

Rozwiązła bezwładność sznurówek

Jednym z dziecięcych wyzwań jest opanowanie wiązania butów. Z czasem przychodzi automatyzm i problem przestaje istnieć, przynajmniej pozornie. Bo nawet dobrze zawiązane buty potrafią się rozwiązać i to w najbardziej niedogodnym momencie. Dla fanów skutecznego wiązania butów, wywodzących się głównie z rosnącej rodziny miłośników biegania, najbardziej symptomatyczne było zdobycie złotego medalu olimpijskiego (i jednocześnie pobicie rekordu świata biegu na 100 m) przez Usaina Bolta na olimpiadzie w Pekinie w 2008 roku z rozwiązany butem [1].

Jeżeli pominiemy kwestie odpowiedniego zaciśnięcia węzła, to dobrze zawiązana kokardka od zawiązanej źle różni się względną chiralnością dwóch przeplotów. Dobry węzeł, w wersji bez pętelek nazywany prostym (niekiedy opisuje się go jako płaski, choć taką nazwę, przynajmniej w żeglarstwie, nosi trochę bardziej skomplikowany węzeł), ma przeploty o przeciwnych chiralnościach, a zły, o tych samych. Zły trudno mocno zaciśnąć, a jak już się to uda, to (w wersji bez pętelek) bardzo trudno go rozwiązać.

Do wiązania butów używamy, oczywiście, wersji z pętelkami (w polskiej terminologii żeglarskiej węzeł prosty z jedną pętelką nazwany jest reflowym, choć do reflowania poleca się jednak węzeł prosty bez pętelek, *ref knot*).

Dobry węzeł ma kokardkę ułożoną poprzecznie do nogi, a zły wzdłużnie. Pomijając kontrowersyjne kwestie estetyczne, węzeł zły dużo łatwiej samoistnie rozwiązuje się w trakcie biegania i chodzenia. Taka przynajmniej panuje opinia. Niektórzy nawet (błędnie) uważają, że tylko zły się rozluźnia, natomiast dobry zaciąga podczas chodzenia.

Choć matematyczna teoria węzłów rozwija się bardzo dynamicznie, prowadzone są badania nad wytrzymałością różnego rodzaju węzłów (np. z użyciem spaghetti) czy też analizowana jest niezawodność szwów chirurgicznych, to tematem rozwiązujących się butów nikt się nie zajął. Do niedawna, bo lukę tę postanowili zagospodarować autorzy pracy [2].

Demonstracja tego dobrze znanego zjawiska pokazana jest na dołączonym do publikacji filmie [3]. Po sztucznej biegni biegni ochotnik. Po pierwsze, widać, że tuż przed zetknięciem z ziemią stopa nie tylko doznaje przyspieszenia o zwrocie przeciwnym do kierunku biegu (co jest oczywiste: musi zahamować, żeby mieć zerową prędkość względem ziemi), ale nawet porusza się w tym przeciwnym kierunku (z czego raczej nie zdajemy sobie sprawy). Zmiana kierunku przyspieszenia powoduje wyrzut luźnej części węzła (obu pętelek i obu końcówek) w kierunku ruchu (na skutek działania pozornej siły bezwładności). Przy zetknięciu z ziemią następuje wstrząs, po którym przyspieszenie zmienia się na zgodne z kierunkiem ruchu, co powoduje ruch luźnych części węzła w kierunku przeciwnym do kierunku biegu. Węzeł najpierw się rozluźnia, żeby nagle całkowicie się rozwiązać. Jedną z końcówek wyciąga swoją pętelkę po którejś kolejnej zmianie zwrotu przyspieszenia

na przeciwny do kierunku ruchu, czyli tuż przed postawieniem nogi.

W artykule opisane jest badanie z użyciem sztucznej, przytupująco-majtającej się nogi, z zawiązanym węzłem. Okazuje się, że źle zawiązany węzeł rzeczywiście dużo łatwiej się rozwiązuje niż zawiązany dobrze, ale rozwiązują się oba. Przy czym zdarza się, choć rzadko, że to pętka wyciąga końcówkę, a nie na odwrót.

Na pytanie, dlaczego tak się dzieje, udzielona jest tylko odpowiedź jakościowa. Pętka jest sztywniejsza niż końcówka i nie majta się aż tak gwałtownie. Przy czym jak już węzeł zaczyna się rozwiązywać całkowicie (tzn. końcówka wyciąga pętelkę) albo połowicznie (tzn. pętka wyciąga końcówkę), to efekt już tylko narasta, a decydujący akt rozgrywa się niemal w jednym kroku. Autorom to stopniowe narastanie, prowadzące do szybkiego zakończenia, skojarzyło się z tym, jak jeden z bohaterów powieści *Słońce też wschodzi* Hemingwaya opisał, jak doszło do jego bankructwa: „stopniowo, a potem nagle”.

Wracając do opisu zjawiska, to samo machanie nogami albo samo przytupywanie nie prowadzi do rozwiązania kokardki. Wystarczy natomiast samo chodzenie bez biegania. Wynika stąd, że zjawisko wymaga obu jego aspektów: przytupywania i majtania.

Abstrahując od naukowego opisu zagadnienia, można się zastanowić, jak temu zjawisku zaradzić. Dość skuteczne jest stosowanie tzw. podwójnej kokardy, czyli robienie jeszcze jednego przeplotu pętelkami. Jest to sposób dość powszechnie stosowany przez sportowców. Ponieważ sam stosuje ten węzeł od bardzo dawna, więc mogę dodać, że on też potrafi się czasami sam rozwiązać. Niektórzy esteci uważają w dodatku, że jest on brzydki. Wtedy rady można szukać na stronie, która jest prowadzona przez człowieka, który wiązaniu butów poświęcił się bez reszty [4], albo zrezygnować z używania sznurówek.

Piotr ZALEWSKI

[1] <http://www.runners-world.pl/media/lib/1808/bolt.png>

[2] C.A. Daily-Diamond, C.E. Gregg oraz O.M. O'Reilly, *The roles of impact and inertia in the failure of a shoelace knot*, *Proc. R. Soc A*, 2017, 473, 20160770, DOI: 10.1098/rspa.2016.0770

[3] C.A. Daily-Diamond, C.E. Gregg oraz O.M. O'Reilly, *Supplementary material from "The roles of impact and inertia in the failure of a shoelace knot"*, <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.3738116.v1>

[4] Ian Fieggen, <https://www.fieggen.com/shoelace/>