

## Formulár ZK - Záverečná karta projektu

<b>Riešiteľ:</b> Žilinská univerzita, Univerzitná č.1, 010 26 Žilina	<b>Evidenčné číslo projektu:</b> APVT-20-035404
<b>Názov projektu:</b> Výskum výpočtového modelovania kompozitných a nano- materiálov na báze multidomainových a bezsieťových metód	
<b>Na ktorých pracoviskách bol projekt riešený:</b>	Akadémia ozbrojených síl gen. M.R. Štefánika, Demänovská 393, 031 01 Lipt. Mikuláš
	Žilinská univerzita, Univerzitná č.1, 010 26 Žilina
	Ústav stavebníctva a architektúry SAV Bratislava
	WUSAM - Engineering, s.ro. Kamenná 11, 080 01 Prešov
<b>Ktoré zahraničné pracoviská spolupracovali pri riešení (názov, štát):</b>	
<b>Udelené patenty alebo podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory vychádzajúce z výsledkov projektu:</b>	
<b>Publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu (uved'te i publikácie prijaté do tlače alebo pripravované):</b>  <i>Uvádzajte maximálne päť najvýznamnejších publikácií.</i>	<u>KOMPIŠ, V. – ŠTIAVNICKÝ, M.</u> , Computational simulation of composites reinforced by short fibers. In <i>Chem. Listy</i> , Vol. 101 (2007), p. s25.
	<u>KOMPIŠ, V. – KOMPIŠ, M. – KAUKIČ, M.</u> , Method of continuous dipoles for modeling of materials reinforced by short micro-fibers. In <i>Engineering Analysis with Boundary Elements</i> , Vol. 31 (2007), pp. 416-424.
	<u>SLADEK, J. – SLADEK, V. – HELLMICH, CH. – EBERHARDSTEINER, J.</u> Heat conduction analysis of 3-D axisymmetric and anisotropic FGM bodies by meshless local Petrov-Galerkin method. In <i>Computational Mechanics</i> . Vol. 39 (2007), p. 323-333.
	<u>SLADEK, J. – SLADEK, V. – KRIVACEK, J. – ALIABADI, M.H.</u> Local boundary integral equations for orthotropic shallow shells. In <i>International Journal of Solids and Structures</i> . Vol. 44 (2007), p. 2285-2303.
	<u>SLADEK, J. – SLADEK, V. – ZHANG, CH. – SOLEK, P. – STAREK, L.</u> Fracture analyses in continuously nonhomogeneous piezoelectric solids by the MLPG. In <i>CMES – Computer Modeling in Engineering &amp; Sciences</i> . Vol. 19 (2007), p.247-262.
<b>V čom vidíte uplatnenie výsledkov tohto projektu:</b>	<b>Vývoj nových kompozitných materiálov vystužených krátkymi vláknami – vývoj technológií.</b>

**Podpisom záverečnej karty riešiteľ vyjadruje svoj súhlas ku zverejneniu údajov v nej uvedených.**

**Podpis riešiteľa:** .....

**Dátum:** .....

# Charakteristika výsledkov

Evidenčné číslo: APVT-20-035404

## Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu (max. 20 riadkov) - slovensky:

Počas riešenia projektu boli vyvinuté modely na simulácie správania sa kompozitných materiálov s mikro- a nano-štruktúrou. Uvažované boli materiály vystužené podstatne tuhšími čiastočkami alebo krátkymi vláknami ako je tuhosť matice samotnej. Nehomogénny materiál je sledovaný v lokálnych suboblastiach a ďalej je homogenizovaný. Na homogenizáciu boli taktiež vyvinuté špeciálne modely. Celé riešenie je uvažované na báze multi-domainových, multi-hladinových výpočtov. Homogenizovaný materiál je uvažovaný v izotropickom aj anizotropickom stave podľa typu vystuženia. Navyše vlastnosti tohto materiálu sa môžu meniť v objeme, čo vedie na funkčne gradovaný materiál (FGM). Pre modely s mikroštruktúrou bola našim kolektívom vyvinutá metóda diskretných a spojitých zdrojových funkcií v spojení s bezsiet'ovou formuláciou. FGM sú tiež riešené bezsiet'ovou metódou založenou na lokálnej Petrov-Galerkinovej formulácii. Modely zahŕňujú aj nelineárne efekty, viskoelasticitu, pre nehomogénne materiály, ako aj lokálne nelinearity pre kompozitné materiály s vláknami (dekohéziu a rekohéziu). Keďže sa jedná o multi-hladinové modelovanie, je možné kombinovať formulácie aj s komerčnými programami (MKP, MHP, MKO), alebo s domácim softvérom (vo WUSAM Zvolen). Nami vyvinuté modely sú orientované hlavne na mikroštruktúru a lokálne problémy. Kompozitné materiály vystužené mikro- a nano-častočkami a krátkymi vláknami sú považované za materiály budúcnosti a vyvinuté výpočtové modely predstavujú v mnohých smeroch jedinečné riešenie pre simulácie a sú rozšíriteľné aj na iný typ polí (teplotné, elektromagnetické).

## Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu (max. 20 riadkov) - anglicky:

During the solution of the projects some new models were developed for simulation of behavior of composite materials with micro- and nano-structure. Materials reinforced with considerably stiffer particles and short fibers than the stiffness of the matrix were considered. Inhomogeneous material is simulated in local sub-regions and further it is homogenized. For the homogenization, some special models have been developed, as well. The complex solution is considered to be based on sub-domain, multi-level computational strategy. The homogenized materials considered in both isotropic and anisotropic state according to the type of the stiffening and material of the matrix. Moreover, the properties of the material can change in the meso/macro-dimensions which lead to functionally graded materials (FGM). Methods of discrete and continuous source functions and meshless collocation solution have been developed by our team for the micro-structural models. FGM are solved by a meshless local boundary method using the local Petrov-Galerkin formulation. The models comprise also nonlinear effects like visco-elasticity for inhomogeneous materials and local nonlinear effects by composite material (decohesion, re-cohesion). As the models are built on the basis of multi-level solutions, it is possible to combine the formulations with some commercial FEM, BEM and FVM programs and with home software (e. g. that made in WUSAM Zvolen), as well. The models are directed to applications for materials with microstructure and local problems. The composite materials reinforced by micro- and nano-particles and especially with short fibers are considered to be materials of future according to their excellent properties and the computational models developed in the project introduce unique solution for simulation of behavior of such materials and can be extended also to the solution of other field problems like thermal, electromagnetic fields.

Podpis riešiteľa: .....