

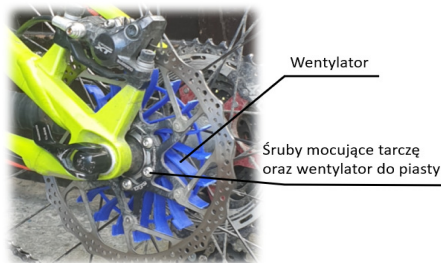
Autorzy : Wojciech KŁODA, Michał KUNC, Piotr KAMIŃSKI, Joanna KOCZUR

Tytuł plakatu: GÓRSKA TURYSTYKA ROWEROWA - ASPEKTY PRAWNE ORAZ PROJEKT WENTYLATORA ROWEROWEJ TARCZY HAMULCOWEJ

WSTĘP

Aktualnie zyskują na popularności kompleksy górskich ścieżek rowerowych (tzw. szlaki enduro). Zasady oraz tryb korzystania z kompleksów górskich ścieżek rowerowych enduro określają regulaminy, które powinny być bezwzględnie przestrzegane przez wszystkich użytkowników górskich ścieżek rowerowych. Wśród zasad bezpieczeństwa dot. korzystania z kompleksów enduro znajdują się m.in. te dotyczące wymogów sprzętowych. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia [1]: „Zasady bezpieczeństwa”: trasy rowerowe enduro może użytkować każdy, kto posiada sprawny rower przeznaczony do jazdy w górach, który koniecznie posiadać musi dwa sprawne hamulce oraz minimum przedni amortyzator, ponadto użytkownik tras enduro musi obowiązkowo posiadać kask oraz wszelkie niezbędne ochroniacze.

Głównym układem gwarantującym bezpieczeństwo podczas zjazdów górskich w dyscyplinie MTB jest układ hamulcowy [2]. W procesie hamowania wytwarzają się duże ilości energii cieplnej pochłanianej przez klocki i tarcze hamulcowe. Elementy robocze układu hamulcowego posiadają określoną pojemność cieplną. Zatem po osiągnięciu granicznej temperatury (uzależnionej od danego materiału), dalszy odbiór ciepła drastycznie spada i powoduje obniżenie skuteczności hamowania. W niektórych przypadkach praca hamulców w ekstremalnej temperaturze może prowadzić do uszkodzenia pracujących elementów roboczych [3]. Z tej przyczyny kluczowym zagadnieniem wydaje się podjęcie działań zmierzających do zmniejszenia temperatury tarczy hamulcowej podczas hamowania

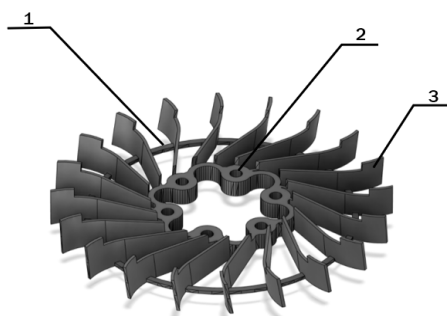


Rysunek 1 Umieszczenie wentylatora na piastce koła

PROJEKT WENTYLATORA TARCZY HAMULCOWEJ

Model wentylatora tarczy hamulcowej został wykonany w programie SolidWorks. Na jego podstawie została wykonana część na drukarce 3D typu FDM - użyto w tym celu materiału ABS. Konstrukcja wentylatora została tak zaprojektowana, aby umożliwić podłączenie wentylatora za pomocą śrub M3 do oryginalnych otworów gwintowanych w piastce typu DT SWISS służących do montażu tarczy hamulcowej. Kształt łopatek wentylatora został tak dobrany, aby zapewnić jak największą skuteczność chłodzenia tarczy i stanowiąc tajemnicę konstruktorów. Średnica wentylatora pozwala na jego montaż w taki sposób, aby podczas obrotu była zachowana stała odległość pomiędzy zaciskiem hamulca a tarczą. Ponadto rozwiązanie konstrukcyjne charakteryzuje się tym, że wentylator jest mocowany pomiędzy kołnierzem na piastce, do którego mocowane są szprychy a tarczą hamulcową. Przedstawia to rysunek 1

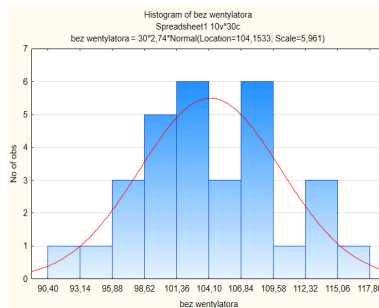
Przedstawiony na rysunku 2 wentylator chłodzi tarczę hamulcową tylnego koła w rowerze wyposażony jest w pierścień wzmacniający (1) służący do zwiększenia sztywności łopatek (3) podczas obrotu wentylatora. Konstrukcja posiada specjalnie wyprofilowany uchwyty montażowy (2) służący do połączenia z piastą koła tylnego za pomocą śrub.



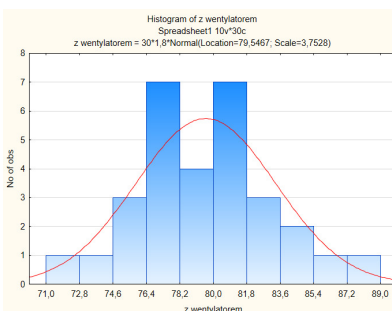
Rysunek 2 Model CAD wentylatora tarczy hamulcowej: 1-pierścień wzmacniający, 2-uchwyt montażowy, 3-łopatki

OCENA SKUTECZNOŚCI ZASTOSOWANIA WENTYLATORA DO CHŁODZENIA TARCZY HAMULCOWEJ ROWERU PRZYSTOSOWANEGO DO ZJAZDÓW GÓRSKICH POPRZECZ STATYSTYCZNE OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARU

Przeprowadzona próba badania skuteczności chłodzenia tarczy hamulcowej odbyła się przy założeniach szczegółowo przedstawionych w artykule. Dla oceny skuteczności działania wentylatora przeprowadzono szereg prób terenowych. Wyniki pomiarów temperatury tarczy hamulcowej bez i z zastosowanym wentylatorem po zjeździe z trasy poddano analizie opracowując histogram rozkładu temperatury dla tarczy bez i z wentylatorem. Wyniki pomiarów przedstawia rysunek 3, rysunek 4.



Rysunek 3 Histogram dla tarczy hamulcowej bez wentylatora



Rysunek 4 Histogram dla tarczy hamulcowej z wentylatorem

Następnie, analizując kształt histogramów założono, że ich kształty opisują krzywe rozkładu normalnego o parametrach przedstawionych na rys. 3 oraz rys. 4 w dalszej kolejności dokonano oceny adekwatności poprawności założenia rozkładu normalnego do opisu charakteru zmienności temperatury tarczy hamulcowej podczas przejazdu po wyznaczonej trasie bez i z wykorzystaniem wentylatora. Dokonano tego za pomocą testu chi-kwadrat przy wykorzystaniu programu STATISTICA. Wyniki przeprowadzonego testu przedstawia tabela 1 oraz tabela 2

Tabela 1 Zestawienie dla testu chi-kwadrat testowanego rozkładu normalnego dla tarczy hamulcowej bez wentylatora

Upper Boundary	Observed Frequency	Cumulative Observed	Percent Observed	Cumul. % Observed	Expected Frequency	Cumulative Expected	Percent Expected	Cumul. % Expected	Observed-Expected
<= 89.00000	1	0.00000	0.00000	0.165294	0.16529	0.16529	0.55098	0.5510	-0.16529
92.00000	1	1.00000	3.33333	0.46748	0.62094	0.62094	1.52249	2.0735	0.54225
95.00000	0	0.00000	0.00000	1.247746	1.98719	1.98719	4.19515	6.2266	-1.24775
98.00000	3	4.00000	13.33333	2.659439	4.52923	8.66480	15.0974	0.34056	1.57708
101.00000	6	10.00000	33.33333	4.422924	8.95215	14.74308	29.9405	1.57708	0.26997
104.00000	6	16.00000	53.33333	5.740027	14.69218	19.13342	48.7979	0.26997	-1.83245
107.00000	3	19.00000	63.33333	5.813242	20.50542	19.37747	68.3514	-2.81324	2.40965
110.00000	7	26.00000	86.66667	4.584347	25.09977	15.31449	83.6659	2.40965	-1.83245
113.00000	1	27.00000	90.00000	2.833454	27.93322	9.44486	93.1107	-1.83245	0.63646
116.00000	2	29.00000	96.66667	1.363341	29.29676	4.54514	97.6559	0.63646	-0.48854
119.00000	1	30.00000	100.00000	0.511963	29.80972	1.70554	99.3624	0.48854	-0.19128
< infinity	0	30.00000	100.00000	0.191275	30.00000	0.63758	100.0000	0.19128	

Tabela 2 Zestawienie dla testu chi-kwadrat testowanego rozkładu normalnego dla tarczy hamulcowej z wentylatorem

Upper Boundary	Observed Frequency	Cumulative Observed	Percent Observed	Cumul. % Observed	Expected Frequency	Cumulative Expected	Percent Expected	Cumul. % Expected	Observed-Expected
<= 72.00000	0	0.00000	0.00000	0.16434	0.16434	0.16434	0.54511	0.5451	-0.16434
74.00000	1	1.00000	3.33333	0.60511	0.66494	1.66837	2.2165	0.49949	1.42609
76.00000	3	4.00000	13.33333	3.07823	5.19507	10.26078	17.2099	0.97823	1.95672
78.00000	7	11.00000	36.66667	5.034281	10.20355	16.78994	34.0118	1.95672	1.23871
80.00000	5	16.00000	53.33333	6.287076	16.44226	20.79569	54.8075	1.23871	2.14145
82.00000	9	25.00000	80.00000	5.68953	22.30091	19.52091	74.3360	2.14145	2.16888
84.00000	2	26.00000	96.66667	4.168883	26.49989	13.89528	88.2323	2.16888	0.75221
86.00000	3	29.00000	96.66667	2.247746	28.71748	7.42652	96.7249	0.75221	-0.91522
88.00000	0	29.00000	96.66667	0.182220	29.63570	0.05073	98.7857	-0.91522	0.71586
90.00000	1	30.00000	100.00000	0.284136	29.91983	0.94712	99.7328	0.71586	-0.88017
< infinity	0	30.00000	100.00000	0.080168	30.00000	0.26723	100.0000	0.08017	

Analizując dane zawarte w tabeli 1 oraz w tabeli 2, można stwierdzić, że wykorzystane modele oparte na rozkładzie normalnym poparte analizą statystyczną umożliwiły identyfikację możliwych do wystąpienia temperatur tarczy hamulcowej podczas przejazdu na wyznaczonej trasie.

Z uwagi na rodzaj i charakter przeprowadzanej próby można stwierdzić, że zbliżonym do opisu rzeczywistych warunków eksploatacyjnych tarczy hamulcowej bez i z wentylatorem jest model statystyczny oparty o rozkład normalny.

PODSUMOWANIE

Stwierdzono, że zastosowanie wentylatora pozwoliło na obniżenie temperatury tarczy hamulcowej o 24,7°C podczas zjazdu na rowerze wyznaczoną trasą. Zastosowanie ww. rozwiązania poprawiło skuteczność hamowania przy długotrwałych zjazdach górskich, co z kolei bezpośrednio przełożyło się na poprawę bezpieczeństwa rowerzysty. Zastosowana analiza statystyczna pozwoliła na określenie charakteru zmienności rozkładu temperatury podczas zjazdów górskich na tarczy hamulcowej koła tylnego. Zmienność tę można opisać za pomocą funkcji rozkładu normalnego. W dalszej kolejności projekt będzie rozwijany pod kątem możliwości adaptacji tego rozwiązania dla większości standardowych piast rowerowych kół tylnych stosowanych w dyscyplinie MTB oraz pod kątem zwiększenia skuteczności chłodzenia tarczy poprzez zmianę geometrii kształtu łopatek.

LITERATURA

- [1] - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (t.j. Dz. U. z 2016 r. poz. 2022 z późn. zm.)
- [2] - Chomika G., Chudy J., Tutkaj K.: Analiza rozkładu temperatury w częściach roboczych hamulca tarczowego, Czasopismo Logistyka 1/2016
- [3] - Gajek A., Szczypiński-Sala W.: Wybrane własności tribologiczne okładzin ciernych hamulców tarczowych. The Archives of Automotive Engineering - Archiwum Motoryzacji Vol. 57, No. 3. 2012Vol.