

# Buzun, Henryk

---

## Spór o sposób obliczania pracy mechanicznej potrzebnej do utrzymania ciał w powietrzu

---

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 4/4, 675-711

---

1959

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

*Henryk Buzun*

## SPÓR O SPOSÓB OBLICZANIA PRACY MECHANICZNEJ POTRZEBNEJ DO UTRZYMANIA CIAŁ W POWIETRZU

Na ogół w artykułach poświęconych dziejom nauki przyjęto omawiać zdobycze i sukcesy osiągnięte na drodze jej rozwoju. Przemilcza się natomiast niepowodzenia, mniejsze lub większe porażki i błędy. Sądzę jednak, że i nieudane prace w dużym stopniu przyczyniają się do rozwoju nauki, do lepszego jej zrozumienia i pogłębienia, uczymy się bowiem może najlepiej na swoich i cudzych błędach. W wielu przypadkach odzwierciedlają one stopień opanowania i umiejętności posługiwania się tą lub inną dziedziną wiedzy przez ogół ludzi poświęcających się zagadnieniom naukowym. Stanowią swego rodzaju tło, uwypuklające wyraźnie i plastycznie drogę, po której w swym rozwoju kroczyła nauka. Niewątpliwie ułatwiają zrozumienie trudności, jakie nieraz musiała przezwyciężyć twórcza myśl naukowa.

Przeglądając materiały dotyczące prac Polaków w dziedzinie mechaniki, natrafiłem na dyskusję w sprawie obliczania pracy mechanicznej potrzebnej do utrzymania ciał w powietrzu. Spór ten może i nie zasługiwałby na uwagę, bowiem nie wniósł nic nowego do nauki. W połączeniu jednak z problemem lotu mechanicznego, w którym zagadnienie energii mechanicznej potrzebnej do utrzymania ciał w powietrzu odgrywało w swoim czasie bardzo ważną rolę, stanowi pewną ciekawostkę. Poza tym zaś spór ten jest dokumentem stwierdzającym nasze zainteresowanie zagadnieniami żeglugi powietrznej i nasze usiłowania rozwiązania problemu lotu mechanicznego. Uwypukla się w nim wreszcie poziom wiedzy mechanicznej naszych inżynierów na przełomie XIX i XX wieku.

Cechą charakterystyczną sporu są nieporozumienia, spowodowane nie dość ścisłym sformułowaniem założeń rozwiązywanych zagadnień, oraz pewien chaos w pojmowaniu i posługiwaniu się zasadni-

czymi pojęciami i twierdzeniami mechaniki ogólnej. Spotykamy w nim niektóre nowe pojęcia oraz pewne analogie, za pomocą których usiłowano wtłoczyć nowe fakty doświadczalne w ramy istniejących teorii lub w oparciu o te teorie podważyć wartość uzyskanych wyników doświadczalnych. Są to obrazki, powiedziałbym, swojego rodzaju spekulacji, zmierzającej do „naukowego“ uzasadnienia zjawisk wyłamujących się spod istniejących teorii.

Wyłuszczone przesłanki zachęciły do podjęcia tematu. Chcąc dać czytelnikowi możliwie pełny obraz powstania i przebiegu sporu przytaczam go w dość obszernym streszczeniu.

W 1903 r. w Towarzystwie Austriackich Inżynierów i Architektów w Wiedniu inżynier austriacki A. Budau wygłosił odczyt o prawach mechanicznych lotu. W czasopiśmie „Zeitschrift des oesterreichischen Ingenieur- und Architekten Vereines“ w artykule *Die mechanischen Grundgesetze der Flugtechnik*<sup>1</sup> została opublikowana treść powyższego odczytu. Wyprowadził tu Budau wzór na pracę mechaniczną (moc) potrzebną do utrzymania ciał w powietrzu. Zarówno odczyt jak i artykuł wzbudziły ogólne zainteresowanie. Dzisiaj to zainteresowanie tym pozornie prostym zagadnieniem może się wydać niezrozumiałe. Nie zdajemy sobie nawet sprawy, że było ono wówczas jednym z podstawowych zagadnień w problemie żeglugi powietrznej, od wieków pasjonujących ludzkość. Zrozumienie roli tego zagadnienia wymaga cofnięcia się wstecz i uprzytomnienia, że jeszcze w ubiegłym stuleciu panowała prawie wszechwładnie inna niż dzisiaj teoria lotu.

Usiłowania ludzkie zmierzające do zawładnięcia przestworzami powietrznymi od samego zarania skierowane były na naśladowanie lotu ptaków. Wystarczy przypomnieć legendarnego Dedala, jego syna Ikara i dalszy poczet śmiałków na Blanchardzie kończąc (1783 r.), którzy latać chcieli za pomocą sztucznych skrzydeł. Lot ptaków objaśniano dawniej tak: ptak dzięki dostatecznie mocnym i częstym uderzeniom skrzydeł o powietrze opiera się na nim i w ten sposób wywołuje oddziaływanie pionowe równe lub większe od swego ciężaru. Było to podstawowe założenie tzw. „ortopterycznej teorii lotu“. Pojęcie szybowania w powietrzu było w owych czasach nieznane i tylko wyjątkowym umysłem, jak np. Leonardo da Vinci, nie było ono obce. Tradycja głosi, że w końcu wieku XV Danti z Perugia skakał na ramie obciążonej płótnem z wysokiej skały i wy-

<sup>1</sup> „Mechaniczne podstawy lotu“, nr nr 42—43 z 1903 r.

konał z powodzeniem pierwszy lot szybowcowy nad jeziorem Trażymeńskim. Próba ta, będąca zarodkiem rozwiązania problemu lotu, pozostawiła po sobie ślady jedynie w legendzie.

Mylne poglądy, oparte na niedokładnej znajomości oporu powietrza doprowadzały inżynierów i naukowców do błędnej oceny energii potrzebnej do lotu. Tak więc np. Navier wyliczył, że energia zużywana podczas lotu przez jaskółkę wynosi 1/17 KM. Otrzymany wynik absolutnie nie odpowiadał fizycznym możliwościom tego ptaka, czego dowiodły badania histologiczne, które nie wykazały widocznych różnic w tkankach odpowiednich mięśni jaskółki i innych istot żyjących. Przytoczę tu jako ciekawy szczegół wyniki rachunku opartego na ortopterycznej teorii lotu, uzyskane przez Romana Gostkowskiego (1837—1910), profesora Politechniki Lwowskiej<sup>2</sup>. W 1894 r. w Towarzystwie Technicznym we Lwowie wygłosił prof. Gostkowski wykład *Mechanika lotu*<sup>3</sup>. Omawiając pierwszy okres dziejów żeglugi powietrznej, tj. lot człowieka za pomocą sztucznych skrzydeł, i zastanawiając się nad przyczynami niepowodzenia tych zakusów wykazał referent — jak pisał sprawozdawca<sup>4</sup> — „zręcznie przeprowadzonym rachunkiem, że człowiek, chcący latać jak ptak, musiałby mieć skrzydła o powierzchni 40 960 m<sup>2</sup>, a ważące najwyżej 32 kg. Jeden m<sup>2</sup> takich skrzydeł musiałby być 50 razy lżejszy od jednego m<sup>2</sup> skrzydeł motyli! Materii tak delikatnej, jakiej by potrzeba człowiekowi na skrzydła, nie ma i być nie może. Ale gdyby nawet wynaleziono — ustrój muskularny człowieka nie jest uzdolniony do władania takimi skrzydłami. Człowiek zatem nigdy latać nie będzie“.

Dopiero w drugiej połowie ubiegłego stulecia zaczęto bardziej dokładnie studiować lot ptaków. Badania te wykazały ścisły związek pomiędzy utrzymywaniem się ptaka w powietrzu a prędkością poziomą jego lotu. Rozpoczynają się wówczas badania nad oddziaływaniem powietrza na lekko zakrzywioną i nieco pochyloną do poziomu powierzchnię, poruszającą się wklęsłością naprzód. Dużą rolę odegrały tu doświadczenia Adera i Otto Lilienthala, słynnego kon-

<sup>2</sup> Roman Gostkowski, znany teoretyk i autor wielu prac w dziedzinie teorii ruchu kolejowego. Wykłady z tej dziedziny prowadził w Politechnice Lwowskiej od 1875 r. Poza swoją specjalnością z wielkim entuzjazmem oddawał się pracom teoretycznym w dziedzinie lotnictwa. W owych czasach na terenie Galicji był propagatorem i jednym z wybitniejszych teoretyków szkoły ortopterycznej. Profesor Bohdan Stefanowski ocenia prof. Gostkowskiego jako wybitnego teoretyka owych czasów, w dziedzinie zagadnień ruchu kolejowego „o głowę przerastającego ówczesnych speców kolejowych“.

<sup>3</sup> Por. sprawozdanie w „Przeglądzie Technicznym“, zeszyt marcowy z 1895 r., s. 62.

<sup>4</sup> Styl i pisownia we wszystkich cytatach zgodne z oryginałami.

struktora szybowcowego. Został stwierdzony fakt istnienia dwóch składowych całkowitego oporu aerodynamicznego ciała: oporu czołowego i siły nośnej. Wszystko to zachęciło konstruktorów i wynalazców do prób zbudowania maszyny latającej. Próby takie podjęli: Lippert w Wiedniu, Philips i Langley w Londynie, Hargrave w Australii, Edison w Ameryce. Pomysły te nie zyskały w tamtych czasach wielu zwolenników, chociaż żywo interesowały naukowców. Świat naukowy w przeważającej swej większości ustosunkował się negatywnie do zgłaszanych projektów połączenia „aeroplanu z silnikiem i śrubą propulsyjną bez balonu“. Jako jeden z argumentów przemawiających przeciwko tym pomysłom wykorzystywano właśnie teorię „siły wzlotu“. Tak więc w referacie w Akademii Nauk w Paryżu<sup>5</sup> z 1884 r. znajdujemy wyraźnie negatywny stosunek do tego rodzaju projektów i między innymi argumentami występuje również „siła wzlotu“. Zatem poprawne jej określenie miało duże znaczenie.

Wspomniane wyżej badania lotu ptaków wywarły zasadniczy wpływ na rozwój „latawców“. Stały się one źródłem nowej, współczesnej teorii lotu, opartej na wzmiankowanym wyżej fakcie istnienia siły nośnej i oporu czołowego. Wspominając o powstaniu współczesnej teorii lotu nie można ominąć osoby Stefana Drzewieckiego (1844—1938), jednego z pierwszych na miarę światową twórców teorii lotu mechanicznego<sup>6</sup>. Już w odczycie wygłoszonym 13 kwietnia

<sup>5</sup> Akademię Tresca w imieniu Dupuy de Loméa, Mareya, Rollanda i Jamina „Compte Rendus“, t. XVIII, s. 1155.

<sup>6</sup> Stefan Drzewiecki urodził się na Podolu. Początkowy okres pracy naukowej przypada na Petersburg. Potem Drzewiecki przeniósł się na stałe do Paryża, gdzie pozostał do końca życia. Zajął on tam zaszczytne miejsce w rzędzie inżynierów-naukowców zajmujących się teorią lotu. Jemu bezspornie przypisać należy inicjatywę tworzenia pomyślanych na szeroką skalę laboratoriów aerodynamicznych. W każdej ze swych prac odnoszących się do lotnictwa zwracał on uwagę na konieczność takich laboratoriów. W wydanej w 1909 r. w Paryżu broszurce *O pilnej potrzebie utworzenia laboratorium prób aerodynamicznych, mającego na celu dostarczanie awiatorom danych, potrzebnych przy budowie aeroplanów* pisał, że awiacja powołana jest w niedalekiej przyszłości do wywarcia zasadniczego wpływu na stosunki między ludźmi: Nikt nie może wątpić o jej wpływie ekonomicznym, politycznym, socjalnym i w ogóle cywilizacyjnym. Podobne laboratorium stać się powinno zakładem międzynarodowym i Francja, będąca kolebką awiacji, powinna stanąć na czele tego ruchu. Ta gorąca odezwa odniosła pożądany skutek i jeden ze zwolenników awiacji, przemysłowiec Deutsch, złożył pół miliona franków na założenie takiego laboratorium. Drzewiecki w wymienionej broszurce podał szczegółowy opis urządzenia laboratorium (rury aerodynamicznej) i program wszystkich doświadczeń.

Jeżeli Drzewiecki był jednym z pierwszych twórców konkretnych podstaw dzisiejszej teorii lotu, to był on bezsprzecznie pierwszym twórcą teorii śrub okrętowych (1892 r.), którą następnie uogólnił na śruby (śmigła) powietrzne (1909 r.).

1885 r. w Cesarskim Towarzystwie Technicznym w Petersburgu ustalił nasz znakomity rodak teoretyczne zasady lotu, wprowadzając wprost rewolucyjne — jak na owe czasy — pojęcia. Odczyt ten opublikowano w sprawozdaniach wymienionego Towarzystwa oraz wydano w osobnej broszurze<sup>7</sup>. Następnie w 1889 r. S. Drzewiecki powtórzył ten odczyt na Międzynarodowym Kongresie Aeronautycznym w Paryżu i ogłosił go w czasopiśmie „l'Aéronaute“ z listopada 1889 r. oraz w oddzielnej broszurze<sup>8</sup>.

W wymienionej pracy Drzewieckiego po raz pierwszy została wygłoszona w sposób jasny i zrozumiały zasada, że podczas lotu ptaka jego skrzydło zachowuje się jak szybowiec. Wyniki tej pracy można streścić w następujących punktach:

1. Utrzymanie się w powietrzu poruszającej się poziomo powierzchni jest bezpośrednim wynikiem składowej pionowej całkowitego oporu działającego na powierzchnię, spotykającą powietrze pod małym kątem nachylenia.

2. Cała praca, zużywana przez szybowiec, jest bezpośrednio zużywana na poruszanie poziome.

3. Minimum pracy, dającej maksymalną wartość „siły wzlotu“, uzyskuje się przy kącie pochylenia powierzchni do kierunku jej ruchu nieco mniejszym od  $2^{\circ}$  ( $1^{\circ}50'45''$ ).

4. Aby zapewnić postępowy poziomy ruch przyrządowi lotniczemu, trzeba nadać mu pewną określoną prędkość poziomą zależną od obciążenia. Z tego wynika, że szybowce bardziej obciążone muszą mieć większą prędkość niż szybowce mniej obciążone.

5. Praca potrzebna do ruchu szybowca jest proporcjonalna względem jego prędkości i ciężaru. Wynika stąd, że przy pewnej prędkości i najlepszym kącie nachylenia skrzydeł opór na jednostkę unieszonego ciężaru jest stały. Wynosi on 4 do 5% ciężaru szybowca, czyli pozioma siła jednego kg pozwoli unieść w powietrze 20 do 25 kg obciążenia.

Jeżeli do ustalonych wyżej warunków, które muszą być spełnione, aby zapewnić możliwość poziomego lotu szybowca, dodamy jeszcze odkryte przez Drzewieckiego prawo stateczności samolotu, to otrzymujemy zasadniczo wszystko, co jest potrzebne dla wytworzenia ogólnego pojęcia o zjawiskach lotu. W dalszych swych pracach o podstawowym znaczeniu, poświęconych zagadnieniom aerodyna-

<sup>7</sup> *Aeroplany w przyrodzie. Opyt nowoj teorii polota*. Petersburg 1887, s. 51.

<sup>8</sup> *Les oiseaux considerés comme des aéroplanes animés*, Paris 1889.

micznym, daje Drzewiecki trwałą podstawę teoretyczną lotu mechanicznego.

Powstająca nowa teoria lotu naturalnie spotkać się musiała i spotkała się z ostrą krytyką ze strony zwolenników teorii ortopterycznej.

U nas w Polsce z taką krytyką wystąpił prof. Antoni Hołowiński<sup>9</sup> (1842—1906). W recenzji broszury Drzewieckiego *Aeroplany w przyrodzie* pisał on<sup>10</sup>:

„Krytykując panującą obecnie teorię ortopteryczną lotu, autor twierdzi, że gdyby siła wzlotu była niezależna od pierwotnego rozpędu ptaka, a wpływała natomiast wyłącznie z pionowego oporu powietrza, przy opuszczaniu skrzydła z góry na dół (tak samo jak wiosła w wodzie), to ptaki cięższe nie mogłyby podźwignąć ciężaru własnego; albowiem energie rozporządzalne oraz rozmiary skrzydeł i doświadczalne ich prędkości styczne okazują się niewystarczającymi dla zrównoważenia siły wzlotu z ciężarem. Pomimo doniosłości tych zarzutów przeciwko teorii ortopterycznej, nowa teoria aeroplanu nie tłumaczy jednak, dlaczego rozpęd i prędkość pozioma nie zawsze są warunkami koniecznymi lotu. Tak więc np. widzimy często skowronki wzlatujące wprost pionowo do góry; jastrzębie szybujące nieraz bardzo długo w jednym miejscu przestrzeni itd. Podobne zjawiska naprowadzają mimowolnie na domysł, że wiadome prawa oporu powietrza nie są dość ścisłymi i że odnośne wzory pułk. Duchemina (na których się opiera rachunek autora) wymagają jeszcze ponownego sprawdzenia. Tę kwestię sporną mogłoby rozstrzygnąć tylko porównanie ścisłych rachunków p. Drzewieckiego z doświadczeniem mierniczym nad skrzydłami odciętymi lub nad innymi aeroplanami sztucznymi“.

A więc zagadnienia zrównoważenia „siły wzlotu“ z ciężarem ciała i energii potrzebnej do trzymania ciała w powietrzu przykuwały uwagę teoretyków w owych czasach. Zainteresowanie to było stale podsycane coraz to nowymi faktami doświadczalnymi. We wspomnianym już wykładzie prof. Gostkowskiego jest omówiony „nowy po-

<sup>9</sup> Antoni Hołowiński urodził się na Wołyniu. Szkołę średnią ukończył w Petersburgu, studia wyższe w 1863 r. w Szkole Centralnej w Paryżu. Po kilkuletnich studiach w Karlsruhe (u prof. Wiedemana) i w Heidelbergu (u prof. Bunsena) doktoryzował się we Freiburgu. Po powrocie do kraju był docentem fizyki w Szkole Głównej i przez krótki czas (1869—1870) wykładał w powstałym wówczas Uniwersytecie Warszawskim. Swoje prace naukowe ogłaszał głównie w „Przeglądzie Technicznym“ i „Wszecchwicie“. Były to prace z dziedziny fizyki, w szczególności z zakresu elektrotechniki. Ostatnie lata życia poświęcił pracy nad metodami badań rytmiki serca. Badania te prowadził wspólnie z drem J. Pawłowskim w szpitalu św. Ducha w Warszawie.

<sup>10</sup> „Przegląd Techniczny“, zeszyt styczniowy z 1888 r., s. 9.

myśl maszyn powietrznych“. Wystąpił z nim w 1893 r. inżynier Wellner. Ten nowy pomysł określa Gostkowski tymi słowami „maszyna Wellnera jest niczym innym, jak przyrządem do wydmuchiwania wielkiej ilości powietrza (wentylatorem). Wydmuchiwane powietrze z góry na dół ciśnię na warstwy, znajdujące się pod niem. Jeżeli maszyna wyrzuca w dół co sekundę więcej powietrza aniżeli go ująć może, natenczas prąd powietrza, wychodzący z maszyny, oprze się o powietrze nie mogące usuwać się dostatecznie szybko. Maszyna osiadzie więc niejako na prądzie, opierającym się na powietrzu, które się nie usunęło“. Sprawozdanie z wykładu Gostkowskiego kończy sprawozdawca <sup>11</sup> tak:

„Nie wdając się w opis sposobu, w jaki Wellner rozwiązuje zagadnienie wlotu w górę i urządzenia dla uzyskania ruchu poziomego maszyny, zakończmy streszczenie nasze uczonej rozprawy prof. Gostkowskiego, podając wyniki jego obliczeń, które wykazują błędność rachunku Wellnera i oznaczają, że praca mechaniczna, potrzebna do zawisania w powietrzu projektowanej żeglarki, wynosiłaby 1 000 koni, a nie 80, jak to Wellner ze swych doświadczeń wywnioskował. Prof. Gostkowski sądzi, że i żeglarka Wellnera nie wskazuje drogi, po której kroczyłyby należało, chcąc zbudować maszynę do latania; i nad nią, jak mówi, akta niebawem zamknięte zostaną“. Przytoczone liczby w sposób jaskrawy podkreślają niezgodność wyników obliczeń Gostkowskiego i Wellnera. Podobne niezgodności w owych czasach były, można powiedzieć, na porządku dziennym i z konieczności zwracały uwagę naukowców na sposoby obliczania energii potrzebnej do utrzymywania ciał w powietrzu.

I u nas w Polsce zagadnienie to było bardzo żywotne. W ogóle trzeba podkreślić, że społeczeństwo nasze od dawnych czasów żywo interesowało się zagadnieniami żeglugi powietrznej. Wystarczy przypomnieć, że Imć Pan Łukasz Piotrowski, szlachcic z Podlasia, profesor Akademii Krakowskiej „podczas wystawiania własnego dialogu ku zabawie Władysława IV-go tak sztucznie udawał geniusza, że przez dach bursy Nowodworskiej, z przedmieścia Retoryka zwanego na teatrum przyleciał i po odprawionej scenie z teatrum na swoje odleciał miejsce“ <sup>12</sup>. W r. 1784 zostały dokonane próby z balonami w Warszawie przez chemika królewskiego Okraszewskiego i w Krakowie przez profesorów Akademii Krakowskiej Jana Śniadeckiego i Jana Jaśkiewicza. Zagadnieniem lotu balonem żywo interesował

<sup>11</sup> Por. przypis 3.

<sup>12</sup> Wójcicki, *Teatr starożytny w Polsce*. Warszawa 1841.



się znany fizyk Józef Osiniński, autor interesującej pracy *Robota Machiny Powietrzney Pana Mongolfier*.

Rozbiory i upadek Państwa uniemożliwiły rozwój dalszych eksperymentów. Dopiero w r. 1831 kilka wzlotów balonem i skoków ze spadochronem zademonstrowała przybyła do Warszawy rodzina Francuzów Garnerinów. Pó upadku powstania listopadowego twórcza i samodzielna część społeczeństwa polskiego w większości wyemigrowała z kraju. Z tego okresu<sup>13</sup> można wymienić drukowaną po niemiecku i francusku rozprawę E. J. M. Laczyńskiego *Théorie de l'aéronautique ou Traité mathématique de la direction des aérostats par le moyen des rames, des voiles et d'air comprimé*<sup>14</sup>. W kraju w „Korespondencie Handlowym, Przemysłowym i Rolniczym“ spotykamy przekład artykułów: Cayleya *O zasadach żeglugi powietrznej* (1843 r.), Dupuis-Delkarta *Sztuka aerostatyczna i zastosowania jej do transportów balonami* (1847 r.). Znajdujemy tu również oryginalny artykuł Gustawa Broniewskiego *Żegluga napowietrzna przez zastosowanie siły do łódki opatrzonej skrzydłami* (1850 r.). Artykuł ten wywołał na łamach „Korespondenta“ polemikę ciągnącą się do 1851 r. Można tu jeszcze wymienić notatkę *Wóz powietrzny* umieszczoną w „Gazecie Handlowej i Przemysłowej“ z dnia 30 kwietnia 1843 r., w której podano dość wiernie uchwyconą sylwetkę samolotu. Z tytułów ostatnich artykułów wnioskujemy, że w owych czasach zainteresowanie naszego społeczeństwa zaczynało zwracać się do przyszłych samolotów. Potwierdza to i następną pozycją, stanowiącą rzadkość bibliograficzną: książeczka *Parolot Żmudzina z rysu swobodnej myśli* Aleksandra Hryszkiewicza<sup>15</sup>. Jest w niej mowa o balonach, o locie ptaków, o nieudanych próbach van Hekkego w Brukseli z balonem zaopatrzonym w skrzydła poruszane ręcznie, o parolocie Hensona z 1843 r., który był też tematem wyżej wspomnianej notatki w „Gazecie Handlowej i Przemysłowej“. O tym parolocie autor pisze: „Ledwośmy otrzymali pierwszą wieść o wynalazku Hensona a już powiadają że cudny parolot został wykończony i przygotowany do drogi dwóch tysięcy mil“. W końcu wspomina o próbach Cayleya i Degeny, i opisuje swój pomysł jednopłatowca z silnikiem parowym, balonem i skrzydłami ruchomymi nieco odmienny od pomysłu Hensona. Czytamy: „Nikt w świecie nie jest w stanie zaprzeczyć rzeczy-

<sup>13</sup> Por. F. Kucharzewskiego *Piśmiennictwo techniczne polskie*, „Przegląd Techniczny“, nr 27/1913.

<sup>14</sup> *Teoria aeronautyki czyli Traktat matematyczny o kierowaniu aerostatami przy pomocy wiosel, żagli i sprężonego powietrza*. Mohrungen 1833.

<sup>15</sup> Kowno 1851, s. 56 i 1 tabl. litogr.

wistości swobodnego lotu ptaków i niezliczonego mnóstwa owadów skrzydlatych; zatem dla odkrycia człowiekowi drogi, na cały świat swobodnej, najbezpieczniejszej, najprędszej i najprzyjemniejszej, niedostaje tylko pojęcia i ochoty zamożnego obywatela, ceniącego myśl wysoką, przy szczęśliwym wykonaniu której, wkrótce powietrzne poczty, wojska i floty, nie dbając na burze i gromy, zdumiewać będą narody świata“.

Dopiero jednak w r. 1893 rozpoczynają się w Królestwie praktyczne prace badawcze nad lotami szybowcowymi i szybowcami. Następuje okres, w którym prace Polaków w dziedzinie awiacji zajęły wybitne miejsce w świecie. Poza wybitnym teoretykiem Drzewieckim mieliśmy również naszego „polskiego Lilienthala“. Był nim artysta malarz Czesław Tański<sup>16</sup> (1863—1941), który od 1893 r. zajmował się konstrukcją szybowców i praktycznym badaniem lotu szybowcowego. Próby skoków Tańskiego, przeprowadzone w okolicy Janowa Podlaskiego w latach 1896—1897 i później z pierwszymi polskimi szybowcami jego konstrukcji, dostarczały coraz więcej materiału doświadczalnego, będącego w sprzeczności z ortopteryczną teorią lotu. Zajmując się na przemian malarstwem i lotnictwem, w pierwszych latach bieżącego stulecia jest Tański całkowicie pochłonięty nieznanym w owym czasie zagadnieniem helikoptera. Możemy być dumni z tego, że pierwsze modele helikopterów i próby z nimi były wykonane w Polsce<sup>17</sup>. Uzyskane przez Tańskiego wyniki stanowiły w owym czasie rewelację: siła ciągnięcia helikoptera wystarczała do podniesienia ciężaru wynoszącego 25 funtów (10 kG). Tu już bezpośrednio wchodziła w grę „siła wzlotu“.

Jednak ani wyniki doświadczeń Lilienthala, ani teoria Drzewieckiego, ani osiągnięcia Tańskiego, ani zgłaszane za granicą pomysły maszyn latających nie zniechęciły wynalazców, ślepo wierzących w teorię ortoptera, do opracowania coraz to nowych pomysłów. Tak więc w Warszawie w Stowarzyszeniu Techników na posiedzeniu w dniu 31 maja 1901 r. był zgłoszony nowy pomysł „przyrządu do latania“. W sprawozdaniu z tego posiedzenia czytamy<sup>18</sup>: „Pan Norbert Zawadzki z Petersburga przedstawił przyrząd do latania, obmyślony i opracowany teoretycznie przezeń i przez P. Szyszkiewicza. Zasada

<sup>16</sup> Bliższe szczegóły — patrz artykuł J. R. Koniecznego Czesław Tański — pionier lotnictwa sportowego w „Przyjacielu Żołnierza“ nr 16/1956.

<sup>17</sup> Pierwszą ideę helikoptera można jednak odnaleźć w małym przyrządzie demonstracyjnym przedstawionym Akademii Nauk w Paryżu w końcu XVIII stulecia przez Launoy i Biennvenu.

<sup>18</sup> „Przegląd Techniczny“, nr 23/1901, s. 221.

przyrządu polega na tem, że na drągu tłoka motoru wybuchowego umocowyywa się rodzaj parasola, drugi taki parasol znajduje się na cylindrze motoru. Jeżeli cylinder ustawimy pionowo, to tłok, podnosząc się do góry, oddala parasole od siebie, przy odwrotnym ruchu tłoka, parasol wierzchni winienby się przybliżyć do dolnego, lecz ponieważ jego płaszczyzna wklęsła przedstawia większy opór, aniżeli wypukła parasola dolnego, przeto on właśnie pociąga ku sobie parasol dolny a więc cylinder i cały przyrząd. Pomysł ten p. Zawadzki uzasadnił teoretycznie bez zarzutu, co zaś do praktycznego jego zastosowania nic jeszcze powiedzieć nie można, gdyż odnośnych prób nie przeprowadzono“. Sądzić należy, że we wspomnianym uzasadnieniu teoretycznym odpowiednie miejsce zajmowała również moc silnika, niezbędna do unoszenia przyrządu.

Myszę, że przytoczone fakty dostatecznie uwypukliły ważność zagadnienia „siły wzlotu“ i energii mechanicznej potrzebnej do utrzymania ciał w powietrzu. Jednak przed przystąpieniem do właściwego tematu widzę potrzebę poświęcenia kilku słów i rozwojowi teorii lotu.

Wobec uzyskiwania coraz większej liczby faktów doświadczalnych będących w sprzeczności z ortopteryczną teorią lotu oraz wobec nieprawdopodobnych wyników obliczeń uzyskiwanych w oparciu o tę teorię, zwolennicy starali się o jej podtrzymanie rozmaitymi sposobami i rozmaitymi argumentami. Prace fizjologa Mareya (1891 r.) dowiodły, że podczas lotu ptaka koniec jego skrzydła przy opuszczaniu przenosi się ku przodowi i cofa się przy podnoszeniu, opisując w ten sposób elipsę pochyloną od tyłu ku przodowi. Przy opuszczaniu się dolna powierzchnia skrzydła zwraca się trochę ku tyłowi, a przy podnoszeniu — ku przodowi. Z tego faktu wyznawcy teorii ortopteru wyciągnęli wniosek, że przy opuszczaniu skrzydła działa na nie, prostopadle do jego powierzchni, opór powietrza prawie pionowy. Opór ten rozkłada się na dwie siły: pionową, która utrzymuje ptaka w powietrzu i poziomą znacznie mniejszą, powodującą ruch poziomy ptaka. W ten sposób doświadczenia powyższe w przytoczonej interpretacji nie podważyły ortopterycznej teorii lotu. W dalszym ciągu zasadniczą rolę w zagadnieniu lotu odgrywała pionowa składowa reakcji powietrza, utrzymująca ciało w powietrzu — czyli „siła wzlotu“. Nic więc dziwnego, że tak jak dawniej i teraz rozprawiano nad sposobem jej wyznaczania oraz prowadzono polemiki co do pierwszej lub drugiej potęgi sinusa kąta pochylenia skrzydła do poziomu, występującego we wzorze na siłę utrzymującą

ciało w powietrzu. Podobną polemikę można znaleźć i w naszej literaturze technicznej. Nie wiąże się ona wprawdzie z zagadnieniem lotnictwa, ale istota jej jest ta sama. Jest to wymiana zdań pomiędzy prof. Maksymilianem Thulliem<sup>19</sup> (1853—1939), autorem pierwszego polskiego *Podręcznika statyki budowli*<sup>20</sup>, a recenzentem tego podręcznika inż. Kazimierzem Obrębowiczem<sup>21</sup> (1853—1915). W swej recenzji<sup>22</sup> Obrębowicz zakwestionował podany przez Thulliego wzór na składową poziomą i pionową parcia wiatru na dach, w których dla składowej pionowej występuje sinus w pierwszej potęgze. Inż. Obrębowicz przytacza sprostowane wzory, w których sinus występuje w drugiej potęgze. Dalsza wymiana zdań<sup>23</sup>, dotycząca tej kwestii oraz sposobu rozkładania parcia wiatru na składowe, nie doprowadziła do uzgodnienia poglądów.

Brak odpowiednich, dostatecznie ścisłych danych doświadczalnych uniemożliwił ustalenie praw oporu powietrza. Stan ten upoważniał do stosowania różnych, dość dowolnych założeń przy obli-

<sup>19</sup> Maksymilian Thullie, profesor Politechniki Lwowskiej. W 1880 r. objął wykłady zleczone z mechaniki budowlanej, a w 1889 r. — utworzoną w owym czasie Katedrę Statyki Budowli i Budowy Mostów, którą kierował do chwili przejścia w stan spoczynku w 1925 r. Następnie został mianowany profesorem honorowym przez Politechnikę Lwowską i dalej brał czynny udział w życiu uczelni. W 1902 r. uzyskał tytuł doktora nauk technicznych w Politechnice w Pradze, a w 1930 r. w uczczeniu jego zasług Politechnika Warszawska obdarzyła go honorowym doktoratem nauk technicznych. Był to znakomity uczony polski o sławie światowej, jeden z pierwszych twórców teorii żelbetu nie tylko w Polsce, ale i w skali światowej. Był on również jednym z głównych twórców polskiej literatury technicznej, wydając wiele podręczników obejmujących statykę budowli i teorię budowy mostów. Liczba prac ogłoszonych przez prof. Thulliego przekracza 220 nie licząc ogromnej liczby sprawozdań, recenzji i krytyk z literatury technicznej.

<sup>20</sup> Lwów 1886.

<sup>21</sup> Kazimierz Obrębowicz wybitny w warszawskim środowisku technicznym inżynier-naukowiec o gruntownej znajomości nauk podstawowych i stosowanych. Ogłosił przeszło 70 prac z dziedziny budownictwa wodnego i lądowego, mechaniki, techniki sanitarnej, ogrzewnictwa, technologii, słownictwa technicznego polskiego i innych. Na specjalne podkreślenie zasługują jego oryginalne prace naukowe z wytrzymałości materiałów. Wszechstronna wiedza i głęboki umysł pozwoliły Obrębowiczowi stanąć na czele komitetu redakcyjnego pierwszego polskiego kalendarza technicznego „Technik“. Było to tłumaczenie na język polski niemieckiego kalendarza „Hütte“. Praca nad tym wydawnictwem trwała nieprzerwanie od 1899 r. Tom I ukazał się w r. 1903, tom II — w 1908 r. Wyjście w świat „Technika“, którego twórcą był Obrębowicz, było prawdziwym wydarzeniem w polskim świecie technicznym. Obrębowicz zajmuje czołowe miejsce w dziejach Politechniki Warszawskiej. Jego staraniem i zabiegiem w dużym stopniu należy przypisać uzyskanie zezwolenia na otwarcie w 1898 r. Instytutu Politechnicznego. Był on wraz z architektami Rogójskim i Szyllerem twórcą pięknych gmachów Politechniki Warszawskiej. W uznaniu dorobku naukowego Politechnika Lwowska obdarzyła go w r. 1912 honorowym doktoratem nauk Technicznych.

<sup>22</sup> „Przegląd Techniczny“, zeszyt październikowy z 1886 r., s. 228.

<sup>23</sup> Tamże, zeszyty listopadowy i grudniowy z 1886 r., s. 268.

czaniu wymienionej pionowej reakcji powietrza. Tak więc np. Babinet<sup>24</sup> twierdził, że jeżeli ciężkie ciało pozostawione samo sobie spada w jednostce czasu na pewną wysokość, to dla utrzymania tego ciała w zawieszeniu należy wykonać w tej samej jednostce czasu pracę potrzebną do podniesienia tegoż ciała na wysokość spadku. Oczywiście założenie to jest błędne. Zagadnienie spoczynku względnego ciała może być rozwiązane tylko albo w oparciu o warunki równowagi sił zewnętrznych działających na ciało, albo w oparciu o zasadę prac przygotowanych. Ani jedna, ani druga zasada nie występuje w założeniu Babineta, natomiast przyrównywanie wymienionych w niej prac jest niczym nie uzasadnione. Poza tym w tym założeniu tkwi dowolność obioru jednostki czasu, od której wyłącznie zależy wartość pracy niezbędnej do utrzymania ciała w powietrzu, co prowadzi do możliwości otrzymania szeregu różnych wartości tej pracy. Nie patrząc na te oczywiste niedociągnięcia metody Babineta znalazła ona dość szerokie zastosowanie i służyła za podstawę obliczeń jeszcze na początku bieżącego stulecia.

Po tym fragmencie historii rozwoju mechaniki lotu, która pozwala wyjaśnić główną przyczynę nieporozumienia w „sporze o sposób obliczania pracy mechanicznej potrzebnej do utrzymania ciała w powietrzu“, powracam do właściwego tematu.

W odczycie, wymienionym na początku artykułu, inż. Budau w oparciu o teorię turbin wyprowadził wzory na składowe pionową i poziomą całkowitego oddziaływania strumienia powietrza na znajdujące się w nim ciało. Przy czym we wzorze na składową pionową (oddziaływanie niosące powietrza) występuje druga potęga sinus kąta pochylenia płaszczyzny ciała do poziomu. W oparciu o wyniki swej teorii, której nie można odmówić wnikliwości, wyprowadza Budau wzór na moc (energie) potrzebną do utrzymania ciała w powietrzu. Zmierając do określenia tej mocy przeprowadził on najpierw analizę spadania ciał w spokojnym powietrzu. Występujący przy tym opór rośnie w miarę zwiększania się prędkości spadającego ciała. W związku z tym przyspieszenie ciała maleje, a jego prędkość zbliża się do wartości stałej  $c$ . Posługując się wzorem Lössla na opór powietrza  $W = \frac{\sigma}{g} A v^2$  (gdzie  $A$  oznacza powierzchnię rzutu spadającego ciała na płaszczyznę poziomą  $\sigma$  — ciężar właściwy powietrza i  $g$  — przyspieszenie ziemskie) i biorąc pod uwagę, że przy spada-

<sup>24</sup> Jacques Babinet (1794—1872) fizyk francuski, autor licznych prac w rozmaitych gałęziach nauk matematycznych i fizycznych.

niu ciała ze stałą prędkością  $v = c$ , a opór  $W$  powietrza równoważy ciężar  $G$  ciała ( $W = G$ ), wyznacza Budau wartość prędkości granicznej:

$$c = \sqrt{\frac{G}{\sigma} \cdot \frac{g}{A}}$$

Dalsze rozumowanie jest następujące: jeżeli ciężkie ciało umieścimy w strumieniu powietrza skierowanym pionowo w górę i poruszającym się z prędkością równą prędkości granicznej tego ciała, to ciało spadać nie będzie i zawisnie w powietrzu. Moc potrzebna do wytworzenia takiego prądu powietrza jest właśnie pracą niezbędną do utrzymania ciała w powietrzu, jest „pracą zawisania“, jak wtedy mówiono. Na pracę zawisania wyprowadził Budau następujący wzór:

$E = \frac{mc^2}{2}$ , gdzie  $m$  oznacza masę powietrza wydmuchiwanego przez wentylator w ciągu sekundy. Jeżeli wziąć pod uwagę, że w ciągu sekundy bezpośrednio pod wiszące w powietrzu ciało doprowadza się  $m = \frac{Ac\sigma}{g}$  kilogramów powietrza (tyleż zostaje usunięte spod spadającego ciała), to z porównania ze wzorem Lössla na opór powietrza wynika, że  $m = \frac{G}{c}$ . Wobec tego wzór na energię zawisania przez Budau przybiera postać:

$$E = \frac{Gc}{2} \dots \quad (1)$$

W tymże czasopiśmie, co i artykuł Budau<sup>25</sup>, została opublikowana praca profesora R. Gostkowskiego na ten sam temat. „Ponieważ w wywodach inż. Budau — mówi Gostkowski — błędu nie wykryto, a w dotychczas używanym sposobie obliczania wielkości pracy zawisania błędu nie ma<sup>26</sup>, więc sprawa stała się wielce ciekawą. Teoretyków zainteresowała z powodu niewykrycia błędu w rozumowaniu jednym lub drugim, praktyków zaś — z powodu różnicy wyników. Chcąc w tej sprawie wyrobić sąd własny, starałem się wejść w tok myśli inż. Budau i na podstawie jego rozumowania, jednak niezawisłe od niego, obliczyć pracę mechaniczną, niezbędną do zawisania ciał w powietrzu“.

W swych wywodach Gostkowski stara się uzasadnić sposób obli-

<sup>25</sup> „Zeitschrift des oesterreichischen Ingenieur- und Architekten Vereines“, nr 33/1904.

<sup>26</sup> Wartość „pracy zawisania“ wyliczana była ze wzoru  $E = G \cdot c$ , o czym będzie mowa w dalszych wywodach prof. Gostkowskiego.

czania pracy zawisania, na którym się opierał. Jego rozumowanie jest następujące: jeżeli spod spadającego z prędkością  $c$  ciała usuwa się powietrze, to na podstawie praw mechaniki powietrza temu należy udzielić przyspieszenia  $p = 2c$ , tak aby w końcu sekundy prędkość jego osiągnęła wartość  $v = 2c$ . Wobec tego energia kinetyczna powietrza o masie  $m$  usuwanego w ciągu sekundy spod ciała spadającego wynosi  $\frac{mv^2}{2}$ . Wartość siły, jaką należy wywierać w ciągu sekundy na powietrze o masie  $m$ , aby nadać mu w końcu sekundy prędkość  $v$ , wyraża iloczyn  $mp$ . Siła ta w przypadku „zawisania ciała w powietrzu“ równa się jego ciężarowi  $G$ . Wobec tego  $G = mp = mv$ . Ta zależność pozwala wyrażeniu na energię kinetyczną powietrza nadać postać:

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{Gv}{2} = G \cdot c \quad (2)$$

Łącznie z wymienionym artykułem Gostkowskiego w tymże numerze tegoż czasopisma została umieszczona replika Budau. Między innymi wyjaśnia Budau, że występujący w jego wzorze (1) symbol  $c$  nie oznacza prędkości ciała w chwili, w której zaczęto go zatrzymywać. Jest to wielkość charakteryzująca właściwości spadania danego ciała, jest prędkością graniczną, z jaką, jak pisał (s. 477), ciało spadałoby (*fallen würde*) w spokojnym powietrzu.

O tej replice Gostkowski mówi: „Praca moja... nie przekonała jednak inż. Budau, prawdopodobnie dlatego, że wśliznęło się do niej założenie, które wprawdzie prowadzi do wyniku dobrego, jednak zaufania nie wzbudza“. Mowa tu o przytoczonym wyżej założeniu, dotyczącym prędkości  $v = 2c$  powietrza. O nim też w innym miejscu Gostkowski mówi jako o „założeniu wątpliwym“.

Po wydrukowaniu wywodów Gostkowskiego i repliki inż. Budau redakcja austriackiego czasopisma zamknęła wymianę poglądów co do sposobu obliczania pracy zawisania. Gostkowski będąc przekonany o słuszności wzoru (2) nie chciał się zgodzić na takie zakończenie dyskusji. Pisał on<sup>27</sup>: „Ponieważ mi zależy na zupełnym wyjaśnieniu sprawy, więc podjąłem pracę na nowo ... i prosiłem redakcję wspomnianego Czasopisma o przyjęcie tejże, mimo oświadczenia redakcji, że dyskusja w tej sprawie jest już zamknięta. Redakcja uznając doniosłość kwestii poruszanej, oświadczyła gotowość spełnienia mego

<sup>27</sup> „Przegląd Techniczny“, nr 9/1905, s. 100.

zyczenia". Ale tymczasem temat ten został poruszony w „Przeglądzie Technicznym”. Ukazały się w nim artykuły, w których zakwestionowano wzór (1) Budau, zakwestionowano również wywody Gostkowskiego. W tej sytuacji Gostkowski zrezygnował ze zgody czasopisma austriackiego na umieszczenie nowej pracy i skierował ją do „Przeglądu Technicznego”.

W „Przeglądzie Technicznym” z 1904 r.<sup>28</sup> powyższy spór został streszczony w artykule *Oznaczenie pracy niezbędnej do utrzymywania ciał w powietrzu*, napisanym przez inż. Konstantego Monikowskiego. Po krótkim streszczeniu wywodów Budau i Gostkowskiego autor artykułu wypowiada w tej kwestii swoje zdanie: „Ostateczne wyniki, do jakich doszedł p. prof. Gostkowski, są zgodne z naszymi zasadniczymi pojęciami pracy; jeżeli bowiem ciało ważące  $G$  kilogramów opuszcza się o  $c$  metrów na sekundę, to praca siły ciężkości wyrazi się przez  $E = G \cdot c$  kGm/s. Słuszność jest więc po stronie p. prof. Gostkowskiego, a kilka uwag, które podał p. Budau z powodu wywodów prof. Gostkowskiego, nie zmieniają tego naszego poglądu”. Ten pośpieszny sąd Monikowskiego należy przypisać temu, że nie zwrócił on uwagi na zasadniczą różnicę założeń Budau i Gostkowskiego przy roztrząsaniu zagadnienia pracy zawisania. Budau rozpatruje ciało utrzymywane w powietrzu przyjmując, że w kierunku pionowym ciało nie ma prędkości; natomiast Gostkowski rozpatruje ciało poruszające się w kierunku pionowym. Wypowiadając się w tym sporze po stronie Gostkowskiego, Monikowski w dalszym ciągu artykułu zgłasza kilka uwag, związanych z wywodami Gostkowskiego, które spowodowały rozszerzenie zasięgu sporu.

Przede wszystkim wprowadza on poprawkę do wzoru wyrażającego prędkość. Polega ona na tym, że wzór Lössla na opór powietrza może być stosowany tylko wtedy, gdy po drugiej stronie ciała znajduje się powietrze o ciśnieniu atmosferycznym. W przypadku ciała spadającego wytwarza się za nim depresja i w związku z tym proponuje wzór  $W = 2\psi \cdot \frac{\sigma}{g} \cdot A \cdot c^2$ , w którym  $\psi$  jest współczynnikiem zależnym od prędkości  $c$ <sup>29</sup>. Posługując się tym wzorem na opór powietrza, otrzymuje  $c = \sqrt{\frac{G}{A} \cdot \frac{g}{\sigma} \cdot \frac{1}{2\psi}}$ , a po wprowadzeniu wartości  $g = 9,81$  m/sek<sup>2</sup>,  $\sigma = 1,293$  kG/m<sup>3</sup> i  $\psi = 0,93$  wzór na prędkość

<sup>28</sup> Nr 40, s. 531.

<sup>29</sup> *Handbuch d. Baukunde*, I, s. 844.



sprowadza do postaci  $c = 2,02 \sqrt{\frac{G}{A}}$  m/sek. Następnie autor stwierdza, że ciało o ciężarze  $G$ , umieszczone w strumieniu powietrza o wyliczonej wyżej prędkości, spadać nie będzie, bowiem opór powietrza równoważy ciężar ciała. Dalej czytamy:

„Przy zastosowaniu jednak wentylatora wcale nie mamy oporu powietrza: ciężar  $G$  pozostaje zawieszony w powietrzu jedynie dlatego, że wentylator zrzuca powietrze zamiast tego ciężaru.

Z mechaniki wiadomo, że pozostawione samemu sobie ciało w chwili naruszenia równowagi opuszcza się pod wpływem przyciągania ziemi o  $\frac{gdt}{2}$  w każdej cząstce czasu  $dt$ , wskutek czego praca siły ciężkości w tejże cząstce czasu  $dt$  przy opuszczeniu się ciała o ciężarze  $G$  kg będzie  $dE = \frac{Gg}{2} dt$ .

Dla równowagi niezbędne jest, ażeby wentylator oddawał powietrzu w każdej cząstce czasu  $dt$  pracę powyższą, czyli energia, otrzymana przez powietrze w czasie jednej sekundy, powinna być

$$E = \int_0^1 \frac{Gg}{2} dt = \frac{Gg}{2} \int_0^1 dt = \frac{Gg}{2} = 4,9 \cdot G \text{ Kgm.}''$$

Dalej w oparciu o wyprowadzony wzór oblicza ciężar, który może być utrzymany w zawieszeniu przez „każdy m<sup>2</sup> żywego przekroju wentylatora“ wydmuchującego powietrze z pewną prędkością. Następnie przyjmując sprawność wentylatora 50% i sprawność turbiny Laval'a 70% wylicza, że „na każdego konia energii parowej możliwe będzie podnoszenie 5,035 kg“.

Zasadniczą podstawą rozważań Monikowskiego, jak widać, jest wymienione poprzednio założenie Babineta. Sądzę, że bezpośrednio z tym założeniem jest związany uderzający z punktu widzenia mechaniki ogólnej brak sprecyzowania założeń rozpatrywanych zagadnień i nieodróżnianie zjawisk równowagi ciała i jego ruchu, stwierdzić zaś trzeba, że założenia te dotyczą ciała spadającego ze stałą prędkością, a nie ciała utrzymywanego w powietrzu.

Wyprowadzony tu został trzeci wzór na obliczanie energii potrzebnej do utrzymania ciała w powietrzu:

$$E = \frac{Gg}{2} \quad (3)$$

Wymieniony artykuł Monikowskiego wywołał artykuł pod tymże tytułem *Oznaczenie pracy niezbędnej do utrzymania ciał w powietrzu* inż. Zygmunta Straszewicza (1860—1927), późniejszego (od r. 1915) profesora Politechniki Warszawskiej<sup>30</sup>. W „Przeglądzie Technicznym“ z 1904 r.<sup>31</sup> Straszewicz pisał:

„Gdy ciężar  $G$  spada w powietrzu ze stałą prędkością  $c$  (opór powietrza przy tej prędkości równoważy siłę ciężkości), to niewątpliwie praca siły ciężenia na sekundę =  $Gc$ . Jest to jasne bez dalszych rozważań i rachunków. Tak więc słuszność w sporze, o którym wspomina p. Monikowski, jest po stronie prof. Gostkowskiego, a nie po stronie p. Budau, który znalazł dla tej pracy  $\frac{Gc}{2}$ . O ile jednak mogę wywnioskować z przedstawienia rzeczy przez p. Monikowskiego, to pp. Budau i Gostkowskiemu chodziło nie tylko o wynik, lecz również i o punkt wyjścia rachunku. Zdaje się, że postawili oni sobie zadanie następujące: Wyznaczyć pracę ciężaru  $G$ , spadającego w powietrzu ze stałą prędkością  $c$ , ze skutków, jakie ta praca wytwarza. Zagadnienie postawione w taki sposób nie jest wcale łatwe do rozwiązania, gdyż mamy tu do czynienia ze zjawiskami wielce złożonymi i mało zbadanymi doświadczalnie. Dlatego też rachunki obydwóch panów opierają się na założeniach zupełnie dowolnych“.

Ze słów tych wynika, że Straszewicz zabierając głos w toczącej się dyskusji nie znał artykułów Budau, Gostkowskiego i co najważniejsze, śmiało można twierdzić, nie znał założenia Babineta. Opierając się na artykule Monikowskiego nie mógł zrozumieć istoty zagadnienia i siłą rzeczy oparł swe uwagi na założeniu odmiennym

<sup>30</sup> Zygmunt Straszewicz po ukończeniu gimnazjum łomżyńskiego kształcił się w Uniwersytecie Warszawskim, a następnie w Politechnice Zurychskiej, którą ukończył w 1886 r. uzyskując tytuł inżyniera mechanika. Po powrocie do kraju pracuje dwa lata na polu pedagogicznym. W 1888 r. wyjeżdża za granicę. Pracuje w Niemczech i Włoszech. Po pięciu latach pobytu za granicą wraca do kraju, zostaje uwięziony, osadzony w Cytadeli i następnie wydalony z granic Królestwa. Pracuje w Kamienskoje, a następnie w Kijowie. Po 8 latach wygnania wraca do Warszawy i podejmuje ożywioną działalność pedagogiczną, naukową, literacką. W 1915 r., po zajęciu Warszawy przez Niemców, bierze żywy udział w organizacji polskiej Politechniki w Warszawie i zostaje wybrany na jej pierwszego rektora. Od 1916 r. obejmuje wykłady mechaniki ogólnej na Wydziale Mechanicznym, oddając się jednocześnie z zamiłowaniem studiom ekonomicznym. Jest autorem podręczników z mechaniki, elektrotechniki, ekonomii politycznej oraz artykułów w „Przeglądzie Technicznym“, „Wszehświecie“ i „Wektorze“. W uznaniu zasług położonych dla Politechniki Warszawskiej zostaje mianowany przez tę Politechnikę profesorem honorowym.

<sup>31</sup> Nr 43, s. 587.

od założeń Budau, Monikowskiego i Gostkowskiego. Mówiąc o skutkach wytwarzanych przez pracę ciężaru  $G$  spadającego w powietrzu, Straszewicz wymienia ogrzewanie się spadającego ciężaru i wprawienie w ruch otaczającego powietrza. Następnie, aby możliwie zbliżyć się do wywodów Budau i Gostkowskiego, przyjmuje, że praca zamieniona na ciepło jest znikomo mała w porównaniu z całością wykonanej pracy i że cała ta praca wykonana w ciągu sekundy idzie na powiększenie energii kinetycznej powietrza. Wobec tego praca ciężaru  $G$ , wykonana w ciągu sekundy wynosi  $\frac{mv^2}{2}$ , gdzie  $m$  oznacza masę powietrza wprawioną w ruch w ciągu sekundy, a  $v$  — prędkość tego powietrza. O wielkościach  $m$  i  $v$  nic określonego powiedzieć nie można. Spadające ciało w ciągu sekundy wytłacza powietrze z cylindra lub prostopadłościanu, który w tym czasie opisuje w powietrzu, a jednocześnie po drugiej stronie ciała taka sama ilość powietrza wypełnia tę samą objętość. Przeprowadzając odpowiednie rachunki Straszewicz kwestionuje wyrażenie na masę powietrza, podane przez Budau, kwestionuje również założenia Gostkowskiego. W stosunku do tych ostatnich ( $v = 2c$  i  $m = \frac{G}{2c}$ ) pisze: „Założenia te prowadzą do dobrego wyniku, lecz mniej jeszcze wzbudzają zaufania od poprzednich (założeń Budau — uwaga moja H. B.). Jeżeli opór powietrza, równoważący ciężenie, ma wynosić  $\frac{\gamma}{g} Ac^2 = G$ , to z owych założeń prof. G. wynika, że  $m = \frac{\gamma c A}{2g}$ , co jest w każdym razie dalekie od prawdy. Sądzę, że rachunki pp. B. i G. nie rzuciły żadnego nowego światła na daną sprawę“.

Z kolei przechodzi Straszewicz do krytyki wywodów Monikowskiego. Widzi w nich dwa „pomysły“, na które nie może się zgodzić. Pierwszy z nich dotyczy rozważań dotyczących poprawki wzoru na prędkość graniczną ciała. Stwierdza, że według tych wywodów reakcja strumienia powietrza o prędkości  $c$  na ciało pozostające w tym strumieniu w spoczynku jest dwukrotnie mniejsza od reakcji powietrza spokojnego, w przypadku gdy ciało spada w nim z prędkością  $c$ . „Zdaje się, że twierdzenie takie nie da się utrzymać, gdyż skutek jest jeden i ten sam, czy ciało pozostaje w spoczynku, a powietrze się porusza, czy też na odwrót, powietrze jest bez ruchu, a ciało się porusza“. Drugim pomysłem nazywa sposób wyznaczania pracy potrzebnej do utrzymania ciała w powietrzu. Nie wdając się w krytykę pra-

widłowości zastosowanego przez Monikowskiego wzoru wyjściowego, wypowiada się tylko w stosunku do końcowego wyniku: „Ale skoro ciężar pozostaje w spokoju, to siła ciężenia nie pracuje. Gdyby p. M. dobrze rachował, to jego *De* powinno być równe zeru i tyleż dałaby  $\int_0^1 dE$ . Jeżeli rachunek p. M. jest słuszny, to również i hak wykonywa co sekundę pracę  $\frac{Gg}{2}$  gdy na nim wisi ciężar *G*“.

W dalszych wywodach mówi o możliwości utrzymania ciał w powietrzu rozmaitymi sposobami, wymieniając przykładowo zawieszenie na nieruchomym haku, i „wówczas nie potrzeba wykładać żadnej pracy“, lub zawieszenie ciężaru u kotwicy elektromagnesu — na co już trzeba „zużywać pracę“.

„P. M. chce utrzymać ciężar za pomocą wstępującego pionowo strumienia powietrza, skierowanego na ciężar. Tą drogą da się może kiedyś ocenić pracę ptaka, bujającego w spokojnym powietrzu lub maszyny latającej. Jeżeli mnie pamięć nie myli, to taki właśnie był punkt wyjścia w odnośnych poszukiwaniach Helmholtza, ale rachować trzeba zupełnie inaczej, niż to uczynił p. M.“.

Kwestionując poprawność rachunków Monikowskiego autor podaje swój sposób obliczenia energii potrzebnej do utrzymania ciała w powietrzu. Wywód swój opiera na założeniu, że gdyby przekrój strumienia powietrza utrzymującego ciało w zawieszeniu był wiele razy większy od największego przekroju poziomego *A* ciała, to prędkość *v* tego strumienia byłaby równa *c*, to jest prędkości granicznej ciała. „W naszym jednak wypadku *v* jest niewątpliwie większe od *c* i może będziemy niedalecy od prawdy przyjmując, że  $v = 2c$ “. Następnie wyliczając dla równomiernego spadku ciała opór powietrza  $W = G = \frac{\sigma}{g} A \cdot c^2$ , Straszewicz wyprowadza wzór na energię. Z tego rachunku wynika, że

$$E = \frac{\sigma v^3 A}{2g} = \frac{\sigma A v^2}{4g} \cdot 2v = 2Gv = 4Gc \quad (4)$$

W ten sposób został otrzymany 4 z kolei wzór na obliczenia mocy potrzebnej do utrzymania ciała w powietrzu. Z toku rozumowania Straszewicza wynika, że rozpatruje on zagadnienie dotyczące ciała spadającego pionowo z prędkością graniczną *c*, na które w pewnej chwili zaczął działać strumień powietrza o prędkości  $v = 2c$ . W końcowej części artykułu jest obliczona za pomocą wzoru (4) moc

potrzebna do utrzymania w powietrzu kuli utworzonej przez wodę o ciężarze 1 kG. Wynosi ona około 100 kGm/sek. Kończąc swoje wywody autor mówi:

„I te rachunki jednak mogą być dalekie od prawdy. Opierają się one na tym przypuszczeniu, że opór powietrza jest proporcjonalny do kwadratu prędkości, co jest wątpliwe“.

Po artykule Straszewicza w tymże zeszycie „Przeglądu Technicznego“ zamieszczono replikę Monikowskiego. Na samym początku oświadcza on, że nie został należycie zrozumiany. Następnie wyjaśnia, że w swoim artykule przytoczył wywody Budau i Gostkowskiego „bez poddania ich krytyce“. Nie zgadza się z wypowiedzią Straszewicza, że wywody te nie „rzuciły żadnego nowego światła na daną sprawę“, uważając te prace za przyczynek rzucający „pewne światło na mechanizm zjawisk, towarzyszących spadaniu ciał i mający pewien filozoficzny charakter“.

Z kolei przechodzi do omawiania uczynionych przez Straszewicza zarzutów. Wyjaśnia i prostuje redakcję „pierwszego pomysłu“ wykazując, że takiego twierdzenia w jego artykule nie ma. Co do „drugiego pomysłu“ — uzasadnia poprawność swego rachunku powołując się na prawo niezależności działania sił, na zasadę prac przygotowanych i stara się wykazać, że jego rachunek jest poprawny. Na poparcie swych wywodów przytacza przykład poruszających się w tym samym kierunku i z tą samą prędkością  $w$  statku i obserwatora. Obserwatorowi będzie się wydawało, że statek stoi w miejscu. „Gdyby on wyciągnął z tego wniosek, że siła  $Q$  (opór wody — uwaga moja, H. B.) nie pracuje..., to wniosek taki byłby mylny, wiadomo albowiem, że praca  $Qw$  nie może przeistaczać się w siłę  $Q$ “. Ze słów tych wynika, że Monikowski i Straszewicz patrzą na to samo zjawisko z różnych układów odniesienia. Oczywiście w tych warunkach trudno osiągnąć jakies porozumienie.

Traktując utrzymywanie ciężaru w powietrzu za pomocą wentylatora jako zjawisko analogiczne do przytoczonego przykładu ze statkiem, stosuje Monikowski twierdzenie o energii kinetycznej („równanie prac“) i wykonując odpowiednie przekształcenia dochodzi do podanego już poprzednio wzoru (3). Nie przytaczam tych rachunków, zaznaczam tylko, że zastosowanie twierdzenia o energii kinetycznej jest błędne i w rozumowaniu popełniono kilka błędów. Nie jest wolna od błędów i dalsza analiza zjawiska utrzymywania ciała w powietrzu. Wprowadza tu Monikowski „zdeformowany hak“, który wywiera ciśnienie na zawieszzone na nim ciało. „Ciśnienie, to będąc

przyłożone do masy materialnej, przekształca się w siłę reakcji, której działanie wnet się objawia przez niszczenie pracy siły ciężenia". Podobnie jest i z ciałem utrzymywany w powietrzu przez wentylator, „ciężar albowiem wisi na zdeformowanym powietrzu tak samo, jak na zdeformowanym haku". Replikę swoją Monikowski kończy tak:

„Jak widzimy z analizy niniejszej, warunki pracy obciążonego wentylatora są wręcz odmienne od warunków pracy spadającego ciężaru; praca bowiem wentylatora zużytkowuje się na zniszczenie pracy przyspieszenia siły ciężenia, praca zaś siły ciężenia, towarzysząca spadaniu, idzie na przemożenie oporu powietrza, gdy praca przyspieszenia siły ciężenia niszczy się przez siłę reakcji, powstała na skutek ciśnienia zdeformowanego powietrza. Na zasadzie wyłożonych w niniejszym poglądów, ośmielam się przypuszczać, że rachunki moje były dobre i że pożyteczna praca wentylatora, niezbędna do utrzymania ciał w powietrzu, powinna wynosić  $\frac{Gg}{2}$  „.

W wywodach Monikowskiego uderza chaos i mieszanie pojęć. W wielu przypadkach jego poglądy są w sprzeczności z zasadniczymi pojęciami mechaniki ogólnej, a to uniemożliwia zrozumienie myśli autora, uniemożliwia porozumienie się i wywołuje, tak jak w tym przypadku, niepotrzebną dyskusję.

Dotychczasowy wynik przytoczonej wymiany poglądów jest następujący: wszyscy dyskutanci kwestionują słuszność wzoru (1) Budau; Monikowski uznaje wprawdzie wywody i ostateczne wyniki Gostkowskiego za słuszne, ale proponuje swój wzór (3); Straszewicz, po skrytykowaniu we właściwej mu ostrej formie wywodów Monikowskiego, wyprowadza wzór (4) oparty na pewnych szczególnych założeniach. I teraz do dyskusji włącza się ponownie Gostkowski.

W „Przeglądzie Technicznym“ z 1905 r.<sup>32</sup> ukazał się artykuł Gostkowskiego *Spór o wielkość pracy mechanicznej, niezbędnej do utrzymywania ciał w powietrzu*. Po krótkim omówieniu dotychczasowej historii tego sporu i podaniu wyników, uzyskanych przez poszczególne osoby, autor stwierdza, że „na jedną i tę samą wielkość mamy więc 4 ze sobą nie zgadzające się wzory... Zachodzi przeto pytanie, który z nich jest prawdziwy?“. Podkreślając następnie ważność odpowiedzi na to pytanie dla „żeglugi napowietrznej“ przechodzi do „wyświetlenia tej praktycznie i teoretycznie ciekawej sprawy“. Jako punkt wyjścia bierze Gostkowski przykład kuli dętej

<sup>32</sup> Nr 9, s. 100.

utrzymywanej w przestrzeni przez wodotrysk, co „w ogrodach publicznych widzieć się zdarza czasami“. Z tego przykładu wyciąga „dwa warunki, które koniecznie muszą być spełnione, jeżeli kula na prądzie wody ma zawisnąć: Równość obydwóch co do kierunku sprzecznych sobie szybkości i równości siły parcia w górę z siłami ruch ten utrudniającymi“.

Te same warunki obowiązują i w przypadku ciała utrzymywanego przez strumień powietrza wydmuchiwanego przez wentylator. „Jeżeli  $c$  wyraża szybkość wiatru sprawianego ruchem skrzydeł wentylatora,  $v$  zaś szybkość spadania ciała w powietrzu spokojnym, na ten czas warunek pierwszy zawisania ciał w powietrzu wyrazi się wzorem  $c = v$ “. Uwzględniając dalej znany wzór na prędkość spadającego w spokojnym powietrzu ciała po upływie  $t$  sek. od początku ruchu dla warunków początkowych  $t = 0$ ,  $v = 0$ , ustala ten pierwszy warunek w postaci wzoru:

$$v = k \cdot \frac{e^2 + 1}{e^2 - 1} \quad (I)$$

gdzie  $k$  oznacza prędkość graniczną,  $z = \frac{2gt}{k}$ ,  $v$  — prędkość powietrza wydmuchiwanego przez wentylator. Poprzednio  $v$  oznaczało prędkość spadającego ciała. To nieprzestrzeżenie znaczenia poszczególnych oznaczeń zaciemnia wywody Gostkowskiego i było przyczyną nieporozumienia ze Straszewiczem.

Do ustalenia drugiego warunku zawisania ciał posłużył Gostkowskiemu przykład konia ciągnącego wóz pod górę. „Jeżeli na stromej szosie ma nastąpić równowaga sprzecznie względem siebie działających sił, natenczas siła pociągowa“ określona jest wzorem  $P = S + T + W$ , gdzie  $S$  oznacza składową siły ciężkości wozu w kierunku pochyłej szosy,  $T$  — siłę tarcia kół wozu,  $W$  — opór powietrza. W przypadku zawisania ciężaru  $G$  należy w podane równanie wstawić:  $P = R$ ,  $S = G$ ,  $T = 0$ , gdzie  $R$  oznacza reakcję strumienia powietrza na ciało. Drugi warunek zawisania ciał w powietrzu wyraża się zatem równaniem:

$$R = G + W. \quad (II)$$

W stosunku do powyższego rozumowania Gostkowskiego należy zaznaczyć, że przykład z koniem nie tylko że nie „wyświetla“ spr-

wy, ale stanowi swego rodzaju pułapkę, w którą mimo woli wpadł autor. Siła  $W$  określa opór, jaki napotyka ciało (wóz) względem nieruchomego powietrza, a wobec tego w przypadku zawisania  $W = 0$ , natomiast w przypadku ruchu  $W$  jest zmienne — jest funkcją prędkości ciała względem nieruchomego powietrza. Jeżeli bowiem ciało o ciężarze  $G$  spada w rozpatrywanej chwili z prędkością  $v$  w pionowym strumieniu powietrza, którego prędkość wynosi  $c$  i jest zwrócona do góry, to chcąc wyznaczyć reakcję powietrza musimy wyznaczyć prędkość względną ciała względem powietrza lub odwrotnie. W rozpatrywanym przypadku prędkość względna ciała względem powietrza wynosi  $(c + v)$ . Zatem reakcja powietrza wywierana na spadające ciało  $R = mc + mv$ . Jeżeli  $c$  jest równe prędkości granicznej ciała, to  $mc = G$ , a przy  $v \neq 0$ ,  $mv = W$ . W przypadku zawisania  $v = 0$  i  $W = 0$ . Wobec tego jeżeli równanie (II) dotyczy zawisania, to musi mieć postać  $R = G$ .

W dalszych wywodach Gostkowski, posługując się wzorem (II), wyprowadza „zasadnicze równanie do obliczania pracy niezbędnej do utrzymywania ciał w powietrzu“:

$$E = \frac{G + W}{2} v \quad (\text{III})$$

Omawiając oznaczenia wielkości występujących w tym wzorze Gostkowski dwukrotnie zaznacza, że  $v$  oznacza „szybkość w metrach na sekundę, jaką ciężar  $G$  spadając w powietrzu spokojnym uzyskuje po upływie czasu  $t$  sekund“.

Z wywodów Gostkowskiego trudno wywnioskować, o jakim zagadnieniu jest mowa, bowiem raz mówi o ciele spadającym w pionowym strumieniu powietrza, drugi raz o „zawisaniu“ tego ciała w tym strumieniu. Wyjaśnia to dopiero przykład, który przytacza jako ilustrację swych wywodów. Nawiązuje w nim autor do „żeglarki Wellnera“ i założenie jego jest następujące: „Wentylator... spada w powietrzu spokojnym przez jedną sekundę. Po upływie tej sekundy poczynają skrzydła wentylatora pracować, skutkiem czego powstaje wiatr skierowany w dół, którego reakcja spad wentylatora utrudnia...“. Stąd dopiero można wywnioskować, że wywody Gostkowskiego dotyczą zatrzymania ciała już spadającego.

Po rozwiązaniu wymienionego przykładu przechodzi autor do wyprowadzenia wzoru na moc potrzebną do utrzymania ciała w powietrzu. Zakładając we wzorze (III)  $v = k$  i zgodnie z poprzednimi wywodami  $W = G$ , otrzymuje już na innej drodze niż w swej po-



przedniej pracy, ten sam wzór  $E = Gk$ . W wyniku tych wywodów wygłasza twierdzenie, że spośród „wzorów do obliczania energii zawisania ten tylko jest uzasadniony, który uczy, że energię zawisania mierzyć trzeba iloczynem ciężaru i stałej jego szybkości spadania“.

Stwierdzając dalej, że wzory inż. Budau i Straszewicza muszą więc koniecznie być błędne. Gostkowski stara się wykryć te błędy. W stosunku do wywodów Budau mówi: „Ponieważ jednak wykazałem, że  $R = (G + W)$ , inż. Budau zaś przyjmuje  $R = G$ , więc przyjmuje widocznie  $W = 0$ “. I stara się przekonać, że opór  $W$  nie może być nigdy równy zeru. Z kolei przechodzi do wywodów Straszewicza: „Rozumowanie inż. Straszewicza nie różni się wcale od rozumowania inż. Budau, jak długo nie zostają w rachunek wprowadzone wartości poszczególne. Inż. Straszewicz widząc, że rachunek inż. Budau nie prowadzi do wyniku zgodnego z powszechnie przyjętym zapatrywaniem, zamiast przyjąć, że reakcja potrzebna do zawisania jest dwa razy większa niż ją przyjmuje inż. Budau, co by dało wynik zgodny z powszechnem zapatrywaniem, zdwaja szybkość strumienia wydmuchiwanego powietrza, bo sądzi, że w takim razie niedalekim będzie od prawdy, lubo wie dobrze, że przypuszczenie jego «zaufanie wzbudza»“.

Co do wzoru (3) Monikowskiego Gostkowski, stwierdzając jego niesłuszność, nie przeprowadza analizy, zaznaczając gotowość jej przeprowadzenia „skoro w tym kierunku życzenie się objawi“.

Końcowa część artykułu jest poświęcona trzem nie zgadzającym się ze sobą wzorem na reakcję  $R$  powietrza:  $R = G$  — Budau,  $R = 4G$  — Straszewicza,  $R = 2G$  — wyprowadzonego przez autora. Gostkowski dochodzi do wniosku, że „w pierwszym wypadku ciało wcale zawisać nie może, w drugim zaś książka zsunięta ze stołu na podłogę spaść by nie mogła“. Ostatecznie autor zgubił się w swych wywodach i doszedł do całkiem nieoczekiwanych wyników. Po kategoriycznym stwierdzeniu, że „reakcja potrzebna do zawisania winna być dwa razy większa od ciężaru mającego zawisać“, pisze:

„Wynik ten, do którego Lilienthal w Berlinie i Manfai w Bukareszcie doszli na zupełnie innej drodze, zdaje się w pierwszej chwili być niezrozumiałym, zastanawiając się jednak nieco głębiej rozumiemy, że parcie wiatru w górę, czyli reakcja, przewyższać musi ciężar mający zawisać koniecznie dwa razy, gdyż tylko w takim razie otrzymuje się jako nadwyżkę sił siłę skierowaną do góry, tak wielką, jak jest ciężar ciała ciągnący go w dół.

Jeżeli siła skierowana pionowo w górę (reakcja prądu powietrza wydmuchiwanego przez wentylator) wynosi  $2G$ , siła zaś skierowana pionowo w dół (ciężar ciała) wynosi  $G$ , natenczas powstaje nadwyżka sił skierowana w górę, wynosząca  $2G - G = G$ , a więc właśnie tyle, ile ciało waży. Ciało spadać więc nie może“.

Kończąc omawianie artykułu Gostkowskiego muszę zwrócić uwagę, że podstawą jego rozumowania było założenie Babineta. Na początku bowiem artykułu czytamy:

„Praca sekundowa, jaką wykonuje siła ciężenia, wyrazi się więc iloczynem ciężaru ciała spadającego i stałej szybkości jego spadania. Jeżeli tej pracy przeciwstawię pracę jednakowo wielką wyrobioną sztucznie, natenczas ciało spadać nie będzie, zawisnie ono w powietrzu... Takie to zapatrywanie jest powszechnie przyjęte“.

W „Przeglądzie Technicznym“<sup>33</sup> zostały też umieszczone uwagi Straszewicza, Monikowskiego i wyjaśnienie Gostkowskiego.

Straszewicz zaznacza, że polegając na przedstawieniu rzeczy przez Monikowskiego źle zrozumiał tezę zagadnienia i dziwi się, iż Gostkowski nie zwrócił uwagi na to nieporozumienie. Następnie kwestionuje niektóre stwierdzenia, porusza przytoczony wyżej ustęp artykułu, w którym jest skrytykowany jego rachunek i oświadcza: „Nie wiem, czyje twierdzenie, którego broni prof. Gostkowski, jest «zapatrywaniem powszechnie przyjętem»; w każdym razie zapatrywania tego podzielić nie mogą, uważając je za nie dowiedzione, przynajmniej dotychczas“. Wchodzi tu w grę założenie Babineta.

Z końcowych ustępów uwag Straszewicza wynika, że to zagadnienie nie wchodziło w zakres jego zainteresowań i udział w sporze ma charakter przypadkowy. Czytamy bowiem:

„P. Monikowski popełnił zasadniczy błąd w rachunku, i uważałem, że byłoby niedobrze, gdyby nikt w «Przeglądzie» nie zwrócił na ten błąd uwagi. To mię skłoniło do napisania swego artykułiku. Uznałem za potrzebne wskazać w nim, jak, zdaniem moim, należałoby rachować, przyjmując te założenia, które poczynił pan Monikowski (w replice p. Monikowskiego błędy w rozumowaniu występują jeszcze jaskrawiej niż w jego pierwszym artykule, i z tego względu uznałem dalszą polemikę za zbyteczną), lecz nie rościłem pretensyi do tego, aby rachunek mój rozwiązywał zadanie praktyczne“.

W stosunku do artykułu Gostkowskiego zaznacza, że nie chce

<sup>33</sup> Nr 26/1905, s. 324.

wdawać się „w krytykę, gdyż rozumowania i rachunki prof. G. są dla mnie niejasne“. Dalej w formie zapytania, wymagającego wyjaśnienia, porusza ostateczny wynik rozważań Gostkowskiego — wzór (III) na moc potrzebną do zatrzymania spadającego ciężaru. Jeżeli rozpatrujemy ciało będące w równowadze w powietrzu, to  $v = 0$ , zatem i  $E = 0$ . „Znaczyłoby to, że ptak lub aeroplan nie potrzebuje wykładać żadnej pracy, aby bujać w powietrzu, nie wznosząc się i nie spadając. Jeżeli taki ma być wynik teorii prof. G., to przyznam się, mniej mi ona trafiałaby do przekonania od wszystkich innych, które doszły do mej świadomości“.

Monikowski stara się uzasadnić słusność swoich wywodów i słusność swego wzoru (3), który został zakwestionowany przez Gostkowskiego. Poza dalszą gmatwaniną pojęć, jak np. przeciwstawianie „impulsom siły ciężenia“ — „pracy propellera“, nic nowego tu nie znajdujemy, chyba że zdanie końcowe:

„Z toku rozpraw p. Straszewicza i wyjaśnień prof. Gostkowskiego, wywołanych niniejszym moim artykułem, widzę, że oponenci moi, nie chcąc rozstać się ze swymi twierdzeniami, nie analizują mych założeń i dlatego uważam dalszą polemikę za zbyteczną“.

Wyjaśnienie Gostkowskiego również nic nowego nie wnosi, sprowadza się bowiem do streszczenia podanych już poprzednio wywodów. W stosunku do uwagi Straszewicza, że „ptak lub aeroplan nie potrzebują wykładać żadnej pracy, aby bujać w powietrzu, nie wznosząc się i nie spadając“ mówi: „Głosząc takie zdanie, przeocza się, że  $v$  w tym wzorze jest prędkością wiatru wentylatora, a ponieważ wiatr wentylatora koniecznie jakąś prędkość posiadać musi, bo inaczej nie byłby wiatrem, więc  $v = 0$  nigdy być nie może“. Stwierdzenie to nie znajduje uzasadnienia w artykule Gostkowskiego, gdzie kilka razy jest podkreślone, że  $v$  oznacza prędkość ciała spadającego w spokojnym powietrzu. Dopiero w wyjaśnieniu znajdujemy, że  $v$  oznacza „prędkość wiatru sztucznego“.

Dalej Gostkowski usprawiedliwia zastosowany przez siebie zwrot: „Jeżeli pracy przeciwstawię pracę jednakowo wielką...“. To powiedzenie Straszewicz określił, jako „stanowczy zamach na prawo zachowania energii“. Na ten zarzut Gostkowski, po przytoczeniu pewnych analogii, mówi: „Wyraziłem się krótko, bo mniemałem, że nieporozumienia nie będzie“. Następnie przechodzi do uwag Monikowskiego, odpierając zarzut nieodróżniania pracy potrzebnej do „wytworzenia oporu powietrza, mającego spadanie uniemożliwić, od pra-

cy potrzebnej do sprawiania siły, która by równoważyła siłę ciężenia“.

W tym streszczeniu przebiegu dyskusji starałem się uwypuklić zasadniczy fakt, że strony wzajemnie nie rozumieją się. Dyskutanci stwierdzają to zresztą w swoich końcowych uwagach i wyjaśnieniach. Niezbyt jasne i niedostatecznie wyraźne sformułowanie założeń rozwiązywanego zagadnienia uniemożliwiło osiągnięcie porozumienia i każdy bronił swego punktu widzenia. W tym stanie rzeczy redakcja „Przeglądu Technicznego“ uznała wymianę poglądów „w przedmiocie zamieszczonego w nr 40 r. z. artykułu inż. p. K. Monikowskiego... za ukończoną“<sup>34</sup>. Jednocześnie zawiadomiono, że w jednym z najbliższych numerów ukaże się artykuł członka redakcji, w którym zostanie podane rozwiązanie tego zagadnienia.

Istotnie w niedługim czasie ukazał się artykuł *Prawa mechaniczne spadania i utrzymywania ciał w powietrzu*<sup>35</sup>, napisany przez inż. Henryka Czopowskiego (1863—1935), późniejszego (od 1915 r.) profesora Politechniki Warszawskiej.<sup>36</sup> W tym artykule znajdujemy rozwiązanie zagadnienia i krytyczną ocenę wywodów oraz wyników Gostkowskiego, Budau, Monikowskiego i Straszewicza. Autor rozpatruje dwa zjawiska: swobodny spadek ciała w powietrzu i utrzymywanie w powietrzu ciała będącego w spoczynku. Wyraźnie więc odróżnia zagadnienie dynamiczne od statycznego, ujmując je w dwa, jak mówi, „zadania“.

„Zadanie I. Na ciało swobodnie spadające w powietrzu i posiadające prędkość w danym momencie =  $V_0$ , zaczyna działać strumień powietrza w kierunku odwrotnym jego spadkowi; należy:

<sup>34</sup> Tamże.

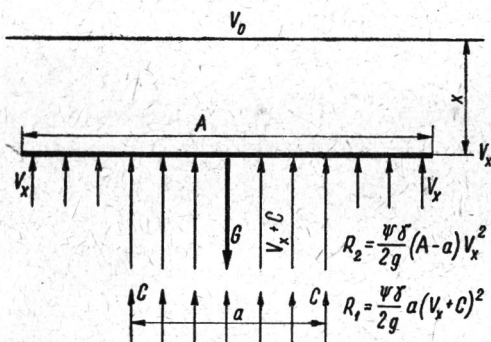
<sup>35</sup> „Przegląd Techniczny“, nr 29—30/1905, s. 359 i s. 375.

<sup>36</sup> Henryk Czopowski urodził się w Warszawie. W 1889 r. ukończył Wydział Inżynierii Politechniki w Rydze. Następnie pracuje zawodowo podejmując jednocześnie pracę naukową teoretyczną. Ogłasza w „Przeglądzie Technicznym“ rozprawy z wytrzymałości materiałów, mechaniki ogólnej, termodynamiki, hydromechaniki oraz jest autorem źródłowego czterotomowego podręcznika *Mechanika teoretyczna*. W 1907 r. obejmuje wykłady mechaniki ogólnej w Szkole Wawelberga i Rotwanda. W 1915 r. został wybrany dziekanem Wydziału Inżynierii Lądowej i Rolnej powstałej wówczas polskiej Politechniki w Warszawie. Na tym stanowisku pozostawał 6 lat. W 1918 r. został mianowany profesorem zwyczajnym i kierownikiem katedry Mechaniki Teoretycznej, którą prowadził do końca swego życia. Jest on organizatorem i wieloletnim prezesem Warszawskiego Towarzystwa Politechnicznego. Z chwilą powstania Akademii Nauk Technicznych został powołany na jej członka rzeczywistego. Duże zasługi natury organizacyjnej położył przy organizacji Politechniki Warszawskiej i dalszym jej rozwoju. Jego nadzwyczajnemu wysiłkowi zawdzięcza np. Politechnika wzniesienie gmachu tzw. „Nowej kreslarni“.

1) obliczyć prędkość, jaką posiadać będzie dane ciało po przejściu drogi  $X$ ; 2) znaleźć miejsce, w którym ciało dane zostanie zatrzymane w swym biegu; 3) oznaczyć warunki, w jakich zatrzymanie się (zawiśnięcie) ciała może nastąpić i 4) oznaczyć energię, tj. pracę na sekundę, jaką trzeba zużyć, ażeby dane ciało móc zatrzymać<sup>37</sup>.

Rozwiązując punkt 1) postawionego w ten sposób zadania, przyjmuje oddziaływanie (opór)  $R$  powietrza na poruszające się w nim ciało według wzoru zaczerpniętego z „Technika“<sup>38</sup>:  $R = \left(\frac{\psi}{2}\right) \cdot \frac{\gamma}{g} a c^2$ ,

gdzie  $\psi$  oznacza pewien współczynnik zależny od kształtu uderzanej przez strumień powierzchni,  $\gamma$  — ciężar właściwy powietrza,  $a$  — przekrój poziomy strumienia powietrza,  $c$  — jego prędkość. Posługując się tym wzorem określa (patrz rysunek) reakcję  $R_1$  stru-



mienia powietrza na ciało poruszające się z prędkością  $v_x$  i reakcją  $R_2$  otaczającego powietrza spokojnego. Następnie stosuje do spadającego ciała twierdzenie o energii kinetycznej i otrzymuje równanie różniczkowe:

$$\frac{1}{2} \frac{G}{g} v_x^2 - \frac{1}{2} \frac{G}{g} v_0^2 = \int_0^x \left[ G - \frac{\psi\gamma}{2g} (A - a) v_x^2 - \frac{\psi\gamma}{2g} a (c + v_x)^2 \right] dx$$

Występujące w tym równaniu symbole oznaczają:  $G$  — ciężar spadającego ciała,  $v_0$  — prędkość spadającego ciała w chwili, gdy strumień powietrza zaczął nań działać,  $v_x$  — prędkość tegoż ciała w od-

<sup>37</sup> Punkty 2, 3 i 4 rozpatrywanego zagadnienia obejmują okres ruchu spadającego ciała do chwili jego zatrzymania się. Stanu mechanicznego ciała w następnym okresie, po chwilowym zatrzymaniu się, autor nie bada.

<sup>38</sup> Tom I, s. 306. Por. odsyłacz 21.

ległości  $x$  od miejsca, w którym miało ono prędkość  $v_0$ ,  $A$  — powierzchnia rzutu poziomego tego ciała.

Rozwiązując powyższe równanie otrzymuje Czopowski odpowiedź na pierwszą część zadania w postaci złożonego wzoru, z którego dla każdej wartości  $x$  można obliczyć odpowiednią wartość  $v_x$  lub też odwrotnie.

Korzystając z otrzymanego wzoru oblicza wartość  $k$  prędkości granicznej ciała. Podstawiając do niego  $v_0 = 0$ ,  $c = 0$  i mając na uwa-

dze, że  $k = \lim_{x \rightarrow \infty} v_x$ , wyprowadza wzór:

$$k = \beta \sqrt{\frac{G}{A}}, \text{ gdzie: } \beta = \sqrt{\frac{2g}{\psi\gamma}}.$$

Posługując się tymże wzorem  $x = f(v_x)$  rozwiązuje Czopowski drugą część zadania, tj. określa odległość  $x_0$  poziomemu początkowego  $x = 0$  i  $v_x = v_0$ . W tym celu wprowadza do tego wzoru wartości:  $x = x_0$ ,  $v_x = 0$ .

Trzecią część zadania rozwiązuje, wychodząc z warunku, że określona wyżej wartość  $x_0$  musi być dodatnia i rzeczywista. Z tego założenia wynika warunek wystarczający do zatrzymywania spadającego ciała przez strumień powietrza o przekroju poziomym  $a$  i prędkości  $c$ . Jest nim nierówność  $c > \beta \sqrt{\frac{G}{a}}$ .

Dalej wyprowadza odpowiednie wzory dla przypadku  $a = A$  i stwierdza, że w tym przypadku do zatrzymywania ciała wystarczy, aby było  $c > k$ .

Uzyskane wyniki swych rozważań ilustruje autor przykładem liczbowym, który daje pewien obraz szybkości zmian wartości  $x_0$  i czasu  $t_0$  potrzebnego do zatrzymania ciała w zależności od różnych

$$\text{wartości } \eta = \frac{c}{k}.$$

W końcu podaje wzór na energię, potrzebną do wytworzenia strumienia powietrza zatrzymującego ciało spadające:  $E = \frac{\psi}{2} \cdot \frac{\gamma a c^3}{2g}$ . Dla przypadku gdy  $v_0 = k$ ,  $a = A$  i  $c = \eta k$ , wzór na energię przybiera postać:

$$E = \frac{Gk}{2} \eta^3.$$

W oparciu o ten wynik stwierdza:

„Wielkość więc pracy mechanicznej na sekundę strumienia, zatrzymującego przedmiot spadający, jest wielkością zmienną dla tegoż przedmiotu i zależną od stosunku  $\frac{c}{k}$ ; stosunek zaś ten zależy jest od miejsca, w jakim spadający przedmiot ma się zatrzymać, lub od czasu, kiedy ma się zatrzymać“.

Z kolei następuje sformułowanie i rozwiązanie drugiego zagadnienia — statycznego.

„Zadanie II. Zatrzymany (lub będący w spokoju) przedmiot należy utrzymać w powietrzu za pomocą strumienia powietrza; znaleźć w tym wypadku wielkość dla  $c$  i wyraz odpowiedniej pracy mechanicznej“.

Rozwiązanie wynika z warunku równowagi sił działających na utrzymywane ciało. Siły działające na ciało w przypadku jego ruchu były już poprzednio określone. W tym zagadnieniu  $R_2 = 0$ , a  $R_1 = \frac{\psi\gamma}{2g} ac^2$ , ponieważ zgodnie z założeniem  $v_x = 0$ . Wobec tego wa-

runek równowagi ma postać:  $G - \frac{\psi\gamma}{2g} ac^2 = 0$ . Zatem  $c = \beta \sqrt{\frac{G}{a}}$

a w przypadku, gdy  $a = A$ , prędkość strumienia powietrza

$c = \beta \sqrt{\frac{G}{A}} = k$ . Zestawienie tego wyniku z wynikiem wyrażającym

warunek zatrzymania spadającego ciała, otrzymanym w zadaniu I, doprowadza autora do wniosku: „gdy dany przedmiot jest w ruchu podczas spadania, to dla jego zatrzymania należy, ażeby

$c > \beta \sqrt{\frac{G}{a}}$ : jeżeli tenże przedmiot został już zatrzymany, to dla jego

utrzymania w powietrzu należy, ażeby  $c = \beta \sqrt{\frac{G}{a}}$ .

Wykorzystując otrzymany wzór na wartość prędkości  $c$  strumienia powietrza, oblicza potrzebną do tego moc, wychodząc ze wzoru  $E = \frac{mc^2}{2}$ , i w ostatecznym wyniku, po wprowadzeniu „wielkości  $k$  jako charakterystyki właściwości spadania ciała“ otrzymuje wzór:

$$E = \frac{Gk}{2}.$$

Po rozwiązaniu powyższych dwóch zadań przystępuje autor do porównania otrzymanych przez siebie wyników z rezultatami wywodów Gostkowskiego, Budau, Straszewicza i Monikowskiego. Na początku stwierdza, że wzór Budau jest identyczny z wyprowadzonym przez niego wzorem na energię potrzebną do utrzymania ciała w powietrzu i „jest dla danego wypadku odpowiednim”. Wywody pozostałych dyskutantów ocenia w sposób następujący:

„Inne zupełnie zadanie postawili sobie prof. Gostkowski i PP. Straszewicz i Monikowski: ciało przez nich badane znajduje się w ruchu i, gdy zaczyna na nie działać strumień powietrza, posiada ono już prędkość  $v_0$ , czyli też  $k$ ; posiada więc pewną energię kinetyczną, którą możemy zniszczyć jedynie przez wykonanie pewnej pracy. Tymczasem prof. Gostkowski szuka sił, które by się wzajemnie utrzymywały w równowadze, i w przykładzie swoim ... energię kinetyczną, jaką posiada obrane przez niego ciało, chce zrównoważyć jakimiś siłami! Gdzie się więc podziela energia, jaką posiadało spadające ciało? Rachunek prof. Gostkowskiego tego nie wykazuje!...

Inż. Straszewicz wychodzi zupełnie racjonalnie z wzoru energii kinetycznej strumienia i dla wypadku, gdy  $c = 2k$ , tj.  $\eta = 2$ , wzór jego jest dobry, lecz, jakem już wyżej dowiodł, wystarcza w ogóle dla zatrzymania spadającego ciała, ażeby  $\eta > 1$  ... nie jest więc koniecznym warunkiem, ażeby  $c = 2k$  ... Dla tejże przyczyny nie widzę «konieczności», o jakiej wspomina prof. Gostkowski, ażeby parcie wiatru przewyższać miało dokładnie dwa razy ciężar mającego zawisnąć przedmiotu: to twierdzenie posiada ten sam błąd, o którym wspomniałem wyżej, iż energii kinetycznej przeciwstawia się opór, tj. siłę.

Wzór  $E = Gk$  jest równie dobry dlatego, iż przyjąć możemy:  $\eta = \sqrt[3]{2} = 1,26 > 1$ , lecz nie dlatego, jak twierdzi prof. Gostkowski, że:  $W = G$ , gdyż równanie (II) prof. Gostkowskiego jest statyczne — może być więc tylko  $R = G$  — i stosowane być ono może tylko do tych wypadków, gdy ciało znajduje się w spokoju w chwili, gdy zaczął na nie działać strumień powietrza, a w tym razie  $W = 0$ ...

Inny postawił sobie warunek inż. Monikowski dla zatrzymania ciała w powietrzu; sądząc z wzoru całki  $\left(\int_0^1\right) \dots$ , wnioskuje, inż. Monikowski chciał postawić sobie warunek, ażeby ciała spadające zatrzymać działaniem strumienia powietrza w przeciagu jednej sekundy. Jest to warunek dowolny, ale mogący dać również prak-



tyczne rezultaty i rezultat tego rachunku byłby również dobry, gdyby nie pewne przypuszczenie, które inż. Monikowski milcząco wprowadził do rachunku, a które to przypuszczenia rezultat jego obrachunku robią niezdatnym do zastosowania“.

Uzasadniając powyższą wypowiedź wykazuje Czopowski najpierw błędność wzoru  $\frac{gdt}{2}$  zastosowanego przez inż. Monikowskiego i dalej pisze, że „błąd ten jednakże nie wpływa na rezultat jego rachunku, gdyż, jakem już wyżej zaznaczył, autor wzoru przyjął  $t = 1$ , a więc błąd ten wypadnie; nie usprawiedliwia to jednakże błędności wzoru  $\frac{gdt}{2}$ ; następnie we wzorze tym tkwi przypuszczenie, że ciało spada w przestrzeni bezpowietrznej, gdyż wyraz  $\frac{g dt}{2}$  (właściwie  $g t dt$ ) ma prawdopodobnie oznaczać drogę przebytą przez ciało w ruchu równomiernie przyspieszonym, gdy tymczasem spadać ono będzie pewnym ruchem zwalniającym, którego prędkość pod koniec pierwszej sekundy = zeru, ponieważ dane ciało ma się wtedy zatrzymać. Wzór więc  $\frac{Gg}{2}$  nie odpowiada rzeczywistemu stanowi spadania ciał w powietrzu i nie może być stosowany do tej grupy zjawisk“.

Z kolei przechodzi do krytyki zastosowanych przez poszczególnych dyskutantów niektórych twierdzeń, które — jak mówi — „są wręcz przeciwne wszelkim pojęciom mechaniki“. Kwestionuje twierdzenie Gosłkowskiego, podług którego praca potrzebna do zatrzymania ciała spadającego z prędkością  $c$  wynosi  $G \cdot c$ , a nie  $\frac{Gc^2}{2g}$ . Zdecydowanie negatywnie ustosunkowuje się do zastosowanych w tym zagadnieniu analogii i stwierdza: „Pojąc np. nie mogę i nie pojme «zdeformowanego powietrza» — a więc i podobieństwa takiego powietrza ze zdeformowanym hakiem znaleźć nie mogę“. Następnie wykazuje błędność niektórych wzorów, traktując je z matematycznego punktu widzenia i nie wchodząc w ich treść. W końcu cały spór ocenia tak:

„Nie przesadzając dobroci mojego rachunku, zauważę, iż cała wymiana poglądów pozbawiona jest przedmiotowości, wskutek czego robi wrażenie scholastycznej, polegającej na tem, iż strony wzajemnie się nie rozumieją, gdyż każda z nich tworzy nowe pojęcia, wprowadza nowe niczem nie uzasadnione analogie, które nie są zrozumiałe dla czytających. Analogie z koniem, górą, statkiem, zdefor-

owaniem powietrzem i hakiem są nie tylko nie naukowe, lecz zaciemniają nadto analizę danego zjawiska lub też są absolutnie niezrozumiałe. Rezultatem więc takiej wymiany poglądów są 4 wzajemnie sprzeczne wzory na toż samo zjawisko, i oświadczenie stron dyskutujących, że się nie rozumieją. Mechanika teoretyczna posiada przecież swoje urobione pojęcia i twierdzenia — zwróćmy się do tych pojęć i do tych twierdzeń, a wtedy będziemy się mogli wzajemnie zrozumieć i będziemy w stanie osiągnąć rezultaty pozytywne“.

Dosadny artykuł Czopowskiego zakończył, podsumował i ocenił toczący się przez dwa lata spór o sposób wyznaczania mocy niezbędnej do utrzymywania ciał w powietrzu. Jednak ten wyborny i ściśle naukowy artykuł nie wyjaśnił istotnego źródła wzajemnych nieporozumień. To bardzo interesujące nieporozumienie można wyjaśnić śledząc historyczny rozwój mechaniki lotu. Dlatego uważałem za potrzebne przypomnienie na początku artykułu zasadniczych etapów rozwoju „żeglugi powietrznej“ i fragmentów rozwoju teorii lotu.

Źródło nieporozumienia, tak jak zaznaczałem w trakcie omawiania sporu, tkwi w założeniu Babineta. Gostkowski i Monikowski ślepo wierzyli w jego słuszność i wszystkie ich rozważania są na nim oparte, wszystkie twierdzenia pod nie „podciągnięte“. Stało się to przyczyną tworzenia nowych pojęć i niczym nieuzasadnionych z punktu widzenia mechaniki analogii. Dziś możemy się tylko dziwić, że Gostkowski tak bezkrytycznie przyjął za podstawę swych wywodów założenie Babineta, lecz nie można zrobić mu zarzutu nieznamomości podstawowych twierdzeń i pojęć mechaniki. Zresztą założenie Babineta znalazło dość szerokie zastosowanie nie tylko u nas.

Podkreślałem poprzednio, że nieznamość praw oporu powietrza pozwala na różne, dość dowolne założenia (podkreślał to również w trakcie dyskusji Straszewicz) i z tego właśnie skorzystał Straszewicz. Uwzględniając znany już wtedy, lecz nie zbadany jeszcze dokładnie fakt istnienia depresji za poruszającą się w powietrzu płaszczyzną (o tym wspomina w swym artykule również Monikowski) i występowania wirów, przyjął, że prędkość strumienia powietrza utrzymującego ciało w zawieszeniu powinna być równa podwójnej prędkości granicznej ciała. Wywód Gostkowskiego i Monikowskiego zrozumieć nie mógł, bo nie znał „zapatrywania powszechnie przyjętego“, tj. założenia Babineta.

Budau i Czopowski doszli do zgodnych wyników, nie opierali bowiem swych rozważań na żadnym z wątpliwych założeń ortopterycznej teorii lotu. Czopowski, podobnie jak i Straszewicz, nie znał

założenia Babineta, nie mógł więc również zrozumieć założeń Gostkowskiego oraz Monikowskiego i ocenił całą wymianę poglądów jako pozbawioną „przedmiotowości“. A przedmiotowość, raczej przysłowiowa „kość niezgody“ występuje tu wyraźnie w postaci założenia Babineta.

W dniu dzisiejszym ten spór daje nam możliwość uzmysłowienia, jak głęboko w owych czasach było zakorzenione mniemanie, że lot mechaniczny składa się z dwóch zjawisk: utrzymania ciała w powietrzu i ruchu poziomego ciała. Tym pozostałościom ortopterycznej teorii lotu nie był już sądony długi żywot. Loty braci Wrightów, Farmana, Blériota w latach 1906—1908 uczyniły poważny, nie dający się załatać wyłom w teorii ortopteru. Poza tym wielokrotne badania, zmierzające do wykrycia praw oporu powietrza oraz doświadczenia Eiffla w latach 1909—1910, które potwierdziły wyniki poprzednio otrzymane i dały nowe rezultaty, podważyły zdecydowanie teorię ortopteru. W tym okresie, wyrażając się słowami Gostkowskiego, nad teorią ortopteryczną lotu akta zostały zamknięte. Stracił więc swoje znaczenie również spór o moc potrzebną do utrzymania ciała w powietrzu, toczony w ramach tej teorii.

#### СПОР НА ТЕМУ СПОСОБА ВЫЧИСЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ РАБОТЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕЛ В ВОЗДУХЕ

Спор, являющийся темой настоящей статьи, велся в то время, когда факты, доказанные экспериментальным путем, проибивали все более широкую брешь в господствовавшей в ту пору ортоптерической теории полета, а основы современной теории полета уже были точно сформулированы знаменитым поляком Стефаном Джевецким. Вопрос мощности, требуемой для поддержки тела в воздухе, занимал главное место в ортоптерической теории полета. Чтобы подчеркнуть роль этого вопроса, автор в начале своей статьи кратко излагает историю развития воздухоплавания и теории полета, а также освещает вклад польской научной мысли и опытов польских ученых и инженеров в этой области, причем шире останавливается на том периоде, в котором работы польских специалистов занимали ведущее место в мире (Стефан Джевецки, Чеслав Таньски). На этом фоне автор описывает спор, начало которому дала статья австрийского инженера А. Будау, напечатанная в 1903 г. в журнале „Zeitschrift des oesterreichischen Ingenieur- und Architekten Vereines“, и который затем на протяже-

нии 1904—1905 г. продолжался на страницах журнала „Przegląd Techniczny”.

В своей статье А. Будау, опираясь на теорию турбин, вывел формулы для составляющих полного сопротивления воздуха и формулу (1), позволяющую вычислить мощность, требуемую для того, чтобы поддержать тело в воздухе с помощью струи воздуха определенной скорости. Формулу для расчета этой мощности подверг критике профессор Львовского политехнического института Р. Гостковский, который придал ей новый вид (2). Статья проф. Гостковского была опубликована в 1904 г. в том же журнале, в котором была помещена статья А. Будау. В этом же году в журнале „Przegląd Techniczny” появилась статья инженера К. Мониковского, в которой излагается возникший спор. Кроме того, К. Мониковски добавил свои замечания и вывел новую формулу (3) для упомянутой мощности. В ответ на статью К. Мониковского, содержащую много неясностей, неудачных определений и даже ошибок, последовала статья инженера З. Страшевича (впоследствии в 1915 г. профессора Варшавского политехнического института). В этой статье Страшевич не только подверг резкой критике выводы инженера Мониковского, но также оспаривал правильность формул Будау и Гостковского. Пользуясь возможностью делать произвольные предположения (эта произвольность вытекала из еще недостаточного в то время знания законов сопротивления воздуха), Страшевич вывел формулу (4) для вычисления этой мощности. В такой обстановке в дискуссию, которая уже велась на страницах журнала „Przegląd Techniczny”, включился проф. Гостковский. В опубликованной им статье он по-новому вывел формулу (2) для обсуждаемой мощности, отклоняя при этом все остальные формулы. На основе своих рассуждений Гостковский доказывал, что только его формула является единственно правильной. Выступление Гостковского повлекло за собой дальнейший обмен мнениями, который сводился к тому, что участники дискуссии опровергали те, либо другие возражения и отстаивали свои взгляды на этот вопрос. В конце концов Страшевич отстранился от этого спора, так как его участие в нем было случайным, перестал участвовать в нем также Мониковски, сегодя впрочем на то, что никто не хочет анализировать его предложения. В этой обстановке редакция журнала прекратила обмен взглядами по этому вопросу, уведомляя читателей, что напечатает статью члена редакции, содержащую решение этого вопроса. Автором этой статьи был инженер Г. Чоповски (позднее с 1915 г. профессор Варшавского политехнического института), который подытожил спор и дал ему оценку. Таким образом, дискуссия, длившаяся два года, была закончена. Чоповски подтвердил правильность формулы (1) инженера Будау, однако не раскрыл главного источника этого интересного недоразумения. Этим источником явился тот факт, что проф. Гостковский и инж. Мониковски делали свои выводы, опираясь на принцип, выдвинутый Бабинэ, который был неизвестен остальным участникам спора.

## A CONTROVERSY CONCERNING THE METHOD TO COMPUTE THE MECHANICAL POWER NECESSARY TO KEEP A BODY IN THE AIR

The controversy that is discussed below took place at a time when experimental facts did more and more breaches in the orthopedic theory of flight, when the foundations of the contemporary theory of flight were already strictly defined by our eminent compatriot Stefan Drzewiecki. The problem of power necessary to keep a body in the air was playing a basic role in the orthopedic theory of flight. To clarify its role the introduction to this paper is devoted to a short history of the development of air navigation and to the theory of flight and to the contribution made by Polish scientific thought and by Polish experiments in this domain with special stress laid on the period when Poles work occupied a prominent place in the world. (Drzewiecki, Czesław Tański). Against this background we are told the story of the controversy initiated by an article of an Austrian engineer A. Budau published in „Zeitschrift des oesterreichischen Ingenieur-und Architekten Vereins” (Technical Review) in the years 1904—1905.

A. Budau published a paper entitled *Die mechanischen Grundgesetze der Flugtechnik*. As a result of his deliberations based on the turbine theory he worked out a formula (1) that allowed to arrive at the power necessary to keep a body in the air by means of an air current of a definitive velocity. This formula for the power necessary to keep a body in the air has been put in doubt by R. Gostkowski, professor at the Lwow Polytechnic School who changed it into form (2). Prof. Gostkowski article has been published in the same periodical in 1904. In the same year K. Monikowski, an engineer, published in „Przegląd Techniczny” an article summarizing the controversy. Moreover K. Monikowski added some remarks and drew a formula of this own (3) for the same power, different from formulae by Budau and Gostkowski. The Monikowski article contained many unclear passages and even errors. It provoked Z. Straszewicz, an engineer who in 1915 became professor at the Warsaw Polytechnic School, to publish a paper. In this paper the author criticizes sharply the reasoning of Monikowski, puts also in question the Budau and Gostkowski formulae. Taking advantage of the possibility to make arbitrary assumptions, the laws of air resistance being then unknown, Straszewicz put forward still another formula (4) for defining the same power. At this state of affairs prof. Gostkowski entered the discussion again and published in „Przegląd Techniczny” a paper where by a different method than used previously he worked out his old formula and considers the other formulas to be erroneous. He tells frankly that only his own formula is right. This Gostkowski paper aroused a new polemic which however was restricted to refutation of opponents objections and to a defence of his own reasoning. Straszewicz withdrew finally, his participation having a casual character. Monikowski also gave up complaining that nobody is willing to analyse his premises. In this situation „Przegląd Techniczny” closed its

columns and announced an article to appear by a member of its staff where the solution of this problem will be set forth. The author of the promised article proved to be H. Czopowski, an engineer who in 1915 became professor of the Warsaw Polytechnic School. This forceful article put an end, reviewed and appraised the controversy that lasted two years. In his arguments he approved the formula of Budau (1). He did not clear up however the real cause of the controversy. The real cause was the Babinet premise that was the base of prof. Gosłkowski reasoning, but was unknown to the other participants in this controversy.