

KOSMICZNE PENETRATORY – NARZĘDZIA DO WBIJANIA SIĘ W TWARDY REGOLIT

Jak wygląda i przede wszystkim jak zbudować urządzenie przeznaczone na konkretny cel w misji kosmicznej, którego zadaniem jest pobranie próbek podłoża z twardego regolitu? Zacznijmy od prostych założeń, które podpowiada natura.

Gęsto porośnięty olchami i topolami brzeg Wisły na warszawskich Siekierkach, gdzie Centrum Badań Kosmicznych PAN ma swoją siedzibę, jest także siedliskiem gawronów. Po dawnej wsi i ogrodach działkowych pozostały jabłonie, wiśnie, winorośle oraz orzechy włoskie. Nasiona tych ostatnich stanowią cenny pokarm dla gawronów. Chęć wydobycia pożywienia z twardej łupiny jest tak silnym impulsem, że te inteligentne ptaki opanowały sztukę rozłupywania orzechów. Jednak nie ściskają ich w dziobie ani też nie deptają nogami. Zamiast tego zrzucają orzechy z dużej wysokości na chodnik lub jezdnię, tłukąc twardą zdrewniałą skorupę nasion.

Siłę potrzebną do złamania skorupy ptaki wytwarzają z niewielkiej siły swoich mięśni. Kumulują tę energię w polu grawitacyjnym, by następnie gwałtownie ją wyzwolić. W czasie zderzenia na zrzucony orzech działa bowiem siła (od podłoża) wielokrotnie większa niż ta, jakiej potrzeba było do uniesienia orzecha. Wynika to z czasu trwania procesu - im czas krótszy, tym większa siła.

Zadziwiające, jak gawron nauczył się prowadzić taki nieoczywisty proces. Zamiast intuicyjnie naciskać dziobem w kierunku spodziewanego pożywienia, oddala je od siebie (porzuca), by po kilkunastu sekundach pozyskać ponownie – już w łatwej do przyswojenia formie. Postępując w ten sposób, gawrony nieświadomie uporały się z tzw. problemem niewypukłym, czyli zmartwieniem inżynierów a nawet matematyków: aby znaleźć rozwiązanie, najpierw trzeba się od niego oddalić.

Inżynierowie Laboratorium Mechatroniki i Robotyki Satelitarnej (LMRS) w Centrum Badań Kosmicznych PAN stają przed podobnym problemem jak ich ptasi sąsiedzi. Od lat budują urządzenia, które muszą wbić się w twarde regolity i zagłębić w nim nawet na wiele metrów. Niestety – tak jak gawrony – naukowcy mają narzucone ograniczenia energetyczne. Wynikają one z restrykcyjnych limitów masy i mocy elektrycznej, tak charakterystycznych dla misji kosmicznych.

Urządzeniami, o których mowa są penetratory. Służą do wprowadzania rozmaitej aparatury naukowej głęboko pod powierzchnię ciała niebieskiego (planety, księżycy, planetoidy lub komety). Penetrator może mieć formę długiej rurki wypełnionej czujnikami, zakończonej ostrzem, a wbijanej przy pomocy młotka zamontowanego na statku kosmicznym. Penetrator może też być samodzielnym pojazdem, wyposażonym w młotek zainstalowany w swoim wnętrzu. Do techniki kosmicznej penetratory wprowadzili rosyjscy konstruktorzy programu Łuna w latach 60. XX wieku. Ich koncepcje wciąż są rozwijane w wielu ośrodkach technicznych na całym świecie.

Co możemy umieścić we wnętrzu penetratora? Każdą aparaturę, która się tam zmieści oraz przetrwa nieprzyjazne warunki podróży kosmicznej, środowiska, w którym ma pracować, oraz dużych

przeciążeń przy uderzeniach młotka. Mogą to być czujniki i grzałki do badań termicznych, akcelerometry do badań mechanicznych, czujniki optyczne, kamery, różnego rodzaju spektrometry, a także przyrządy do pobierania próbek gruntu. Granicą jest wyobraźnia badacza oraz możliwość miniaturyzacji instrumentu – przy jednoczesnym zachowaniu odporności mechanicznej i radiacyjnej urządzenia.

Sercem penetratora jest układ napędowy. I to bardzo dziwny, bowiem jako całość odpycha się on od samego siebie, a przesuwa się (nie cofając) dzięki tarcii o regolit. Młotek odpycha się od masywnego elementu, uderza w obudowę, która pełniąc rolę gwoźdźca wsuwa się w regolit. Tarcie regolitu utrzymuje penetrator w miejscu, gdy ten masywny element hamowany jest przez obudowę penetratora. Ten cykl powtarza się wielokrotnie, za każdym razem wbijając penetrator głębiej. Kluczem do sukcesu jest znalezienie sposobu powolnego kumulowania energii, tak by na żądanie bardzo szybko ją odzyskać i przekształcić w energię kinetyczną (uderzenie młotka).

Pierwszy penetrator skonstruowany przez inżynierów Centrum Badań Kosmicznych PAN poleciał w kosmos na pokładzie europejskiej sondy Rosetta w 2004 roku. Miał za zadanie wbić się w jądro komety 67P/Czuriumow-Gierasimienko i dokonać pomiarów termicznych. Jego następcą był penetrator Chomik na rosyjską sondę Fobos-Grunt (wystrzelona w 2011 roku). Tym razem urządzenie miało pobrać próbki gruntu z powierzchni marsjańskiego księżycy Fobos.

W ramach dalszych badań CBK PAN rozwijało serię penetratorów, które były w stanie w całości zagłębiać się w regolicie (stąd ich popularna nazwa „kret”). Prace rozwojowe obejmowały m.in. optymalizację napędu i modelowanie matematyczne. Gotowe konstrukcje „kretów” testowano na terenie CBK PAN, w specjalnej rurze wypełnionej materiałem o właściwościach analogicznych do regolitu na Księżycu. Grupa inżynierów LMRS, będących jednocześnie pracownikami firmy Astronika, zbudowała także układ napędowy penetratora „kret” instrumentu HP3. Dzisiaj pracuje on na Marsie w ramach amerykańskiej misji InSight.

Penetratory kosmiczne pozostają jedną ze specjalności inżynierów CBK PAN. Perspektywy rozwoju tego typu urządzeń są bardzo szerokie. Naukowcy z LMRS nadal rozwijają ich konstrukcję, a zwłaszcza napęd. Zaproponowali wykorzystanie nowoczesnych technik napędów elektrycznych oraz sterowania, które – według pierwszych analiz – znacznie podniosły sprawność i niezawodność. Ciekawym kierunkiem rozwoju w tej tematyce są też urządzenia przeznaczone do prac górniczych w warunkach kosmicznych. Podobnie jak gawrony, inżynierowie CBK PAN oddalają się od rozwiązań już sprawdzonych, by szukać rozwiązań jeszcze lepszych.

dr inż. Tomasz Barciński

CBK PAN