



Ryba *Ostracion cubicus* žijúca v tropických moriach
Foto: Daimler AG

Bionika

v inovačnom procese

možnosti, potenciál, očakávania

Ing. Peter BUTORA, externý doktorand a Ing. Viera KONSTANTOVÁ, PhD., výskumný pracovník Strojnickej fakulty Žilinskej univerzity

V posledných rokoch sa vedci a konštruktéri cieľene zameriavajú na rastliny a zvieratá. Študujú rôzne konštrukčné riešenia vyskytujúce sa v prírode, aby na základe týchto poznatkov navrhli nové inovatívne výrobky. Veľakrát museli konštatovať, že mnohé naše vynálezy, ktoré vznikli s vynaložením veľkého ľudského úsilia, už dávno úspešne používajú živé systémy. Pochopenie prírodných riešení môže preto ušetriť veľa rokov výskumu a poskytnúť výraznú konkurenčnú výhodu.

Bionika predstavuje variant inovačného procesu, ktorého kľúčovou súčasťou je prenos informácií z biológie do techniky. Jej cieľom je vývoj technického výrobku alebo procesu, inšpirovaného biologickým vzorom. Bionika je nepochybne progresívna vedná disciplína, ktorá je zaradovaná aj medzi kreatívne techniky. Bionika vzbudzuje

očakávania; preto sa analýzou jej potenciálu v poslednej dobe zaoberalo viacero významných inštitúcií, ktoré získali podporu od štátu a z verejných zdrojov.

Základnou výhodou v tomto odbore je skutočnosť, že cieľ vývoja v prírode už fyzicky existuje a funguje. Z pohľadu výskumu nie je ale jednoduché dokázať, že toto riešenie bude fungovať i po prenosení do sveta techniky. V nasledujúcej časti tohto príspevku uvádzame niektoré úspešné projekty z automobilového priemyslu.

Bionické riešenia v automobilovom priemysle

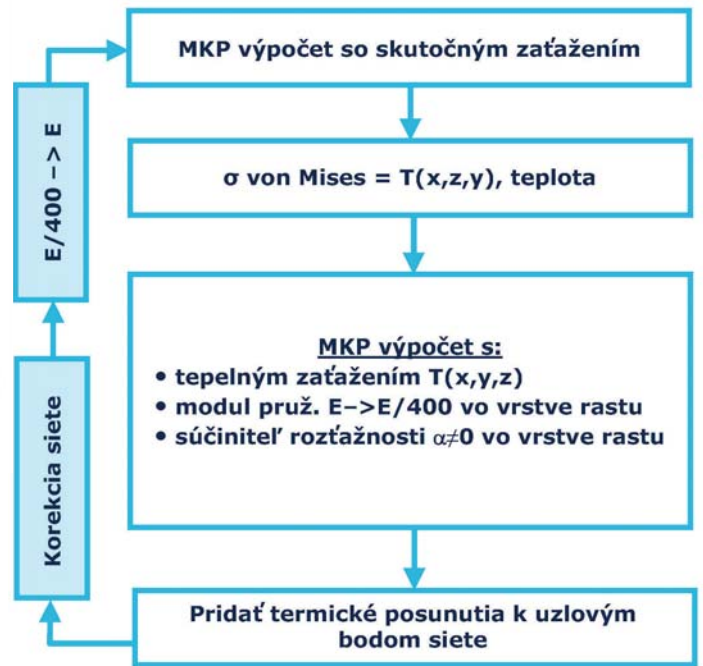
Firma Daimler AG vyvinula v roku 2005 koncept vozidla s označením Mercedes-Benz Bionic car. Ako biologický vzor slúžila ryba s latinským názvom *Ostracion cubicus*, ktorá má aj napriek hranatému telu vynikajúce hydrodynamické a aerodynamické vlastnosti. Bionic car dosiahol vo vzduchovom tuneli koeficient odporu vzduchu len 0,19, čím sa zaradil k najaerodynamickejším automobilom vo svojej triede. Charakteristické bočné línie jeho karosérie boli po prispôbení využité i pri návrhu modelu elektromobilu BlueZERO (2008).

Bionika poskytuje nové myšlienky nielen v aerodynamike, ale dáva tiež inovatívne impulzy pre navrhovanie odľahčených konštrukcií. Dôkladom sú metódy CAO (Computer Aided Optimization) a SKO (Soft Kill Option), ktoré navrhol profesor C. Mattheck podľa biologických princípov rastu stromov a kostí.

Príklady využitia biologických vzorov je možné nájsť i vo vývoji pneumatík. Firma Continental vyrába od roku 2000 pneumatiky s obchodným názvom ContiPremiumContact®, u ktorých bol princíp fungovania špeciálnej „bionickej kontúry“ plášťa odpozorovaný z prírody. Má ako vzor mačaciu labku, ktorá sa pri doskoku na podložku rozťahne. Pri normálnom zaťažení je šírka pneumatiky rovnaká ako pri bežných pneumatikách. Tým je zaistená vysoká efektívnosť jazdy a dobré správanie sa pri aquaplaningu. Pri brzdení, keď je viac namáhaná predná náprava, sa tlak pôsobiaci na pneumatiky prejaví rozšírením ich kontaktných plôch. Zatiaľ čo bežné pneumatiky sa rozšíria zhruba o 5 mm, u pneumatík ContiPremiumContact® je to 11 mm. Tento rozdiel má za následok až o 10 percent kratšie brzdné dráhy.

CAO slúži na odstránenie napäťových špičiek pomocou simulovaného biologického rastu. V prvom kroku sú vypočítané napätia pre požadované zaťaženie a podmienky uloženia. Takto získané rozloženie napätí je potom formálne prevedené na rozloženie teplot, ktoré slúži ako teplotné zaťaženie pre následný výpočet. Tie najzaťaženejšie oblasti sa stanú najteplejšími, a preto sa najviac rozťahujú – „rastú“ podobne ako stromy. Tak ako u stromov je tento rast obmedzený na vonkajšiu vrstvu, ktorá je počas tepelného rozpínania navyše „zmäkčená“, aby sa zabránilo vzniku vnútorných pnutí so štruktúrou, nachádzajúcou sa pod touto vrstvou. Ak okrem tepelnej rozťažnosti uvažujeme aj so zmršťovaním vplyvom ochladzovania nezaťažených oblastí, sme schopní simulovať aj hojenie kostných zlomenín. CAO dokáže optimálne vytvárať ľubovoľnú existujúcu plochu, nedokáže však vytvoriť žiadne nové plochy, ani pridať otvory do nezaťažených oblastí. Na tento účel bola vyvinutá metóda SKO.

SKO simuluje adaptívne procesy mineralizácie v kostiach. V každom iteračnom kroku je súčiastka analyzovaná pomocou metódy konečných prvkov s ohľadom na zaťaženie. Lokálny modul pružnosti v ťahu je prispôbený úmerne k napätiam v jednotlivých prvkoch objemu súčiastky. Inými slovami to znamená, že materiál v oblastiach s nižším zaťažením sa stáva v jednotlivých iteráciách stále „mäkším“, až je nakoniec úplne „vykrojený“, zatiaľ čo vysoko zaťažené oblasti sú cielene posilované. Návrh vytvorený pomocou SKO metódy nepredstavuje hotové riešenie; je vhodné ďalej ho optimalizovať pomocou CAO algoritmu.



Algoritmus CAO, Zdroj: Prof. Dr. Claus Mattheck

Algoritmy CAO i SKO sú bežne používané vo vývojových oddeleniach automobiliek. Vráťme sa opäť k firme Daimler AG, ktorá použila SKO pre návrh karosérie vozidla Bionic Car, výsledok optimalizácie je zobrazený na obrázku.

Firma BMW používa SKO a CAO pri vývoji kľukových skriň motorov, držiakov alternátorov, telies turbodúchadiel, ale tiež ráfikov motoriek a podobne, s cieľom nájdania optimálnej štruktúry. V praxi to viedlo k úsporám až 40-tich percent materiálu. Ďalšou snahou je napodobenie samotnej štruktúry kosti pomocou penového hliníka. Tiež firma Adam Opel AG využila SKO a CAO pri optimalizácii uloženia motora pri vývoji modelov Corsa a Vectra.

Ďalšia inšpirácia z prírodných zdrojov: nočné motýle majú v svojich očiach špeciálnu nano-štruktúru, ktorá im umožňuje prijať maximum svetla bez reflexie, a tak svojim nepriateľom neumožniť odhalenie.

Firma Robert Bosch v spolupráci s Fraunhoferovým inštitútom pre solárnu energiu v Nemecku, dokázala vyvinúť cenovo výhodný postup pre

Koncept elektromobilu Mercedes-Benz BlueZERO



Foto: Daimler AG



Model karosérie automobilu Bionic car po optimalizácii pomocou SKO algoritmu

prenesenie tejto štruktúry na povrch transparentných plastových dielov v automobiloch, a tak zaistiť ich antireflexnosť.

Ako využiť inovačný potenciál prírody

Predstavu o inovačnom potenciáli biologických systémov si môžeme urobiť na základe analýzy bionických patentov. Na obrázku je znázornený súhrnný počet udelených bionických patentov v jednotlivých rokoch, získaný z patentovej databázy depatisnet. Od roku 1999 je rozpoznateľný trend neustáleho narastania nových bionických patentov. Zo zákonov vývoja technických systémov vieme, že tento graf bude mať tvar S-krivky. Aktuálny stav ukazuje, že sa bionika ako zdroj inovácií nachádza v začiatkovej fáze a najväčší potenciál má ešte pred sebou.

Aby mohla byť bionika v inovačnom procese použiteľná ako zdroj nových nápadov a ako seriózna metóda, musí ponúkať možnosti výberu a triedenia informácií, ktoré sú pre biologické systémy charakteristické a ktoré majú reálne využitie v technike. Obklopuje nás asi 1,7 miliónov známych rastlinných a živočíšnych druhov. Veľký počet druhov doposiaľ nebol objavený a nesmierny počet druhov už vyhynul. Na obrázku je na príkla-



Počet zverejnených bionických patentov v jednotlivých rokoch



Mercedes-Benz Bionic Car

de lotosu zobrazená hierarchia informácií, ktoré je možné z biologických systémov získať.

Vzhľadom na množstvo možných biologických riešení je nutné tieto informácie systematizovať, pričom je možné rozlišovať ich dve základné úrovne:

- bio-technické efekty (stratégie)
- biologické inovačné princípy

Bio-technické efekty poskytujú konkrétne informácie extrahované z biologických systémov, ktoré sú aplikovateľné na riešenie technických problémov. Je možné ich získať na internetových stránkach projektu AskNature.org.

Bolo dokázané, že väčšina inovačných princíпов, pomocou ktorých bolo možné popísať kľúčové myšlienky prírodných riešení, sa zhoduje so 40 inovačnými princípmi známymi z metodiky TRIZ. Okrem nich bolo možné identifikovať 7 nových biologických inovačných princíпов. Tie poskytujú všeobecnú navigáciu pri prekonávaní prekážok, ktoré stoja v ceste inovatívneho riešenia.

Úskalia na ceste k bionickému výrobku

Úspešnosť bioniky ako metódy môžeme posudzovať len na základe jej skutočného príspevku k inovačnému procesu. Pre bionické výrobky neexistuje žiadny zvláštny izolovaný trh. Musia sa presadiť v konkurenčnom prostredí existujúcich trhov, čo vôbec nie je jednoduché.



Hierarchia informácií ziskateľných z biologických systémov

Jednu z najväčších prekážok toho, aby bionika hrala v inovačnom procese väčšiu úlohu, sú dlhé vývojové časy. Nezriedka ubehnú od identifikácie biologického vzoru až po bionický výrobok roky až desaťročia. Vývojový čas výrobu predstavuje rozhodujúci faktor pre jeho konečný úspech na trhu. Predovšetkým malé a stredne veľké firmy si nemôžu dovoliť investovať rádovo roky do základného výskumu. Tomu zodpovedá aj situácia vo svete, kde väčšina aktívneho bionického výskumu prebieha v prostredí univerzít a výskumných ústavov. Kooperácia medzi výskumnými organizáciami a priemyslom zatiaľ nedosahuje požadovaný rozsah. Súvisí to predovšetkým s vysokými nákladmi na vývoj, do ktorého nie je priemysel ochotný dopredu vložiť prostriedky bez zaručeného výsledku.

O bionike sa hovorí často aj ako o metóde, podporujúcej proces kreatívneho riešenia problémov. V tomto ohľade je nutné konštatovať, že bionika nie je ako metóda ešte zrelá. V jednom prieskume medzi strojárskymi firmami v Nemecku, ani jedna firma neuviedla, že bioniku používa pri vývojových projektoch pravidelne, 42 % uviedlo, že ju nepoužili nikdy. Ako dôvod odmietnutia uvádzali najčastejšie chýbajúce know-how o biologických efektoch a vysokú časovú náročnosť. Bionické koncepty v absolútnej väčšine prípadov neprejdú do ďalšej fázy projektu po posúdení principiálnej realizovateľnosti a nákladov na projekt.

Pohľad do budúcnosti

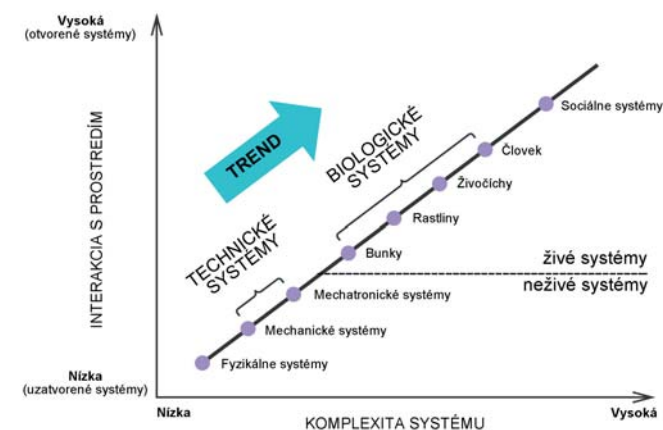
Všetky technické systémy (TS) sa vyvíjajú smerom k vzrastajúcej ideálnosti. Časom stúpa počet užitočných a klesá počet škodlivých funkcií. TS sa stávajú stále dynamickejšie, flexibilnejšie a rozmanitejšie; zvyšuje sa počet stupňov voľnosti a vzrastá hustota informácie v rámci systému a jeho častí. Dochádza tiež k miniaturizácii - najskôr k vylepšeniu celkového „makro“ systému, až potom dochádza k zlepšeniam na „mikro“ úrovni, teda v podsystémoch. Vo vzrastajúcej miere sú na zaistenie funkcie používané stále menšie prvky, cez použitie jednoduchých dielov a využitie materiálových štruktúr, až po atomárnu úroveň. Vývojom sa tiež zvyšuje regulovateľnosť systému, pričom samotná regulácia býva stále vo väčšej miere preberaná samotným systémom.

S ohľadom na zmienené trendy vykazujú biologické systémy v porovnaní s technickými systémami rádovo vyššiu komplexitu, ideálnosť, vyšší stupeň miniaturizácie a efektívnejšie využívanie zdrojov. S ďalším

rozvojom nanotechnológií budeme schopní lepšie napodobiť procesy, ktoré sa dejú v prírodnom mikrosvete. Technické systémy sa budú vlastnosťami stále viac približovať k biologickým systémom. Možno očakávať nové objavy v oblasti „chytrých“ a samoopraviteľných materiálov, či samočistiacich plôch. Stále väčšie požiadavky budú kladené na inteligentné systémy, ktoré budú schopné učiť sa a prispôbovať sa meniacim sa úlohám, situáciám a prostrediu. Preto je rozumné venovať prírode pozornosť a nechať sa ňou inšpirovať.

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. LPP-0242-09 „Spoznajme Bioniku - Technické inovácie inšpirované prírodou“.

Recenzoval: Ing. Martin Kováčik, PhD., vedúci konštrukčného centra, KraussMaffei, Technologies spol. s r.o., Slovenská republika



Trend vývoja systémov na makro úrovni z pohľadu komplexity systému a jeho interakcie s okolím



Referenčné publikácie: 1.) M. Kováčik, Š. Medvecký, A. Hrčková: Návrh autonómnych robotov inšpirovaný prírodnými princípmi. In: 47. mezinárodná konferencia kateder častí a mechanizmů strojů : sborník prací. 13.9. - 15.9.2006, Praha, Česká republika. ISBN 80-213-1523-7. - S. 166-170.; 2.) M. Kováčik, Š. Medvecký, A. Hrčková: Přírodní cesta k inovacím. In: Produktivita a inovace : dvojmesačník Slovenského centra produktivity. - ISSN 1335-5961. Roč. 8, č. 3 (2007), s. 10-11.; 3.) Š. Medvecký, A. Hrčková, M. Gregor, J. Buday, P. Mačuš, S. Hřeček: Application of new technologies and approach in mechanical design. In: Produktivnost i Innowacje. ISSN 1734-9834. - No. 2 (2007) (5), p. 7-9. ; 4.) P. Butora, Kováčik, v. Konstantová, Š. Medvecký: Publikácia databázy bio-technických princípov pre potreby vývoja a technickej praxe. In: 50. medzinárodná vedecká konferencia Kateder častí a mechanizmů strojov 8.-10.9.2009, Terchová, Slovenská republika. ISBN 978-80-554-0080-8. - s. 83.