

TESTER NAWIERZCHNI LOTNISKA TRAWIASTEGO

Michał Jan PIASKOWSKI

Politechnika Lubelska, 20-618 Lublin, Nadbystrzycka 36
tel.: 81-5384268 e-mail: indy6@wp.pl

Streszczenie: Lotnictwo jest bardzo istotnym środkiem transportu, również upowszechnia się turystyka samolotowa. Znane są wypadki lotnicze na niedużych aeroklubowych lub prywatnych lotniskach i lądowiskach, których przyczyną był stan techniczny pasa startowego. Z powodu obfitych deszczy droga startowa stawała się zbyt miękka i samolot nie był w stanie wystartować. Przyczyną bezpośrednią był wzrost wartości siły oporu toczenia. Dlatego też pojawiło się miejsce na metody i urządzenia pozwalające na ocenę stanu nawierzchni lotnisk nieutwardzonych. W niniejszym artykule przedstawiam projekt testera do badań stanu nawierzchni lotniska trawiastego.

Słowa kluczowe: lotniska trawiaste, tester ręczny, opór toczenia, szepność.

1. WPROWADZENIE

1.1. Siła oporu toczenia, współczynnik oporu toczenia f_t

W czasie kołowania, rozbiegu i dobiegu na koła podwozia samolotu działa siła oporu toczenia. Opór toczenia towarzyszy współpracy koła jezdnego i nawierzchni. Wynika z odkształcenia się opony koła, a także ugięcia podłoża. Tę siłę definiuje się w następujący sposób [2]:

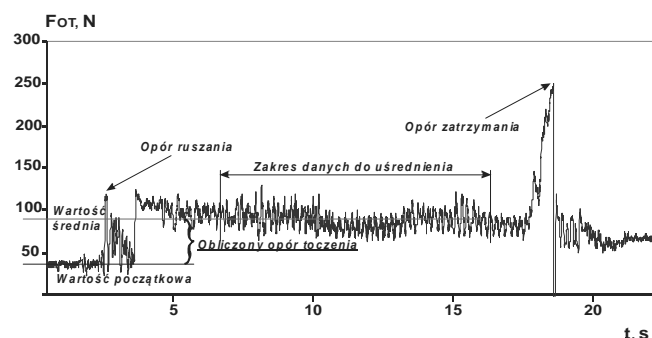
$$F_t = N \times f_t \quad (1)$$

gdzie: F_t – siła oporu toczenia, N – siła nacisku,
 f_t – współczynnik oporu toczenia.

Współczynnik oporu toczenia f_t jest wielkością zależną od rodzaju i stanu nawierzchni po której toczy się dane koło a także od ciśnienia w ogumieniu. Przykładowo, wartość współczynnika oporu toczenia dla samochodu osobowego i suchej nawierzchni asfaltowej wynosi $f_t = 0.012$ [2]. Dla samochodu siła N jest równa iloczynowi masy samochodu i przyspieszenia ziemskiego $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ czyli ciężarowi danego pojazdu. W przypadku samolotu wartość siły nacisku N jest zmienna i składa się z iloczynu masy samolotu i przyspieszenia ziemskiego oraz dodatkowej składowej dociskającej lub odciążającej samolot. Składowa ta wynika z działającej siły nośnej. W przypadku gdy samolot stoi w miejscu lub kołuje siła nacisku N jest równa ciężarowi samolotu przypadającemu na dane koło podwozia. W czasie startu siła nacisku maleje aż do zaniku, z kolei w czasie lądowania wzrasta od zera do wartości ciężaru samolotu.

Dla problemu poruszanego w tym artykule istotny jest opór toczenia na pasach startowych lotnisk o nawierzchni trawiastej. Lotniska te z reguły mają drogi startowe o ograniczonej długości, w sąsiedztwie których znajdują się

pola, drzewa lub krzewy. Takie uwarunkowanie powoduje, że nie każdy samolot i nie w każdych warunkach może korzystać z takiego lotniska. Wartości współczynnika f_t dla nawierzchni trawiastej wynoszą: 0,05 dla trawy krótkiej suchej, 0,08 dla suchej trawy długiej i 0,13 dla długiej trawy mokrej. W przypadku utwardzonych pasów asfaltowych wartość współczynnika f_t wynosi 0,012. Wartości te są określone dla zakresu prędkości od 0 do 85 mph (0 do 136,79 km/godz.) [1]. Wyznaczenia współczynnika f_t dokonuje się na podstawie wyników pomiarów siły oporu toczenia (rys. 1). Pomiaru takie można przeprowadzać z użyciem popularnych w technice motoryzacyjnej dynamometrów wieloskładnikowych. Są to urządzenia skomplikowane i kosztowne.



Rys. 1. Przykładowy wynik pomiaru siły oporu toczenia, wykonanego przy użyciu koła dynamometrycznego

Opór toczenia na nawierzchni nieodkształcalnej wyznacza się tzw. próbą wybiegu polegającą na rozpędzeniu pojazdu do danej prędkości, po osiągnięciu której dokonuje się rozłączenia napędu i pozwala się na swobodny wybieg aż do zatrzymania. Mierzona jest następnie droga od rozłączenia napędu do zatrzymania i dokonuje się niezbędnych obliczeń. W przypadku nawierzchni odkształcalnej a więc również trawiastej, próbę wybiegu realizuje się przy niewielkich wartościach prędkości, pomiar też jest komplikowany przez zjawisko rozpryskiwania drobinek nawierzchni przez toczące się koło. Metoda wybiegu nie sprawdza się przy badaniu siły oporu toczenia występującego w podwoziu samolotu, ponieważ kłopotliwe jest zastosowanie jej w przypadku samolotu. Przy niskich prędkościach toczenia, a więc odpowiadających kołowaniu samolotu lub początkowi startu, lub końcowej fazie dobiegu możliwe jest zastosowanie metody z wykorzystaniem pomiaru głębokości koleiny zostawionej przez koło oraz przy pomocy wózka dynamometrycznego.

1.2. Szepność

Szepność jest „lotniczym” odpowiednikiem przyczepności. Z fizycznego punktu widzenia obydwie pojęcia mają ten sam charakter jednak dla rozdzielenia lotnictwa od motoryzacji wprowadzono ten termin. Szepność jest więc zjawiskiem analogicznym do tarcia opony o nawierzchnię uwzględniającym warunki tej współpracy np. mokra/sucha nawierzchnia, ciśnienie w kole, czy rodzaj i stan bieżnika oraz jakość materiału z jakiego jest wykonana opona. Określana jest przez siłę przyczepności, a ta z kolei zależy od wartości współczynnika przyczepności, a ta z kolei zależy od wartości współczynnika przyczepności μ , który dla nawierzchni asfaltowych wynosi około 0,5. Współczynnik szepności μ definiowany jest jako stosunek siły przyczepności F_μ do siły nacisku koła na nawierzchnię Q lub jako stosunek wypadkowej reakcji stycznych do reakcji pionowej [3]:

$$\mu = \frac{F_\mu}{Q} = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{Z} \quad (2)$$

gdzie:

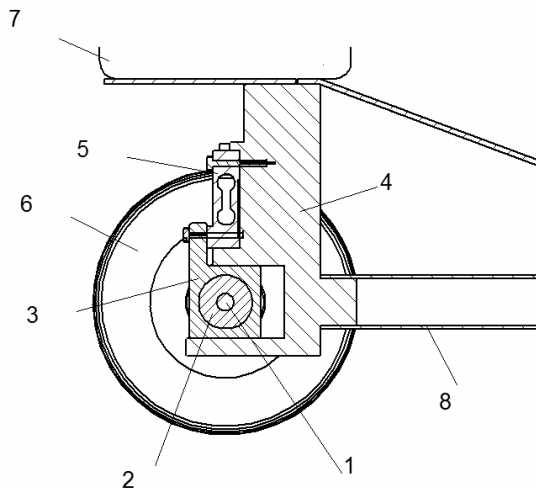
F_μ – siła przyczepności, Q – siła nacisku koła na nawierzchnię, X , Y , Z – reakcje nawierzchni: wzdłużna, poprzeczna, normalna.

Zaprojektowany przez autora artykułu tester umożliwił pomiar siły oporu toczenia oraz szepności, przy czym jest urządzeniem stosunkowo prostym i niekosztownym. W kolejnym rozdziale przedstawiłem rozwój konstrukcji oraz szczegóły metrologiczne i konstrukcyjne ostatecznej wersji testera.

2. RĘCZNY TESTER NAWIERZCHNI TRAWIASTEJ

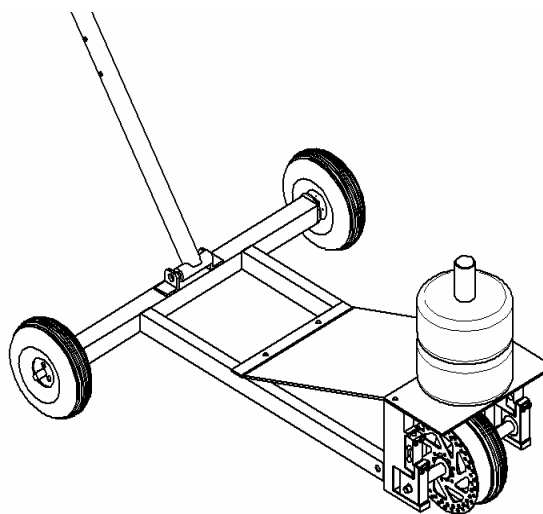
Tester ma postać trójkołowego wózka pchanego przez operatora. Przednie koło testera jest kołem pomiarowym (rys. 2). Wyposażone jest w pneumatyczną oponę o średnicy 150 mm oraz tarczowy hamulec rowerowy o średnicy tarczy 140 mm. Tyłne koła o rozmiarze 150 mm są również kołami pneumatycznymi. W tylnej części testera znajduje się dyszel z możliwością regulacji jego długości. Dyszel połączony jest z wózkiem za pomocą przegubu który zapewnia, że koła testera zawsze stykają się z nawierzchnią. Ułożyskowanie w łożyskach wahliwych obrotowej osi koła pomiarowego kompensuje błędy niewspółosiowości powstałe w czasie montażu. W czasie projektowania powstało kilka rozwiązań realizacji konstrukcji testera. Zasadniczy element konstrukcyjny, czyli rama nośna testera w każdym z wariantów nie była modyfikowana, a różnice dotyczą budowy zawieszenia przedniego oraz sposobu realizacji pomiaru. Wariant „A” przewidywał, że elementem wskazującym wartość sił będzie odkształcana (zginana) stała oś oklejona tensometrami. Zasadniczą wadą tego rozwiązania było zakłócanie wyników pomiarów przez dodatkowe momenty zginające i skręcające. Następnie powstały warianty „B” i „C”, w których dalszym ciągu wykorzystano zginanie osi. W tych wariantach wprowadzono rozwiązania, które niwelowały wpływ powstałych momentów przez wprowadzenie przeciwnych równoważących momentów. Jednakże wspomniane rozwiązania podnosiły stopień skomplikowania urządzenia. Ostatecznie powstał wariant „D”, w którym istotną różnicą w porównaniu do poprzednich wersji jest zmiana rodzaju odkształcenia, a także zmiana elementu odkształcanego. W ostatecznym wariantcie zastosowano obrotową, nieodkształcalną, ułożyskowaną wahliwie oś,

która przez dwa symetryczne elementy zawieszenia wywiera nacisk na dwa identyczne czujniki tensometryczne pracujące na ściskanie. Rozwiązanie to oraz umieszczenie osi obrotu koła pomiarowego, osi symetrii czujnika tensometrycznego oraz osi obciążenia pionowego realizowanego przez odważnik w jednej linii, wyeliminowało obecność dodatkowych momentów, które mogłyby zafałszować wyniki pomiarów. Widok ostatecznej wersji testera przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 2. Budowa zawieszenia koła pomiarowego finalnego wariantu testera (wariant „D”): 1 - oś, 2 - łożysko, 3 - gniazdo łożyska, 4 - element nośny, 5 - czujnik tensometryczny, 6 - koło pneumatyczne wraz z tarczą hamulcową, 7 - odważnik, 8 - widelec ramy testera

W celu przeprowadzenia pomiaru, operator pcha tester przed sobą z prędkością piechura, następnie zaciska dźwignię hamulca w celu zablokowania koła pomiarowego, ale nie zaprzestaje pchania testera. Zablokowane koło przez ruchome elementy zawieszenia naciska na czujniki tensometryczne, które są odkształcane. Układ pomiarowy rejestruje przebieg wartości odkształcenia. Możliwość zmiany wartości obciążenia, a także możliwość zmiany ciśnienia w kole pomiarowym umożliwiają dokonanie pomiarów wartości siły oporów zależnie od tych parametrów.



Rys. 3. Widok zaprojektowanego testera

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Znajomość wartości siły oporu toczenia oraz siły szczyptowości jest bardzo ważna ze względu na bezpieczeństwo wykonywania operacji startu i lądowania na niedużych lotniskach o nawierzchni trawiastej. Przedstawiony w artykule projekt ręcznego testera jest jednym z elementów opracowanej i aktualnie wdrażanej metody oceny trawiastych nawierzchni lotniskowych. Zastosowane rozwiązania pozwalają na zbudowanie urządzenia niskim

kosztem, przy jednoczesnym zachowaniu pełnej funkcjonalności i dokładności pomiarów.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Norman S. Currey: Aircraft Landing Gear Design: Principles and Practices, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Washington, USA, 1988
2. Arczyński S.: Mechanika ruchu samochodu, WNT Warszawa 1994
3. www.wme.wat.edu.pl

PORTABLE TESTER FOR GRASSY AIRFIELD SURFACE

There are cases of airplane accidents on small and private airfields and aerodromes, caused by the sudden and unexpected weather changes, such as heavy rains. In such conditions, the runway is not long enough, and the plane cannot take off. The reasons are increase of rolling resistance force value and traction decline. Such situations demonstrate need for new methods and devices that will allow examination and monitoring the condition of grassy airfields. This article is dedicated to the portable tester for grassy airfield surface project.

Keywords: wheel tester, grassy airfields, rolling resistance, braking friction coefficient.