcony w taśmach, skrzydło może strzelać z boku, jedna lub obie sterówki mogą być z jakiś przyczyn zablokowane, . . .

Z drugiej strony, w opinii części pilotów akrobatycznych (np. Théo de Blic'a), każdy przestrzał każdego skrzydła daje się zatrzymać, o ile zaciągnie się obie sterówki w maksymalnym stopniu („pod dupę”) zanim skrzydło

przekroczy linię horyzontu.

2.9.3 Stany lotu bez prędkości

W hipotetycznej sytuacji gdy wytraciliśmy do zera całą prędkość postępową, jedyna działająca na nas siła to grawitacja. Oznacza to, że dopóki układ się nie ustabilizuje i nie rozpędzi na tyle, by skrzydło zaczęło generować siłę nośną, nasz wektor prędkości będzie skierowany pionowo w dół. Stan w którym skrzydło pozostanie wtedy nad naszą głową nazywany jest spadochronowaniem. Większość skrzydeł jest tak skonstruowana, że nie wchodzi w spadochronowanie, zamiast tego samoczynnie skaczą do przodu, w stronę horyzontu.

Po takim skoku, w krótkotrwałej sytuacji zanim siła nośna odpowiednio nie wzrośnie, układ pilot-skrzydło jest obrócony o 90 względem normalnego stanu lotu: normalnie wektor prędkości jest skierowany z grubsza ku przodowi (modulo prędkość opadania, patrz doskonałość) i skrzydło jest nad głową. Teraz wektor prędkości skierowany jest ku dołowi, a skrzydło znajduje się z przodu na poziomie horyzontu.

Oznacza to, że przed odzyskaniem siły nośnej, najwłaściwszą pozycją dla skrzydła jest położenie właśnie przed pilotem, na wysokości horyzontu, równoległe do niego, z krawędzią natarcia skierowaną ku ziemi. Próba hamowania skrzydła wcześniej, gdy znajduje się znacznie ponad horyzontem, odpowiada sytuacji w której w normalnym locie hamowalibyśmy skrzydło znajdujące się za naszymi plecami — prowadzi do przeciągnięcia.

Oczywiście powyższa analiza jest tylko hipotetyczna: wytracenie absolutnie całej prędkości postępowej nie jest stanem stabilnym, więc prędkość pozioma układu bardzo szybko wzrośnie, jeszcze zanim skrzydło ustabilizuje się na poziomie horyzontu.

2.9.4 Rozpoznawanie stanów bez prędkości

W wielu sytuacjach bardzo trudno jest zorientować się, że wytraciliśmy niemal całą prędkość postępową. Gdy, nieświadomi tego, próbujemy stosować normalne odruchy aktywnego pilotażu (trzymanie skrzydła nad głową, reagowanie na spadki sił na sterówkach) to doprowadzamy nieświadomie do kolejnych przeciągnięć. Zapobiec temu, dopóki nie nabierzemy więcej wyczuć, mogą dwie reakcje: ogólny odruch by podnosić ręce do góry gdy dzieje się coś niespodziewanego; oraz świadome przejście w tryb „daję mu się rozpę-

dzić” po każdej większej atrakcji. Warto uczyć się rozpoznawać stany lotu po utracie prędkości: ustaje wtedy szum powietrza; dolna powierzchnia skrzydła jest zwiotczała; cały płat traci sztywność.

Jest kilka wskazówek wizualnych na temat zachowania skrzydła, pozwalające nam ocenić jego stan.

Pierwsza to marszczenie się i „wypompowywanie” dolnej powierzchni płata. Oznacza to, że skrzydło traci ciśnienie wewnętrzne, co zwykle wynika z utraty prędkości postępowej lub ze zbyt dużego kąta natarcia — ryzykujemy przeciągnięciem.

Drugi sygnał świadczący o możliwym przeciągnięciu (w tym przypadku jednostronnym) to zaginanie się końcówki skrzydła (końcowe 1–2 metry płata) do tyłu, w kształt „kija hokejowego”.

Sz szczególnie ważnym stanem lotu, który koniecznie powinniśmy umieć zdiagnozować, jest faza (chwilowa lub ustalona) lotu do tyłu (*back fly*) — skrzydło wtedy wygląda w zasadzie normalnie, oprócz tego, że oba stabilne są zwiotczałe i wywinięte ku przodowi (w stronę krawędzi natarcia). Sytuacja taka oznacza, że przeciągnęliśmy skrzydło i po tym trzymaliśmy jeszcze chwilę sterówki zaciągnięte. Odpuszczenie sterówek w tym momencie prowadzi do znacznego przestrzału, na który należy być przygotowanym. Jeśli mamy taką możliwość, najlepiej jest odczekać z odpuszczaniem sterówek do momentu gdy płat wróci nad głowę (a najlepiej znajdzie się lekko przed nami). Oczywiście może to być trudne, jeśli przeciągnęliśmy niechcący i znajdujemy się w kaskadzie następujących po sobie reakcji. Wprowadzanie i wyprowadzanie skrzydła z *back fly*'a warto trenować, ale powinno to się odbywać na profesjonalnych kursach SIV, nad wodą i pod okiem doświadczonego instruktora.

2.9.5 Po kłapie

W przypadku kłapy zwykle skrzydło nie wpada w aż tak duże wahanie przód–tył (*pitch*) jak w przypadku fronta. Nie wytraca też tak dużo prędkości postępowej. Zamiast tego pojawia się spore wahanie boczne (*roll*) i narastają siły skręcające (*yaw*) w stronę zakłapioną.

Naszym celem w przypadku kłapy jest przede wszystkim ustabilizowanie układu: musimy zachować kierunek lotu (nie dopuścić do ruchu *yaw*) i poczekać, aż wytlumia się wahania poprzeczne (*roll*). W tym celu warto dociążyć zdrową stronę skrzydła (zrównoważy to chęć do skręcania oraz ułatwi otworzenie się stronie zakłapionej). Gdy sam *weightshift* na zdrową stronę

nie wystarcza do powstrzymania krążenia, należy dołożyć trochę sterówki po stronie zdrowej. Strona chora powinna być na tym etapie całkowicie odpuszczona.

Nowoczesne skrzydła rekreacyjne (niskie EN B) niechętnie wchodzi w autorotację, nawet przy poważnej klapie (za wyjątkiem Uwagi 6). Typowe ćwiczenie wykonywane na SIV to założenie kłapy na połowę skrzydła i trzymając tę klapę próba wejścia w autorotację. W przypadku wielu skrzydeł to się nie udaje, nawet przy przerzuceniu całego ciężaru ciała na zakłapioną (!) stronę. W związku z tym, o ile nie jest to krawat przy wyjściu z fronta / przeciągnięcia (patrz Uwaga 5), powinniśmy ograniczyć naszą reakcję do *weighshiftu*, gdyż z dużym prawdopodobieństwem skrzydło utrzyma kierunek lotu bez pomocy sterówki.

Jeśli po klapie decydujemy się na użycie sterówki, należy to zrobić z dużą czujnością ponieważ niezwykle łatwo jest przeciągnąć skrzydło przy locie z małą prędkością na jedynie kawałku płata. Niektórzy instruktorzy polecają wręcz pozwolić skrzydłu na lekki przestrzał i zmianę kierunku (do około 45 na stronę zakłapioną) by uzyskało ono prędkość konieczną do lotu na płacie o zmniejszonej powierzchni. Stosowanie tej rady zależy od bliskości i położenia względem stoku.

Gdy udało nam się ustabilizować kierunek lotu i wahania poprzeczne, to możemy zająć się wyjmowaniem kłapy. Metod na to jest kilka, omawianych szeroko na filmach instruktarskich:

- wytrzepywanie sterówką — głęboko i nie zbyt szybko,
- wyciąganie krawatu za linkę od stabila — działa zaskakująco dobrze i nie wprawia skrzydła w wahania,
- zakładanie ucha — nie testowałem, ale podobno pomaga,
- negatywka na chorą stronę — jedynie dla tych co wiedzą co robią! Rozwiązanie nieco mniej dramatyczne od full stalla, a podobno też skuteczne, gdyż cofające się strugi powietrza wypychają klapę spomiędzy linek.

3 Krążenie w noszeniu

Celem krążenia jest możliwie najefektywniejsze zyskiwanie wysokości. Zwykle staramy się zapewnić dwa poniżej opisane warunki.

Warunek 7. *Na całej długości okręgu po którym krążymy powinniśmy znajdować się w noszeniu.*

Nie spełnienie tego warunku powoduje nie tylko straty wysokości, ale też znaczne turbulencje — powietrze poza kominem opada w dół, więc przekraczając krawędź komina za każdym razem narażamy się na klapy.

Warunek 8. *Na całej długości okręgu po którym krążymy powinniśmy odnotowywać takie samo noszenie.*

Uproszczony model komina zakłada, że prędkość wznoszenia jest największa w jego centrum i spada koncentrycznie wraz z oddalaniem się od środka. Powyższy warunek implikuje, że środek naszego obrotu pokrywa się ze środkiem komina.

Oczywiście proces centrowania komina nie sprowadza się tylko do wejścia w noszenie — każdy komin jest nieco poszarpany i nierównomierny, więc powinniśmy stale szukać centrum noszenia i korygować nasze krążenie.

3.1 Promień krążenia

Ciaśniejszy promień krążenia oznacza większe opadanie względem powietrza. Z drugiej strony, im bliżej środka komina tym mocniejsze noszenie. Dlatego często mamy do dyspozycji pewien zakres promieni zakrętu spełniających Warunek 8. Dobór promienia zależy od naszego wyczucia danego komina i naszych przyzwyczajzeń.

Generalnie uważa się, że niezależnie od mocy krążenia, należy dawać ciało do środka zakrętu, by zwiększyć efektywność krążenia. Wynika to z obserwacji, że *weightshift* w mniejszym stopniu pogarsza parametry lotu skrzydła, niż równoważne mu zaciągnięcie sterówki. Istnieją opinie odwrotne (mówiące o „wypłaszczaniu krążenia”), ale nie spotkałem się z rzetelnym uzasadnieniem ich skuteczności.

3.1.1 Słabe noszenia

W przypadku bardzo słabych i rozległych noszeń (0.3–1.0 m/s) koncentrujemy się głównie na tym by ograniczyć opadanie paralotni względem powietrza. Zakręcamy głównie ciałem, z bardzo delikatną pracą na sterówkach. Staramy się trzymać skrzydło w miarę poziomo, nie pozwalamy mu przyspieszać w zakręcie.

3.1.2 Średnie noszenia

W przypadku pośrednich noszeń (0.7–3.0 m/s), o większej rozległości, naszą decyzją pozostaje jak szeroko krążymy. Z moich obserwacji wynika, że statystycznie piloci mają tendencję do krążenia zbyt szeroko, poruszając się po obrzeżu noszenia, gdy tymczasem w jego centrum prędkość wznoszenia jest znacznie większa.

3.1.3 Mocne noszenia

Gdy krążenie jest bardzo wąskie i silne (tzw. „szpila”, ≥ 3 m/s) to spełnienie Warunku 7 wymaga wysiłku. Najlepiej jeśli jesteśmy przygotowani na wejście w takie noszenie i niemal natychmiast po wejściu w nie rozpoczynamy mocne krążenie. Normą są szpile wymagające krążenia w którym wewnętrzny stabil jest na wysokości horyzontu. Wychylenie skrzydła do środka krążenia jest tu dla nas dodatkową pomocą — naszym celem jest by to właśnie skrzydło było w noszeniu, my sami nie musimy.

By osiągnąć tak ciasne krążenie może być konieczne ściągnięcie wewnętrznej sterówki do poziomu karabinka. Ponieważ siły na tej sterówce są duże, niektórzy piloci łapią palcami za karabinek, by ustabilizować rękę w tej pozycji. Używamy wtedy zewnętrznej sterówki by kontrolować siłę zakrętu i nie pozwolić skrzydłu wchodzić w spiralę (patrz Sekcja 4).

3.2 Wejście w noszenie

W momencie wejścia w noszenie skrzydło daje nam bardzo precyzyjną informację dotyczącą położenia środka komina. Wystarczy wyczuć na uprzęży która strona jako pierwsza została szarpnięta w górę, a która zaczęła opadać. Środek komina znajduje się po stronie ciągniętej w górę. W przypadku większości kominów warto odczekać 2-3 sekundy po wejściu w noszenie by rdzeń komina (jego środek) znalazł się obok nas. Jeśli w tym momencie zaczniemy krążyć to mamy sporą szansę od razu spełnić Warunek 8. Oczywiście, o ile mamy wybór, zakręcamy w stronę środka komina (patrz Sekcja 3.3).

Bywa, że zaobserwowane przez nas noszenie to bąbel a nie komin. W tym przypadku odnotujemy słabe lub średnie noszenie (do ~ 2 m/s) które prawie natychmiast zaniknie. Jeżeli faktycznie to jest bąbel, to próba krążenia czy nawet powrót w to samo miejsce nie dadzą żadnego rezultatu. Z tego względu wielu pilotów nie próbuje w ogóle kręcić takich noszeń.

Przez pierwsze kilka obrotów w kominie staramy się znaleźć jego oś. Nawet jeśli komin jest poszarpany i gubimy jego centrum, warto wciąż krążyć po okręgach, a nie pozwolić sobie na jakiś chaotyczny zygzak. Krążąc po okręgu mamy czytelną informację dotyczącą kierunku w którym należy przesuwać nasze krążenie (w stronę tej części okręgu gdzie noszenie było największe). Dodatkowo zmiany środka naszego okręgu są dość powolne, więc zmniejszamy ryzyko całkowitego zgubienia noszenia.

W mocniejszych noszeniach bywa, że udaje nam się poczuć na skrzydle rdzeń komina — komin zwykle kręci się niczym tornado wokół własnej osi pionowej i przy samej osi występują dodatkowe turbulencje. Tam też siła noszenia jest największa. Odczuwamy to trochę tak jakbyśmy przejeżdżali samochodem przez próg zwalniający na drodze. Ze względu na Warunek 8, wcale nie jest naszym celem przecinanie osi komina — należy poszerzyć krążenie tak by odbywało się ono dookoła tej osi.

3.3 Kierunek kręcenia

Gdy w kominie ktoś już był, jesteśmy zobowiązani krążyć tak jak on — może to wymagać zaplanowania podejścia do komina, wlatujemy tam od zewnątrz po stycznej. Gdy mamy wybór w którą stronę będziemy krążyć, to dobieramy ją tak by już pierwszy obrót odbywał się możliwie blisko rdzenia komina.

Bywa, że lecąc w kierunku komina w którym ktoś już krąży, znajdujemy wcześniej własny komin, często mocniejszy od istniejącego. Teoretycznie mamy wtedy prawo wybrać własny kierunek krążenia. Należy przy tym wziąć pod uwagę dwa sprzeczne czynniki:

Kierunki przeciwstawne Czyli np. w kominie obok wszyscy krążą w lewo, a my krążymy w naszym kominie w prawo. Krążąc przeciwstawnie, w momencie gdy przelatujemy pomiędzy dwoma kominami (czyli gdy jesteśmy najbliżej pilotów z drugiego komina) to wszyscy lecimy w tym samym kierunku, a nie na wprost siebie. Takie krążenie sprawdza się nieźle nawet gdy okręgi po których krążymy zaczynają się stykać, bo piloci „zazębiają” się.

Kierunki zgodne Krążąc w tym samym kierunku co piloci w drugim kominie zapewniamy sobie bezpieczeństwo gdy te kominy się połączą (co zdarza się bardzo często). Parokrotnie byłem świadkiem sytuacji w której piloci z

dwóch sąsiednich kominów nie zorientowali się, że te kominy się połączyły i dalej krążyli w swoich (przeciwstawnych) kierunkach.

Moja reguła jest taka, że jeśli w okolicy jest w sumie 2–3 pilotów to decydując się na krążenie w pobliskim kominie wybieram kierunek przeciwstawny. Dzięki temu unikamy groźnych sytuacji lecenia prosto na siebie, a nawet jeśli kominy się łączą, to zorientujemy się w sytuacji i łatwo unikniemy kolizji. Gdy pilotów w okolicy jest więcej, to dla uniknięcia bałaganu staram się krążyć w tę samą stronę co wszyscy. W sytuacji dużego tłoku bywa, że nawet rezygnuję z krążenia w „moim” kominie i dołączam do „wspólnego”, byle uniknąć zamieszania.

3.4 Brzeg komina

Jeśli zbliżymy się do brzegu komina to część skrzydła może znaleźć się w strugach opadającego powietrza. Ogólny model mówi, że w górnej części komina rozbija on okoliczne powietrze zmuszając je do opadania po jego bokach, zaś w dolnej zasysa okoliczne powietrze wraz ze sobą do góry (trochę jak grzyb atomowy).

Gdy dostaniemy się w strugi opadającego wzdłuż komina powietrza, odczujemy to tak jak wchodzącą klapę (bo to de facto jest wchodząca klapa — należy zareagować zgodnie z Sekcją 2). Takie zachowanie paralotni to dla nas ważna informacja dotycząca położenia komina i jego rozległości.

Powyższe odczucia są szczególnie intensywne gdy próbujemy wykręcić szpilę, czyli wąski i silny komin. O ile nie uda nam się precyzyjnie trafić w centrum noszenia i nasze krążenie nie będzie dostatecznie ciasne, to będziemy stale wpadać i wypadać z noszenia. Przy znacznej prędkości wznoszenia (≥ 4 m/s) każde takie wyjście z noszenia oznacza ryzyko klapy (o ile nie zareagujemy poprawnie).

Absolutnie nie oznacza to, że należy unikać kręcenia szpil, wymaga to po prostu dobrego planowania. Jeśli wypadliśmy z noszenia, należy w nie wrócić, mając z góry zaplanowane w którą stronę i w którym momencie zaczniemy krążyć. Gdy tylko poczujemy, że znajdujemy się blisko centrum noszenia, dynamicznie rozpoczynamy ostry zakręt w wybraną stronę i go trzymamy. Nawet jeśli znów wypadniemy, to skrzydło znajdujące się w ostrym zakręcie jest mniej podatne na podwinienia, więc nie będzie konieczna tak mocna reakcja z naszej strony. Stopniowo zacieśniając krążenie w stronę środka noszenia uda nam się je „wycentrować”.

4 Rotacja

Stopniowe pogłębianie zakrętu wprowadzi nas w spiralę. Spirala może dalej przerodzić się w spiralę upadkową, a w pewnych okolicznościach w autorotację. Poniższy rozdział ma za zadanie wyjaśnić dynamikę skrzydła w tych stanach lotu. Spirala jest w zasadzie jedyną metodą by uzyskać opadanie rzędu 10 m/s i więcej. Dodatkowo, jej dobre opanowanie przydaje się podczas ciasnego krążenia w kominie. Dlatego warto dobrze zrozumieć dynamikę spirali.

Na potrzeby tej sekcji przyjmijmy, że lecimy w nieruchomym powietrzu (np. nad jeziorem). Poniższa obserwacja będzie przydatna do analizy zachowania skrzydła.

Obserwacja 9. *W niezaburzonych stanach lotu wektor prędkości skrzydła leży w jego płaszczyźnie symetrii, skierowany jest do przodu, z grubsza równoległe do powierzchni płata (tak naprawdę trochę w dół, bo jest tam aktualny kąt natarcia rzędu 3–15).*

Stany lotu dla których powyższa obserwacja jest fałszywa obejmują: klapy, *full stall* i *back fly*, spadochronowanie, negatywkę, heliko, etc. . .

4.1 Bezpieczeństwo

Zdania są podzielone na ile bezpiecznie jest samodzielnie trenować spiralę nad gruntem. W mojej opinii jest to akceptowalne, jednak należy zabezpieczyć się przed zagrożeniami:

Upadek na ziemię Spirala doprowadzona do samej ziemi oznacza bardzo poważny, często śmiertelny, wypadek. By tego uniknąć należy stale sprawdzać wysokość nad ziemią. Można też mieć na wszelki wypadek pomoc radiową (kolegę lub koleżankę na ziemi), którzy nam powiedzą gdy będziemy zbyt nisko. Warto ustawić radio na maksymalną głośność ze względu na szum powietrza w spirali upadkowej.

Zablokowanie się w spirali upadkowej Mówi się o tym, że niektóre skrzydła (łącznie ze szkolnymi), w niektórych sytuacjach (*weightshift*, dystans karabinków, masa pilota, . . .) mogą utrzymywać upadek spiralny pomimo

odpuszczenia sterówek i *weightshiftu*. By tego uniknąć należy być przygotowanym na przyhamowanie zewnętrznej sterówki i aktywne wyprowadzenie skrzydła z krążenia.

Utrata przytomności Przeciążenia działające na nas w spirali powodują odpływ krwi od mózgu i ryzyko omdlenia. By tego uniknąć należy stopniowo zwiększać przeciążenia i obserwować swój organizm. Warto wiedzieć czy tracimy przytomność nagle i niespodziewanie, czy jest to proces, ze stopniową utratą wizji, słuchu, mrowieniem w palcach, ... Kwestie te są omówione poniżej, w Sekcji 4.3.

Przestrzał skrzydła po wyjściu ze spirali (tzw. *rapid exit*) Zakumulowana w trakcie upadku spiralnego energia może być bardzo duża. Jej nagłe uwolnienie powoduje wystrzelenie nas w górę, co następnie prowadzi do przestrzału skrzydła przed pilotem. By tego uniknąć należy ćwiczyć powolne wychodzenie ze spirali oraz mieć dobrze opanowane wylapywanie przestrzałów (Sekcja 2.9.2).

4.2 Dynamika

By poprawnie wykonywać spiralę warto zrozumieć dynamikę skrzydła w trakcie jej wykonywania. Na potrzeby opisu założymy, że krążymy w prawo, czyli zaciągamy prawą sterówkę.

Sterowanie w spirali sprowadza się do trzech działań, które możemy stosować do pewnego stopnia wymiennie:

- zaciąganie prawej sterówki w zakresie: odpuszczona – przy karabinku,
- odpuszczanie lewej sterówki w zakresie: naprężenie 5-10 kg (jakieś 20 cm zaciągnięcia) – odpuszczona,
- przenoszenie ciężaru ciała na prawą stronę w zakresie: ciało na środku – ciało maksymalnie wychylone w prawo.

W poniższym opisie będziemy mówić o *zacieśnianiu spirali* i rozumieć przez to będziemy dowolną z trzech powyższych akcji. Podobnie, *odpuszczanie spirali* oznacza jedną z przeciwstawnych akcji.

Ze względu na przeciwstawne działanie sterówek, sterówka prawa bywa nazywana *sterówką ciemności*, zaś lewa *sterówką światła*. Oczywiście przy kręceniu spirali w lewo, wszystko odbywa się symetrycznie.

Przez cały okres trwania spirali prawy stabil będzie znajdował się z grubsza na wysokości horyzontu. Kluczowy dla zrozumienia spirali jest występujący tam kąt.

Definicja 10. *Kąt przy prawym stabilu pomiędzy horyzontem, a krawędzią natarcia skrzydła nazywamy kątem spirali.*

4.2.1 Etapy spirali

W zależności od aktualnego kąta spirali i jego chwilowej dynamiki (rośnie – maleje), można wyróżnić następujące jej etapy.

Ciasne krążenie Wejściem do spirali jest ciasne krążenie, podobne do tego z Sekcji 3.1.3. Załóżmy, że krążymy w prawo, prawa sterówka jest ściągnięta do poziomu karabinka, lewa sterówka lekko zaciągnięta, ciężar ciała przeniesiony mocno na prawo. Odczuwamy silny zakręt i siłę odśrodkową, prawy stabil skrzydła przesuwa się po horyzoncie, zaś lewy jest pionowo nad nim, w kierunku zenitu. Pionowa oś wokół której się obracamy znajduje się parę lub paręnaście metrów za skrzydłem (nad pochyloną do środka zakrętu głową pilota), w płaszczyźnie linek paralotni. Większość prędkości postępowej skrzydła odpowiada za prędkość obwodową po okręgu, opadanie jest względnie małe (2–3 m/s). Wektor prędkości postępowej skrzydła jest skierowany z grubsza poziomo, w kierunku lotu (na wprost). Kąt spirali wynosi w tym momencie 90.

Wejście w spiralę Wejście w spiralę wymaga dalszego zacieśnienia spirali. Spowoduje to, że górny (lewy) stabil skrzydła zacznie opadać ku przodowi, a kąt spirali spadnie poniżej 90, powiedzmy do 60. Skrzydło nabiera teraz rozpędu, siła odśrodkowa znacznie rośnie, my czujemy się wbici w deskę uprząży. O ile nie skontruujemy naszego ruchu i nie odpuścimy minimalnie spirali to prawdopodobnie skrzydło będzie chciało wejść dalej w kierunku spirali upadkowej. Z drugiej strony nie chcemy pozwolić skrzydłu nagle całkowicie wyjść ze spirali (o tym zaraz), więc nie możemy spanikować i całkowicie odpuścić prawej sterówki. Najlepiej jest w tym momencie trzymać ciało i prawą ste-

rówkę tak jak były, a dodać nieco lewej sterówki by przyhamować opadanie lewego stabila ku dołowi.

W takim krążeniu przy kącie spirali rzędu 60 skrzydło zbliżyło się do pionowej osi obrotu całego układu. Prędkość postępową skrzydła jest zgodna z Obserwacją 9 co oznacza, że jest ona skierowana na przód i ku dołowi. To ta pionowa składowa prędkości skrzydła odpowiada za nasze odczucie przyspieszenia i nabrania energii. Prędkość opadania może teraz wynosić około 4 m/s. Środek krawędzi natarcia płata (nazywany dalej *logo*) porusza się po krzywej śrubowej (korkociągu) o nachyleniu 60 wokół pionowej osi obrotu układu. Patrząc od góry krzywa ta to okrąg, poruszamy się po nim zgodnie z ruchem wskazówek zegara.

Kontrola kąta spirali Naszym celem jest tak wyćwiczyć nasze reakcje by móc w pełni kontrolować kąt spirali w zakresie 0–90. Zacieśniając spiralę zmniejszamy ten kąt, zaś odpuszczając go zwiększamy. Kąt spirali ma bezpośrednie przełożenie na nachylenie krzywej śrubowej po której się poruszamy — im mniejszy kąt tym ciaśniejsze krążenie i większe opadanie.

Spirala upadkowa Jeżeli nie skontruujemy chęci skrzydła do pogłębiania spirali to dostaniemy się do spirali upadkowej. W tym przypadku kąt spirali spada do 0, krawędź natarcia skrzydła jest pozioma, skierowana w dół w stronę ziemi, a my siedzimy twarzą do ziemi (odruchowo zadzieramy głowę, przez co widzimy głównie skrzydło i krążący za nim horyzont). Prędkość opadania może teraz wynosić 12–20 m/s, siła wbijająca nas w uprząż jest bardzo mocna. Krzywa śrubowa po której poruszało się logo zacieśniała się, aż do momentu gdy stała się ona pionowa — logo porusza się pionowo w dół, a cały układ obraca się wokół osi pionowej przechodzącej przez środek naszego płata. Nasze ciało porusza się po krzywej śrubowej, w odległości równej długości linek paralotni od pionowej osi obrotu układu. Ze względu na rotację skrzydła wokół osi przechodzącej przez środek płata, możemy obserwować lekkie łopotanie lewego stabila — jego prędkość obrotowa powoduje, że wchodzi na ujemne kąty natarcia.

Wektor prędkości skrzydła skierowany jest teraz pionowo w dół, cała generowana przez nie siła nośna jest równoważona przez pozorną siłę odśrodkową działającą na nasze ciało. Natomiast nasz ciężar (siła grawitacji skierowana pionowo w dół) jest równoważony przez opory (drag) płata. Proporcja siły nośnej do oporów jest równa doskonałości skrzydła. Więc z grubsza taka też

jest proporcja siły odśrodkowej do naszego ciężaru (czyli wartość przeciążenia g). Tłumaczy to dlaczego bardziej sportowe skrzydła o większym wydłużeniu wchodzi w szybciej opadającą spiralę, która mocniej wbija nas w fotel.

Spirala upadkowa to jest koniec skali — gdy już się w niej znajdziemy, nie mamy możliwości dalszego pogłębiania krążenia. Jedyne co możemy zrobić to zacząć odpuszczać spiralę (np. poprzez lekkie zaciągnięcie lewej sterówki) by skrzydło zaczęło płynnie wychodzić ze spirali. Wychodzenie to przebiega tak samo jak do niej weszliśmy: kąt spirali zacznie stopniowo rosnać, a prędkość opadania maleć.

Zablokowanie w spirali Istnieją doniesienia o tym, że niektóre skrzydła mają tendencję do pozostania w spirali upadkowej pomimo pełnego odpuszczenia obu sterówek i przeniesienia ciała na środek uprzęży. Zdania co do tego zjawiska są podzielone, część instruktorów uważa, że takie zablokowanie wynika z niepełnego odpuszczenia sterówek (np. ze względu na dużą siłę działającą na rękę) lub niepełnego wrócenia ciałem na środek uprzęży (ze względu na bezwładność i szok). Na pewno znane są przypadki pilotów którzy stracili przytomność w spirali i ich bezwładne ciało pozostawało w spirali (czy to na skutek ręki dociążającej sterówkę, czy ciała które opadło do wnętrza spirali).

Niezależnie od tego czy wierzymy w możliwość zablokowania się w spirali czy nie, zawsze jest możliwe aktywne wyprowadzenie skrzydła ze spirali poprzez użycie zewnętrznej (w naszym przypadku lewej) sterówki. Należy to zrobić uważnie, ze względu na opisany poniżej efekt *rapid exit*.

Stabilność Na wielu skrzydłach spirala jest figurą niestabilną. Skrzydła takie, wprowadzone do spirali mają tendencję do jej samoczynnego pogłębiania, zaś gdy wytrącimy je ze spirali upadkowej zaczynają samoczynnie z niej wychodzić. Dodatkowo reakcje skrzydła są często opóźnione: potrzeba nawet pół obrotu by skrzydło w pełni zareagowało na nasze zacieśnienie lub odpuszczenie.

Powyższe przyczyny powodują, że kontrola kąta spirali jest trudnym zadaniem. Przydatna do tego jest lewa sterówka, na której mamy zauważalnie większy zakres sterowania niż na prawej. Należy przyzwyczać się do opisanego powyżej opóźnienia i antycypować zachowanie skrzydła. Bardzo ważną wskazówką jest dla nas kontrola lewego stabila — to od jego położenia zależy kąt spirali i to jego dynamikę góra–dół staramy się kontrolować.

Rapid exit Najniebezpieczniejszą konsekwencją opisanej niestabilności jest tzw. *rapid exit*. Gdy uda nam się już wytrącić skrzydło ze spirali (upadkowej lub nie), to będzie miało ono tendencję do szybkiego i całkowitego wyjścia ze spirali. Kąt spirali drastycznie wzrośnie do 90, po czym skrzydło przejdzie za nasze plecy, a my będziemy wystrzeleni po wahadle po skosie do przodu i w górę. Z dużym prawdopodobieństwem skrzydło za naszymi plecami nie będzie w pozycji poziomej, co zagraża niesymetrycznym przestrzałem. Jeżeli wiemy co robimy, to możemy próbować wypoziomować je, dociągając lekko prawą sterówkę (zwykle po tym wystrzale skrzydło ma lewy stabil niżej, a prawy wyżej).

Energia kinetyczna zmagazynowana w naszym ciele przy spirali upadkowej z prędkością 20 m/s wystarcza na „wystrzał” w górę na wysokość nieco³ ponad 20 m. To jest ponad dwukrotność długości linek paralotni! Oczywiście część energii rozproszy się w trakcie wychodzenia, ale wciąż możemy się znaleźć daleko z przodu przed/nad skrzydłem.

Kolejnym etapem po takim wystrzale będzie próba odzyskania przez skrzydło prędkości postępowej — skrzydło ruszy do przodu, przeleci nad naszą głową, po czym skoczy przed nas. W skrajnym przypadku może spaść z przodu pod nasze nogi, co zaowocuje cukierkiem. Zdania są podzielone na ile to jest realna możliwość, wg. niektórych instruktorów by wychodząc ze spirali skrzydło strzeliło pod nogi konieczne jest jego dodatkowe zaciągnięcie (w zasadzie przeciągnięcie) za plecami. By uniknąć cukierka (jeśli już dojdzie do wystrzału), należy z dużą dynamiką hamować przestrzelające nas skrzydło, jak opisano w Sekcji 2.9.2.

Opisana powyżej figura nazywa się *rapid exit* i bywa ćwiczona na treningach SIV. By zmaksymalizować energię dodatkowo dodaje się tam lewą sterówkę w momencie odpuszczenia prawej. Jest to jednak figura dość niebezpieczna i część instruktorów w ogóle nie zaleca jej trenowania.

Płynne wyjście Idealnym sposobem wyjścia ze spirali jest stopniowe zwiększanie jej kąta, aż do osiągnięcia 90 w łagodny sposób. Przy pierwszych próbach wykonywania spirali należy zakładać, że to wyjście nie będzie płynne: kąt raptownie wzrośnie do 90 i skrzydło będzie chciało nas wystrzelić. By w takiej sytuacji uniknąć *rapid exitu*, należy w momencie gdy kąt spirali osiągnie ~ 90 , raptownie zacieśnić spiralę (dociągnąć prawą sterówkę z po-

³Zależność od prędkości jest tu kwadratowa, przy opadaniu 10 m/s wystrzał ma maksymalną wysokość teoretyczną rzędu 5 m.

wrotem do karabinka i dołożyć ciężaru ciała na prawą stronę). Ze względu na zmagazynowaną energię, skrzydło nie będzie teraz skłonne by od razu z powrotem wejść w spiralę, zamiast tego będzie stopniowo wytracać energię w ciasnym krążeniu. Zaleca się by to wytracanie energii (nazywane też *bleeding*) trwało przynajmniej jeden pełny obrót wokół osi pionowej — powinniśmy w tym czasie płynnie luzować prawą sterówkę, kontrolując spadającą energię układu.

4.3 Utrata przytomności

Wielu pilotów czuje się źle w spirali, niektórzy są na granicy omdlenia, zdarza się też chwilowa utrata widzenia. Z tego powodu spiralę należy trenować stopniowo, ucząc się kontrolowania jej kąta. Najlepiej byłoby najpierw opanować w pełni spiralę w zakresie kątów 90–45, a dopiero później ćwiczyć spirale głębsze. Niestety, nie zawsze jest to możliwe, często już przy pierwszej próbie wykonania spirali niechcący wchodzimy (na chwilę) w spiralę upadkową.

By uniknąć złego samopoczucia i omdleń warto dbać o dotlenienie mózgu w trakcie spirali. W tym celu możemy przyspieszyć oddech, warto też spiąć mięśnie brzucha i ud — przepompuje to krew do górnej części ciała. Ćwiczenia przeciążeń „na sucho” na huśtawkach i innych „kręciołkach” dostępnych na placach zabaw też wydają się pomagać. Jeżeli natomiast ktoś wie, że ma tendencję do utraty przytomności, to powinien zachować dodatkową ostrożność przy ćwiczeniu spirali.

Triki Istnieją sposoby ograniczania przeciążeń w trakcie spirali. Zawodnicy używają spadochroników *anti-G* do przyhamowywania skrzydła w spirali, niektórzy sugerują też robienie spirali z założonym po zewnętrznej stronie uchem.

4.4 Autorotacja

Autorotacja (nazywana też czasami SAT) to stan gdy znajdujemy się jakby w spirali, ale oś obrotu znajduje się pomiędzy skrzydłem a pilotem. Zarówno pilot jak i skrzydło dalej poruszają się do przodu po liniach śrubowych, patrząc od góry zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Tym razem jednak znajdują się po przeciwstawnych stronach osi obrotu.

Gdy dostaniemy się w autorotację zaczynając od zakrętu w prawo, to (po przejściu przez fazę spirali upadkowej, jak wyżej), lewy stabil pozostanie na

linii horyzontu, zaś prawy podniesie się do góry.

Definicja 11. *W przypadku autorotacji mówimy, że jej kąt spirali to wartość kąta przy lewym stabilu pomiędzy krawędzią natarcia a horyzontem, pomnożona przez -1 .*

Zakres kątów przy autorotacji to od -0 (czyli spirala upadkowa) do -90 , gdy prawy stabil znajduje się pionowo w górze nad lewym.

W autorotacji pilot krąży dalej po linii śrubowej nawiniętej „do przodu”, ale jego ciało jest skierowane zgodnie z położeniem krawędzi natarcia skrzydła. Powoduje to, że kręcimy się „w tył” — wektor prędkości liniowej pilota jest skierowany za jego plecy. Ponieważ prędkość postępową skrzydła zaczyna znów mieć zauważalną składową poziomą, nasze opadanie spada do $3\text{--}4$ m/s. Kątowa prędkość obrotowa może być jeszcze większa niż w spirali upadkowej, ale ze względu na mały promień krążenia (oś obrotu jest blisko pilota) odczuwana siła odśrodkowa jest relatywnie mała. Oprócz dziwnego odczucia krążenia „w tył”, jest to relatywnie przyjemny stan lotu.

Kontrola autorotacji przebiega tak samo jak kontrola spirali: zacieśnianie spirali zmniejsza kąt (w skrajnym przypadku możliwy jest kąt bliski -90), zaś odpuszczanie go zwiększa w stronę 0 , czyli z powrotem spirali upadkowej. Wyjście z autorotacji jest relatywnie proste, wystarczy odpuścić prawą sterówkę by przejść do kąta spirali 0 . Wejście do autorotacji jest trudniejsze.

Świadoma autorotacja Świadome wejście w autorotację to figura nazywana SAT. By do tej figury wejść, należy stanowczo dociągnąć prawą sterówkę dokładnie w momencie gdy skrzydło zaczyna wchodzić w spiralę (około kąta spirali 45). Zrobienie tego za słabo wprowadzi nas w głębszą spiralę, potencjalnie upadkową (musimy umieć z niej wyjść, z tego stanu lotu nie da się przejść do SAT'a). Zrobienie zbyt mocno może doprowadzić do niebezpiecznej negatywki w zakręcie. Dodatkowo, by zachować przez cały czas trwania figury weightshift do wewnątrz zakrętu (na prawą stronę), instruktorzy zalecają odepchnięcie się wyprostowaną lewą ręką od lewych taśm paralotni. Na prawej ręce można nawinąć sterówkę, by skrócić drogi sterowania i operować większą siłą w środkowym zakresie zaciągnięcia.

Warto tę figurę ćwiczyć pod okiem instruktora nad wodą. Koniecznie trzeba też wcześniej dobrze opanować wchodzenie i wychodzenie ze spirali, łącznie ze spiralą upadkową.

Autorotacja po klapie Autorotacja jest też często osiągnięta niechcący na skutek klapy. Przy dużym krawacie z prawej strony, jeśli nie przyhamujemy lewej strony skrzydła, może ono mieć tendencję do wejścia w autorotację w prawo. Najpierw znacząco przyspieszy i przejdzie przez krótką fazę spirali upadkowej, po czym obróci się dalej i znajdzie się w autorotacji, z zaklapioną prawą stroną skierowaną ku górze. Nie należy się dać wtedy zmylić, pomimo krążenia „w tył”, wyprowadzamy skrzydło z tego stanu poprzez użycie lewej sterówki.

Przy wyjątkowo dużych klapach opisana powyżej autorotacja może nie dawać się normalnie wyprowadzić: hamowanie lewą sterówką jest albo za słabe (skrzydło pozostaje w autorotacji), albo zbyt mocne, co natychmiast przeciąga lewą stronę skrzydła. Pewnym wyjściem z tej sytuacji może być wtedy full stall i przejście do back fly, z nadzieją, że pozwoli to ustabilizować układ i wyprowadzi klapę. Warto też w takiej sytuacji rozważyć użycie zapasu. Zgodnie z komentarzem z Sekcji 2.9.5, powyższy scenariusz skrajnie niestabilnego zachowania jest raczej mało prawdopodobny w przypadku skrzydeł niższych kategorii.

4.5 Paka w rotacji

Oprócz awaryjnych sytuacji blisko ziemi, większość przypadków użycia paki ma miejsce w jakimś rodzaju rotacji — co do zasady, skrzydło które nie rotuje leci, więc nie ma potrzeby rzucania zapasu. Zachowanie paki zależy od rodzaju rotacji.

W silnej rotacji siły odśrodkowe mogą znacznie przekraczać siłę grawitacji. Implikuje to niższą uwagę.

Uwaga 12. *Zasadniczą siłą działającą na nasz pakunek rzucony w rotacji jest siła odśrodkowa.*

Dodatkowo, część kopert jest tak skonstruowana, że otwierają się dopiero pod całym ciężarem zapasu (przy przeciążeniu rzędu 1g). Oznacza to, że nawet sprytnie dobierając kierunek rzutu zapasu, musimy liczyć się z tym, że koperta otworzy się dopiero gdy linki łączące nas z kopertą się w pełni napną. Uwaga 12 implikuje, że do tego czasu zapas będzie przyspieszał na zewnątrz rotacji — w dal względem osi obrotu.

Powyższy komentarz nie ma sugerować, że nie ma znaczenia gdzie rzucimy zapas — możemy liczyć, że rzut będzie tak silny, że zapas otworzy się od samej siły rozpędu w kierunku w którym go rzucimy. Teorii dotyczących tego jak go

rzucać jest wiele (w przód obrotu, na zewnątrz, w dół, ...). Ich skuteczność zależy od tego na ile łatwo otwiera się nasza koperta i na ile szybko napełni się schowany w niej spadochron.

Niezależnie od kierunku rzutu, są dwie zasadnicze różnice zależne od tego gdzie przebiega oś obrotu całej rotacji.

4.5.1 Paka w spirali

W przypadku spirali sytuacja jest prosta: patrząc od strony pionowej osi obrotu układu, najpierw widzimy skrzydło (w spirali upadkowej znajduje się ono dokładnie na osi obrotu), dalej są linki, a jeszcze dalej od osi pilot w uprzęży. Paka rzucona w spirali, pod wpływem siły odśrodkowej, odleci jeszcze dalej na zewnątrz obrotu i tam się otworzy. Szanse zaplątania się paki w skrzydło lub linki są znikome. Ze względu na znaczne prędkości postępowe i opadania, otwarcie to nastąpi bardzo dynamicznie.

Z powyższych przyczyn, wielu instruktorów wręcz zaleca by próbne rzucanie paki (nad wodą) wykonywać w spirali, a nie w swobodnym locie, bo prawdopodobieństwo poplątania lub częściowego otwarcia jest niskie.

4.5.2 Paka w autorotacji

W przypadku autorotacji (szczególnie głębokiej, przy kącie spirali znacznie mniejszym niż 0) sytuacja wygląda inaczej. Oś obrotu znajduje się blisko pilota, zaś po przeciwnej jej stronie rotują linki i dalej skrzydło. Rzucony zapas odleci w dal od osi rotacji, w tył od pilota.

W momencie otwarcia, odległość paki od osi obrotu będzie równa odległości pilota od tej osi plus długość linek paczki. Często jest to mniej niż odległość skrzydła od osi obrotu. Wobec tego, po półobrocie całego układu (180) skrzydło znajdzie się w miejscu gdzie właśnie otwiera się zapas i splączę go. Duża kątowa prędkość obrotowa sprawia, że tym szybciej układ wykona to pół obrotu. Dodatkowo mała prędkość liniowa i mała prędkość opadania sprawiają, że paka wcale nie będzie się chciała dynamicznie otwierać.

Z powyższych przyczyn, rzucanie paki w autorotacji bardzo często kończy się jej splątaniem. Instruktorzy SIV wręcz wprost mówią, że często nie wydają komendy „paka” gdy widzą, że pilot znajduje się w autorotacji. Zaleca się by w takim stanie lotu za wszelką cenę wyprowadzić paralotnię z autorotacji, choćby miało to oznaczać przeciągnięcie albo przejście do spirali upadkowej. Dopiero wtedy rzucenie paki daje znaczące szanse na jej poprawne otwarcie.

Klauzula 13. *Każda sytuacja jest oczywiście inna, paka rzucona w auto-rotacji ma jednak pewną szansę się otworzyć, a nawet paka która wpadła w skrzydło może wyhamować rotację. Dlatego powyższe rady należy traktować jako ogólne wskazówki, a nie ściśle wytyczne.*

5 Wiatr

Definicja 14. *Wiatr nazwiemy równoległym gdy poszczególne cząsteczki powietrza poruszają się po równoległych torach z tą samą prędkością.*

Taki wiatr można by też nazwać laminarnym, chociaż to słowo ma w matematyce nieco inne znaczenie. Warto zauważyć, że ów kierunek ruchu cząsteczek nie musi być poziomy — wiatr żaglowy na klifie też jest równoległy, chociaż ma składową pionową.

Zwykle jest tak, że wiatr który obserwujemy jest równoległy. Wyjątki obejmują:

1. Rotory za przeszkodami takimi jak: góry, kominy termiczne, zabudowania, inne gładki.
2. Kominy (traktowane jako część ogółu otaczającego nas powietrza).
3. Wiatr dolinowy, który nasila się im bliżej dna doliny.
4. Efekt Venturi, gdzie wiatr loklanie przyspiesza w przewężeniach dolin lub nad szczytami.
5. Wiatr słabnący blisko samej ziemi, na wysokości 10–15 m.
6. „Ściery” wiatru na różnych wysokościach, szczególnie w okolicy inwersji lub podstawy chmur. Widać je dobrze na strzałkach w sondażu pionowym atmosfery (ang. *sounding*), warto sprawdzić przed lotem. Gdy natrafimy na taką ściere warto zapamiętać aktualną wysokość — z dużym prawdopodobieństwem sytuacja się powtórzy w dalszej części lotu.
7. Płynne odchylenie się wiatru zgodnie ze wskazówkami zegara (na naszej półkuli) wraz z wysokością, wynikające z siły Coriolisa (np. wiatr W na 900 m n.p.m., NW na 2000 m i N na 3500 m).

Twierdzenie 15. *Podczas lotu w wietrze równoległym, w układzie odniesienia powietrza, parolotnia zachowuje się w sposób niezależny od siły i kierunku tego wiatru.*

Dowód. Pierwsza zasada dynamiki Newtona. □

Powyższe twierdzenie oznacza, że zachowanie się parolotni **względem powietrza** jest niezależne od tego czy leci z wiatrem czy pod wiatr. W szczególności, teorie o klapach wychodzących gorzej pod wiatr, czy tym że parolotnia nie chciała wejść w zakręt gdy lecieliśmy z wiatrem (i ta dramatyczna wizja cząsteczek wiatru opływających skrzydło od tyłu do przodu...) to jedynie złudzenia optyczne.

5.1 Względem ziemi

Jako piloci przywykliśmy do przyjmowania układu odniesienia ziemi. Oczywiście Twierdzenie 15 przestaje być wtedy prawdziwe. Właśnie stąd biorą się liczne legendy o zachowaniu skrzydła w zależności od wiatru. Dobrze ilustruje to następujący przykład.

Przykład 16. *Przyjmijmy wiatr wiejący poziomo 35 km/h z S oraz parolotnię poruszającą się 35 km/h względem powietrza w kierunku N (czyli z wiatrem). Wypadkowa prędkość parolotni względem ziemi to 70 km/h na kącie 0 (czyli w kierunku N).*

Załóżmy teraz, że pilot dokonał zakrętu w prawo o 60 z zachowaniem prędkości 35 km/h względem powietrza. Wypadkowa prędkość parolotni względem ziemi wynosi teraz około 60 km/h na kącie 30. Oznacza to, że pomimo skręcenia parolotni o 60, wypadkowa prędkość zmieniła się zaledwie⁴ o 30!

W tym sensie faktycznie parolotnia lecąca z wiatrem skręca gorzej, gdy ów zakręt ma np. doprowadzić do ominięcia jakiejś nieruchomej względem ziemi przeszkody.

5.2 Na żaglu

Złudzenie wynikające z myślenia o ruchu parolotni w układzie odniesienia ziemi jest szczególnie duże przy lotach żaglowych. Wyobraźmy sobie sytuację

⁴Proporcja 2:1 pomiędzy kątami wynika z doboru prędkości wiatru równej prędkości parolotni, przy innych prędkościach i kątach może być inna.

gdy spora grupa pilotów unosi się nad krawężnikiem przy prostopadłym do krawężnika wietrze o prędkości 30 km/h. Oznacza to, że prędkości skrzydeł względem ziemi są rzędu paru km/h (czy to wzdłuż krawężnika, czy w kierunku przedpola). Powoduje to poczucie, że wszystko dzieje się powoli i łatwo jest manewrować wśród pozostałych skrzydeł.

Sytuacja jednak radykalnie zmienia się gdy któryś z pilotów postanowi odejść na przedpole, a następnie wrócić do kolejki. W momencie gdy zwróci się on z wiatrem w kierunku pozostałych skrzydeł nagle (i „niespodziewanie”) jego prędkość względem pozostałych pilotów wzrośnie do ponad 60 km/h. Przykład 16 oznaczać będzie dodatkową trudność w ominięciu niemal nieruchomych skrzydeł. Należy być wyczulonym na takie sytuacje i dobrze rozjeździć się przed dokonaniem zakrętu „z wiatrem”.

5.3 Ocena prędkości wiatru

W zasadzie w każdym momencie lotu powinniśmy mieć szacunkowe pojęcie skąd wieje wiatr i z jaką prędkością.

Najprecyzyjniejszy sposób to użycie aplikacji opartej o GPS — gdy wykonamy kilka pełnych i jednostajnych obrotów to aplikacja sama uśredni nasz dryf. Odczyt ten przestaje być wiarygodny jeśli nasze krążenie nie jest jednostajne (np. gdy podlatujemy pod wiatr, co często jest konieczne w kominie termicznym).

Powyższa metoda wymaga utrzymania się w danym miejscu przez parę kółek, co może się wiązać ze stratą wysokości i czasu. Siłę wiatru można zgrubnie ocenić sprawdzając aktualną prędkość postępową i porównując z prędkością trymową. Daje nam to ogólny obraz czy lecimy bardziej z wiatrem czy bardziej pod wiatr. Warto o tym pamiętać wlatując w głąb wciętej górskiej doliny — jeżeli bez użycia speed systemu nasza prędkość względem ziemi przekracza 50–60 km/h to należy się liczyć z tym, że będziemy mieć trudność z wyleceniem z tej doliny.

Lecąc na wprost i porównując wypadkowy kierunek naszej prędkości według GPS z odczytem kompasu (najlepiej elektronicznego) można też ocenić odchyłkę kierunku wiatru — jest to przydatne gdy mamy wyznaczony cel i chcemy lecieć po możliwie krótkim odcinku, unikając zygzaka czy łuku.

Prędkość postępową paralotni rośnie wraz z wysokością (spada gęstość powietrza). Już na wysokościach rzędu 3000 m n.p.m. prędkość trymowa osiąga 40 km/h. Widząc taki odczyt wielokrotnie podczas lotu można odnieść wrażenie, że „wieje ze wszystkich stron naraz”. Jest to tylko złudzenie, po

prostu zmieniała się prędkość trymowa.

Latając tam i nazad na żaglu mamy do dyspozycji dwie prędkości GPS — przy locie „w prawo” i „w lewo”. Porównanie ich daje nam informację o odchyłce wiatru względem zbrocza. Jest to istotna wiedza przy mijaniu żeber, szukaniu termiki, podchodzeniu do *top-landingu* itp.

5.4 Wiatr a kominy

Wiatr spycha kominy co powoduje, że są pochyle: im wyżej tym bardziej komin jest zdryfowany z wiatrem. Krążąc w takim kominie tracimy wysokość względem wznoszącego się powietrza, więc stopniowo wypadamy „od dołu” na zawietrzną stronę komina. By tego uniknąć powinniśmy regularnie (czasami nawet co zakręt) przedłużać lot pod wiatr, by odzyskać położenie blisko osi komina.

Zawietrzna komina to wyjątkowo nieprzyjemne miejsce — opadające wokół komina powietrze opada tam najszybciej i na największej powierzchni. Dodatkowo, powstają tam rotory wywołane przez opływający komin wiatr. Jeśli wypadniemy na tę zawietrzną to możemy się liczyć ze znacznymi turbulencjami i ryzykiem fronta. Jeśli w pobliżu jest zbrocze (znajdziemy się pomiędzy kominem a zbroczem) to sytuacja robi się szczególnie niebezpieczna.

Wyobraźmy sobie, że lecimy w swobodnym powietrzu pod wiatr. Liczymy na znalezienie noszenia, jednak zanim w taki komin wlecimy, to znajdziemy się na jego zawietrznej. Odczuwamy to jako nagły wzrost opadania, poczuwamy też turbulencje na skrzydle. Często w tych warunkach nasza prędkość postępowania dodatkowo spada, nawet o kolejne 10 km/h w porównaniu z prędkością przed zbliżeniem się do komina (uważa się, że wynika to z efektu Venturi wiatru oblatującego komin). O ile tylko napotkane turbulencje są dla nas akceptowalne to nie należy uciekać z tego miejsca w bok — zamiast tego lepiej utrzymać kierunek i wcisnąć speed system, starając się jak najszybciej znaleźć we wnętrzu czekającego na nas komina.

6 Podziękowania

Zebrane tu informacje pochodzą z rozmaitych źródeł. Część to jedynie opinie czy porady. Chciałbym podziękować osobom, które pomogły mi zrozumieć pewne rzeczy, albo podzieliły się swoim doświadczeniem. Nie należy tej listy traktować jako podpierania się czyimś autorytetem, to są jedynie podzięko-

wania, bo od każdej z tych osób się czegoś nauczyłem (czy to bezpośrednio, czy pośrednio, np. przez youtube). Kolejność alfabetyczna:

- Jarek Borowiec,
- Klaudia Bułhakow,
- Michał Gierlach,
- Mikołaj Kocot,
- Ari DeLashmutt,
- szkoła El Speedo.

Wymieniam tylko osoby o największym wkładzie w zebrane tu materiały, przepraszam jeśli ktoś poczuł się pominięty.