

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/16



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

(za obdobje 1. 1. 2009 - 31. 12. 2014)

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0263
Naslov programa	Mehanika v tehniki Mechanics in Engineering
Vodja programa	1698 Franc Kosel
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	28389
Cenovni razred	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.05 Mehanika
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.03 Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

V okviru predlaganega raziskovalnega projekta smo obravnavali probleme s področja nelinearne mehanike gradiv in konstrukcij. Raziskave napetostnega, deformacijskega in premičnega stanja v konstrukcijskih elementih v območju, kjer zveza med napetostnim in deformacijskim stanjem ni

linearna zajemajo analize elastične povrnitve ravninskih nosilcev v elasto-plastičnem območju, analize kovinskih gradiv, ki imajo lastnost faznih transformacij pri obremenjevanju s temperaturo (gradiva z oblikovnim spominom) ter analize stabilnih stanj vitkih nosilcev in plitvih lupin. Razvili smo učinkovite matematične modele za napovedovanje mehanskega obnašanja takšnih struktur. Večino modelov smo uspeli preveriti z eksperimenti, ki smo jih opravili na lastni laboratorijski opremljeni, rezultate pa objavili v revijah z SCI kategorizacijo.

Materiale z oblikovnim spominom (SMA) uvrščamo med »pomninske« materiale, kar pomeni, da imajo lastnost »pomnjenja« termomehanskih postopkov katerim so bili podvrženi (osna sila, torzija, upogib itd.). V teh materialih je lastnost »pomnjenja« posledica martenzitne transformacije, kakor poimenujemo spremembe v kristalni strukturi materialov z oblikovnim spominom pri mehanski in/ali temperaturni obremenitvi. Matematične modele, ki popisujejo termomehansko obnašanje materialov z oblikovnim spominom lahko razvrstimo v tri glavne skupine: mikro – termodinamski modeli, makro – fenomenološki modeli ter makro – mikromehanski modeli. V našem raziskovalnem delu smo uporabljali znan makro – fenomenološki model za modeliranje ovirane povračljivosti v enoosnih SMA elementih. Pri tem smo obravnavali tako natezno kot tudi tlačno obremenjene SMA elemente. V primeru tlačnih obremenitev smo upoštevali tudi možnost pojava upogibnega uklona. V primeru tlačne ovirane povračljivosti smo izvedli tudi precejšnje število eksperimentov.

Geometrijska optimizacija nosilcev z namenom prihranka materiala ob predpisani nosilnosti in geometrijskih omejitvah. Geometrijska optimizacija temelji na variacijski formulaciji optimizacijskega problema v kombinaciji z uporabo metode nivojske postavitve za popis geometrije elementa.

Geometrijska optimizacija elastično vpetega deformabilnega aeroprofila, ki je sestavljen iz togega sprednjega roba in kompozitne plošče, z namenom povečati mejo stabilnosti aeroprofila v smislu kritične hitrosti flutter-ja. Rezultati optimizacije so preverjeni z meritvami kritičnih hitrosti v vetrovniku.

V tem obdobju se je tudi razmahnilo znanstveno-teoretično kot tudi razvojno-aplikativno delo na področju dinamike prožnih teles, ter na področju dinamike sistemov togih teles. To se izkazuje s izvirnimi znanstvenimi članki v revijah kot tudi z zaključenimi doktorati iz tega področja, od katerih jih osem nadaljuje z uporabo pridobljenih znanj v velikem slovenskem izvoznem gospodarstvu.

ANG

Within the proposed research project we investigated several problems in the field of non-linear mechanics of materials and structures. Research was done on stress, strain and displacement states of structural elements in which the relation between stress and strain state is not linear. The analysis covered the elastic recovery of planar beams in elastic-plastic domain, the analysis of metallic materials exhibiting phase transformations when subjected to temperature loading (shape memory materials), and analysis of stable states of slender beams and shallow shells. We have developed efficient mathematical models to predict the mechanical behavior of such structures. The accuracy of most of the models was confirmed with experiments which were performed on our own laboratory equipment. The results were also published in journals with SCI categorization.

Shape memory alloys (SMA) are called »memory« materials, meaning that they have the property of »remembering« thermomechanical treatments to which they have been subjected (traction, torsion, flexion etc.). The property of »remembering« is a direct consequence of martensitic transformation as are called changes in crystal structure when SMA elements are thermomechanically loaded. Mathematical models, which describe thermomechanical behavior of SMA, can be classified into three major categories: microscopic thermodynamics models, macroscopic phenomenological models and micromechanics based macroscopic models. In our research we used well known macroscopic phenomenological model for modeling the process of constrained recovery in uniaxial SMA elements. We investigated SMA elements loaded during constrained recovery in tension and compression. In the case of compressive loadings we dealt with possible loss of stability too. A great number of experiments were performed in the case of compressive constrained recovery.

Geometry optimization of beams with the purpose of material saving at prescribed load-carrying

capacity and geometrical constraints. Geometry optimization is based on variational formulation of the optimization problem in combination with the use of the level-set method to describe element geometry. Geometry optimization is made of an elastically supported flexible airfoil which is implemented as rigid leading edge and composite plate in order to increase the stability boundary of the airfoil in terms of critical flutter speed. The results of optimization are verified by the wind tunnel measurements of the critical speed.

The focus of theoretical and applied research was in the field of structural dynamics as well as in the field of multibody systems dynamics of rigid and flexible bodies. These facts are proven by original scientific papers and doctoral student with finished PhDs, among them eight are continuing with their research within big Slovenian export industries.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, (vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014)²

SLO

Obravnavana je bila elastična povrnitev, ki se pojavi po razbremenitvi ravninskih upogibno obremenjenih nosilcev v elasto-plastičnem območju. Določeno je bilo premično stanje nosilcev z ravno ali ukrivljeno osjo po enkratni razbremenitvi ali po večkrat ponovljenem obremenjevalnem in razbremenjevalnem procesu. Nosilci so bili obremenjeni s konstantnim upogibnim momentom v smeri glavne vztrajnostne osi, njihov prerez pa je bil pravokoten, okrogel, trikoten ali trapezen. Gradivo nosilcev je bilo elastično-linearno utrjevalno, opravljeni pa so bili tudi ustrezni preizkusi. Največja relativna napaka med izmerjenim in izračunanim premičnim stanjem po trikrat ponovljenem postopku obremenjevanja in razbremenjevanja je bila 1.27%. Dobljeni rezultati se lahko uporabijo pri tehnoloških postopkih preoblikovanja, kjer imamo po elasto-plastičnem obremenjevanju in elastičnem razbremenjevanju vedno tudi nekaj elastične povrnitve. Analitične rešitve teh problemov, še posebej če so podprte tudi s preizkusi, so vedno zelo iskane saj poleg natančnosti prispevajo tudi k boljšemu razumevanju fizikalnega obnašanja in omogočajo jasen vpogled vpliva vhodnih parametrov na odziv celotnega sistema.

Formuliran je bil geometrijsko nelinearen matematično-fizikalni model preskoka sistema plitve tankostenske bimetalne translacijske lupine, ki se nahaja v homogenem temperaturnem polju. Uporabljena je bila teorija velikih premikov, zmernih rotacij in majhnih specifičnih deformacij. Model nam omogoča določitev geometrijskih parametrov lupine, ki vplivajo na preskok lupine. Ustrezen sistem nelinearnih parcialnih diferencialnih enačb je rešen s pomočjo metode končnih razlik.

Obraovan je bil proces enoosne ovirane povračljivosti v preizkušancih iz materiala z oblikovnim spominom. Preizkušanci so bili preddeformirani tako, da so se med ovirano povračljivostjo pojavile tlačne napetosti. Ker je proces zanimiv z vidika možne praktične uporabe, so bili izvedeni obširni termomehanski testi ovirane povračljivosti na enoosnih elementih. V dostopni literaturi takšnih testov ni bilo možno zaslediti. Dobljeni rezultati so zanimivi, saj se je pokazalo, da je možno uporabiti enostavno Eulerjevo teorijo za izračun kritične vitkosti pri določeni uklonski temperaturi. Nadalje je bil teoretično obraovan uklon idealno ravne, obojestransko členkasto vpete palice nekonstantnega prečnega prereza iz materiala z oblikovnim spominom med procesom ovirane povračljivosti. Določeni so bili parametri za nekonstanten prerez palice, ki ob konstantni dolžini omogočajo čim višje tlačne napetosti brez nevarnosti upogibnega uklona. Analitične rešitve teh problemov, še posebej če so podprte tudi s preizkusi, so zelo zanimive, saj prispevajo k boljšemu razumevanju fizikalnega obnašanja in omogočajo jasen vpogled vpliva vhodnih parametrov na odziv sistema. Izvedene so bile tudi meritve tlačne ovirane povračljivosti na preizkušancih nekonstantnega prečnega prereza. Rezultati meritev so se dobro ujeli s teoretično določenimi.

Na področju geometrijske optimizacije elementov glede na stabilnostni kriterij je bila z uporabo variacijskega principa v kombinaciji z Lagrange-ovimi množitelji izvedena geometrijska optimizacija nosilca obremenjenega z različnimi kombinacijami obremenitev in robnih pogojev. Rezultati so bili preverjeni z aproksimativno optimizacijo v komercialno dostopnem paketu za

preračune po metodi končnih elementov in primerjava je pokazala dobro ujemanje. Namen geometrijske optimizacije je prihranek materiala oziroma izkoriščena nosilnost gradiva. Ob naraščajoči uporabi visoko nosilnih materialov bi pomenila aplikacija razvitih metod na probleme iz prakse (npr. v letalski industriji) povečanje konkurenčnosti.

Na področju raziskav aeroelastičnih pojavov je bila obravnavana meja stabilnosti elastično vpetega deformabilnega aeroprofila v toku fluida z namenom raziskati možnosti povečanja kritične hitrosti flutter-ja. Za elastično vpet deformabilen aeroprofil s kompozitno ploščo sta značilna dva tipa flutter-ja: klasični flutter aeroprofila in flutter plošče. Rezultati analize kažejo na možnost znatnega povečanja kritične hitrosti flutter-ja v bimodalnem področju, kjer se flutter aeroprofila in flutter plošče pojavita istočasno. Predvideno obnašanje deformabilnega aeroprofila je bilo tudi eksperimentalno preverjeno z izmerjenimi odzivi za vse tipe flutter-ja. Rezultati raziskav so pomembno vodilo pri konstruiranju deformabilnih kril za uporabo predvsem na aktualnem področju brezpilotnih letal (UAV).

Izvedena je bila numerična in eksperimentalna študija vpliva obtekajočega toka zraka z nizkim Reynoldsovim številom na deformabilni membranski aeroprofil (DMA), s presežno dolžino membrane. Membrana ni bila prednapeta in se je oblikovala glede na porazdelitev tlaka zaradi obtekajočega fluida. Interakcija med fluidom in strukturo, ki predstavlja interakcijo med fluidom in DMA, je bila izvedena z uporabo RANS enačb, porazdelitev tlaka ki je posledica obtekanja, pa je prenesena na aeroprofil. Eksperimentalni model DMA je bil izdelan s tanko membrano iz PVCja, ki je bila ovita okoli jeklenega nosilca na sprednjem in zadnjem robu. Meritve so bile izvedene v nizko turbulentnem vetrovniku, pri Reynoldsovemu številu 85.700 in pri razponu vpadnih kotov med 0° in 15° . Razpon koeficienta presežne dolžine je med 0,025 in 0,150. Pri primerjavi numeričnih rezultatov z eksperimentalnimi je bilo prikazano dobro ujemanje. DMA se je izkazal z zelo ozkim neoscilirajočim delovnim režimom v primerjavi s togimi aeroprofili. Pri enakem Reynoldsovem številu, DMA doseže boljši koeficient vzgona $C_y=2,18$, v primerjavi s standardnimi togimi aeroprofili.

Na področju modeliranja prenosa vibracij preko oplaščenih jeklenih vrvi je bil postavljen originalni model z upoštevanjem kontakta med jekleno vrvjo ter ohišjem. Na področju modeliranja prečnih nihanj gibajočih jermenov je bil postavljen originalni model, temelječ na popisu dinamike v absolutnem koordinatnem sistemu. Na področju dinamičnega modeliranja stikov v kompleksnih sestavljenih strukturah smo raziskovali določevanje teoretičnega modela frekvenčne prenosne funkcije na podlagi analize izmerkov. Pokazan je bil vpliv redukcije števila koordinat na identificirane frekvenčne prenosne funkcije. Na področju eksperimentalne modalne analize smo nadaljevali z uporabo zvezne valčne transformacije pri identifikaciji nihanjih oblik. Na področju strukturne dinamike so se vršile raziskave na celostnem obvladovanju dinamike lameliranih struktur, kar je ključnega pomena za obvladovanje dela hrupa električnih motorjev, predvsem pa energetskih transformatorjev. Nadaljevalo se je delo na obvladovanju življenjske dobe dinamično obremenjenih strojnih delov. Razvit je bil originalni pristop pri eksperimentalnemu sledenju sprememb lastnih frekvenc ter dušenja med utrujenostnimi testi preizkušancev. Na področju zaščite človeka pri izpostavljenosti vibracijam preko rok se razvija model, ki bo dopolnil že razvito eksperimentalno napravo za ugotavljanje vibroizolacijske prenosnosti zaščitnih rokavic. Razvita je bila nova metoda ugotavljanja dinamskih karakteristik lahkih izdelkov malih dimenzij. Izvedlo se je eksperimentalno sledenje gibajočim delom naprav z uporabo mikro elektronskih piezo zaznaval. Naslednji sklop raziskovanja obsega karakterizacijo magnetostriktivnih lastnosti elektropločevine, kjer se je dokazala povezava frekvenčnih lastnosti od strukturne dinamike preizkušancev. Razvit je bil nov ploščinski končni element za simuliranje nelinearnega dinamskega odziva dvodimenzionalnega in anizotropnega gibajočega se kontinuuma z uporabo metode absolutnih vozliščnih koordinat (AVK). Z uporabo novega AVK končnega elementa se je razvilo novo interpolacijsko metodo v teoriji korelacije digitalnih slik. Nadaljevale so se raziskave na področju vibroakustične karakterizacije mehatronskih sklopov z vključenim koračnim motorjem.

Vsebina v luči povečanega financiranja v letu 2014 je obsegala dve aktivnosti. Najprej smo izvirno izvedli normiranje lastnih oblik z metodo masne spremembe, temelječo na občutljivostni analizi modalnih parametrov. Omenjeno smo izvedli brez uporabe zaznaval gibanja, kar poenostavlja uporabo pri praktičnem eksperimentalnem delu. Nadalje smo raziskovali dinamsko identifikacijo podstruktur

Z uporabo metode identifikacije podstruktur na osnovi merjenja povezovalnih sil ter predlagali metodo na osnovi indirektnega merjenja povezovalnih sil. Predlagana metoda omogoča identifikacijo nepoznane podstrukture brez poznavanja dinamskih lastnosti preostale podstrukture.

Analiziran je vpliv protiveternih pregrad na zmanjševanje bočne sile na vozila. Z uporabo poroznih pregrad je zmanjšana dolžina vrtinčne sledi. Tako se je zmanjšala nestacionarnost tlaka s katerim veter deluje na gibajoče se vozilo. Z optimalno nastavitvijo vpadnega kota plošč je možno znižati prijemališče aerodinamične sile vetra na vozilu ter zmanjšati velikost prekusnega momenta. Za potrebe podjetja Akrapovič je uspešno zaključen razvoj merilnika dinamičnega tlaka v plinih kjer temperatura presega 1000 °C. Za merilnik dinamičnega tlaka v plinih je razvit in narejen namenski nabojni ojačevalnik, z najnižjo zajemno frekvenco 1/30 sekund. Razvita je bila numerična metoda za izračun optimalne velikosti končnih elementov/volumnov pri numerični simulaciji turbulentnega toka. Z uporabo numeričnih in eksperimentalnih metod je analizirana možnost mehanske obdelave materiala z uporabo visokotlačnega vodnega curka. Razvit in izdelan je bil merilnik dinamičnega tlaka za delovanje v pogojih zelo visokih temperatur in vibracij. Z razvitim merilnikom je analizirano tlačno valovanje v izpušnih sistemih motorjev z notranjim zgorevanjem. Raziskan je vzrok nastanka razpok pri stiskanju keramičnih granulato velikoga raztrosa dimenzij. Analiziran je pojav sedimentacije v suspenzijah vode in nadmikronskih kovinskih delcev. Ugotovljen je vpliv hitrosti ter turbulentnosti vodnega toka na sedimentacijo. Razvit je bil numerični model za ugotavljanje orientacije zračnega plovila v prostoru na osnovi meritve kotne hitrosti, pospeška in lege plovila. Zmanjševanje stroškov osvajanja izdelave novega izdelka iz pločevine in stroškov proizvodnje le-tega ne more potekati brez analize tehnološkega procesa v virtualnem okolju. Za objektivno analizo v virtualnem okolju je pomemben že razviti verificirani numerični model fizikalnega dogajanja v procesu. Le-ta mora obsegati ustrezen konstitutiven model obnašanja materiala pločevine ter popis kontaktnih razmer v interakciji med orodjem in preoblikovancem. Optimizacija končne oblike izdelka pa zahteva razvoj optimizacijskih metod, ki omogočajo, ob postavljenih zahtevah, določitev optimalnih parametrov tehnološkega procesa. Razvita iterativna metoda omogoča, ob zahtevani obliki izdelka iz pločevine, optimiranje poljubne prostorske oblike preoblikovalnega orodja. Metoda poleg elastične relaksacije izdelka po odstranitvi iz orodja upošteva tudi spremenjeno debelino pločevine v izdelku, ki ravno tako vpliva na natančnost oblike le-tega. Učinkovitost razvite metode je bila preverjena na več primerih optimiranja oblike preoblikovalnega orodja in je bila tudi eksperimentalno preverjena. Razvita je bila nova metoda za numerično določevanje ničel nelinearnih funkcij, ki sloni na zaprti parabolični interpolaciji. Superlinearna metoda se je izkazala kot stabilna in dovolj hitra za uporabo v matematičnih algoritmi. V kolikor ima funkcija liho ničlo višjega reda, metoda zelo počasi konvergira. V letošnjem letu je bila izvedena nadgradnja obstoječe metode z Illinois algoritmom, ki to težavo odpravlja. Raziskane so bile tudi kombinacije zaprte parabolične interpolacije, z metodami odprtega tipa. V ta namen so bili izdelani algoritmi, ki na podlagi kombinacije metod obdržijo hitrost odprtih metod in dodajo globalno konvergenco z uporabo razvite zaprte parabolične interpolacije

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

SLO

Realizacija raziskovalnega dela je bistveno preseгла zastavljene cilje iz leta 2008. Obravnavali smo proces večkratnega obremenjevanja in razbremenjevanja ter elastično povrnitev ravninskih nosilcev, ki so zgrajeni iz elastičnega-linearno utrjevalnega gradiva, ki so v začetni fazi ravni, ali ukrivljeni. Razlika med teoretičnimi napovedmi in rezultati preizkusov je bila manjša od 1.25 %. Poleg nosilcev smo obravnavali tudi stabilnostne razmere rotacijsko simetričnih ter plitvih pravokotnih bimetalnih lupin, obremenjenih tudi s temperaturnim poljem. Glede na zelo dobro ujemanje med rezultati preizkusov in teorije lahko ocenimo, da so bili cilji naših raziskav izpolnjeni. Teoretično in eksperimentalno je bil obravnavan proces tlačne ovirane povračljivosti v preizkušancih nekonstantnega prečnega prereza iz materiala z oblikovnim spominom in pogoje nestabilnosti, ki lahko privedejo do uklona. V obeh primerih nam je uspelo problem rešiti analitično, ob tem pa je tudi primerjava teoretičnih in izmerjenih vrednosti potrdila pravilnost matematičnega modela. Ocenimo lahko, da je bil glavni cilj raziskave dosežen. Pri razvitem algoritmu za ugotavljanje orientacije zračnega plovila v prostoru je uporabljen klasičen sferičen koordinatni sistem. Nevarnost singularnosti pri transformaciji Eulerjevih kotov iz globalnega v lokalni koordinatni sistem plovila je odpravljena z dodatkom še ene osi in Eulerjevega kota. Ta je različen od nič le v primeru da se osnovni Eulerjevi koti približujejo

singularni točki.

Razviti algoritmi za merjenje razdalj in obsegov v digitalnih slikah so bili uporabljeni pri različnih meritvah, kjer se je pokazala njihova praktična uporabnost. Pri primerjavi z obstoječimi algoritmi pa so se pokazale tudi njihove prednosti pred drugimi algoritmi. Pri razvoju algoritmov za reševanje nelinearnih enačb je bila v celoti razvita osnovna in iz nje izpeljana hibridna metoda. Obe metodi nudita hitro in enostavno določanje ničel nelinearnih funkcij. Pri hibridni metodi so uporabljene prednosti vsake metode, ki se pojavljajo pri izračunavanju.

Glede na zastavljene cilje na začetku programa v 2009 se je v celotnem obdobju 09-14 v okviru Laboratorija za dinamiko strojev in kosstrukcij izvedlo precej več od načrtovanega.

Cilj razviti numerični algoritem, ki bi omogočil enostavno in učinkovito implementacijo novo razvitih konstitutivnih modelov v implicitni MKE program, je bil v celoti realiziran.

V okviru raziskav brezpilotnih letal na oddelku za letalstvo na Fakulteti za strojništvo izdelamo pod mentorstvom izr.prof.dr. Tadej-em Kosel vsako leto nov tip letala s katerim se udeležujemo tekmovanja v Združenih Državah Amerike, Design/Build/Fly. V letu 2014 je tekmovanje potekalo v času od 11.4. do 13.4. v kraju Wichiti, ZDA, kjer je naša ekipa dosegla ČETRTO (4) mesto med 80 ekipami z vsega sveta. To je tudi najboljša uvrstitev doslej.

5.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014⁴

SLO

Ni bilo sprememb

6.Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID 11376667 Vir: COBISS.SI
Naslov	<p><i>SLO</i> Elastična povrnitev nosilcev po večkrat ponovljenem postopku obremenjevanja in razbremenjevanja</p> <p><i>ANG</i> Elasto-plastic springback of beams subjected to repeated bending/unbending histories</p>
Opis	<p><i>SLO</i> Prispevek obravnava premična stanja nosilcev po večkrat ponovljenem postopku upogibnega obremenjevanja in razbremenjevanja. Material nosilcev je elastičen – linearno utrjevalen. Nosilci so na začetku ravni ali pa naj imajo konstanten radij ukrivljenosti, prerez nosilcev je vsaj enkrat simetričen. Elasto-plastična premična stanja so določena z uporabo teorije velikih premikov in majhnih specifičnih deformacij. Eksperimenti, ki so bili opravljeni na nosilcih pravokotnega prereza iz aluminijeve zlitine AA 5050-H38, so pokazali zelo dobro ujemanje z izračunanimi vrednostmi (relativna napaka je manjša od 1,27 %).</p> <p><i>ANG</i> This contribution investigated repeated elastoplastic pure plane bending/unbending process of beams made of material with an elastic-linear hardening rheological model. The attention is focused on beams with cross sections which have at least one axis of symmetry and are initially straight or have constant radius of curvature. Elastoplastic deflection states of beams after repeated bending/unbending process are determined using the large displacement theory. Experiments were conducted to verify the theory for beams made of aluminium alloy AA 5050-H38 with rectangular cross sections. It is shown that maximal relative difference between experimental and theoretical results in the case of a largely curved beams after repeated bending/unbending process is 1.27%.</p>
Objavljeno v	ASM International; Journal of materials engineering and performance; 2011; Vol. 20, no. 6; str. 846-854; Impact Factor: 0.855; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; WoS: PM; Avtorji / Authors: Kosel Franc, Videnič Tomaž, Kosel Tadej, Brojan Miha

	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	12172059	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Geometrijska optimizacija uklona palice iz materiala z oblikovnim spominom zaradi ovirane povračljivosti
		ANG	Geometry optimization in buckling of a shape memory alloy column due to constrained recovery
	Opis	SLO	V prispevku je predstavljena eksperimentalna in teoretična raziskava uklona zaradi ovirane povračljivosti za tlačno preddeformirano palico iz zlitine z oblikovnim spominom (SMA). Teoretično je obravnavan uklon idealno ravne, členkasto vpete SMA palice z nekonstantnim prerezom zaradi ovirane povračljivosti in izdelana geometrijska optimizacija omenjene palice. Uklonska sila in temperatura sta izračunani z uporabo eksperimentalno določenih termomehanskih lastnosti. Rezultati izračuna se dobro ujema z izmerjenimi vrednostmi uklonske sile in temperature.
		ANG	Constrained recovery of a compressively prestrained shape memory alloy (SMA) is experimentally and theoretically investigated. Thermomechanical properties of the SMA during the process of constrained recovery are experimentally obtained. Optimization of geometry in buckling of an ideally straight, simply supported column with a nonconstant cross section due to constrained recovery is theoretically investigated. Using the experimentally obtained thermomechanical properties, the critical buckling force and temperature of the optimized column are calculated. Various experiments were conducted in order to verify the calculated results. The calculated critical load and predicted buckling temperatures show good agreement with buckling experiments reported in this article.
	Objavljeno v	Technomic Pub. Co.; Journal of intelligent material systems and structures; 2012; Vol. 23, no. 1; str. 65-76; Impact Factor: 1.523; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.402; WoS: PM; Avtorji / Authors: Kunavar Janez, Kosel Franc, Pukšič Andrej, Videnič Tomaž	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	12294171	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Geometrijska optimizacija nosilca glede na problem bočne stabilnosti
		ANG	Shape optimization of beam due to lateral buckling problem
	Opis	SLO	Na osnovi nelinearnega matematičnega modela izbočitve vitkega nosilca tankega pravokotnega prereza je podana variacijska formulacija dvoparametrskega optimizacijskega problema v brezdimenzijski obliki. Optimalna oblika je določena z rešitvijo variacijskega problema po Rayleigh-Ritz-ovi metodi z ortogonalnim sistemom trigonometričnih funkcij. Na osnovi delne rešitve Euler-Lagrange-ove diferencialne enačbe variacijskega problema je podan dokaz, da je maksimalna primerjalna napetost po hipotezi največjega deformacijskega dela v primeru optimalne oblike konstantna vzdolž nosilca. Prikazan je primer ekstrapolacije rešitve dvoparametrskega optimizacijskega problema.
		ANG	Based on a non-linear mathematical model of lateral buckling of a slender beam with a narrow rectangular cross section, the variational formulation of the two-parametric optimization problem is given in the dimensionless form. An optimal shape is obtained by solving the variational problem using the Rayleigh-Ritz method with the orthogonal system of trigonometric functions. By a partial solution of the Euler-Lagrange differential equation of the variational problem, a proof is given that in the case of the optimal shape, a maximal reference stress according to the total strain energy theory is constant along the beam. An example of extrapolation of the two-parametric optimization problem solution is represented.

	Objavljeno v	Pergamon; International journal of non-linear mechanics; 2012; Vol. 47, iss. 3; str. 65-74; Impact Factor: 1.345; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.369; WoS: PU; Avtorji / Authors: Dražumerič Radovan, Kosel Franc	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	13425947	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Primerjava klasične ter na meritvi raztezkov temelječe eksperimentalne modalne analize
		ANG	A comparison of strain and classic experimental modal analysis
	Opis	SLO	Raziskava je fokusirana na primerjavo klasične eksperimentalne modalne analize (EMA) z EMA, ki temelji na meritvah specifičnih raztezkov (R-EMA). Modalni parametri prožnih sistemov so dandanes večinoma pridobljeni z uporabo EMA, kjer se kot odziv strukture pogosto merijo pospeški. R-EMA pa je na drugi strani postopek, kjer se kot odziv prožnih struktur merijo specifični raztezki. Slednja nudi zanimive prednosti v primerih, ko se za nadaljne analize potrebuje identifikacijo modalnih oblik raztezkov, tipični primer je analiza utrujanja ter identifikacija poškodb struktur. Dodatna prednost S-EMA je tudi možnost uporabe v primerih, ko klasična EMA odpove zaradi eksperimentalnih/geometrijskih vzrokov. Poelg prednosti pa ima S-EMA tudi pomanjkljivost in sicer nezmožnost masnega normiranja identificiranih lastnih vektorjev. Naša raziskava najprej prinese primerjavo obeh metod, nato pa izvede analizo natančnosti v primeru prosto podprtih 1D ter 2D elementov. Meritev raztezkov je bila izvedena s piezoelektričnimi merilniki. Primerjava identificiranih lastnih frekvenc, lastnih oblik ter modalnih dušenj pokaže primerljive rezultate za obe vrsti EMA.
		ANG	This research is focused on a comparison of classic and strain experimental modal analysis (EMA). The modal parameters (the natural frequencies, the displacement mode shapes (DMSs) and the damping) of real structures are usually identified with classic EMA, where the responses are measured with motion sensors (e.g. accelerometers). Strain EMA is a special approach in the field of EMA, where the responses are measured with strain sensors. Classic EMA is the preferred method, but strain EMA offers advantages that are important for particular applications: for example, the direct identification of strain mode shapes (SMSs), which is important in the vibration-fatigue and damage-identification models. The next advantage is that strain EMA can sometimes be used, for experimental/geometrical reasons, where classic EMA cannot. There are also drawbacks: for example with strain EMA only, the mass-normalization of the DMSs and SMSs cannot be performed. This study researches the theoretical similarities and differences of both EMA approaches. Furthermore, the accuracy of both approaches for the case of a free%free supported beam and a free%free supported plate is investigated. Classic and strain EMA were performed with a piezoelectric accelerometer and the piezoelectric strain gauges, respectively. The results show that the accuracy of strain EMA results (the natural frequencies, DMSs and the damping) is comparable to the accuracy of classic EMA.
	Objavljeno v	Sage Science Press; Journal of vibration and control; 2014; str. 1-11; Impact Factor: 4.355; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.275; A'': 1; A': 1; WoS: AA, IU, PU; Avtorji / Authors: Kranjc Tadej, Slavič Janko, Boltežar Miha	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	13311515	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Konsistentni tangentni operator za »cutting-plane« algoritem elasto-plastičnosti

	ANG	Consistent tangent operator for cutting-plane algorithm of elasto-plasticity
Opis	SLO	V prispevku je predstavljen razvoj konsistentnega tangentnega operatorja za »cutting-plane« algoritem (CPA). Za skupino modelov plastičnosti je izveden eksplicitni rekurzivni izraz, ki se v vsaki iteraciji CPA integracijske procedure izboljšuje s ciljem določitve končne vrednosti konsistentnega tangentnega operatorja v primeru ko CPA konvergira. Konsistentni tangentni operator je izjemnega pomena za hitro konvergenco numerične integracije katerekoli integracijske sheme. Ker doslej konsistentnega operatorja ni bilo moč učinkovito izračunati, je bila konvergenca algoritma CPA relativno počasna, v prispevku prikazan izraz pa omogoča kvadratično konvergenco numerične integracije konstitutivnih modelov plastičnosti.
	ANG	The paper presents a derivation of the consistent tangent operator (CTO) for the cutting-plane algorithm (CPA). For a class of plasticity models that are suitable to be integrated using CPA, an explicit recursive expression is analytically derived and is updated in each iteration of the CPA integration procedure to yield the final value of the CTO when the CPA is converged.
Objavljeno v		North-Holland; Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering; 2014; Vol. 272; str. 214-232; Impact Factor: 2.626; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.377; A': 1; WoS: IF, PO, PU; Avtorji / Authors: Starman Bojan, Halilović Miroslav, Vrh Marko, Štok Boris
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	2036323 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Preskok plitvih bimetalnih translacijsko ukrivljenih lupin z dvojno ukrivljenostjo, ki so obremenjene z zunanji obremenitvami ter temperaturo in podprte na štirih ogliščih
	ANG	Buckling of a shallow rectangular bimetallic shell subjected to outer loads and temperature and supported at four opposite points
Opis	SLO	Formuliran je bil geometrijsko nelinearen matematično-fizikalni model preskoka sistema plitve tankostenske bimetalne translacijske lupine, ki se nahaja v homogenem temperaturnem polju. Uporabljena je bila teorija velikih premikov, zmernih rotacij in majhnih specifičnih deformacij. Model nam omogoča določitev geometrijskih parametrov lupine, ki vplivajo na preskok lupine. Ustrezen sistem nelinearnih parcialnih diferencialnih enačb je rešen s pomočjo metode končnih razlik.
	ANG	A geometrically non-linear mathematical-physical model of the snap-through of the system of a thin-walled shallow bimetallic translation shell in a homogenous temperature field according to the theory of large displacements, moderate rotations, and small strains of the shell element was formulated. The model enables the calculation of the geometric conditions, of shallow translation shells, due to the influences of temperature and mechanical loads. The results are based on the numeric solution of a non-linear system of partial differential equations with boundary conditions according to the finite difference method.
Šifra	F.04	Dvig tehnološke ravni
Objavljeno v		Hindawi Publishing Corporation; Advances in mechanical engineering; 2009; Vol. 2009; str. 767648-1-767648-17; Avtorji / Authors: Jakomin Marko, Kosel Franc, Kosel Tadej
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

2.	COBISS ID		11232539	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Odprava deformacij visokoprostorskih hladilnikov brez prečne vezi	
		ANG	Wrinkle omission in refrigerator's door without transverse bonds.	
	Opis	SLO	V okviru naloge smo na podlagi numeričnega modela temperaturno obremenjenih vrat hladilnika analizirali fizikalno ozadje pojava deformacij vrat pri skladiščenju in delovanju hladilnika. Opredelili smo vpliv začetne oblike in temperature oprijema polnila v fazi izdelave vrat na njihov deformacijski odziv pri temperaturni obremenitvi. Na podlagi ugotovitev smo predlagali potrebne spremembe pri procesu izdelave, da bi preprečili deformacije temperaturno obremenjenih vrat pri delovanju hladilnika.	
		ANG	Based on the numerical model of a temperature loaded refrigerator door, physical background of the door deformations phenomenon of storing and operating refrigerator has been analyzed in the study. The influence of an initial shape and a cohesion temperature of pour in the manufacturing process of the door on their deformation response to the temperature load was determined. Based on the results, some necessary modifications in the manufacturing process were suggested, in order to omit wrinkling of the temperature loaded door of an operating refrigerator.	
	Šifra	F.06 Razvoj novega izdelka		
	Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za nelinearno mehaniko LANEM; 2009; 26 str.; Avtorji / Authors: Kosel Franc		
Tipologija	2.13 Elaborat, predstudija, študija			
3.	COBISS ID		13343259	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Bimodalni odziv pri flutter-ju deformabilnega aeroprofila	
		ANG	On bimodal flutter behavior of a flexible airfoil	
	Opis	SLO	Aeroelastični odziv elastično vpetega aeroprofila je obravnavan z namenom opredeliti možnosti povečanja kritične hitrosti flutter-ja na osnovi deformabilnosti aeroprofila vzdolž tetive. Koncept deformabilnega aeroprofila je realiziran kot tog, aerodinamično oblikovan sprednji rob s tanko kompozitno ploščo pritrjeno na njegov zadnji rob. Pojav flutter-ja je obravnavan v smislu števila plasti kompozitne plošče za dano konfiguracijo aeroelastičnega sistema. Razvoj po lastnih funkcijah je uporabljen tako pri analizi pojava flutter-ja kot tudi pri konstruiranju kompozitnih plošč za izboljšanje lastnosti glede na odziv pri flutter-ju. Za obravnavan aeroprofil sta značilna dva tipa odziva pri flutter-ju, klasični flutter aeroprofila in flutter plošče. Na osnovi analize je prikazano, da lahko dosežemo znatno povečanje kritične hitrosti flutter-ja pri visoki upogibni in nizki torzijski togosti vpetja v območju bimodalnega odziva aeroelastičnega sistema, kjer se flutter aeroprofila in flutter plošče pojavita hkrati. Napovedano obnašanje deformabilnega aeroprofila pri flutter-ju je eksperimentalno ovrednoteno na osnovi serije testov v vetrovniku za različne konfiguracije aeroelastičnega sistema. Na osnovi eksperimentalnih raziskav sta prikazana izmerjena odziva za oba tipa flutter-ja, vključno s tistim, ki izkazuje bimodalni odziv.	
			The dynamic aeroelastic behavior of an elastically supported airfoil is studied in order to investigate the possibilities of increasing critical flutter speed by exploiting its chord-wise flexibility. The flexible airfoil concept is implemented using a rigid airfoil-shaped leading edge, and a flexible thin laminated composite plate conformally attached to its trailing edge. The flutter behavior is studied in terms of the number of laminate plies used in the composite plate for a given aeroelastic system configuration. The flutter behavior is predicted by using an eigenfunction expansion approach which is also used to design a laminated plate in order to attain superior flutter	

		ANG	characteristics. Such an airfoil is characterized by two types of flutter responses, the classical airfoil flutter and the plate flutter. Analysis shows that a significant increase in the critical flutter speed can be achieved with high plunge and low pitch stiffness in the region where the aeroelastic system exhibits a bimodal flutter behavior, e.g., where the airfoil flutter and the plate flutter occur simultaneously. The predicted flutter behavior of a flexible airfoil is experimentally verified by conducting a series of systematic aeroelastic system configurations wind tunnel flutter campaigns. The experimental investigations provide, for each type of flutter, a measured flutter response, including the one with indicated bimodal behavior.
	Šifra	F.06	Razvoj novega izdelka
	Objavljeno v	Academic Press; Journal of fluids and structures; 2014; Vol. 45; str. 164-179; Impact Factor: 2.229; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.275; A': 1; WoS: IU, PU; Avtorji / Authors: Dražumerič Radovan, Gjerek Bojan, Kosel Franc, Marzocca Pier	
	Tipologija	1.01	Izvorni znanstveni članek
4.	COBISS ID	13363995	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Konstruiranje deformabilnih propelerjev z optimalno obremenitveno karakteristiko
		ANG	Design of flexible propellers with optimized load-distribution characteristics
	Opis	SLO	V članku sta predstavljena matematični model in eksperimentalno ovrednotenje deformabilnih lopatic propelerja. Aerodinamični model temelji na razširjeni teoriji gibalne količine segmenta lopatice, medtem ko sta za popis upogibnih in torzijskih deformacij lopatic uporabljeni Euler-Bernoulli-jeva upogibna teorija in Saint-Venant-ova teorija torzije. Predstavljeni model gibalne količine segmenta lopatice pomeni razširitev standardne teorije gibalne količine segmenta lopatice z namenom zagotoviti hiter in robusten model propelerja, ki omogoča obravnavo vitkih lopatic s poljubno geometrijo osi. Na osnovi predstavljenega matematičnega modela je vpeljan postopek konstruiranja deformabilne lopatice propelerja s pripadajočim algoritmom analize. Dinamski aeroelastični pojavi, kot sta flutter in divergenca, niso zajeti v predstavljenem matematičnem modelu, postopku konstruiranja in algoritmu analize. Izveden je bil tudi eksperiment z namenom ovrednotiti predstavljeni matematični model in postopek konstruiranja. Prikazani so tako teoretični kot tudi eksperimentalni rezultati skupaj z ustreznimi zaključnimi ugotovitvami.
		ANG	The mathematical model and experimental verification of flexible propeller blades are presented in this paper. The propeller aerodynamics model is based on an extended blade-element momentum model, while the Euler-Bernoulli beam theory and Saint-Venant theory of torsion are used to account for bending and torsional deformations of the blades, respectively. The proposed blade-element momentum model extends the standard blade-element momentum theory with the aim of providing a quick and robust model of propeller action capable of treating high-aspect-ratio propeller blades with a blade axis of arbitrary geometry. Based on the proposed mathematical model, a static flexible propeller blade design procedure and its associated analysis algorithm are established. Dynamic aeroelastic phenomena like propeller flutter and divergence are not covered by the presented mathematical model, design, and analysis algorithm. Experimental validation was carried out with an objective of evaluating the performance of the developed mathematical model and the design strategy. Both theoretical and experimental results are presented along with pertinent concluding remarks.
	Šifra	F.06	Razvoj novega izdelka

	Objavljeno v	American Institute of Aeronautics and Astronautics.; Journal of aircraft; 2014; Vol. 51, no. 1; str. 117-128; Impact Factor: 0.488; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.65; WoS: AI; Avtorji / Authors: Sodja Jurij, Dražumerič Radovan, Kosel Tadej, Marzocca Pier	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	13403419	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Optimizacijska metoda za optimiranje prostorske oblike preoblikovalnega orodja upoštevajoč elastično relaksacijo in tanjšanje pločevine
		ANG	A 3D forming tool optimisation method considering springback and thinning compensation
	Opis	SLO	V prispevku je predstavljena izboljšana numerična metoda za optimiranje poljubne prostorske oblike preoblikovalnega orodja za preoblikovanje pločevine. Poleg elastične relaksacije izdelka po končanem preoblikovalnem procesu, ko se izdelek odstrani iz orodja, se v iterativnem postopku optimiranja oblike preoblikovalnega orodja upošteva tudi spremenjeno debelino pločevine v izdelku, ki ravno tako vpliva na natančnost končnega izdelka. Učinkovitost opisane metode je prikazana na dveh primerih optimiranja oblike preoblikovalnega orodja in je preverjena tudi eksperimentalno.
		ANG	In this paper, an enhanced numerical method for forming tool design optimisation in three-dimensional (3D) sheet metal forming applications is presented. The applied procedure enables a determination of appropriate forming tool geometry so that the manufacture of a sheet metal product inside specified tolerances would be ensured. In addition to the springback that occurs in the formed part after removal of the forming tools, the impact of the thinning of the sheet metal during the forming process is considered in the method, and both effects are correspondingly compensated for an iterative procedure. Computational efficiency in the E-DA-3D method is achieved mainly because the improved accuracy of the communicated data established corresponding interrelations between the discretised topologies used in the definition of the prescribed product geometry, the current tool geometry, and on this basis actually computed product geometry which is achieved by means of additional point topology mappings. The potential and effectiveness of the method is demonstrated by considering two cases of the forming tool design optimisation that are also experimentally validated.
	Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Objavljeno v	Elsevier; Journal of materials processing technology; 2014; Vol. 214, iss. 8; str. 1673-1685; Impact Factor: 2.041; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.345; A': 1; WoS: IJ, IK, PM; Avtorji / Authors: Mole Nikolaj, Cafuta Gašper, Štok Boris	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine²

Na področju mehanike materialov z oblikovnim spominom je bil razvit makro-mikromehanski model za modeliranje pojava supereleastičnosti, ki izhaja iz kristalografskih lastnosti termoelastične martenzitne transformacije. Na osnovi makro-mikromehanskega modela je bil razvit numerično stabilen algoritem v okviru MKE, ki temelji na implicitni integraciji konstitutivnih enačb. Konstitutivne enačbe so bile izpeljane v okviru teorije majhnih deformacij, pri čemer je bilo predpostavljeno homogeno temperaturno polje, izotropnost elastičnih lastnosti, za razliko od obstoječih modelov pa je bila dosledno upoštevana razlika v elastičnih lastnosti martenzita in avstenita. Za dobro natančnost je bilo potrebno v modelu uporabiti kvalitetno izmerjene materialne parametre, zato so bile razvite posebne eksperimentalne metode s

katerimi jih je bilo možno dokaj enostavno določati. Izvedene so bile tudi meritve superelastičnosti v natezni in tlačni coni, tako da so se rezultati modeliranja primerjali z ustreznimi eksperimentalnimi rezultati. Opaženo je bilo zelo dobro ujemanje z nateznimi testi, medtem ko je bilo ujemanje s tlačnimi testi nekoliko slabše.

Poleg procesa superelastičnosti je bil obravnavan tudi proces enoosne ovirane povračljivosti v tlačnem območju. Ker je proces zelo zanimiv z vidika možne praktične uporabe, so bili izvedeni obširni termomehanski testi na enoosnih elementih v katerih nastopi proces ovirane povračljivosti v tlačnem območju. V dostopni literaturi takšnih testov ni možno zaslediti, kar je na nek način razumljivo, saj so tlačni testi že po svoji naravi veliko bolj zapleteni od nateznih. Dobljeni rezultati so bili zelo zanimivi, pa tudi presenetljivi. Izkazalo se je namreč, da je možno uporabiti enostaven Eulerjev izraz za izračun kritične vitkosti pri določeni uklonski temperaturi. Rezultati meritev so se zelo dobro ujeli s teoretično določenimi.

9.Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1.Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Modeliranje velikih deformacij večosnih konstrukcijskih elementov je običajno precej zahtevno. V povezavi z upoštevanjem nelinearnih lastnosti v materialu pa še vedno predstavljajo precejšen izziv tudi v teoretičnem okviru. Zaradi kompleksnega mehanskega odziva je potrebno matematični model, ki je v praksi redko analitično rešljiv, nujno reševati numerično. Glede na potrebe industrije in hitre spremembe, ki so v tem okolju neizogibne, je potrebno razviti učinkovite numerične algoritme, ki bodo lahko sledili zahtevam in karseda natančno opisali dani problem.

Modeliranje in poznavanje procesa ovirane povračljivosti je pomembno zaradi velikega števila možnih aplikacij v tehniki. V primeru nateznih obremenitev med ovirano povračljivostjo v enoosnih SMA elementih je v dostopni literaturi znanih že precej objav. V primeru tlačnih obremenitev med procesom ovirane povračljivosti pa temu ni tako, saj v dostopni literaturi na tem področju nismo našli objav. Proces je pomemben tudi zaradi tega, ker v primeru tlačnih obremenitev nastopi tudi možnost izgube stabilnosti SMA elementa. Tlačno enoosno ovirano povračljivost smo v naših raziskavah obravnavali tako teoretično kot tudi eksperimentalno. Variacijska formulacija splošnega problema geometrijske optimizacije z uporabo metode nivojske postavitve, ki poenostavi popis kompleksne geometrije. Aeroelastična optimizacija deformabilnega aeroprofila glede na mejo stabilnosti na osnovi analitičnega modela flutter-ja. Zaradi nelinearnih mehanskih in geometrijskih lastnosti aerodinamičnih plovil je zelo zahtevno napovedovati kritično mejno hitrost samovzbujenega nihanja. Nove razvite metode za merjenje dinamičnega odziva plovila pa bodo zmanjšale potrebno število pospeškomerov za določitev nihalnih oblik in frekvenc nihanja plovila.

Metoda za določitev hitrosti fluida na osnovi hitrosti gibanja progresivnega in povratnega udarnega vala je razširitev osnovne metode tvorjenja udarnega vala v tim. udarni cevi. Zaradi fizikalne omejitve se na tej ne more izvajati meritev udarnih valov pri gibanju fluida kar je nujno pri pravilnem popisu fizikalnih dogodkov v izpušnem sistemu.

Štiri stopenjska Eulerjeve kotna transformacija omogoča izogibanje prehoda skozi singularno območje ob transformacijah okrog osnovnih in dodatne osi. Tako ne potrebujemo uporabo za transformacijo zahtevnih quaternion matematičnih struktur.

Z uporabo pregrad lahko v tulcu kontroliramo hitrost zgorevanja smodnika ter omejimo velikost največjega nadtlaka. Analiza motnje, ki se vnese v izstrelak pri izstopu iz cevi ni detajlno raziskana. Mnenja smo da bi uspešna rešitev preprečiva oscilacij pri izhodu iz cevi značilno zmanjšala raztros zadetkov izstrelkov.

Raziskave dinamičnega obnašanja prožnih struktur prinašajo dosežke na tistih področjih, ki so sočasno zanimivi za velika slovenska izvozna podjetja. Kvaliteta rezultatov v obdobju 09-14 je izkazana z obsežnih številom kvalitetnih publikacij.

Razumevanje fizikalnih pojavov v nadzvočnem toku znotraj in zunaj šobe je ključnega pomena za razvoj novih, visokosposobnih nadzvočnih šob. Prav tako je mogoče pridobljena znanja aplicirati na razvoj visokosposobnih letal, ki so namenjena letenju z visokimi podzvočnimi in nadzvočnimi hitrostmi.

ANG

Modeling of large deformations of multi-axial structural elements is usually quite challenging. In

connection with the non-linear properties of the material it still represents a considerable challenge also in the theoretical framework. Due to the complex mechanical response it is necessary to find solutions of the mathematical model numerically, since analytical solutions are rarely available. Depending on the needs of industry and the rapid changes that are inevitable in this environment, it is necessary to develop efficient numerical algorithms that will be able to follow the requirements and describe the given problem as accurately as possible.

Modeling and understanding of constrained recovery is very important because the process can be innovatively applied in many practical applications. A lot of publications can be found in available literature in the case of tensile loadings during constrained recovery in uniaxial SMA elements. But in the case of compressive loadings during constrained recovery no publications were found in available literature. The process is important since during compressive loadings an SMA element can become unstable. In our investigations compressive constrained recovery was treated theoretically and experimentally.

Variational formulation of general geometry optimization problem using the level-set method in order to simplify the description of complex geometry.

Aeroelastic optimization of a flexible airfoil due to the stability boundary, based on the analytical flutter model.

Due to the non-linear mechanical and geometrical properties of aerodynamic craft it is very difficult to predict the critical threshold flutter speed. A new method for measuring the dynamic response of the vessel will reduce the required number of accelerometers to determine the swing shape, and frequency fluctuations of the vessel.

The method for determining the fluid velocity based on the speed of the progressive and reverse shock wave is an extension of the basic method of generating a shock wave in the solid shock tube. Due to physical limitations of a classical shock tube, the measurements of shock waves in the moving fluid cannot be performed in solid shock tube. Moving fluid is essential for proper census of physical events in the exhaust system.

The four -stage Euler angle transformation allows the avoidance of passage through singularity in transformations around the axes. We do not need to use complex transformation of quaternion mathematical structures.

By using inner obstacles one can control the speed of the gunpowder combustion in cartridge and limit the maximum overpressure. Flying disorder that is inserted into the projectile at the outlet of the pipe is studied in detail. We believe that for successful solutions we have to prevent oscillations at the exit of the tube. This will significantly reduce the dispersion of missile hits. Research results could be described as interesting both for science as well as for big Slovenian export industries. Understanding of physical phenomena in supersonic flow inside and outside nozzle is of major significance for the development of new high performance supersonic nozzles. Application of gained knowledge is also possible in the development of high performance subsonic and supersonic aircraft.

9.2.Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

S pomočjo dobrega napovednega modela velikih deformacij lahko podjetja, ki se ukvarjajo s preoblikovanjem gradiv, npr. tista, ki izdelujejo komponente za avtomobilsko, letalsko, gradbeno industrijo, ter podjetja, ki razvijajo npr. belo tehniko, hitro in ekonomsko učinkovito izdelajo končni produkt, ki ustreza danim zahtevam. Numerični algoritmi, ki simulirajo dani proizvodni proces, pogosto precej pocenijo ali pa sploh omogočijo izdelavo, saj lahko prihranijo precej časa in sredstev, ki bi jih sicer morali porabiti za izvedbo eksperimentov.

Materiali z oblikovnim spominom spadajo v kategorijo tako imenovanih »prilagodljivih« materialov. Ne le da so uporabni kot nosilni elementi zaradi njihovih mehanskih lastnosti kot je trdota, predvsem jih je možno uporabiti kot senzorje ali kot aktuatorje. Možno jih je uporabiti v aplikacijah z visoko finančno dodano vrednostjo. Proces ovirane povračljivosti bi bilo možno uporabiti v veznih elementih v različnih pnevmatičnih in hidravličnih linijah ter tudi v elektrostrojni industriji (električni konektorji). Poleg tega bi bilo možno proizvajati tudi biomedicinske izdelke iz teh materialov. Naprimer razne implantate, proteze, posebne mrežaste cevke, ki se vstavijo v krvne žile, da se poveča krvni pretok. Ti materiali se lahko uporabljajo tudi v gradbeništvu. Lastnost superelastičnosti je možno uporabiti tudi v posebnih blažilnih pripravah, ki omejujejo dinamične efekte v zgradbah.

Cilj geometrijske optimizacije je prihranek materiala oziroma boljša izkoriščenost materiala, kar

ima za posledico večjo konkurenčnost izdelka. Predstavljena področja raziskovalne dejavnosti imajo možnost aplikacije rezultatov predvsem v avtomobilski in letalski industriji. Nadaljnji razvoj visokotemperaturnega merilnika dinamičnega tlaka bo omogočil sledenje tlačnim valovanjem v izpušnem sistemu motornega vozila na še višjih temperaturah ter vibracijah. Na osnovi izmerjenih rezultatov z merilniki bo podjetje Akrapovič konstruiralo in izdelovalo visoko zmogljive izpušne sisteme, ki bodo motorjem z notranjim zgorevanjem povečali navor, moč in izkoristek.

Raziskave na nadzvočnih šobah in njihova optimizacija lahko vpliva na razvoj na dveh področjih: na raziskovalnem in na industrijskem. Na raziskovalnem področju je pomemben vidik optimiranja oblik dvostenskih in klinastih nadzvočnih šob, saj le te občutno izboljšajo zmogljivosti nadzvočnih letal in raket. Ključno pri optimizacijskem procesu je uporaba novih numeričnih metod in eksperimentalna verifikacija rezultatov. Na industrijskem področju je izziv v tehnološki zahtevnosti nadzvočnih šob, saj je zaradi delovanja pri visokih temperaturah in zahtevani povečani zmogljivosti potrebno izbrati takšne materiale, ki bodo zagotavljali ustrezno delovanje šobe. Pomen raziskovalnih rezultatov leži v povezavi z napredkom teoretičnih znanj (objave, citiranost) z hkratno uporabnostjo novo nastalega znanja v veliki slovenski izvozni industriji. To je dokazano s prehodom doktorjev znanosti, ki so v obdobju 2009-14 končali svoje usposabljanje, v veliko slovensko izvozno industrijo.

ANG

Based on a good predictive model of large deformations, production companies engaged in material forming, e.g. automotive, aerospace, construction industry, as well as companies that develop home and kitchen appliances can quickly and economically produce end products corresponding to the highest standards. Numerical algorithms that simulate a given process often minimize costs and enable the production. They can minimize production times and sometimes diminish the need to conduct practical experiments.

Shape memory alloys belong to the category of so-called »adaptive« materials. Not only are they useful as structural elements, appreciable for their mechanical properties such as toughness; they are also capable of fulfilling functions such as that of a sensor or an actuator. They can be used in applications with high financial added value. The process of constrained recovery makes SMAs ideally suited for the use as fasteners, seals, connectors and clamps in variety of industrial applications. Similarly biomedical products could also be manufactured from shape memory alloys. For instance: implants, prostheses and stents, which are "latticed" tubes that are inserted into blood veins to increase circulation of the blood. These materials could also be used in civil engineering. The property of superelasticity can be used in special damping devices, which reduces dynamical effects in buildings.

The goal of geometry optimization is material saving or better exploitation of material, which results in better competitiveness of the product. The presented research activity areas show a possibility of the results application, mostly in the automotive and aerospace industry. Further development of a high-temperature dynamic pressure sensor will enable even higher temperatures and vibration of exhaust gases. Based on the measured results, the company Akrapovic constructed and manufactured high performance exhaust systems for the internal combustion engine to increase torque, power and efficiency.

Supersonic nozzle research and its optimization influence the development in two fields: research and industry. The main focus in the research field is in the geometrical optimization of dual-bell nozzles and aerospikes because the improvement in performance of supersonic aircraft and rockets is inherently dependent on nozzle geometry. Essential tools for the optimization process are new numerical methods and experimental verification of the results. In the industrial field, supersonic nozzles represent a challenge because of their technological complexity. Because supersonic nozzles operate at very high temperatures and because of increase in performance, a careful selection of materials is necessary to achieve desired nozzle conditions. This can be only achieved by professional engineers and high quality materials. The impact of the conducted research is in the integration of theoretical and applied research, important for big Slovenian industries. This fact is proven by doctoral students, who after completing their study easily found jobs in big export Slovenian industries.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	8
bolonjski program - II. stopnja	25
univerzitetni (stari) program	213

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
29622	Bojan Gjerek	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26557	Janez Kunavar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27637	Mitja Muhič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28637	Klemen Oblak	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19859	Vitoslav Bratuš	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25461	Andrej Pukšič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32768	Domen Stadler	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Jaka Ogrič	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
36726	Matjaž Čebtron	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
35960	Žiga Gosar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Jože Stropnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
24560	Miha Brojan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
25977	Matej Balažic	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
28774	Goran Višnjič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29620	Jurij Sodja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Dejan Nožak	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29623	Jurij Žumer	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27648	Matej Tadina	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25798	Gregor Čepon	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32073	Martin Česnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Marko Langerholc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
32086	Matija Javorski	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32083	Domen Rovšček	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33215	Miha Pirnat	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32123	David Koblar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33438	Jan Škofic	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Tadej Kranjc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
35009	Anže Čelik	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
28648	Marko Vrh	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31660	Gašper Cafuta	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33274	Bojan Starman	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij

Dr. - Doktorat znanosti

MR - mladi raziskovalec

11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
29622	Bojan Gjerek	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
26557	Janez Kunavar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F - Drugo	
27637	Mitja Muhič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
28637	Klemen Oblak	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
19859	Vitoslav Bratuš	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
25461	Andrej Pukšič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
32768	Domen Stadler	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina	
36726	Matjaž Čebren	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
35960	Žiga Gosar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
24560	Miha Brojan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
25977	Matej Balažič	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
28774	Goran Višnjič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
29620	Jurij Sodja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina	
29623	Jurij Žumer	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	B - Družbene dejavnosti	
27648	Matej Tadina	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	B - Družbene dejavnosti	
25798	Gregor Čepon	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
32073	Martin Česnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
32086	Matija Javorski	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	B - Družbene dejavnosti	
32083	Domen Rovšček	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	B - Družbene dejavnosti	
33215	Miha Pirnat	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	B - Družbene dejavnosti	
32123	David Koblar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	B - Družbene dejavnosti	
33438	Jan Škofic	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
35009	Anže Čelik	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
28648	Marko Vrh	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
31660	Gašper Cafuta	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
33274	Bojan Starman	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	

Legenda zaposlitev:

- A** - visokošolski in javni raziskovalni zavodi
- B** - gospodarstvo
- C** - javna uprava
- D** - družbene dejavnosti
- E** - tujina
- F** - drugo

12.Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2014

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Milovan Kotur	C - študent - doktorand	6	
19859	Vitoslav Bratuš	A - raziskovalec/strokovnjak	12	
0	Satik Marukhyan	C - študent - doktorand	1	
0	Rafayel Saghoyan	C - študent - doktorand	1	
0	Aram Mkrtchyan	C - študent - doktorand	1	
0	Robert Breidenthal	B - uveljavljeni raziskovalec	1	
0	Uroš Proso	A - raziskovalec/strokovnjak	8	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A** - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
- B** - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
- C** - študent - doktorand iz tujine
- D** - podoktorand iz tujine

13.Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹⁵

SLO

Marie Curie EST program, Akronim SIM-VIA2, naslov ' Advanced and New Simulation Methods in Vehicle Vibro-acoustics - Scientific Analysis, Experimental Verification and Development of Methodologies for their Industrial Application'. trajanje april 2006-april 2010, tuji partnerji ACC Graz (A), AVL Graz (A), KUL (B), LMS (B), CTU Prague, UNI Miskolc (H), partner na strani UL je prof. dr. Miha Boltežar

Eureka E! 4880 projekt, akronim OMDAP, partnerji Cimos d.d., CadCam d.o.o., ULFS Ladisk, trajanje 2009-2010, naslov ' Optimizacija modalnih lastnosti vitalnih dinamično obremenjenih avtomobilskih delov za povečanje odpornosti na utrujanje'.), partner na strani UL je prof. dr. Miha Boltežar

FP7 Marie Curie ITN projekt v trajanju 4 let z akronimom GRESIMO - Best training for green and silent mobility. Trajanje 2011- 2015. Tuji partnerji so Kompetenzzentrum Das virtuelle Fahrzeug Forschungs GmbH, Avstrija, coordinator; Katholieke Universiteit Leuven, Belgija; LMS, Belgija; Fraunhofer Gesellschaft, Nemčija; University of Florence, Italija; AVL List GmbH, Avstrija ; Daimler AG, Nemčija; PSA, Francija; partner na strani UL je prof. dr. Miha Boltežar

CEEPUS mreža: C-II-RS-0304-01-0809 – Raziskovanje tehničnih značilnosti sodobnih proizvodov v strojništvu (Oblikovanje, Mehanika Fluidov in simulacije) z namenom izboljšanja njihovih tržnih značilnosti in večji konkurenčnosti na tržišču, partner na strani UL je prof. dr. Franc Kosel

Sodelovanje v projektu: Advanced Aircraft Network for Theoretical & Experimental Aeroservoelastic Modeling (A2-NET-TEAM), ki je del raziskovalnega področja: FP7-PEOPLE-2010-IRSES Marie Curie Action "International Research Staff Exchange Scheme", partner na strani UL je izr. prof. dr. Tadej Kosel

SMER MVZT št. 3211-09-000308. Raziskava aerodinamičnih podlag ter razvoj prototipa regatnega jadra za jadralnice s trodimenzionalnim aerodinamičnim profilom. Odgovorni nosilec projekta: Izr.prof.dr. Tadej Kosel. Sodelujoča organizacija: INTERVELA, proizvodnja jader, turizem, uvoz-izvoz d.o.o. Trajanje projekta 30.11.2008 do 30.10.2010

EUREKA Razvoj jadrnega sistema z zmanjšanjem vpliva inducirane uporabe za znatno izboljšanje aerodinamičnih lastnosti (SAILPOWER). Partnerji: Intervela - Vodilni partner (SLO), Omer wings sail Ltd. (Israel), STEVILKA SKLEPA 430-124/2009/324, STEVILKA POGODBE 3211-11-000003. Trajanje projekta od 1.1.2011 do 31.12.2013. Partner na strani UL je Izr.prof.dr. Tadej Kosel

Mednarodno sodelovanje z Bosno in Hercegovino: BI-BA/10-11-016 Raziskava metod za merjenje vektorja hitrosti fluida z anemometri z vročo žičko konstantne temperature. Partner na strani UL je Izr.prof.dr. Franc Kosel

Mednarodno sodelovanje z Bosno in Hercegovino:BI-BA/12-13-002 Raziskava postopkov in naprav za merjenje turbulence toka fluida z anemometri z vročo žičko konstantne temperature. Partner na strani UL je Izr.prof.dr. Franc Kosel

14.Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

1. Odprava deformacij visoko prostorskih hladilnikov, Gorenje, Gospodinjski aparati, Velenje prof.dr. Franc Kosel
2. Sprememba konstrukcije portalnega dvigala, Slovenske železnice, prof.dr. Franc Kosel
3. Kontrola napetostnega stanja dna vagona serije FACCS, prof.dr. Franc Kosel
4. Izračun dopustne obodne hitrosti valjev papirnega stroja PS2, Vipap, Videm, Krško, prof.dr. Franc Kosel
5. Določitev penetracije v tableti, LEK, Ljubljana, prof.dr. Franc Kosel
6. Visokotemperaturni merilnik spremembe dinamičnega tlaka v izpušnih sistemih vozil z

- motorji z notranjim zgorevanjem, prof.dr. Franc Kosel
7. Klima rotor, Kolektor Group, prof. dr. Miha Boltežar
 8. Research of the grid-heater vibration test set-up, Hidria AET, prof. dr. Miha Boltežar
 9. Pospešeni porušitveni test za PSG, Hidria AET, prof. dr. Miha Boltežar
 10. Vibracijsko preizkušanje izdelka, Vip Virant, prof. dr. Miha Boltežar
 11. Testiranje hladilnika na stresalniku, Le Tehnika, prof. dr. Miha Boltežar
 12. Vibracijsko testiranje izdelka, MSG – Avstrija, prof. dr. Miha Boltežar
 13. Vibracije in hrup energetskih transformatorjev, Kolektor Etra, prof. dr. Miha Boltežar
 14. Pendulum system measurement report, Knauf Insulation, prof. dr. Miha Boltežar
 15. Razvoj aplikacije za analizo vibracij, Nela razvojni center, prof. dr. Miha Boltežar
 16. Vibration testing of AVUS samples, MSG – Avstrija, prof. dr. Miha Boltežar
 17. Razvoj modela za učinkovito napovedovanje in merjenje vibracij in hrupa energetskega transformatorja, Kolektor Etra, prof. dr. Miha Boltežar
 18. Pendulum system measurement report, Knauf Insulation, prof. dr. Miha Boltežar
 19. Razvoj aplikacije za analizo vibracij, Nela razvojni center, prof. dr. Miha Boltežar
 20. Sonplast – Ladisk acceleration and noise analysis – ok/nok, Sonplas – Nemčija, prof. dr. Miha Boltežar
 21. Eksperimentalna karakterizacija štancanja, Hidrija, prof. dr. Miha Boltežar
 22. Dinamične obremenitve žarilne svečke z integriranim tlačnim senzorjem, Hidria AET, prof. dr. Miha Boltežar
 23. Hidria DT 3000 : opis in uporaba naprave, prof. dr. Miha Boltežar
 24. Termo-mehanska analiza orodja za tlačni liv; naročnik: LTH-Ulitki, Škofja Loka; vodja projekta: prof.dr. Boris Štok
 25. Računalniška simulacija procesa štancanja; naročnik: HIDRIA, Idrija; vodja projekta: prof.dr. Boris Štok
 26. Termo-mehanska analiza fasadnega panela »Qbiss«; naročnik: TRIMO, Trebnje; vodja projekta: prof.dr. Boris Štok
 27. Računalniška simulacija procesa izdelave kovinske embalaže; SILGAM, Ljubljana; vodja projekta: prof.dr. Boris Štok
 28. Aerodinamični preračun vodnega letala za podjetje Alteng d.o.o., Sevnica,izr.prof.dr. Tadej Kosel
 30. Izdelava kalupov vodnega letala v merilu 1:5 za podjetje Alteng d.o.o. Sevnica izr.prof.dr. Tadej Kosel
 31. Izdelava ohišja kamere za podjetje Pipistrel d.o.o. izr.prof.dr. Tadej Kosel
 32. V okviru razpisa Javnega sklada RS za razvoj kadrov in štipendije, Po kreativni poti do praktičnega znanja z naslovom Brezpilotni letalniki v slovenskem zračnem prostoru v sodelovanju s FPP, FRI in FS, Partner na strani UL je Izr.prof.dr. Tadej Kosel. Trajanje projekta od 1.4.2014 do 30.9.2014
 33. Termo-mehanska analiza procesa izdelave ulitka; naročnik: LTH Castings, Škofja Loka; vodja projekta: prof.dr. Boris Štok
 34. Heat transfer coefficients for additionally insulated QbissAir panel; naročnik: TRIMO, Trebnje; vodja projekta: prof.dr. Boris Štok
 35. Independent review report of mechanical analyses documentation for : "NPP Krško - passive containment filtered vent system; naročnik: NEK, Krško; vodja projekta: prof.dr. Boris Štok

15.Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁷

SLO

Ukrivljeni nosilci so lahko sestavni del nosilnih konstrukcij ali zgolj kot estetski element v arhitekturi. Najpogosteje so izdelani s pomočjo krivljenja, v splošnem zapletenega procesa preoblikovanja. Napoved končne oblike je tako pogosto zahtevna naloga, še posebej, ker v realnem materialu kažejo nelinearno zvezo med deformacijskim in obremenitvenim stanjem. V postopku preoblikovanja je material elastično-plastično deformiran. Plastični del deformacije trajno spremeni prvotno obliko objekta, medtem ko elastični del deformacije poskuša obdelovanec vrniti v začetno konfiguracijo. Algoritem je primeren za napoved oblik nosilcev, ki imajo pravokoten, okrogel, trikoten ali trapezen prerez.

Plitve bimetalne lupine se na široko uporabljajo v vsakdanjem življenju kot termomehanski senzori, ki varujejo najrazličnejše električne naprave pred toplotno preobremenitvijo. Uporabljajo se v merilnih instrumentih, toplotnih in sanitarnih napravah, v elektromotorjih, v električnih napravah za domačo uporabo itd.

Proces uklona v elementu iz materiala z oblikovnim spominom zaradi obratne martenzitne transformacije bi lahko bil uporabljen kot termomehanski senzor, ki varuje najrazličnejše električne naprave pred toplotno preobremenitvijo. Uporabiti bi ga bilo možno v najrazličnejših elektromehanskih napravah kot so: merilni instrumenti, toplotne in sanitarne naprave, elektromotorji, električne naprave za domačo uporabo itd. Sistem bi deloval na osnovi tlačne ovirane povračljivosti v enosnem SMA elementu – ko temperatura naraste do določene vrednosti, SMA element ukloni, s tem ustvari določeno silo in prekine prevod električnega toka. Sistematično raziskovalno delo znotra programa na področju obvladovanja strukturne dinamike se je v preteklih letih odrazilo v dveh smereh. Ena smer pomeni neposredno bazično raziskovalno delo raziskovalcev na teoretičnih aspektih vibroakustične problematike izdelkov slovenskega industrijskega prostora. Ob tem originalne znanstvene izsledke raziskovalcev uporabimo v smeri izboljšave pomembnih industrijskih proizvodov (primer energetske transformatorji v Kolektor Etra). Kot drugo smer pa lahko opredelimo prehod mladih doktorjev znanosti, izobraženih znotraj programa Mehanika v tehniki, v industrijo. Tako so v obdobju 2009-2014 zaključeni doktorji znanosti iz programa Mehanika v tehniki odšli na delo v Domel, Cimos, Hidrio AET, Kolektor Etra, Iskra Mehanizme, Efaflex, Ydria motors Danfos, Hidria, Sava, AREX in v druga pomembna slovenska podjetja. Tam neposredno nadaljujejo z aplikativnimi raziskavami, ki so jih obravnavali na doktorskem študiju.

16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	500.000 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	<p>Za izvedbo najbolj kritičnih dejavnosti potrebujemo delovno postajo ter licenčni software za načrtovanje tiskanih vezij. Na to potrebujemo prostor v izmeri 300m², ustrezno računalniško strojno in programsko opremo, digitalne kamere, optični elementi, motorizirane računalniško krmiljene mize za premikanje merjenih predmetov in druga ustrezna oprema. Nadalje opremo za spajkanje in sestavljanje električne naprave. Strojna dela bi izvajal podizvajalec. Kot osnovno merilno opremo bi potrebovali štirikanalni digitalni osciloskop min 100MHz, večkanalni spektralni analizator z generatorjem signala frekvenčnega pasu najmanj 1MHz.</p> <p>V oddelku za izdelavo sond potrebujemo stereo mikroskop, manipulacijsko mizo in mikrovarilnik. Za izdelavo nosilcev sond in končno geometrijsko nastavitvev potrebujemo še planarni mikroskop in napravo za kemično brušenje. Za kalibracijo sonde potrebujemo kalibracijski vetrovnik z zelo natančno nastavljlivo hitrostjo ter možnostjo nastavitvev obeh kotov.</p>

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

--

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Študenti smeri Letalstvo na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani pod mentorstvom izr.prof.dr. Tadeja Kosela, so se prijaviili na študentsko tekmovanje z naslovom Design/Build/Fly, ki ga vsako leto organizirata podjetji Cessna Aircraft Company in Raytheon Missile Systems in je namenjeno študentom letalstva. Tekmovanje je potekalo od 11. do 13. aprila 2014 v mestu Wichita v zvezni državi Kansas, ZDA. V šolskem letu 2013/14 je bilo prijavljenih 80 študentskih ekip, predvsem iz ameriških univerz. Uvrstili smo se na 4. mesto. S tem so študenti letalstva s Fakultete za strojništvo, ki so v ta projekt skupaj z mentorjem vložili veliko študijskega in prostega časa, dokazali, da so v konstruiranju, izdelavi in letenju daljinsko vodenih brezpilotnih letal, ki morajo zadostiti kompleksnim zahtevam, v svetovnem vrhu. Naloga je bila razvojno-raziskovalne narave, uspeh pa je prispeval k ugledu in prepoznavnosti Republike Slovenije, Univerze v Ljubljani in Fakultete za strojništvo v svetu.

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni;
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki;
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa.

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
matične RO (JRO in/ali RO s
koncesijo):*

in

vodja raziskovalnega programa:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
strojništvo

Franc Kosel

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

5.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/16

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. V primeru odobrenega povečanja obsega financiranja raziskovalnega programa v letu 2014 mora poročilo o realizaciji programa dela zajemati predložen program dela ob prijavi in predložen dopolnjen program dela v letu 2014. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine

v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, navedite: "Ni bilo sprememb.". Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://www.sicris.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1.1.2009–31.12.2014), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času izvajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času izvajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite "MR". [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1.1.2009 do 31.12.2014), izberite oz. označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2015 v1.00b
E7-B1-1B-82-49-82-1A-25-98-45-00-D7-0F-44-ED-7F-AC-20-45-F0

Priloga 1

Mehanika v tehniki

Področje: P2-0263, 2 Tehnika, 2.05 Mehanika

Dosežek: 4.mesto na tekmovanju Design/Build/Fly v ZDA,

Vir: http://www.aiaadbf.org/2014_files/aiaadbf.htm



Študenti smeri Letalstvo na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani pod mentorstvom izr.prof.dr. Tadeja Kosela, so se prijavili na študentsko tekmovanje z naslovom Konstruiraj/Izdelaj/Leti (Design/Build/Fly), ki ga vsako leto organizirata podjetji Cessna Aircraft Company in Raytheon Missile Systems s podporo Ameriškega inštituta za aeronavtiko in astronautiko (AIAA) in je namenjeno študentom letalstva. Tekmovanje je potekalo od 11. do 13. aprila 2014 na letališču tovarne Cessna (CEA, Pawnee East Field) v mestu Wichita v zvezni državi Kansas, ZDA. V šolskem letu 2013/14 je bilo prijavljenih 80 študentskih ekip, predvsem iz ameriških univerz in 19 ekip iz drugih delov sveta. Naša ekipa se je imenovala Ekipa Edvarda Rusjana (Edvard Rusjan Slovenian Team), letalo pa smo poimenovali EDA2014. Uvrstili smo se na 4. mesto. S tem so študenti letalstva s Fakultete za strojništvo, ki so v ta projekt skupaj z mentorjem vložili veliko študijskega in prostega časa, dokazali, da so v konstruiranju, izdelavi in letenju daljinsko vodenih brezpilotnih letal, ki morajo zadostiti kompleksnim tehničnim zahtevam organizatorja, v svetovnem vrhu. Naloga je bila razvojno-raziskovalne narave, uspeh pa je prispeval k ugledu in prepoznavnosti Republike Slovenije, Univerze v Ljubljani in Fakultete za strojništvo v svetu.