



**Latvijas Universitātes aģentūras  
„LU Polimēru mehānikas institūta”  
gada publiskais pārskats**

**2011. gads**



**Latvijas Universitātes aģentūras  
„Latvijas Universitātes Polimēru mehānikas institūts”  
gada publiskais pārskats**

**2011.gads**

## Saturs

	Lpp.
1. DARBĪBAS ILGTERMIŅA UN VIDĒJĀ TERMIŅA MĒRĶI.....	3
2. GALVENĀS FUNKCIJAS UN UZDEVUMI.....	4
3. JURIDISKAIS STATUSS UN STRUKTŪRA.....	5
4. ZIŅAS PAR ZINĀTNISKĀS DARBĪBAS REZULTĀTIEM 2011.GADĀ.....	6
4.1. Īstenotie Latvijas Republikas finansēto pētījumu projekti (granti) un to rezultāti.....	6
4.1.1. Projekts 09.1543 „Heterogēnu materiālu deformāciju, bojājumu un izturības nelineārā analīze”, vad. V.Tamužs.....	6
4.1.2. Projekts 09.1545 „Jaunas paaudzes pultrudētu kompozītmateriālu ar uzlabotām ekspluatācijas īpašībām izstrāde un to pielietojums konstrukciju elementos ar paaugstinātu nestspēju”, vad. A.Aniskevičs.....	7
4.1.3. Projekts 09.1562 „Dažādas sīkdispersas, t.sk. nanoizmēru, pildvielas saturušu jaunāko kompozītmateriālu fizikāli-mehāniskās īpašības un to prognozēšana”, vad. J.Jansons.....	11
4.2. Valsts pētījumu programma (VPP).....	13
4.2.1. Projekts „Nanokonstrukturēti modifikatoru saturoši pašarmēti polimēru kompozīti un to atbilstošo tehnoloģiju izstrāde pielietojumiem inteligētajos materiālos un ierīcēs”, vad. J.Jansons.....	13
4.3. Eiropas Savienības struktūrfondu (ESF) un Eiropas Reģionālās attīstības fondu (ERAF) projekti.....	15
4.4. Zinātniskās publikācijas.....	16
4.4.1. Zinātniskās publikācijas, kas atrodamas starptautiski pieejamās datu bāzēs iekļautajos zinātniskajos izdevumos.....	16
4.4.2. Citas zinātniskās publikācijas.....	18
4.4.3. Konferenču referātu tēzes.....	19
4.5. Promocijas, maģistru un bakalauru darbi.....	20
4.6. Patenti.....	21
4.7. Dalība zinātniskajās konferencēs un sanāksmēs.....	21
4.8. Cita ar zinātnisko darbību saistīta informācija.....	22
4.8.1. Pētniecības infrastruktūra.....	22
4.8.2. Periodiskie izdevumi.....	22
4.8.3. Organizētās konferences.....	22
4.9. Informācija par galvenajiem rezultātiem zinātnē un pētniecībā 2011.gadā .....	25
5. SAŅEMTAIS FINANSĒJUMS UN TĀ IZLIETOJUMS 2011.GADĀ.....	26
5.1. Valsts budžeta finansējums (bāzes finansējums) un tā izlietojums 2011.gadā.....	26
5.2. Pārskats par saņemto finansējumu un tā izlietojumu 2011.gadā .....	26
Pielikumi.....	27

## 1. DARBĪBAS ILGTERMIŅA UN VIDĒJĀ TERMIŅA MĒRĶI

Latvijas Universitātes aģentūras „Latvijas Universitātes Polimēru mehānikas institūts” darbības pamatmērķi ir sekojoši:

- nodrošināt zinātnisko darbību;
- nodrošināt zinātniskās kvalifikācijas iegūšanu un celšanu;
- nodrošināt valsts pasūtījumu izpildi materiālu mehānikā un materiālzinātnē;
- veicināt inovatīvo darbību materiālzinātņu jomā.

Institūts ir centrs, kurā tiek veikti starptautiski atzīta līmeņa pētījumi materiālu mehānikā, kā arī tādas inovatīvas pielietojamās izstrādes, kas sekmē zināšanu ekonomikas attīstību un konkurētspējīgu produktu ar augstu pievienoto vērtību ražošanu Latvijā.

Kā vidējā termiņa mērķus varētu uzskatīt sekojošo:

- attīstīt Kompozīto materiālu tehnoloģiju sektoru. Šim sektoram varētu būt svarīga loma, lai celtu institūtā izstrādāto projektu konkurētspēju ES IeP, ES Struktūrfondu, EUREKA, TOP u.c. programmu konkursos;
- apzināt Latvijā pastāvošās kompozīto materiālu ražotnes, izzināt to vajadzības produkcijas un tehnoloģiju inovācijā, lai uzsāktu daudzpusīgu sadarbību;
- apzināt pie Institūta pastāvošos mazos un vidējos uzņēmumus (piem. SIA „Partneris L.V.”, SIA „Primekss”; SIA „Baltic Instruments”, SIA „Lat NDT”, u.c.) un iesaistīt tos Institūta *Inovāciju klasterī*;
- izveidot materiālu tehnoloģijas struktūrvienību, kura nodarbotos ar Institūta darbinieku izstrādņu ieviešanu, pilotiekārtu izgatavošanu;
- atbalstīt Institūta darbinieku iesaistīšanos tādu jauno uzņēmumu veidošanā, kuru darbība būtu saistīta ar Institūta pētniecisko tematiku;
- aktīvāk reklamēt Institūta sasniegumus, kā arī piedāvātās inovatīvās izstrādes Institūta mājas lapā un informatīvajos materiālos, profesionālajās izstādēs Latvijā un ārpus tās u.c. Šīs aktivitātes veicināšanai jāparedz Institūta budžetā līdzekļi reklāmas materiālu sagatavošanai.

## 2. GALVENĀS FUNKCIJAS UN UZDEVUMI

Institūta pētnieciskā darba pamatvirziens – „Materiālu mehānika” atbilst LR MK definētajai (LR MK 2009.gada 31.augusta rīkojums Nr.594) prioritātei „Inovātievi materiāli un tehnoloģijas (informātika, informācijas un signālapstrādes tehnoloģijas, nanstrukturētie daudzfunkcionālie materiāli un nanotehnoloģijas)” fundamentālo un lietišķo pētījumu finansēšanai 2010. – 2013. gadā.

Institūts veic pētījumus šādos materiālu mehānikas virzienos:

- deformēšanās procesu, t.sk. ilglaicīgo, izpēte;
- materiālu mehāniskās integritātes pētījumi;
- kompozīto materiālu pielietojumi mašīnbūvē un būvniecībā;
- kompozīto materiālu konstrukciju aprēķini;
- ārējās vides faktoru ietekme uz materiālu mehāniskajām īpašībām;
- fizikālās metodes struktūras pētījumos materiālu mehānikā;
- ilglaicīgo īpašību prognozēšanas metodes;
- nesagraujošās pārbaudes metodes;
- kompozīto materiālu tehnoloģiju pētījumi.

Lai identificētu pētniecībā, kā arī tautsaimniecībā īpaši aktuālās un finansiāli atbalstāmās materiālzinātnes attīstības tēmas, Institūts sistemātiski seko jaunajiem virzieniem materiālzinātnēs Latvijas un Eiropas mērogā, kā arī Latvijā pieņemtajiem jaunajiem programmdokumenti zinātnes, pētniecības un inovāciju jomā. Institūta jaunie kā arī pastāvošie pētnieciskā darba virzieni tiek saistīti ar šīm tematikām.

### 3. JURIDISKAIS STATUSS UN STRUKTŪRA

**Latvijas Universitātes aģentūra “Latvijas Universitātes Polimēru mehānikas institūts”**, reģistrēts LR Izglītības un zinātnes ministrijas zinātnisko institūciju reģistrā 2006.gada 1.jūnijā.

Institūta struktūrā ir 5 zinātniski pētnieciskās laboratorijas, 5 zinātniskās pētniecības grupas, 1 specializētais sektors (mehānisko pārbaužu sektors), administrācija un ēku ekspluatācijas nodaļa.

**Zinātniski pētnieciskās laboratorijas** ir Institūta struktūras pamatelementi. Laboratorijas veidotas, lai apvienotu pētniecisko potenciālu darbam Institūtam definētajos pamatvirzienos ilglaicīgam laika periodam.

**Zinātniskās pētniecības grupas** izveidotas atsevišķu projekta izpildei un to darbības laiks ir ierobežots ar projekta izpildes termiņu.

**Mehānisko pārbaužu sektors** nodrošina Institūta zinātniskās infrastruktūras nozīmīgākās daļas – pārbaužu iekārtu ekspluatāciju.

**Administrācija** veicina Institūta pamatuzdevumu izpildi un tās sastāvā ietilpst direktors, direktora vietnieki, zinātniskais sekretārs, personāldaļas vadītājs, grāmatvedība un informācijas sektors ( bibliotēka, kopētava).

**Ēku ekspluatācijas nodaļa** nodrošina Institūta ēku uzturēšanu, saglabāšanu, remontu un pilnveidošanu, atbild par pašlaik neizmantoto platību apsaimniekošanu, slēdzot sadarbības līgumus ar firmām un citām zinātniskām institūcijām, kā arī atbild par ugunsdrošības ievērošanu Institūtā un veic attiecīgos profilakses pasākumus.

## 4. ZIŅAS PAR ZINĀTNISKĀS DARBĪBAS REZULTĀTIEM 2011. GADĀ

### 4.1. LR finansēto tematisko pētījumu projekti (grantī) un to rezultāti

#### 4.1.1. Projekts 09.1543 „Heterogēnu materiālu deformāciju, bojājumu un izturības nelineārā analīze”, vad. V.Tamužs.

Projektā bija paredzēts pievērsties četriem praktiski svarīgiem virzieniem:

- Slāņaino kompozītu plaisāšanas un integritātes analīzei.
- Plānu pārklājumu plaisāšanas mehānikai.
- Betona un kompozītmateriālu mijiedarbes pētījumiem.
- Kaulaudu izturības novērtējumam atkarībā no bojājumu uzkrāšanās līmeņa (osteoporozes) tajos.

Projektā izvirzīto uzdevumu izpildes rezultāti:

1. Apskatīts plaisu izplatīšanas mehānisms kaulos. Eksperimentālie dati rāda, ka mikroplaisa, tuvojoties osteonam, var apstāties, augt apkārt osteonam vai augt caur osteonu, un tas ir atkarīgs no mikroplaisas garuma. Tika izstrādāts galīgo elementu modelis ar plaisu osteona tuvumā un kohezīvajiem elementiem kas ļauj plaisai augt divos virzienos. Aprēķinu rezultāti rāda, ka ir ierobežots osteona un cementa līnijas stiprības un plaisu izturības attiecību intervāls, pie kuras plaisu augšanas mehānisms ir līdzīgs eksperimentālam novērojumam – garas plaisas aug caur osteonu un plaisas ar vidējo garumu aug apkārt osteonam pa cementa līniju. Sākts darbs ar daudzu plaisu vienlaicīgas augšanas modelēšanu vidē ar daudziem osteoniem. Šim nolūkam izmantots galīgo elementu modelis, kur kohezīvie elementi tika ievesti starp visiem trijstūra elastīgiem elementiem. Šāds modelis ļauj efektīvi modelēt plaisas augšanu heterogēnās vidēs ar iepriekš nezināmu plaisu ceļu, tai skaitā aprēķināt plaisāšanas mehānismu atkarībā no kaula, osteona un cementa līnijas sabrukšanas parametriem. Iesniegtas tēzes ECF-19.konferencei.
2. Lai modelētu pastiprināta betona nelineāro deformēšanos spiedē, galīgo elementu programmā ABAQUS, izmantojot FORTRAN apakšprogrammu tika ieviests betona plastiskuma modelis, kurš ir aprakstīts publikācijā [Peter Grassl et al., „Concrete in compression: a plasticity theory with a novel hardening law”, *International Journal of Solids and Structures*, 39 (20), 5205-5223, 2002.]. Šis betona plastiskuma modelis ir izstrādāts, balstoties uz trīsasīgas spiedes ar konstantu sānu spiedienu rezultātiem, tāpēc modeļa plastiskais potenciāls paredz tikai pozitīvas plastiskās jeb neatgriezeniskās tilpuma deformācijas. Ar kompozītmateriāliem pastiprināta betona gadījumā ir novērojams gan pozitīvas, gan negatīvas neatgriezeniskās tilpuma deformācijas, tāpēc Grassl modelis vāji apraksta ar kompozītmateriāliem pastiprināta betona uzvedību spiedē. Izmantojot PMI veikto pastiprināta betona kolonnu pārbaužu rezultātus, piedāvāts plastiskais potenciāls, kas ņem vērā iepriekš aprakstīto pastiprināta betona mehāniskās uzvedības īpatnību. Grassl modelis tika modificēts, izmantojot plastisko potenciālu no iepriekšējā gada publikācijas [E. Zīle, V. Tamužs „Inelastic deformation of round concrete columns in triaxial compression”, *Mechanics of composite materials*, 46 (2), 173-182, 2010.].

Precizēti turpmākā darba projekta izpildē galvenie virzieni:

1. Paredzēta daudzu plaisu vienlaicīgas augšanas modelēšana vidē ar daudziem osteoniem. Šim nolūkam tiks izmantots galīgo elementu modelis, kurā kohezīvie elementi tiks ievesti starp visiem trijstūra elastīgiem elementiem. Šāds modelis ļauj efektīvi modelēt plaisas augšanu heterogēnās vidēs ar iepriekš nezināmu plaisu ceļu. Turpmāk ir paredzēts veikt līdzīgus aprēķinus arī trīsdimensionālā gadījumā ( S.Tarasovs).
2. Paredzēta modificētā Grassl modeļa verifikācija, salīdzinot modelēšanas rezultātus ar apaļu pastiprinātu betona kolonnu pārbaužu rezultātiem. Modificētais Grassl modelis tiks pielietots saliktu sprieguma lauku gadījumā, kāds rodas spiežot neapaļas (piem. kvadrātiskas) ar

kompozītiem aptītas kolonas, vai arī slogojot apaļas aptītas kolonas ar spiedi un šķērsspēku (E.Zīle).

3. Modelēt lokalizētu pārklājuma atslāņojumu veidošanās un periodiskas izklāšanās mijiedarbību SiN<sub>x</sub>/Kapton fragmentācijas pārbaudēs ( J.Andersons).

#### Zinātniskie raksti

1. J. Andersons, Yu. Paramonov. Applicability of empirical models for evaluation of stress ratio effect on the durability of fiber-reinforced creep rupture-susceptible composites. *Journal of Materials Science*, 2011, Vol. 46, 1705–1713.
2. E. Zīle, O. Zīle. Effect of the fiber geometry on the pullout response of steel fibers (sagatavots iesniegšanai).
3. I.Cinina, E. Zile. Behaviour of Concrete Cylinders Confined by a Basalt- epoxy Composite (sagatavots iesniegšanai).

#### Referāti konferencēs

1. Tarasovs S. and Ghassemi A. Propagation of a System of Cracks under Thermal Stress // CD: Symposium Proceedings: 45th US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium, 26-29 June, 2011 / sponsored by the American Rock Mechanical Association; technical eds. G. S. Esterhuizen, A. N. Tutuncu, and A. T. Iannacchione. – San Francisco, California. – 6 p.
2. Tamužs V., Valdmanis V. Mechanical Behaviour of FRP-confined Concrete Columns Under Axial Compressive Load / Proceedings of the 18<sup>th</sup> International Conference on composite materials 21-26 August, 2011, Jeju Island, Korea.
3. Yu. Paramonov, R. Chatys, J. Andersons, M. Kleinhofs. Poisson process of defect initiation in fatigue of a composite material./ In: Proc. of the 11th International Conference “Reliability and Statistics in Transportation and Communication” (RelStat’11), 19–22 October 2011, Riga, Latvia, p. 10-18.

#### Maģistra darbi

1. Modniks J. Linu īsšķiedru kompozītu mehānisko īpašību matemātiskā modelēšana / Maģistra darbs, darba vadītājs J.Andersons. Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Fizikas nodaļa. 2011.
2. Ciniņa I. Bazalta šķiedru izmantošana betona kolonnu stiprināšanai / Maģistra darbs, darba vadītājs V.Tamužs. Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Fizikas nodaļa. 2011.

#### 4.1.2. Projekts 09.1545 „Jaunas paaudzes pultrūdētu kompozītmateriālu ar uzlabotām ekspluatācijas īpašībām izstrāde un to pielietojums konstrukciju elementos ar paaugstinātu nestspēju”, vad. A.Aniskevičs.

Projekta galvenais mērķis ir izstrādāt jaunas paaudzes pultrūdētus kompozītmateriālus ar uzlabotām ekspluatācijas īpašībām, lai tos varētu izmantot augstas nestspējas konstrukciju elementu radīšanai civilajā celtniecībā, pilsētas infrastruktūrā, kā arī esošu celtniecības objektu renovācijai un remontam. Sekojošie uzdevumi, kuru izpilde ir plānota 2011. gadam pieteiktajam projektam, daļēji ir to pētījumu turpinājums, kas iesākti 2009.- 2010. gg. trīs apvienojamo projektu ietvaros.

Šim nolūkam ir paredzēts veikt koordinētus pētījumus sekojošos virzienos:

1. Izstrādāt ar nanodaļiņām modificētas polimēru saistvielas.
2. Izpētīt pultrūdētu darinājumu izturību pret mitruma un cikliskas ārējās vides temperatūras iedarbību.



### 3. Optimizēt slodzes pārnēsi uz stingriem un lokaniem nesošiem pultrūdētiem konstrukciju elementiem.

Tādējādi plānotā jaunas paaudzes pultrūdētu kompozītmateriālu izstrādi pavadīs kompleksi pētījumi, kā paaugstināt no tiem darināto celtniecības konstrukciju nestspēju, modificējot polimēro saistvielu ar nanodaļiņām, optimizējot darinājuma struktūru un pilnveidojot elementu sloģošanas veidu. Piedāvātā pētījuma tēma pilnā mērā atbilst Latvijas Ministru kabineta apstiprinātajam prioritārajam zinātnisko pētījumu virzienam „Inovātīvie materiāli un tehnoloģijas”.

Izpētīta nanokompozītu (epoksīda sveķi RIM135, Hexion, pildīti ar daudzsienu oglekļa nanocaurulītēm C150P, Baytubes, dažādās koncentrācijas 0%, 0.3wt%, 0.5wt% un 1wt.%) viskoelastīgā uzvedība, veicot īslaicīgās šļūdes pārbaudes stiepē. Noskaidrots, ka nanocaurulīšu ievadīšana polimērā praktiski neizmaina epoksīda sveķu viskoelastīgas īpašības plašā spriegumu diapazonā. Materiāliem ir raksturīga nelineārā šļūde pie spriegumiem lielākiem par 0.4 no stiprības. Viskoelastīgās deformācijas strauji pieaug nelineārajā diapazonā, taču atšķirības starp tīrā un pildītā ar nanocaurulītēm polimēra uzvedību ir neievērojamas. Pēc atgriezeniskās šļūdes pārbaūžu datiem noskaidrots, ka materiāliem piemīt ievērojamas neatgriezeniskās deformācijas pie spriegumiem lielākiem par 0.5 no stiprības, taču viennozīmīgas plastiskās deformācijas atkarība no nanokompozītu pildījuma satura nav atrasta.

Turpinās epoksīda sveķu pildītu ar oglekļa nanocaurulītēm mitruma sorbcijas un izplešanās kinētikas pētījumi atmosfērās ar dažādu relatīvo mitrumu ( $RH = 0, 47, 77$  un  $98\%$ ) un ūdenī pie istabas temperatūras. Pēc primārajiem datiem secināts, ka nanocaurulīšu ievadīšana polimērā neatkarībā no pildījuma satura nedaudz samazina sorbcijas ātrumu un ietilpību. Sorbcijas izotermām ir izteikts nelineārs raksturs. Aprēķināti materiālu mitruma izplešanās koeficienti un noteiktas to atkarības no nanokompozītu pildījuma satura un atmosfēras relatīvo mitrumu: atšķirības starp tīrā un pildītā ar nanocaurulītēm polimēra izplešanās kinētiku ir neievērojamas.

Izpētītas nanokompozītu termomehāniskās īpašības, veicot DMTA (dynamic thermomechanical analysis) pārbaudes. Noskaidrots, ka nanocaurulīšu ievadīšana līdz pat 1wt% koncentrācijai polimērā praktiski neietekmē epoksīda sveķu stiklošanās temperatūru; viskoelastīgā moduļa izmaiņas arī atrodas kļūdu izkliedes apgabalā.

Zinātniskais raksts, kas veltīts analītiska modeli izstrādāšanai nestspējas vērtējumam pie stiepes cilindrisko salieto enkuru stieņiem no augstas stiprības kompozītiem, ir publicēts starptautiskā zinātniskā žurnālā. Iegūti kvantitatīvie vērtējumi konkrētajiem materiāliem un iegūtiem rezultātiem ir praktiska nozīme.

Izstrādāta metode pultrūdētu siju stinguma aprēķināšanai stiepē, liecē un vērpē. To var izmantot kā ērtu praktisku paņēmienu, lai ātri novērtētu pultrūdētu siju stinguma raksturlielumus un tos optimāli projektētu. Šī metode ietver trīs posmi: sijas projektēšanu ņemot vērā tehnoloģiskos parametrus, elastības raksturlielumu aprēķināšana pa slāņiem, izmantojot kompozītmateriālu mikromehānikas modeļus, un sijas efektīva stinguma raksturlielumu izskaitļošana, izmantojot klasiskās slāņainu kompozītmateriālu teorijas. Izstrādāta metode, par paraugu ņemot kārbveida pultrūdētas sijas, kas prezentēta starptautiskā konferencē.

Tika veiktas trīspunktu lieces pārbaudes paraugiem, izgrieztiem no stiklaplasta divplākšņu sijas plāknēm pultrūzijas šķērsvirzienā. Pēc pārbaudes rezultātiem uzbūvētas slodze-deformācija līknes, aprēķināti elastības modulis un stiprība liecē. Izanalizētas sabrukuma modes pārbaudītiem paraugiem. Iegūtie eksperimentālie rezultāti ir prezentēti starptautiskā konferencē.

Izstrādāta metode telpisku ģeometrisku modeļu konstruēšanai enkuram ar kompozītmateriāla stieņu iekļilējumu. Konstruēšana tiek veikta ar enkura telpisko detaļu integrētu montāžu, izmantojot specializētu trīsdimensiju grafiku datorprogrammu SolidWorks 2007. Praktiski apgūta enkura galīgo elementu modeļa konstruēšana (galīgo elementu režģa konstruēšana, ievērojot enkura materiālu mehāniskās īpašības, robežnosacījumus un ārējas slodzes) pamatojoties uz datorprogrammā ANSYS Workbench 12.1 and ANSYS 12.1 classic importētajiem telpiskiem ģeometriskiem modeļiem. Veikts enkura galīgo elementu iepriekšējs aprēķins un trīsdimensijas sprieguma-deformācijas stāvokļa analīze.

Lai precizētu ūdens sorbcijas procesa aprakstu (modeļu) pultrūdetas divplaukta sijas kompozītmateriālam (uz poliestersveķu bāzes izgatavota slāņaina stiklaplasta), izanalizēti uzbriešanas tilpuma deformācijas atkarības no masas pieauguma. Novērtētas poru satura izmaiņas laikā kompozītmateriāla mitrināšanas procesā. Ir atrastas korelācijas starp elastīguma moduļa un stiprības izmaiņām.

Izanalizēti eksperimentālie rezultāti, kas iegūti izpētot cikliskas temperatūras ietekmi uz mehānisko un termisko īpašību izmaiņām. Atrastas korelācijas starp elastīguma moduļa un termiskās izplēšanās koeficienta izmaiņām, kuras tiks pielietotas paātrinātas prognozes metodikas izstrādāšanai.

Izveidoti telpiskie un galīgo elementu modeļi enkuram ar kompozītmateriāla stieņu iekļilējumu, kuram bija dažādi taisnas enkura zonas garumi (200 mm, 50 mm, 5 mm un 5 mm). Veikti enkura trīsdimensiju spriegumu-deformāciju stāvokļa aprēķini, ņemot vērā epoksīdsveķu elastīgu un elastīgi plastisku uzvedību. Iegūtie skaitliskie rezultāti apstrādāti un konstruētas un analizētas spriegumu epīras ogļplasta stieņiem un epoksīdsveķiem. Maksimālo spriegumu analīze atļauj konstatēt svarīgu secinājumu, ka kīļa atrašanās vietas regulēšana praktiski nemaina kaitīgu spriegumu koncentrāciju enkura noslogotajā galā, tāpēc jāmeklē citu strukturālu risinājumu.

Tika izanalizēti eksperimentālie dati, kas iegūti, testējot profilētu satvērēju ar mainīgu liekumu. Šis satvērējs ir paredzēts, lai pārbaudītu no augstizturīgiem kompozītmateriāliem izgatavotas plakanas lokanas lentes. Eksperimentāli izpētīta lieces parādīšanās plānā vienvirziena oglekļa lentē (platums 15 mm, biezums 0,5 mm), kura iespīlēja profila satvērējā un noslogota ar stiepes slodzi.

Ar mērķi paplašināt eksperimentālo datu bāzi jāizpēta pultrūdetu darinājumu izturība pret mitruma un cikliskas ārējās vides temperatūras iedarbību kārbveida profilam no ogļplasta epoksīda kompozītmateriāla.

Veiktie pētījumi ļauj konstatēt, ka turpmākās optimizēšanas etaps, lai uzlabotu slodzes pārneši enkuram ar iekļilējumu kompozītmateriāla pultrūdeiem stieņiem ir saistīts ar enkura konstrukcijas izmaiņu. Taisna enkura zona projektēta ar berzes spēku interfeisu, lai samazinātu spriegumu koncentrāciju enkura slogotajā galā. Šādā enkura konstrukcijas koncepcijā jāatrisina nelineāra trīsdimensiju kontakta problēma ar galīgo elementu metodi.

Projekta ietvaros notika sadarbība ar:

- LZP grantiem Nr. 09.1562;
- Valsts pētījumu programma 3.6 „Funkcionālo materiālu/nanokompozītu dizains. tehnoloģiju izstrāde un to īpašības”.

Projekta ietvaros veiktie pētījumi tika saskaņoti ar darbiem šādos projektos:

- ESF Nr.2009/0209/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/114, „Cilvēkresursu piesaiste moderno kompozītmateriālu kompleksiem pētījumiem”;
- ERAF Nr. 2010/0296/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/049, “Jaunas stiprinājuma sistēmas no pultrūdeiem kompozītmateriāliem izstrāde un pielietošana konstrukcijas elementos ar paaugstinātu nestspēju”.

Papildus jau minētajiem jauni zinātniski rezultāti ir iegūti arī zinātniskā sadarbībā ar:

- LU CFI;
- Pennsylvania State University (USA);
- National Research Council, Institute for Composite and Biomedical Materials, Naples (Itālija);
- South Ural State University, Chelyabinsk (Krievija);
- Metal-Polymer Research Institute NAS, Gomel (Baltkrieviju);
- Department of Mechanical Engineering and Industrial Management, Faculty of Engineering, University of Porto (Portugāli).

Pētījumu īstenošanā iesaistīti LU Fizikas un matemātikas fakultātes un RTU studenti, kuri mācās pēc maģistra programmām, kā arī tika gatavoti LU doktoranti.

### Zinātniskie raksti

1. Starkova, O., Papanicolaou, G. C., Xepapadaki, A. G., Aniskevich, A. A method for determination of time- and temperature-dependences of stress threshold of linear-nonlinear viscoelastic transition: energy-based approach / *J. of Applied Polymer Science*, Vol. 121, No 4, 2011, pp. 2187–2192.
2. Aniskevich, K., Starkova, O., Jansons, J., and Aniskevich, A. Deformational properties of silica filled styrene-butadiene rubber under uniaxial tension / N.Y. Nova Science Publishers, Inc., ISBN: 978-1-61324-414-2, 2011. – 52 p.
3. Aniskevich, K., Starkova, O., Aniskevich, A. Deformational properties of filled rubber under quasistatic loading / *J. of Applied Polymer Science*, 2011 (in press).
4. Aniskevich, K., Starkova, O., Jansons, J., and Aniskevich, A. Deformational properties of silica filled styrene-butadiene rubber under uniaxial tension.. *Rubber: Types, Properties and Uses* / Ed. by G.A. Popa. – Novapublishers. pp. 455-476.
5. Kazina, E., Starkova, O., Aniskevich, A. Volume changes in filled rubber under uniaxial cyclic loading / *Materials Science (Medžiagotyra)*, 2011 (in press).
6. Glaskova T., Zarrelli M., Aniskevich A., Giordano M., Trinkler L., and Berzina B. Quantitative optical analysis of filler dispersion degree in MWCNT-epoxy nano-composite. *Composites Science and Technology*, 2011 (in press).
7. G. G. Portnov, C. E. Bakis, and V. L. Kulakov. Assessment of transmission of the shear stress in potted anchors for composite rods: 4. Non-linear bond behaviour between FRP rod and potting material / *Mechanics of Composite Materials*, Vol.47, No. 3, P. 285– 300 (2011).  
Портнов Г. Г., Бакис Ч. Е., Кулаков В. Л. „Передача сдвиговых напряжений на композитный стержень в анкере клеевого типа. 4. Нелинейное сцепление между стержнем и заливочным материалом / *Мех. композ. матер.* – Т. 47, N 3, 2011, с. 419–440.

### Referāti konferencēs

1. Chatys, R., Aniskevich, A. Destruction process technique molded polymer composite vacuum bag, including the effect of water and corrosion environment / Ed. by G. Wróbla, *Proceedings of the XI International Conference Engineering Polymers and Composites 2011*, ISBN 978-8360917-05-3, Olsztyn, Poland, 2011, p. 71-78.
2. Glaskova T., Aniskevich A., Aniskevich K., Faitelson Ye., Korkhov V. Experimental and theoretical investigation of thermophysical and mechanical properties of the epoxy –clay nanocomposite. *Proceedings of Risoe International Symposium of Material Science*, ISBN 978-87-550-3925-4, 2011, p. 283-290.
3. Borisova, A., Glaskova, T., Timchenko, K., Chatys, R., Aniskevich, A., Khorkov. V. The effect of introduction of carbon nanotubes on the mechanical and thermophysical properties of epoxy resin / *Book of abstracts of Engineering Polymers and Composites 2011*, May 16-19, 2011, Olsztyn, Poland. – P. 70.
4. Aniskevich A., Kulakov V., and Portnov G. Calculation of pultruded box beam stiffnesses in tension, bending and torsion based on models of micromechanics of composites / *Book of Abstracts of Int. Conf. Civil Engineering*, 11, May 12-13, 2011, Jelgava, Latvia. – P. 20.
5. Aniskevich A., Arnautov A., Aniskevich.K. Flexural mechanical behaviour of pultruded glass fiber composites / *Book of Abstracts of Int. Conf. Civil Engineering*, 11, May 12-13, 2011, Jelgava, Latvia. – P. 36.
6. Aniskevich A., Sapozhnikov S., Kulakov V., Arnautov A., and Portnov G. Efficiency of Pultruded Composites in Constructions: Anchorage, Adhesion, and Durability / *3rd Global*

### Promocijas darbs

1. Glaskova T. Polimēru nanokompozītmateriālu termofizikālo un mehānisko īpašību eksperimentālā izpēte un modelēšana / Promocijas darbs, darba vadītājs A. Aniskevičs, Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Fizikas nodaļa. 2011.

#### 4.1.3. Projekts 09.1562 „Dažādas sīkdispersas, t. sk. nanoizmēru, pildvielas saturošu jaunāko kompozītmateriālu fizikāli mehāniskās īpašības un to prognozēšana”, vad. J. Jansons.

Projekta pamatmērķis – izpētīt dažādas sīkdispersas, t.sk. nanoizmēru, pildvielas saturošu jaunāko kompozītmateriālu fizikāli mehāniskās īpašības un noskaidrot to prognozēšanas iespējas. Pēc autoritatīvu ekspertu domām jau tuvākajos desmit gados nanotehnoloģijas ļaus izveidot nanostrukturētus kompozītus ar tādiem īpašību rādītājiem, kurus nevar sasniegt, izmantojot rupji dispersus pildītājus. Pētījumi šajā virzienā notiek vairāku valstu zinātniskajos centros, taču daudzi jautājumi par tādu materiālu izveidi un īpašībām, it īpaši ilglaicīgajām mehāniskajām īpašībām, vēl aizvien paliek atklāti. Projektā paredzēts pētīt polimēru kompozītus, kas satur dažādu pildvielu (slāņaino silikātu, oglekļa nanocaurulīšu, nanošķiedru, sīkdispersu pulveru u.c.) daļiņas. Tiks pētītas nanodaļiņu disperģēšanās likumsakarības materiālā, kā arī to ietekme uz polimēru matricu morfoloģiju. Paredzēts kompleksi (eksperimentāli un teorētiski) pētīt polimēru nanokompozītu mehāniskās, barjeras un termiskās īpašības. Tiks pilnveidoti zināmie un izstrādāti jauni matemātiskie modeļi nanokompozītiem ar anizometrisko daļiņu plašu sortimentu, ievērojot dažādus iespējamus materiāla struktūras hierarhijas variantus. Īpaša vērība tiks veltīta šo kompozītu ilglaicīgo ekspluatācijas īpašību prognozēšanai. Projekta izpilde ļaus radīt zinātniski pamatotus priekšnosacījumus materiālu praktiskai izmantošanai.

2011. gadā izpildīto darbu rezultātus īsi var formulēt šādi:

- Piedāvāts algoritms un iegūtas matemātiskas izteiksmes oglekļa caurulītes saturošiem polimēru kompozītiem, kas ļauj novērtēt starpfāžu slāņu ietekmi uz nanokompozīta elastības konstantēm. Teorētiski analizēta starpfāžu slāņu elastīgā stinguma izmaiņu ietekme uz elastības konstantēm nanokompozītiem ar vienvirziena un haotisku caurulīšu orientāciju. Ietekme izpētīta plašā izmaiņu diapazonā (no desmitkārtīga samazinājuma līdz desmitkārtīgam palielinājumam) attiecībā pret nemainīgu matricu. Konstatēts, ka, palielinoties pildītāja saturam, starpfāžu slāņu relatīvā ietekme uz kompozīta stingumu pieaug; to izraisa nanocaurulīšu lielā īpatnējā virsma un atbilstīga starpfāžu slāņu tilpuma daļas palielināšanās. Iegūtie dati papildina mūsdienu priekšstatus par polimēru nanokompozītu īpašības ietekmējošiem faktoriem. Rezultāti izklāstīti zinātniskā rakstā.
- Sadarbībā ar RTU Polimērmateriālu institūtu un LU Ķīmijas fakultāti pētīta šļūde trīs tipu kompozītiem ar polietilēna (PE) matricu un dažādām pildvielām: ar oglekļa nanocaurulītēm (PE/CNT), ar šķidri kristālisku polimēru (PE/LCP) un ar hlora polietilēnu (PE/CIPE). Šo darbu mērķis bija noskaidrot iespējas samazināt polietilēna šļūdes deformācijas, ilgstoši iedarbojoties mehāniskiem spriegumiem.

Darbu rezultāti īsumā ir šādi:

1. Konstatēts, ka, palielinot oglekļa nanocaurulīšu saturu kompozītā PE/CNT, var ne tikai paaugstināt materiāla elastības moduli, bet arī ievērojami samazināt šļūdes deformācijas. Piemēram, pievienojot 5 masas % CNT, kompozīta šļūdes deformācijas samazinās par 30%, salīdzinot ar tīru PE. Jāatzīmē, ka eksperimenti veikti mazām sprieguma vērtībām lineārās viskoelastības apgabalā. Tādēļ iegūtie dati jāuzskata kā priekšizpēte.

2. Analizējot iegūtās eksperimentālās šķīdes līknes PE/LCP ar mazām (ne vairāk par 3 masas %) šķīdri kristāliskā polimēra piedevām, noskaidrots materiāla armēšanas efekts ar LCP mikro fibrillām. 3 masas % LCP saturoša PE/LCP ilglaicīgās (līdz 1000 stundām) šķīdes deformācijas, salīdzinot ar tīru PE, samazinās 1,3 reizes.
3. PE/CIPE šķīde, kā jau varēja gaidīt, izrādījās visai ievērojama. Šajā gadījumā uzdevums bija pētīt iespējas samazināt šķīdes efektu, materiālu modificējot ar radiācijas palīdzību. Noskaidrots, ka starojuma dozas paaugstināšana izraisa likumsakarīgu šķīdes deformācijas samazināšanos.

Šķīdes pētījumu rezultāti sīkāk izklāstīti atskaites gadā publicētajos zinātniskajos rakstos un ziņojumos konferencēs.

#### **Zinātniskie raksti**

1. Maksimov R. D. and Plume E. Effect of interphase layers on the elastic properties of a carbon-nanotube-reinforced composite // *Mechanics Compos. Mater.* – 2011. – Vol. 47, No. 3. – P. 255–262.  
Максимов Р. Д., Плуме Э. Влияние межфазных слоев на упругие свойства полимерного композита, армированного углеродными нанотрубками // *Механика композит. материалов.* – 2011. – Т. 47, № 3. – С. 377–388.
2. Merijs Meri R., Biteniēks J., Kalnins M., Maksimov R. Modeling and stress-strain characteristics of the mechanical properties of carbon-nanotube-reinforced poly(vinyl acetate) nanocomposites // *J. Applied Polymer Sci.* – 2011. – Vol. 122. – P. 3569–3573.
3. Ivanova T., Zicans J., Elksnīte I., Kalnins M., Maksimov R. Mechanical properties of injection-molded binary blends of polyethylene with small additions of a liquid-crystalline polymer // *J. Applied Polymer Sci.* – 2011. – Vol. 122. – P. 3564–3568.
4. Reinholds I., Kalkis V., Maksimov R. D., Zicans J., and Merijs Meri R. The effect of radiation modification and of a uniform magnetic field on the deformation properties of polymer composite blends // *Mechanics Compos. Mater.* – 2011. – Vol. 47, No. 5. – P. 497–504.  
Рейнхолдс И., Калькис В., Максимов Р. Д., Цицанс Я., Мерий Мери Р. Влияние радиационной модификации и постоянного магнитного поля на деформационные свойства смесового полимерного композита // *Механика композит. материалов.* – 2011. – Т. 47, № 5. – С. 707–716.

#### **Referāti konferencēs**

1. Zicans J., Merijs Meri R., Ivanova T., Biteniēks J., Maksimov R., Bledzki A. K. Carbon nanotube/polyvinylacetate nanocomposites: selected structure- property relationships and modeling // *Second Intern. Conf. on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials.* – Strasbourg, France, 6–10 March 2011. – CD HYMA2011. – Abstract [B.3.5.2].
2. Zicans J., Biteniēks J., Knite M., and Maksimov R. Carbon nanotubes modified polyvinylacetate composite: theoretical and experimental aspects // *16<sup>th</sup> Intern. Conf. on Composite Structures. ICCS 16.* – Porto, Portugal, June 28–30, 2011. – Programme and Abstracts.
3. Reinholds I., Kalkis V., Maksimov R. D., Zicans J., Meri R. M., Ivanova T. The effect of radiation modification and uniform magnetic field on deformation properties of polymer composite blends // *Intern. Conf. “Functional materials and nanotechnologies–2011.”* Riga, April 5–8, 2011. – Book of Abstracts. – P. 140.

## 4.2. Valsts pētījumu programma (VPP)

### 4.2.1. Projekts „Nanostrukturēti modifikatorus saturoši pašarmēti polimēru kompozīti un to atbilstošo tehnoloģiju izstrāde pielietojumiem inteligētajos materiālos un ierīcēs” vadītājs J.Jansons.

Projekts ir Valsts pētījumu programmas “Inovātīvu daudzfunkcionālu materiālu, signālapstrādes un informātikas tehnoloģiju izstrāde konkurētspējīgiem zinātņu ietilpīgiem produktiem” sadaļa.

Projekta mērķis ir izstrādāt pašarmētus daudzfunkcionālu polimēru kompozītus ar inovatīviem nanostrukturētiem modifikatoriem un to atbilstošās tehnoloģijas funkcionālo inženierkompozītu izgatavošanai superelastīgiem elektronikas un fotonikas elementiem, termonosēdmateriāliem un izstrādājumiem ar antistatiskām īpašībām

Pārskata periodā plānotās darbības un galvenie rezultāti

- Eksperimentāli un teorētiski pētīt oglekļa nanocaurulītes saturošu polimēru kompozītu mehāniskās īpašības (elastību, stiprību, šļūdi).
- Pilnveidot daudzslāņainas silikāta daļiņas saturošu polimēru interkalētu kompozītu matemātisko modeli, kas ļautu ņemt vērā pildvielas elastīgo īpašību anizotropiju; veikt teorētisko analīzi un izvērtēt slāņaino pakešu formas, izmērus un starpslāņu galeriju ietekmi uz kompozītu elastības konstantēm.
- Izgatavot kompozītmateriālu paraugus no dažādām polimēru saistvielām (epoksīda sveķi LH289 ar cietinātāju H289, *Havel*, Čehija; epoksīda sveķi Araldite Araldite LY 564 ar cietinātāju XB 3486, *Nanocyl*, Beļģija) LY556 (*Huntsman International*) un RIM135 (*Hexion International*) un pildītiem ar asimetriskās formas daļiņām (oglekļa nanocaurulītēm *Nanocyl 7000*, *Nanocyl*, Beļģija un oglekļa nanocaurulītēm *C150P*, *Baytubes International*), izmantojot šķīduma interkalācijas metodi un kalandrēšanu. Noteikt šo materiālu mehāniskās īpašības un to atkarību no pildījuma satura.
- Noteikt kompozītmateriālu siltumfizikālās īpašības (termisko izplešanos) un veikt nanokompozītu termomehāniskās uzvedības izpēti un novērtēt siltuma izplēšanas koeficientu atkarību no pildījuma satura.
- Veikt izgatavoto kompozītmateriālu sorbcijas īpašību pētījumus, novērtēt raksturlielumu un mitruma izplešanās koeficientu atkarību no pildījuma satura, modelēt mitruma sorbcijas kinētiku, noteikt nanokompozītu blīvuma atkarību no oglekļa nanocaurulīšu koncentrācijas tajos.

Projekta izvirzīto uzdevumu izpildes rezultāti:

1. Turpināti ar oglekļa nanocaurulītēm armētu polimēru kompozītu eksperimentālie un teorētiskie pētījumi. Iegūti papildu eksperimentālie dati par nanocaurulīšu koncentrācijas ietekmi uz kompozītu termiskajām un mehāniskajām īpašībām. Elastīgo īpašību prognozēšanai pilnveidots attiecīgs kompozīta teorētisks modelis. Izmantojot Mori-Tanaka teoriju, izstrādāts algoritms un iegūtas matemātiskas izteiksmes kompozīta elastības konstanšu aprēķināšanai, ņemot vērā armējošo elementu transversālo izotropiju. Tas ļāva teorētiski novērtēt matricas un nanocaurulīšu starpfāžu slāņa ietekmi uz kompozīta elastīgo stingumu kopumā. Izrādījās, ka, pat esot stiprai adhēzijas saitei starp matricu un nanocaurulītēm, starpfāžu slāņa padevīguma palielināšanās var izraisīt ievērojamu kompozīta stinguma pazemināšanos.
2. Izgatavoto nanokompozītu elastīgo īpašību teorētiskās analīzes rezultātu salīdzināšana ar eksperimentālajiem datiem liecina, ka, palielinoties nanocaurulīšu saturam, armēšanas efektivitāte samazinās – to nosaka nanocaurulīšu nepilnīga disperģēšanās. Tātad nepieciešams turpināt pilnveidot nanokompozītu gatavošanas tehnoloģiskos paņēmienus.
3. Zināms, ka, izgatavojot kompozītus, silikāta pildvielas slāņainās daļiņas polimēros nebūt ne vienmēr izdodas pilnībā atslāņot (eksfoliēt). Pildītājs daļēji vai pilnīgi paliek interkalētu slāņainu pakešu veidā. Tieši tāpēc bija nepieciešams precizēt kompozīta modeli, kas ļautu

ņemt vērā pakešu ģeometriju (formu, izmērus un starpslāņu galeriju biezumu), kā arī tādu pakešu efektīvās elastības anizotropiju un to orientāciju kompozītmateriālā. Atskaites gadā tāds modeļa variants izstrādāts. Šī darba rezultāti turpmāk tiks izmantoti dažādu slāņainas silikāta pildvielas daļiņas saturošu polimēru īpašību analīzei un prognozēšanai.

4. Tika turpināts darbs pie daudzslāņaino silikāta daļiņu saturošu polimēru interkalētu kompozītu matemātiskā modeļa pilnveidošanas, kas ļāva ņemt vērā pildvielas elastīgo īpašību anizotropiju; veikt teorētisko analīzi un izvērtēt slāņaino pakešu formas, izmērus un starpslāņu galeriju ietekmi uz kompozītu elastības konstantēm.
5. Izstrādāta metodika pildvielas daļiņu sadalījumu analīzei polimēra saistvielā, kas vēlāk tika pielietota nanokompozīta (NK) paraugiem (epoksīda saistviela ar oglekļa nanocaurulītēm pie konstanta satura 0,1% pēc masas, Itālija), kas tika izgatavoti pēc 8 dažādām procedūrām. Metodikas pielietošana ļāva novērtēt eksperimentālo parametru (temperatūras, laika un jaudas) ietekmi uz disperģēšanas procesu, izmantojot ultraskaņas disperģētāju un izvēlēties visefektīvāko procedūru NK paraugu izgatavošanai.
6. Izgatavotas NK lāpstiņveida paraugu (epoksīda sveķi LH289 ar cietinātāju LH289, *Havel*, Čehija) sērijas, kopā apm. 240 paraugu (pildvielas (oglekļa nanocaurulīšu) masas saturs ir 0, 0,2, 0,5, 1, 1,9, un 3,8%). Visiem NK paraugiem veikti desorbcijas eksperimenti atmosfērā ar relatīvo mitrumu 12%. Pēc desorbcijas eksperimentiem doto kompozītmateriālu paraugiem realizēti dilatometrijas eksperimenti, kuru rezultātā noteikta stiklošanās temperatūra un termiskās izplešanās koeficients, kā arī kvazistatiskie stiepes eksperimenti. Balstoties uz rezultātiem, kas tika iegūti kvazistatiskajos stiepes eksperimentos, realizēti šļūdes eksperimenti pie dažādiem slodzes līmeņiem (16, 22, 28 MPa), slodzes ilgums - 5 st., atslodzes ilgums - 19 st. Katrai pildvielas koncentrācijai tika veikti 3 neatkarīgi eksperimenti pie 3 slodzes līmeņiem. Par iegūtiem rezultātiem tiek gatavots ziņojums starptautiskā konferencē (ECCM15), kā arī gatavots zinātniskais raksts.
7. Tika izgatavotas NK lāpstiņveida paraugu (epoksīda sveķi Araldite LY 564 ar cietinātāju XB 3486, *Nanocyl*, Beļģija) sērijas, kopā apm. 640 paraugu (pildvielas (oglekļa nanocaurulīšu) masas saturs ir 0, 0.01, 0.11, 0.27, 0.54, 1.09, 1.63, 2.17% pēc masas), t.i., 80 paraugi katrai pildvielas koncentrācijai. Dotiem paraugiem tika noteikta blīvuma atkarība no pildvielas satura. Pašlaik vēl turpinās mitruma absorbcijas eksperimenti atmosfērās ar dažādu relatīvo mitrumu (77 un 98%), kas tika iesākti 23.08.2011.

### Zinātniskie raksti

1. Merijs Meri R., Bitenieks J., Kalnins M., Maksimov R. Modeling and stress-strain characteristics of the mechanical properties of carbon-nanotube-reinforced poly(vinyl acetate) nanocomposites // *J. Applied Polymer Sci.* – 2011. – Vol. 122. – P. 3569–3573.
2. Максимов Р. Д., Плуме Э. Влияние межфазных слоев на упругие свойства полимерного композита, армированного углеродными нанотрубками // *Механика композит. материалов.* – 2011. – Т. 47, № 3. – С. 377–388.
3. Maksimov R. D. and Plume E. Effect of interphase layers on the elastic properties of a carbon-nanotube-reinforced composite // *Mechanics Compos. Mater.* – 2011. – Vol. 47, No. 3. – P. 255–262.
4. Glaskova T., Zarrelli M., Borisova A., Timchenko K., Aniskevich A., and Giordano M. Method of quantitative analysis of filler dispersion degree in composite systems with spherical inclusions. *Composites Science and Technology*, 2011, Vol. 71, No. 13, p. 1543-1549.
5. Glaskova T., Aniskevich A., Aniskevich K., Faitelson Ye., Korkhov V. Experimental and theoretical investigation of thermophysical and mechanical properties of the epoxy –clay nanocomposite. *Proceedings of Risoe International Symposium of Material Science*, 2011, p. 283-290.

6. Glaskova T., Zarrelli M., Aniskevich A., Giordano M., Trinkler L., and Berzina B. Quantitative optical analysis of filler dispersion degree in MWCNT-epoxy nanocomposite. Composites Science and Technology, 2011 ( in press).

#### Referāti konferencēs

1. Zicans J., Bitenieks J., Knite M., and Maksimov R. Carbon nanotubes modified polyvinylacetate composite: theoretical and experimental aspects // 16<sup>th</sup> Intern. Conf. on Composite Structures. ICCS 16. – Porto, Portugal, June 28–30, 2011. – Programme and Abstracts.
2. Borisova A., Glaskova T., Timchenko K., Chatys R., Aniskevich A., Korkhov V. The effect of introduction of carbon nanotubes on the mechanical and thermophysical properties of epoxy resin. Composites 2011, May 16-19, 2011, Olsztyn, Poland. Book of abstracts p. 70.
3. Glaskova T., Aniskevich A., Aniskevich K., Faitelson Ye., Korkhov V. Experimental and theoretical investigation of thermophysical and mechanical properties of the epoxy –clay nanocomposite. Risoe International Symposium of Material Science, September 5-9, 2011, Roskilde, Denmark. Proceedings of Risoe International Symposium of Material Science, 2011, p. 283-290.
4. Glaskova T., Aniskevich K., Aniskevich A., Borisova A., Faitelson Ye. Viscoelastic properties of epoxy resin filled with multiwall carbon nanotubes. European Conference on Composite Materials, June 24-28, 2012, Venice, Italy, submitted.

#### Promocijas darbs

1. Glaskova T. Polimēru nanokompozītmateriālu termofizikālo un mehānisko īpašību eksperimentālā izpēte un modelēšana / Promocijas darbs, darba vadītājs A.Aniskevičs. Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Fizikas nodaļa. 2011.

### 4.3. Eiropas Savienības struktūrfondu (ESF) un Eiropas Reģionālās attīstības fondu (ERAF) finansētie projekti

- 1) ESF projekts „Cilvēkresursu piesaiste moderno kompozītmateriālu kompleksiem pētījumiem” Nr.2009/0209/1DP/1.1.2.0/09/APIA/VIAA/114, vad. J.Jansons;
- 2) ERAF projekts „Atbalsts starptautiskās sadarbības projektiem polimēru kompozītmateriālu fizikas – mehānikas pētniecības jomā”, Nr.2010/0201/2DP/2.1.1.2.0/10/APIA/VIAA/005, vad. A.Aniskevičs;
- 3) ERAF projekts „Intelektuālas dielektrometrijas sistēmas un metodoloģijas izstrāde nemetālisku materiālu nesagraujošai testēšanai” Nr.2010/0213/2DP/2.1.1.2.0/10/APIA/VIAA/017, vad. V.Štrauss;
- 4) ERAF projekts „Jaunas stiprinājuma sistēmas no pultrūdētiem kompozītmateriāliem izstrāde un pielietošana konstrukcijas elementos ar paaugstinātu nestspēju” Nr.2010/0296/2DP/2.1.1.2.0/10/APIA/VIAA/049, vad. A.Aniskevičs;
- 5) ERAF projekts „Bioloģiski tīru mākslīgo matu ražošanas procesa izstrāde” Nr.2010/0265/2DP/2.1.1.2.0/10/APIA/VIAA/170, vad. A.Arnautovs;
- 6) ERAF projekts „Ar dabīgiem materiāliem pildītu cieto poliizocianurāta bioputuplasi izstrāde” Nr.2010/0290/2DP/2.1.1.2.0/10/APIA/VIAA/053, vad. J.Andersons;
- 7) ERAF projekts „Optimizālas struktūras fibrobetona izpēte un izveide” Nr.2010/0293/2DP/2.1.1.2.0/10/APIA/VIAA/073, vad. V.Valdmanis;
- 8) ERAF projekts „Ceļu aizsargbarjeras no polimērkompozīta materiāla un to izgatavošanas tehnoloģija” Nr.2010/0282/2DP/2.1.1.2.0/10/APIA/VIAA/091, vad. V.Leitlands;
- 9) ERAF projects „Nanostrukturēto un daudzfunkcionālo materiālu, konstrukciju un tehnoloģiju Valsts nozīmes pētniecības centra zinātniskās infrastruktūras attīstīšana” Nr.2010/0041/2DP/2.1.1.3.1/11/IPIA/VIAA/004.



## 4.4. Zinātniskās publikācijas

### 4.4.1. Zinātniskās publikācijas, kas atrodamas starptautiski pieejamās datu bāzēs iekļautajos zinātniskajos izdevumos

1. **Andersons J.** and **Paramonov Yu.** Applicability of Empirical Models for Evaluation of Stress Ratio Effect on the Durability of Fiber-Reinforced Creep Rupture-Susceptible Composites // Journal of Materials Science. – Vol. 46, (2011), p. 1705-1713; <http://www.springerlink.com/content/0x772843724u222h/fulltext.pdf> ; (Web of Knowledge, SCOPUS).
2. **Andersons J.** and **Joffe R.** Estimation of the Tensile Strength of an Oriented Flax Fiber-Reinforced Polymer Composite // Composites A. – Vol. 42 (2011), p. 1229-1235; [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MIimg&\\_imagekey=B6TWN-52V36GW-1-19&\\_cdi=5567&\\_user=4448922&\\_pii=S1359835X11001424&\\_origin=browse&\\_zone=rslt\\_list\\_item&\\_coverDate=09%2F30%2F2011&\\_sk=999579990&\\_wchp=dGLbVlW-zSkWl&\\_md5=f68f981cbf1a689c9f5f2c2abba12d4d&\\_ie=/sdarticle.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6TWN-52V36GW-1-19&_cdi=5567&_user=4448922&_pii=S1359835X11001424&_origin=browse&_zone=rslt_list_item&_coverDate=09%2F30%2F2011&_sk=999579990&_wchp=dGLbVlW-zSkWl&_md5=f68f981cbf1a689c9f5f2c2abba12d4d&_ie=/sdarticle.pdf) ; (Web of Knowledge, SCOPUS).
3. **Andersons J., Poriķe E.,** and **Spārniņš E.** Limit Strain and Deformability of Elementary Flax Fibers // The Journal of Strain Analysis for Engineering Design. – Vol. 46 (2011), pp. 428-435; <http://sdj.sagepub.com/content/46/6/428.full.pdf+html> ; (Web of Knowledge).
4. **Andersons J., Poriķe E.,** and **Spārniņš E.** Modeling Strength Scatter of Elementary Flax Fibers: the Effect of Mechanical Damage and Geometrical Characteristics // Composites A. – Vol. 42 (2011), p. 543-549; <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359835X11000285> ; (Web of Knowledge, SCOPUS).
5. **Andersons J. Joffe R., Spārniņš E.,** and **Weichert D.** Modeling the Effect of Reinforcement Discontinuity on the Tensile Strength of UD Flax Fiber Composites // Journal of Materials Science. – Vol. 46 (2011), p. 5104-5110; <http://www.springerlink.com/content/71h7584q0120g511/fulltext.pdf> ; (Web of Knowledge, SCOPUS).
6. **Andersons J., Spārniņš E., Nyström B.,** and **Joffe R.** Scale Effect of the Tensile Strength of Flax-Fabric-Reinforced Polymer Composites // Journal of Reinforced Plastics and Composites, Vol. 30 (2011), p. 1969-1974; <http://jrp.sagepub.com/content/30/23/1969.abstract> ; (SCOPUS).
7. **Andersons J.** and **Spārniņš E.** The Effect of Damage and Geometrical Variability on the Tensile Strength Distribution of Flax Fibers // Key Engineering Materials. – Vol. 452-453: Advances in Fracture and Damage Mechanics IX (2011), p. 137-140; <http://www.scientific.net/KEM.452-453.137> ; (SCOPUS).
8. **Glaskova T., Zarrelli M., Borisova A., Timchenko K., Aniskevich A.,** and **Giordano M.** Method of Quantitative Analysis of Filler Dispersion Degree in Composite Systems with Spherical Inclusions // Composites Science and Technology. – Vol. 71, No. 13 (2011), p. 1543-1549; [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MiamiImageURL&\\_cid=271518&\\_user=4448922&\\_pii=S0266353811002156&\\_check=y&\\_origin=browse&\\_zone=rslt\\_list\\_item&\\_coverDate=2011-09-09&\\_wchp=dGLbVlB-zSkWz&\\_md5=6e6a803593648bbda9bd722c0fa97e68/1-s2.0-S0266353811002156-main.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MiamiImageURL&_cid=271518&_user=4448922&_pii=S0266353811002156&_check=y&_origin=browse&_zone=rslt_list_item&_coverDate=2011-09-09&_wchp=dGLbVlB-zSkWz&_md5=6e6a803593648bbda9bd722c0fa97e68/1-s2.0-S0266353811002156-main.pdf) ; (Applied Mechanics Reviews, Ceramic Abstracts, Chemical Abstracts, Current Contents/Engineering, Computing and Technology, Engineering Index, INSPEC, Materials Information, Materials Science Citation Index, Metals Abstracts, Polymer Contents, Science Citation Index, SciSearch, World Textile Abstracts, SCOPUS, ScienceDirect).
9. **Ivanova T., Zicans J., Elksnīte I., Kalnins M.,** and **Maksimov R.** Mechanical Properties of Injection-Molded Binary Blends of Polyethylene with Small Additions of a Liquid-Crystalline Polymer // Journal of Applied Polymer Science. – Vol. 122 (2011), p. 3564-3568; <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.34766/abstract> ; (Web of Knowledge, SCOPUS).
10. **Lagzdins A., Zilaucs A., Beverte I.,** and **Andersons J.** A Refined Strut Model for Calculating the Elastic Constants of Highly Porous Cellular Plastics by the Method of Orientational Averaging // Mechanics of Composite Materials. – Vol. 47, No. 6 (2011), p. 589-596 <http://www.springerlink.com/content/0846070136u83883/fulltext.pdf> ; (Academic OneFile, Academic Search, Chemical Abstracts Service (CAS), ChemWeb, CSA, Current Abstracts, Current

Contents/Engineering, Computing and Technology, Earthquake Engineering Abstracts, EBSCO, EI-Compendex, Engineered Materials Abstracts, Gale, Google Scholar, INIS Atomindex, INSPEC, Journal Citation Reports/Science Edition, Materials Science Citation Index, OCLC, Polymer Library, ProQuest, Reaction Citation Index, Science Citation Index Expanded (SciSearch), SCOPUS, Summon by Serial Solutions, VINITI - Russian Academy of Science).

11. **Maksimov R. D.** and **Plume E.** Effect of Interphase Layers on the Elastic Properties of a Carbon-Nanotube-Reinforced Composite // *Mechanics of Composite Materials*. – Vol. 47, No. 3 (2011), p. 255-262 SpringerLink; (Academic OneFile, Academic Search, Chemical Abstracts Service (CAS), ChemWeb, CSA, Current Abstracts, Current Contents/Engineering, Computing and Technology, Earthquake Engineering Abstracts, EBSCO, EI-Compendex, Engineered Materials Abstracts, Gale, Google Scholar, INIS Atomindex, INSPEC, Journal Citation Reports/Science Edition, Materials Science Citation Index, OCLC, Polymer Library, ProQuest, Reaction Citation Index, Science Citation Index Expanded (SciSearch), SCOPUS, Summon by Serial Solutions, VINITI - Russian Academy of Science).
12. **Merijs Meri R., Bitenieks J., Kalnins M., and Maksimov R.** Modeling and Stress-Strain Characteristics of the Mechanical Properties of Carbon-Nanotube-Reinforced Poly(Vinyl Acetate) Nanocomposites // *Journal of Applied Polymer Science*. – Vol. 122 (2011), p. 3569-3573; <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.34767/abstract> ; (Web of Knowledge, SCOPUS).
13. **Modniks J., Joffe R., and Andersons J.** Model of the Mechanical Response of Short Flax Fiber Reinforced Polymer Matrix Composites // *Procedia Engineering*. – 2011. – Vol. 10: 11<sup>th</sup> International Conference on the Mechanical Behavior of Materials, p. 2016-2021; [http://caocao.myipcn.org/science?\\_ob=MImg&\\_imagekey=B9869-532G8M9-JN-1&\\_cdi=59121&\\_user=4448922&\\_pii=S1877705811005224&\\_origin=browse&\\_zone=rslt\\_list\\_item&\\_coverDate=12%2F31%2F2011&\\_sk=999899999&\\_wchp=dGLbVlz-zSkzV&\\_md5=1f2ceb7a5939e85897297ca43ec31f4e&\\_ie=/sdarticle.pdf](http://caocao.myipcn.org/science?_ob=MImg&_imagekey=B9869-532G8M9-JN-1&_cdi=59121&_user=4448922&_pii=S1877705811005224&_origin=browse&_zone=rslt_list_item&_coverDate=12%2F31%2F2011&_sk=999899999&_wchp=dGLbVlz-zSkzV&_md5=1f2ceb7a5939e85897297ca43ec31f4e&_ie=/sdarticle.pdf) ; (SCOPUS).
14. **Portnov G. G. , Bakis C. E., and Kulakov V. L.** Assesment of Transmission of the Shear Stress in Potted Anchors for Composite Rods. 4. Nonlinear Bond Behavior between a FRP Rod and the Potting Material // *Mechanics of Composite Materials*. – Vol. 47, No. 3 (2011), p. 285-300 SpringerLink; (Academic OneFile, Academic Search, Chemical Abstracts Service (CAS), ChemWeb, CSA, Current Abstracts, Current Contents/Engineering, Computing and Technology, Earthquake Engineering Abstracts, EBSCO, EI-Compendex, Engineered Materials Abstracts, Gale, Google Scholar, INIS Atomindex, INSPEC, Journal Citation Reports/Science Edition, Materials Science Citation Index, OCLC, Polymer Library, ProQuest, Reaction Citation Index, Science Citation Index Expanded (SciSearch), SCOPUS, Summon by Serial Solutions, VINITI - Russian Academy of Science).
15. **Reinholds I., Kalkis V., Maksimov R. D., Zicans J., and Merijs Meri R.** The Effect of Radiation Modification and of a Uniform Magnetic Field on the Deformation Properties of Polymer Composite Blends // *Mechanics of Composite Materials*. – Vol. 47, No. 5 (2011), p. 497-504 <http://www.springerlink.com/content/080481414m3123p3/fulltext.pdf> ; (Academic OneFile, Academic Search, Chemical Abstracts Service (CAS), ChemWeb, CSA, Current Abstracts, Current Contents/Engineering, Computing and Technology, Earthquake Engineering Abstracts, EBSCO, EI-Compendex, Engineered Materials Abstracts, Gale, Google Scholar, INIS Atomindex, INSPEC, Journal Citation Reports/Science Edition, Materials Science Citation Index, OCLC, Polymer Library, ProQuest, Reaction Citation Index, Science Citation Index Expanded (SciSearch), SCOPUS, Summon by Serial Solutions, VINITI - Russian Academy of Science).
16. **Spārniņš E., Pupurs A., Varna J., Joffe R., Nättinen K., and Lampinen J.** The Moisture and Temperature Effect on Mechanical Performance of Flax/Starch Composites in Quasi-Static Tension // *Polymer Composites*. – Vol. 32, Iss. 12 (2011), p. 2051-2061; <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pc.21184/abstract> ; (Web of Knowledge, SCOPUS).
17. **Starkova O., Papanicolaou G. C., Xepapadaki A. G. and Aniskevich A.** A Method for Determination of Time- And Temperature-Dependences of Stress Threshold of Linear–Nonlinear Viscoelastic Transition: Energy-Based Approach // *Journal of Applied Polymer Science*. – Vol. 121, Iss. 4 (2011), p. 2187-2192; <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.33813/abstract> ; (Web of Knowledge, SCOPUS).

18. **STIRNA U., BEVERTE I., Yakushin V., and Cabulis U.** Mechanical Properties of Rigid Polyurethane Foams at Room and Cryogenic Temperatures // *Journal of Cellular Plastics*. – Vol. 47, No. 4 (2011), p. 337-353; <http://cel.sagepub.com/content/47/4/337.full.pdf+html> ; (SCOPUS).
19. **Лагздинь А., Зилауц А., Беверте И., Андерсонс Я.** Уточненная стержневая модель для расчета констант упругости высокопористых порошковых материалов методом ориентационного усреднения // *Механика композитных материалов* – Т. 47, N 6 (2011), с. 841-852 (eLibrary.ru).
20. **Максимов Р. Д., Плуме Э.** Влияние межфазных слоев на упругие свойства полимерного композита, армированного углеродными нанотрубками // *Механика композитных материалов* – Т. 47, N 3 (2011), с. 377-388 (eLibrary.ru).
21. **Портнов Г. Г., Бакис Ч. Е., Кулаков В. Л.** Передача сдвиговых напряжений на композитный стержень в анкере клеевого типа. 4. Нелинейное сцепление между стержнем и заливочным материалом // *Механика композитных материалов* – Т. 47, N 3 (2011), с. 419-440 (eLibrary.ru).
22. **Рейнхолдс И., Калькис В., Максимов Р. Д., Зицанс Я., Мерий Мери Р.** Влияние радиационной модификации и постоянного магнитного поля на деформационные свойства смесового полимерного композита // *Механика композитных материалов* – Т. 47, N 5 (2011), с. 707-716 (eLibrary.ru).
23. **Kalpinsh A. and Shtrauss V.** Measurement Systems for Distribution of Relaxation and Retardation Times // *RECENT RESEARCHES in SYSTEM SCIENCE: Proceedings of 15th WSEAS International Conference on Systems: (Part of the 15th WSEAS CSCC Multiconference)*, Corfu Island, Greece, July 14-16, 2011 / eds. N. Mastorakis et al. – S. l.: WSEAS Press, 2011. – P. 106-111. – ISBN 978-1-61804-023-7; CD: *Proceedings of the WSEAS/NAUN International Conferences*, Corfu Island, Greece, July 14-17, 2011: CSCC'11, ASM'11, CSS'11, FLUIDSHEAT'11, TAM'11, UPT'11, CUHT'11, EDUCATION'11, WORLD-EDU'11, EMESEG'11, WORLD-GEO'11, EDEB'11 / eds. N. Mastorakis et al. – ISBN 978-1-61804-024-4; <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2011/Corfu/SYSTEMS/SYSTEMS-15.pdf> ; (SCOPUS).
24. **Shtrauss V. and Kalpinsh A.** Recovery of Distribution of Relaxation and Retardation Times by Measuring Amplitudes to Multi-Harmonic Excitations // *RECENT RESEARCHES in SYSTEM SCIENCE: Proceedings of 15th WSEAS International Conference on Systems: (Part of the 15th WSEAS CSCC Multiconference)*, Corfu Island, Greece, July 14-16, 2011 / eds. N. Mastorakis et al. – S. l.: WSEAS Press, 2011. – P. 112-117. – ISBN 978-1-61804-023-7; CD: *Proceedings of the WSEAS/NAUN International Conferences*, Corfu Island, Greece, July 14-17, 2011: CSCC'11, ASM'11, CSS'11, FLUIDSHEAT'11, TAM'11, UPT'11, CUHT'11, EDUCATION'11, WORLD-EDU'11, EMESEG'11, WORLD-GEO'11, EDEB'11 / eds. N. Mastorakis et al. – ISBN 978-1-61804-024-4; <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2011/Corfu/SYSTEMS/SYSTEMS-16.pdf> ; (SCOPUS).
25. **Tarasovs S. and Ghassemi A.** Propagation of a System of Cracks under Thermal Stress // *45th US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium San Francisco, CA, USA, 26-29 June 2011*. – CD: **Tarasovs S. and Ghassemi A.** Propagation of a System of Cracks under Thermal Stress // CD: *Symposium Proceedings: 45th US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium, 26-29 June, 2011 / sponsored by the American Rock Mechanical Association; technical eds. G. S. Esterhuizen, A. N. Tutuncu, and A. T. Iannacchione*. – San Francisco, California. – 6 p.; (SCOPUS).

#### 4.4.2. Citas zinātniskās publikācijas

1. **Andersons J.** Tensile Strength of UD Flax Fiber Reinforced Polymer Composites // *IC-EpsMsO: 4th International Conference on Experiments/Process/System Modelling/Simulation/Optimization*, Athens, Greece, 6-9 July, 2011: *Proceedings: in 2 Vols / ed. by Prof. Demos T. Tsahalis*, 2011. – Athens, 2011. – Vol. 2, p. 620-625. – ISBN: 978-960-98941-7-3.
2. **Reinholds I., Kalkis V., Maksimov R. D., Kizane G., Merijs-Meri R., and Zicans J.** The Effect of Electron Beam Irradiation and High Intensity Magnetic Field on Deformation Properties of Polymer

Composite Materials // J. Chemistry and Chemical Engineering, Vol. 5, No. 12 (2011), p. 1127-1138; [http://davidpublishing.org/journals\\_show\\_abstract.html?3041-0](http://davidpublishing.org/journals_show_abstract.html?3041-0)

3. **Paramonov Yu., Andersons J., and Kleinhofs M.** Reliability of a Series of Parallel Systems with Defects. Application of MinMaxDM Distribution Family to Composite Strength Analysis // Computer Modelling and New Technologies, Vol. 14 (2010), p. 15-25; [http://www.tsi.lv/RSR/vol14\\_1/14\\_1-cumulative.pdf](http://www.tsi.lv/RSR/vol14_1/14_1-cumulative.pdf)
4. **Beverte I., Lagzdins A., and Skruls V.** Mechanical Properties of Rigid Bio-Based Polyisocyanurate Foams in Shear // BIOFOAMS 2011: 3rd International Conference on Biofoams, September 21-23, 2011, Capri (NA), Italy: Conference Proceedings / eds. S. Iannace, L. Sorrentino, and E. Di Maio; Institute of Composite and Biomedical Materials. National Research Council – Italy, Department of Materials and Production Engineering. University of Naples Federico II – Italy, Research Centre in Biomaterials. University of Naples Federico II – Italy. – S. l., 2011. – P. 117-123.
5. **Chatys R., Aniskevich A.** Proces zniszczenia kompozytu polimerowego formowanego techniką worka próżniowego z uwzględnieniem wpływ wody i środowiska korozyjnego = Destruction Process Technique Molded Polymer Composite Vacuum Bag, Including the Effect of Water and Corrosion Environment // Polymery i kompozyty konstrukcyjne, Gliwice 2011: monografia / praca zbiorowa pod red. G. Wróbla. – Cieszyń: Wydawnictwo Logos Press, 2011. – P. 71-78. – ISBN 978-8360917-05-3.
6. **Chatys R.** Wpływ kształtowania wymiarowego na modelowanie wytrzymałości resztkowej kompozytu polimerowego = The Influence of Dimensional Shaping of the Modeling Residual Strength of Polymer Composite // Polymery i kompozyty konstrukcyjne, Gliwice 2011: monografia / praca zbiorowa pod red. G. Wróbla. – Cieszyń: Wydawnictwo Logos Press, 2011. – P. 79-86. – ISBN 978-8360917-05-3.
7. **Glaskova T., Aniskevich A., Aniskevich K., Faitelson Ye., and Korkhov V.** Experimental and Theoretical Investigation of Thermophysical and Mechanical Properties of the Epoxy–Clay Nanocomposite // Composite Materials for Structural Performance: towards Higher Limits: Proceedings of the 32nd of Risø International Symposium on Material Science, 5-9 September, 2011 / eds. S. Faester et al. – Roskilde, Denmark: Risø National Laboratory for Sustainable Energy. Technical University of Denmark, 2011. – P. 283-290. – ISBN 978-97-550-3925-4.
8. **Paramonov Y., Chatys, Andersons J., and Kleinhofs M.** Poisson Process of Defect Initiation in Fatigue of a Composite Material // CD: Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference “Reliability and Statistics in Transportation and Communication” (RelStat’11), 19-22 October 2011, Riga, Latvia. – Riga: Transport and Telecommunication Institute, 2011. – P. 10-18. – ISBN 978-9984-818-46-7.
9. **Tamužs V. and Valdmanis V.** Mechanical Behaviour of FRP-confined Concrete Columns under Axial Compressive Load // Proceedings of the 18<sup>th</sup> International Conference on Composite Materials, 21-26 August, 2011, Jeju Island, Korea. – S.l., S.a.- 4 p.

#### 4.4.3. Konferenču referātu tēzes

1. **Aniskevich A., Kulakov V., and Portnov G.** Calculation of Pultruded Box Beam Stiffnesses in Tension, Bending and Torsion Based on Models of Micromechanics of Composites // Civil Engineering '11: International Scientific Conference: Abstracts = Būvniecība '11: Starptautiskā zinātniska konference: Abstrakti / Latvia University of Agriculture. Faculty of Rural Engineering, Department of Architecture and Building, Department of Structural Engineering = Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Lauku inženieru fakultāte, Arhitektūras un Būvniecības katedra, Būvkonstrukciju katedra. – Jelgava: [LLU], 2011. – 20. lpp.

2. **Aniskevich A. N., Sapozhnikov S. B., Kulakov, V. L., Arnautov A. K., and Portnov G. G.** Efficiency of Pultruded Composites in Constructions: Anchorage, Adhesion, and Durability // 3rd Global Pultrusion Conference and 8th COBRAE Composite Bridges Conference, March 27-29, 2011, Marne la Vallée, France.

3. **Aniskevich A., Arnautov A., and Aniskevich K.** Flexural Mechanical Behaviour of Pultruded Glass Fiber Composites // Civil Engineering '11: International Scientific Conference: Abstracts = Būvniecība '11: Starptautiskā zinātniska konference: Abstrakti / Latvia University of Agriculture. Faculty of Rural Engineering, Department of Architecture and Building, Department of Structural Engineering = Latvijas



Lauksaimniecības universitāte. Lauku inženieru fakultāte, Arhitektūras un Būvniecības katedra, Būvkonstrukciju katedra. – Jelgava: [LLU], 2011. – 36. lpp.

4. **Borisova A., Glaskova T., Timchenko K., Chatys R., Aniskevich A., and Korkhov V.** The Effect of Introduction of Carbon Nanotubes on the Mechanical and Thermophysical Properties of Epoxy Resin // Engineering Polymers and Composites 2011, May 16-19, 2011, Olsztyn, Poland: Book of Abstracts. – P. 70.

5. **Chatys R. and Aniskevich. A.** Destruction Process Technique Molded Polymer Composite Vacuum Bag, Including the Effect of Water and Corrosion Environment // Engineering Polymers and Composites 2011, May 16-19, 2011, Olsztyn, Poland: Book of Abstracts. – P. 71.

6. **Reinholds I., Kalkis V., Maksimov R. D., Zicans J., Meri R. M., and Ivanova T.** The Effect of Radiation Modification and Uniform Magnetic Field on Deformation Properties of Polymer Composite Blends // International Conference FM&NT: Functional Materials and Nanotechnologies 2011, Institute of Solid State Physics. University of Latvia, April 5-8: Book of Abstracts. – [Riga]: [Institute of Solid State Physics. University of Latvia], [2011]. – P. 140.

7. **Strekalova O., Vidinejevs S., and Aniskevich A.** Critical Loading Visualization Capability in Glass Fibre Reinforced Epoxy Composite // Baltic Polymer Symposium 2011, September 21-24, 2011, Pärnu, Estonia. – [S. l.], 2011. – P. 95.

8. **Tarasovs S. and Ghassemi A.** Propagation of a System of Cracks under Thermal Stress // Symposium Program and Abstracts: 45th US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium 26-29 June 2011 / Sponsored by the American Rock Mechanics Association. – San Francisco, California: ARMA, [2011]. – P. 159.

9. **Vidinejevs S. and Aniskevich A.** Binary Vascular System in Self-Healing Epoxy Matrix // Third International Conference Self-Healing Materials: [3rd ICSHM], 27th-29th June 2011, Bath United Kingdom: [Book of Abstracts]. – [S.l.], 2011. – P. 139.

10. **Vidinejevs S., Strekalova O., and Aniskevich A.** Biomimetic Fiber Reinforced Composite with Damage Visualization Capability // Third International Conference Self-Healing Materials: [3rd ICSHM], 27th-29th June 2011, Bath United Kingdom: [Book of Abstracts]. – [S. l.], 2011. – P. 153.

11. **Zicans J., Merijs Meri R., Ivanova T., Knite M., Maksimov R., and Bledzki A. K.** Carbon Nanotube/Polyvinylacetate Nanocomposites: Selected Structure-Property Relationships and Modelling // CD: Hybrid Materials 2011, 6-10 March 2011, Strasbourg, France: Second International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials: Conference Abstracts. – [B.3.5.2].

12. **Zicans J., Bitenijs J., Knite M., and Maksimov R.** Carbon Nanotubes Modified Polyvinylacetate Composite: Theoretical and Experimental Aspects // 16<sup>th</sup> International Conference on Composite Structures: ICCS 16, Porto, Portugal, June 28-30, 2011: Programme and Abstracts / ed. A. J. M. Ferreira. – Porto: FEUP, 2011. – 1 p.

#### 4. 4. Promocijas, maģistru un bakalauru darbi

1. **Glaskova T.** Polimēru nanokompozītmateriālu termofizikālo un mehānisko īpašību eksperimentālā izpēte un modelēšana. Promocijas darbs doktora zinātniskā grāda iegūšanai inženierzinātnēs, apakšnozare: polimēru un kompozītmateriālu mehānika / Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Fizikas nodaļa. Darba vad. Dr.sc.ing. A.Aniskevičs – Rīga, 2011 – 54 lpp.

2. **Ciniņa I.** Bazalta šķiedru izmantošana betona kolonnu stiprināšanai. Maģistra darbs / Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Fizikas nodaļa. Darba vad. Dr.habil.sc.ing. V.Tamužs – Rīga, 2011 – 47 lpp.

3. **Modņiks J.** Linu šķiedru kompozītu mehānisko īpašību matemātiskā modelēšana. Maģistra darbs / Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Fizikas nodaļa. Darba vad. Dr.sc.ing. J.Andersons – Rīga, 2011 – 31 lpp.

## 4.5. Patenti

Latvijas patents uz izgudrojumu, pieteicējs LU Polimēru mehānikas institūts.

Patenta autori: **Beverte Ilze, Skruls Vilis.**

Patenta nosaukums: Cietu, augststiporainu putuplastu un citu cietu materiālu bīdes deformēšanas paņēmieni un iekārta, minēto materiālu bīdes pārvietojuma noteikšanas paņēmieni un ierīce noteikšanai.

Pieteikts 10.10.2011.

Patenta Nr. LV 14436 B, reģistrācijas datums 20.11.2011.

## 4.6. Dalība zinātniskajās konferencēs un sanāksmēs

1. Konference „3rd Global Pultrusion Conference” and „Composite Bridges Conference (COBRAE)” 27.03.2011.-04.04.2011., Francija ( 1 dalībnieks - A.Aniskevičs).
2. Sanāksme ACI, 01.04.2011.-08.04.2011., ASV ( 1 dalībnieks – V.Tamužs).
3. Konference „Deformation and Fracture of Composites (DFC-11 & Structural Integrity and Multi-scale Modeling (SI-5)”, 12.04.2011.-15.04.2011., Anglija ( 1 dalībnieks - E.Spārniņš).
4. Konference „Civil engineering’11”, 12.05.2011.-13.05.2011., Latvija ( 2 dalībnieki – A.Arnautovs, V.Kulakovs).
5. Konference „ 11th Internacional Scientific-Technical Conference on Engineering Polymers and Composites (KOMPOZYTY-2011)”, 16.05.2011.-19.05.2011., Polija ( 2 dalībnieki - A.Borisova, R.Chatys).
6. Konference „International Conference on Mechanical Behavior of Materials (ICM-11” 05.06.2011.-10.06.2011., Itālija ( 1 dalībnieks - J.Modņiks).
7. Konference „5th International Conference on Computation Methods and Experiments in materials Characterisation (Materials Characterisation 2011)”, 05.05.2011.-10.05.2011., Grieķija ( 1 dalībnieks - J.Andersons)
8. Konference „9th International Conference on Durability of Composite Systems (ICSHM 2011)”, 25.06.2011.-30.06.2011., Lielbritānija (2 dalībnieki - A.Aniskevičs, S.Vidinejevs).
9. Konference „4th International Conference on Experiments/Process/System (4th IC-EpsMsO)”, 05.07.2011.-12.07.2011., Grieķija ( 1 dalībnieks - J.Andersons).
10. Konference „The 5th WSEAS International Conference on SYSTEMS”, 12.07.2011.-17.07.2011., Grieķija ( 2 dalībnieki – V.Štrauss, A.Kalpiņš).
11. Fizikas vasaras skola „Physics in Ljubiana”, 16.07.2011. - 25.07.2011., Slovenija ( 1 dalībnieks – A.Borisova).
12. Konference „The 18th International Conference on Composite Materials (ICCM 18), 19.08.2011.-28.08.2011., Dienvidkoreja ( 1 dalībnieks – V.Tamužs).
13. Simpozījs „32nd Riso International Symposium on Materials Science”, 04.09.2011.-10.09.2011., Dānija ( 2 dalībnieki – A.Aniskevičs, T.Glaskova).
14. Konference „Academia Europaea 23rd Annual Conference”, 19.09.2011.-24.09.2011., Francija ( 1 dalībnieks – V.Tamužs).
15. Konference „BIOFOAMS 2011”, 20.09.2011. - 24.09.2011., Itālija ( 1 dalībnieks – I.Beverte).
16. Simpozījs „Baltic Polymer Symposium 2011”, 21.09.2011.-24.09.2011., Igaunija ( 3 dalībnieki – L.Pāže, O.Strekalova, Ņ.Videkers).

## 4.8. Cita ar zinātnisko darbību saistīta informācija

### 4.8.1. Pētniecības infrastruktūra

Institūtā ir eksperimentālā mašīnzāle materiālu un konstrukciju mehānisko īpašību noteikšanai un pētīšanai. Institūtā darbojas akreditēta Konstrukciju materiālu mehāniskās testēšanas laboratorija, kas izpilda uzņēmumu un citu organizāciju pasūtījumus materiālu un izstrādājumu testēšanā, veicot kā standarta, tā nestandarta pārbaudes. Eksperimentālās mašīnzāles un testēšanas laboratorijas aprīkojumā ir servohidrauliskā materiālu pārbaudes sistēma MTS 809.40, servohidrauliskā materiālu pārbaudes sistēma MTS 5T, hidrauliskā prese ИПС 500, pārbaudes mašīna Zwick – 2,5, pārbaudes mašīna ZD – 40, elektromehāniskā pārbaudes mašīna 2166 P – 5 un ilglaicīgo eksperimentu stendi speciāli aprīkotās telpās.

### 4.8.2. Periodiskie izdevumi

Žurnāls: "**Механика композитных материалов / Mechanics of Composite Materials**" / 2011/ Т. 47 / V.47, Nr.Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6. Metiens 400. Žurnāls tiek izdots krievu un angļu valodā, izdevējs LU Polimēru mehānikas institūts. Žurnāla tulkojumam angļu valodā izdevējs ir Springer Science + Business Media, Inc. (ASV, ISSN 0191-5665).

Žurnāls tiek anotēts vai indeksēts starptautiski atzītās datu bāzēs: Academic OneFile, Academic Search, Chemical Abstracts Service (CAS), ChemWeb, CSA, Current Abstracts, Current Contents/Engineering, Computing and Technology, Earthquake Engineering Abstracts, EBSCO, El-Compendex, Engineered Materials Abstracts, Gale, Google Scholar, INIS Atomindex, INSPEC, Journal Citation Reports/Science Edition, Material Science Citation Index; \OCLC, Polymer Library, ProQuest, Reaction Citation Index, Science Citation Index Expanded (SciSearch), SCOPUS, Summon by Serial Solutions, VINITI – Russian Academy of Science..

### 4.8.3. Organizētās konferences

2011.gadā 21.oktobrī Rīgā tika organizēta starptautiska zinātniska konference „Aleksandra Mālmeisters atceres simpozījs: „Nehomogēno materiālu aktuālās problēmas””.

Konferenci atklāja Latvijas Zinātņu akadēmijas prezidents akadēmiķis J. Ekmanis. Viņš atzīmēja akadēmiķa A. Mālmeisters lielo ieguldījuma zinātnes attīstībā kopumā un to, ka no 1970.gada līdz 1984.gadam A. Mālmeisters vadīja Latvijas Zinātņu akadēmiju, būdams tās prezidents visilgāk no visiem bijušajiem prezidentiem. A. Mālmeisters devis lielu personīgu ieguldījumu jaunā materiālu mehānikas virziena - polimēru un kompozītu materiālu mehānika - attīstībā. Šinī nozarē viņš veicis vairākus oriģinālus zinātniskus pētījumus. A. Mālmeisters bija arī Polimēru mehānikas institūta organizētājs, tā pirmais direktors un pastāvīgs institūta zinātniskās darbības vadītājs turpmākajos gados.

Akadēmiķa V. Tamuža referāts bija veltīts A. Mālmeisters biogrāfijas galvenajiem posmiem un zinātniskās darbības vispārīnājumam. 1953.gadā A. Mālmeisters formulēja savu lokālo deformāciju teoriju, kas aprakstīja plastisku materiālu deformēšanos saliktā slogojumā. 1957.gadā viņš apkopoja savus pētījumus par betonu monogrāfijā „Упругость и неупругость бетона" un uz tās pamata 1958.gadā aizstāvēja doktora disertāciju. 1965.gadā viņš pirmais aprakstīja ortotropu kompozītu stiprības virsmu ar tenzoriālu polinomu un izstrādāja metodi tā koeficientu noteikšanu. No 1961.gada līdz 1963.gadam A. Mālmeisters bija Rīgas politehniskā institūta rektors, bet no 1963.gada – jaundibināta institūta Latvijas ZA Polimēru mehānikas institūta direktors un šī institūta Reoloģijas laboratorijas vadītājs. Akadēmiķis A. Mālmeisters bija arī žurnāla „Механика композитных материалов / Mechanics of Composite Materials” (no 1965.gada līdz 1979.gadam žurnāla nosaukums bija „Механика полимеров / Polymer Mechanics”) dibinātājs un tā ilggadīgs galvenais redaktors. A. Mālmeisters iniciēja arī Vissavienības un vēlāk starptautisku konferenču sarīkošanu kompozīto materiālu mehānikas jomā. Šīs konferences ieguvušas plašu atzinību zinātniskajās aprindās. A. Mālmeisters ir plaši pazīstamu monogrāfiju un zinātnisko rakstu autors.

Viņš izveidojis spēcīgu zinātnisko skolu kompozīto materiālu mehānikas, biomehānikas un čaulu konstrukciju jomā.

Konferences zinātniskās programmas ietvaros tika nolasīti 10 pārskata ziņojumi, kuru autori bija zinātnieki no ASV, Zviedrijas, Krievijas, Baltkrievijas un Latvijas.

Profesora K. Reifsnidera (Dienvīdkarolīnas universitāte, ASV) referāts bija veltīts bojājumu uzkrāšanās analīzei materiālos un konstrukcijās, balstoties uz to stāvokļa izmaiņām pie sloģošanas liecē. Šīs izmaiņas reģistrētas, izmantojot elektroķīmiskās impedances spektrogrāfijas metodi. Referents parādīja, ka impedance (īpatnējā pretestība kā ierosmes frekvences funkcija) ir materiāla īpašība, ko iespējams izmantot kā materiāla stāvokļa mēru. Noskaidrots, ka mikrobojājumu izvietojums epoksīdos stiklplastos būtiski atspoguļo daudzus impedances parametrus, kuri ir jutīgi pat pret ļoti nelielu bojājuma pakāpi. Iegūtie rezultāti ļauj cerēt, ka materiālu īpašību degradāciju ilglaicīga noguruma sloģojuma laikā būs iespējams kvantitatīvi aprakstīt ar paliekoša plastiskuma palīdzību, kura aprakstīšanai savukārt var izmantot impedances maiņas pie augstām un zemām frekvencēm.

Profesoru A. A. Kuļkova, A. B. Mitkeviča, V. L. Strahova, un V. Kaledina (ЦНИИСМ, Krievija) referātā tika aplūkota termomehānisko procesu matemātiskā modelēšana stiegtos materiālos un konstrukcijās, kas pakļautas ekstremālām termiskām slodzēm. Noskaidrots, ka ar telpisku daudzelementu rāmi ir iespējams modelēt praktiski visas būvkonstrukcijas. Vienādojumu sistēmu, kas apraksta uzdevuma termisko daļu, var atrisināt ar galīgo diferencu metodi, bet tā statisko daļu – ar galīgo elementu metodi. Izveidots skaitļošanas programmu komplekss izstrādāto algoritmu uzdevumu risināšanai. Veikta šī kompleksa testēšana, kā piemēru izmantojot reālu Maskavas inženierbūvi.

Profesores J. Gorbatkinas un V. G. Ivanovas-Mumžijevas (KZA Fizikālās ķīmijas institūts, Krievija) referāts bija veltīts dispersi pildītu epoksīda sveķu adhēzijai ar cietiem ķermeņiem. Noskaidrots, ka adhēzijas stiprība ir atkarīga no tā, cik daudz saišu ir izveidojies starp saistvielu un pildvielas daļiņām, kāda ir šo saišu daba un kāda ir starpfāžu slāņa struktūra un īpašības. Tieši pēdējais faktors var veicināt adhēzijas stiprības pieaugumu. Šo stiprību eksperimentāli nosaka, izvelkot stiegras no matricas, kurā tās iegremdētas. Izpētītas dažādu veidu dispersas pildvielas: aerosils, māli,  $Al_2O_3$  pulveris, sodrēji, un oglekļa nanocaurulītes. Eksperimentālā ceļā atrasta nelineāra sakarība starp adhēzijas stiprību un pildvielas saturu. Par pildvielu izmantojot aerosila daļiņas, adhēzijas stiprību izdevās paaugstināt par 25%, bet oglekļa nanocaurulītes nekādu adhēzijas stiprības pieaugumu nedeja. Pētījumi parādīja, ka ar dispersām pildvielām iespējams paaugstināt polimēro saistvielu saķeršanas stiprību ar cietiem ķermeņiem.

Profesoru J. Vārnas (Lulea tehnoloģijas institūts, Zviedrija) un R. Talreijas (Teksas A&M universitāte, ASV) ziņojumā tika stāstīts par jaunu pieeju kompozītu ilgizturības analīzei un prognozēšanai, ņemot vērā bojājumu veidošanās mehānismus (stinguma un stiprības degradāciju). Metodes pamatā ir materiāla struktūras daudzlīmeņu (mikro-, mezo un makrolīmeņu) modelēšana. Tika aplūkoti dažādu veidu bojājumi kompozītos: plaisas, starpfāžu saķeres zudums, saslāņošana, stiegru pārrāvumi. Izveidoti vairāki matemātiski modeļi un veikti eksperimentāli pētījumi, lai noteiktu šiem modeļiem nepieciešamos materiāla struktūras parametrus. Izstrādāto metožu pielietojamība tika demonstrēta ar ortogonāli stiegtota  $[0^\circ/90^\circ]$  kompozīta piemēru, prognozējot tā īpašību izmaiņu bojājumu uzkrāšanās rezultātā.

Akadēmiķis K. Rocēns ar līdzautoriem V. Goreminu un J. Šliseru (Rīgas tehniskā universitāte Latvija) iepazīstināja klausītājus ar dažām racionālām kompozītmateriālu konstrukcijām. Referents aplūkoja metodes konstrukciju īpatnējās stiprības un nestspējas paaugstināšanai. Šinī ziņā visperspektīvākās ir hiperboliska paraboloīda veida konstrukcijas, spiesti balststieņi, iepriekš nostieptas kopnes, slāņainas vantis un pultrūdētu kompozītu profili. Tika demonstrēti projektēšanas piemēri ar konstrukcijām no nesimetriskiem slāņainiem kompozītiem, kas nodrošina konstrukcijām nepieciešamo virsmas liekumu. Tika apskatītas arī pultrūdētu kompozītmateriālu profilu racionālās shēmas un piedāvātas iekārto tiltu perspektīvās konstrukcijas ar iepriekš nostieptiem kabeļveida elementiem. Referāta noslēguma daļā tika izklāstīti daudzslāņu finiera



projektēšanas pamatprincipi, kas jāņem vērā, lai iegūtu plāksnes ar vajadzīgo ģeometrisko formu. Šādas plāksnes izmanto autotreileru grīdām un sienām.

N. K. Miškina, J. M. Pleskačevska, S. V. Šilko (Metālkompozīto sistēmu institūts, Baltkrievija) referāts bija veltīts biomehānikā un triboloģijā izmantojamo neviendabīgo materiālu mezomehāniskās analīzes problēmām. Ziņojuma ievadā S. Šilko norādīja, ka daudzas akadēmiķa A. Mālmeistera idejas bija apsteigušas savu laiku un tagad tiek realizētas jaunos kompozītos materiālos. Referents izklāstīja praksē izmantoto fizikālas mezomehānikas koncepciju, kas balstās uz fraktālu analīzi, un ilustrēja to ar dispersi pildītu materiālu (asfaltbetons) un trikotāžas darinājumu piemēriem. Runātājs pastāstīja arī kā novērtēt dažādas telpiskas orientācijas defektu pašdziedināšanas efektu metāla pusfabrikāta izgatavošanas procesā. Viņš minēja arī piemērus, kā tiek modelēta dažādu biomehānisko objektu – sirds un asinsvadu sistēmas, kaulaudu un muskuļu – mehāniskā uzvedība.

Profesora V. V. Kovrigas (POLIPLASTIC grupa, Krievija) referāta tēma bija gāzes, ūdens un siltuma apgādē izmantojamo cauruļu izgatavošanas problēmas. Izprojektētas un izgatavotas dažāda diametra (no 20 līdz 6000 mm) caurules no sašūta polietilēna un polivinilhlorīda. Caurules ekspluatācijas zem iekšējā spiediena līdz 20 bāriem izgatavo no speciālas markas polietilēna bez stieģojuma, bet caurules spiedienam līdz 40 bāriem ražo ar stieģojuma slāni no organiskām šķiedrām, ko izveido ar slapjās uztīšanas metodi. Ar šo metodi izgatavo arī gofrētas stieģotas liela diametra spiediena caurules. Referents savu ziņojumu ilustrēja ar daudziem piemēriem.

Profesora A. Krasņkova (Rīgas tehniskā universitāte, Latvija) referāts bija veltīts ar tērauda stieplēm stieģrota betona mikromehānikas problēmām. Tika demonstrēti stieģrota betona uzvedības modelēšanas rezultāti, kas liecina par tā augsto stiprību un plastisko deformēšanos pēc plaisu izveidošanās. Iegūti eksperimentāli rezultāti par dažādas formas tērauda stieģru izvilšanu no betona modeļparaugiem kā arī dati no stieģrota betona siju pārbaudēm. Izstrādāta metode stieģrota betona izgatavošanai ar stiprību līdz 400 MPa, kuras pamatā ir nanotehnoloģija.

Profesors J. Brauns (Latvijas lauksaimniecības universitāte, Latvija) savā referātā stāstīja par mehānisko un hidrotermisko konstrukciju projektēšanu no slāņainiem kompozītiem. Tās pamatā ir slāņainu materiālu teorija, kurā tiek ņemta vērā materiālu elastības un termisko īpašību anizotropija, kas nosaka normālo un bīdes deformāciju un spriegumu mijiedarbības radītos efektus. Kā piemērs tika minēts vēja ģeneratora lāpstīņu optimālā projektēšana, kas spēj piemēroties pieliktajām slodzēm. Konstruētas pieļaujamo projekta parametru diagrammas. Kompozīta slāņos esošo stieģru orientācijas ietekme uz materiāla mehāniskajām īpašībām tika ilustrēta ar fibrolīta piemēru.

Profesors R. Tepfers (Čalmersas tehnoloģijas universitāte, Zviedrija) referēja par betona izgatavošanas tehnoloģijas jautājumiem un norādīja, ka viena no galvenajām problēmām augstas stiprības betona ražošanā ir tā porainības optimizēšana. Pildvielas daļiņu agregācijas process atkarīgs no cementa satura betonā, bet augsta agregācijas pakāpe izraisa augstas spriegumu koncentrācijas. Referents detalizēti izklāstīja kā izgatavo silikātbetonu un kādas ķīmiskas reakcijas notiek tā cietēšanas procesā. Viņš arī atzīmēja, ka betona spiedes stiprība ir ievērojami atkarīga no ūdens un cementa daudzumu attiecības. Lai betona porainība būtu zema, šai attiecībai jābūt vienādai ar 0,4. Pētījumi parādījuši, ka porainību var samazināt, ievadot betonā mikrosilikātus un superplastificējošas piedevas kā arī pielietojot vibrotehnoloģiju. Ziņojuma galvenais secinājums: jo zemāka porainība, jo stiprāks un ilgzīvētāks ir betons.

Konferences noslēgumā žurnāla „Механика композитных материалов / Mechanics of Composite Materials” galvenais redaktors akadēmiķis V. Tamužs izteica pateicību referentiem par interesantajiem ziņojumiem ar jauniem zinātniskiem rezultātiem un to vispārinājumiem un ierosināja noformēt šos ziņojumus zinātnisku rakstu veida, kas tiktu publicēti speciālā akadēmiķim A. Mālmesteram veltīta žurnāla izlaidumā.

#### 4.9. Informācija par galvenajiem rezultātiem zinātnē un pētniecībā 2011.gadā

1. Īstenoto LR finansēto projektu skaits (granti)	3
2. Valsts pētījumu programmu skaits	1
3. Īstenoto starptautisko projektu skaits	9
4. Nopublicēto zinātnisko rakstu skaits	34
tajā skaitā raksti starptautiski citējamos (SCI) zinātniskajos izdevumos	25
5. Aizstāvēto promocijas darbu skaits	1
6. Aizstāvēto maģistru darbu skaits	2
7. Doktorantu skaits	3
8. Citi rezultāti (uzskaitīt būtiskākos)	
8.1. Noorganizēta starptautiska zinātniska konference „Aleksandra Mālmeistera atceres simpozījs: „Nehomogēno materiālu aktuālās problēmas””	1
8.2. Izdots periodisks izdevums – žurnāls „Механика композитных материалов / Mechanics of Composite materials”/2011/ Т.47 / V.47	1

## 5. SAŅEMTAIS FINANSĒJUMS UN TĀ IZLIETOJUMS 2011.GADĀ

### 5.1.Valsts budžeta finansējums (bāzes finansējums) un tā izlietojums 2011.gadā

Nr.p. k.	Finanšu līdzekļi	Iepriekšējā 2010.gadā (faktiskā izpilde)	Pārskata gadā	
			apstiprināts likumā	faktiskā izpilde
1	<b>Finanšu resursi izdevumu segšanai (kopā)</b>	<b>128 071.00</b>	<b>111 974.00</b>	<b>111 974.00</b>
1.1	dotācija no vispārējiem ieņēmumiem	128 071.00	111 974.00	111 974.00
1.2	maksas pakalpojumi un citi pašu ieņēmumi	0.00	0.00	0.00
1.3	ārvalstu finanšu palīdzība	0.00	0.00	0.00
2	<b>Izdevumi (kopā)</b>	<b>128 071.00</b>	<b>111 974.00</b>	<b>111 974.00</b>
2.1	uzturēšanas izdevumi	128 071.00	111 974.00	111 974.00
2.1.1	subsīdijas un dotācijas, tai skaitā iemaksas starptautiskās organizācijās	0.00	0.00	0.00
2.2	izdevumi kapitālieguldījumiem	0.00	574.00	574.00

### 5.2. Pārskats par saņemto finansējumu un tā izlietojumu 2011. gadā

<b>1. Institūta kopējais finansējums</b>	<b>Ls</b>	<b>1 252 228.00</b>
Tajā skaitā:		
1.1. grantu un programmu finansējums	Ls	62 547.00
1.2. finansējums no valsts budžeta		
1.2.1. bāzes finansējums	Ls	111 974.00
1.3. ienākumi no telpu nomas	Ls	89 315.00
1.4. pārējie ienākumi no ārpusbudžeta avotiem (testēšanas laboratorijas pakalpojumi, līgumdarbi u.c. )	Ls	26 881.00
1.5. Eiropas savienības struktūrfondu finansējums	Ls	934 627.00
1.6. finansējums no starptautiskiem avotiem	Ls	24 284.00
1.7. ziedojumi	Ls	2 600.00
<b>2. Institūta kopējie izdevumi</b>	<b>Ls</b>	<b>1 340 888.00</b>
Tajā skaitā:		
2.1. algu fonds	Ls	734 549.00
2.2. darba devēja sociālās apdrošināšanas obligātās iemaksas	Ls	164 046.00
2.3. infrastruktūras uzturēšana (ēku ekspluatācijas izdevumi, apkure, elektroenerģija, ūdens, gāze, telefons u.c.)	Ls	98 468.00
2.4. izdevumi zinātniskajai aparatūrai, instrumentiem u.c.	Ls	47 664.00
2.5. pārējie izdevumi ( komandējumi u.c.)	Ls	296 161.00

**1. Zinātniskajā institūcijā Latvijas Universitātes aģentūrā "Latvijas Universitātes Polimēru mehānikas institūts" 2011.gadā zinātnē nodarbināto darbinieku saraksts**

<b>N.P.K.</b>	<b>Vārds, uzvārds</b>	<b>Akadēmiskais amats</b>	<b>Slodze (stundas mēnesī)</b>
1	2	3	4
<b>Ievēlētais zinātniskais personāls</b>			
1	Jānis Andersons	vadošais pētnieks	1
2	Klāra Aniskeviča	pētniece	1
3	Andrejs Aniskevičs	vadošais pētnieks	1
4	Roberts Apinis	pētnieks	0.5
5	Aleksandrs Arnautovs	pētnieks	1
6	Ilze Beverte	vadošā pētniece	0.625
7	Inese Ciniņa	zinātniskā asistente	1
8	Ksenija Cīrule	vadošā pētniece	0.65
9	Jeļena Faitelsone	pētniece	0.58
10	Tatjana Glaskova	pētniece	1
11	Juris Jansons	vadošais. pētnieks	1
12	Aldis Kalpiņš	pētnieks	0.625
13	Vladimirs Kļaviņš	zinātniskais asistents	1
14	Valerijs Korhovs	pētnieks	0.8
15	Vladimirs Kulakovs	vadošais pētnieks	1
16	Aivars Lagzdiņš	vadošais pētnieks	0.92
17	Valdis Leitlands	pētnieks	1
18	Uldis Lomanovskis	zinātniskais asistents	0.68
19	Roberts Maksimovs	vadošais pētnieks	0.6
20	Jānis Modņiks	zinātniskais asistents	1
21	Lilija Pāže	pētniece	1
22	Egils Plūme	vadošais pētnieks	1
23	Valerijs Poļakovs	vadošais pētnieks	0.25
24	Evija Poriķe	zinātniskā asistente	1
25	Georgs Portnovs	vadošais pētnieks	0.65
26	Vilis Skruls	zinātniskais asistents	1
27	Edgars Spārniņš	pētnieks	1
28	Oļesja Starkova	pētniece	1
29	Vairis Štrauss	vadošais pētnieks	1
30	Vitauts Tamužs	vadošais pētnieks	1
31	Sergejs Tarasovs	vadošais pētnieks	1
32.	Konstantīns Timčenko	zinātniskais asistents	1
33	Andris Tolks	vadošais pētnieks	0.625
34	Vilis Valdmanis	pētnieks	1
35	Sergejs Vidinējevs	zinātniskais asistents	1
36	Alberts Zilaucs	vadošais pētnieks	0.55
37	Olga Zīle	zinātniskā asistente	1
38	Edmunds Zīle	pētnieks	1
39	Valerijs Žiguns	zinātniskais asistents	0.15

1	2	3	4
<b>Zinātnes tehniskais personāls</b>			
40	Pāvels Akišins	mehānikas inženieris	1
41	Olga Aniskeviča	mehānikas inženiere	0.25
42	Juris Balodis	pētnieka p.i.	0.625
43	Sarmīte Birmbauma	programmēšanas inženiere	1
44	Liana Blumberga	programmēšanas inženiere	0.75
45	Anna Borisova	fīzikas tehniķe	1
46	Ivars Briedis	pētnieka p.i.	0.4
47	Rafael Andrzej Chatys	pētnieka p.i.nženiere	1
48	Andre Gregor	pētnieka p.i.	1
49	Tatjana Gubina	redaktore	0.25
50	Ludmila Jermolajeva	fīzikas tehniķe	0.5
51	Elīna Kaziņa	fīzikas tehniķe	0.6
52	Andris Kārklīšs	mehānikas inženieris	0.25
53	Aleksandrs Kiseļovs	mehānikas inženieris	0.1
54	Jānis Krūmiņš	fīzikas tehniķis	0.5
55	Baiba Līviņa	mehānikas inženiere	0.5
56	Anatolijs Lučanskis	fīzikas tehniķis	0.3
57	Daņiils Lučanskis	fīzikas tehniķis	0.2
58	Pēteris Mežulis	datortehnikas inženieris	0.4
59	Sofija Ņegrejeva	pētnieces p.i.	0.25
60	Aivars Pumpurs	programmēšanas inženieris	0.75
61	Valdis Pumpurs	pētnieka p.i.	0.5
62	Tatjana Rituma	tehniskā redaktore	0.25
63	Olga Strelkova	fīzikas tehniķe	1
64	Jevgenijs Ševčenko	fīzikas tehniķis	1
65	Aleksejs Trabo	fīzikas tehniķis	0.5
66	Roberts Vdovčenko	fīzikas tehniķis	0.5
67	Nikita Viderkers	fīzikas tehniķis	0.32
68	Uldis Vilks	mehānikas inženieris	1
69	Lilija Volgina	fīzikas tehniķis	0.57
70	Oļegs Volodins	fīzikas tehniķis	0.44
71	Aigars Zesers	fīzikas tehniķis	0.5
72	Jānis Žideļūns	fīzikas tehniķis	0.5
<b>Zinātni apkalpojošais personāls</b>			
73	Dace Abališa	apkopēja	1
74	Kārlis Andžs	galdnieks	0.5
75	Pēteris Baumgarts	atslēdznieks	1
76	Edmunds Bezdels	būvelektriķis	1
77	Jevgģenija Čerņišova	apkopēja	1
78	Dainis Galauskis	elektromontieris	1
79	Anatolijs Iljins	saimn.struktūrvienības vad.	1
80	Aldis Janševskis	elektromontieris	1
81	Ieva Jaundaldere	apkopēja	0.5

1	2	3	4
82	Anna Kaija	apkopēja	1
83	Alīna Karlovča	saimn.struktūrvien.vad.vietn.	0.5
84	Rasma Krastiņa	apkopēja	1
85	Kārlis Ķīsis	elektriķis	1
86	Ainars Laksis	santehniķis	1
87	Jevgenija Ļesnova	apkopēja	1
88	Andris ozols	elektromontieris	0.5
89	Atis Pencelis	apdares darba strādnieks sagādnieks	0,8 0,2
90	Valda Survilo	apkopēja	0.5
91	Ņina Trautmane	apkopēja	0.3
92	Māris Kilēvics	zinātniskais sekretārs	1
93	Inna Pērkone	informac.nodaļas vadītāja	1
94	Anna Cīrule	grāmatvede	1
95	Inta Černavska	galvenā grāmatvede	1
96	Solvita Kristone	sekretāre	1
97	Veneranda Rubīna	personāla nodaļas vadītāja	1

## 2.1. Zinātniskās institūcijas LU aģentūras "LU Polimēru mehānikas institūts" zinātniskās darbības finansējums

Gads		Rindas kods	Kopā	Tai skaitā	
				zinātniskie darbi veikti zinātniskajā institūcijā	zinātniskie darbi pasūtīti citās zinātniskās institūcijās
A	B	C	1	2	3
2009.gads	<b>Finansējums kopā (1100.+1200.+1300.+1400.+1500.+1600.rinda)</b>	<b>1000</b>	<b>756.2</b>	<b>756.2</b>	
	tai skaitā				
	<b>Valsts budžeta finansējums- kopā (1110.+1120.+1130.+1140.+1150.+1160.+1170.+ 1180.rinda)</b>	1100	<b>579.0</b>	<b>579.0</b>	
	no tā – Eiropas Savienības struktūrfondu finansējums zinātniskajai darbībai	1110	279.4	279.4	
	tai skaitā VPD 2.5.1.aktivitātes projektu finansējums	1111	0	0	
	- Latvijas Zinātnes padomes (LZP) granti un cits LZP finansējums	1120	93.4	93.4	
	- zinātniskās darbības bāzes finansējums	1130	145.8	145.8	
	- valsts pētījumu programmu finansējums	1140	28.2	28.2	
	- zinātniskās darbības attīstības finansējums	1150	0	0	
	- valsts pārvaldes institūciju pasūtītie pētījumi	1160	20.2	20.2	
	- tirgus orientētie pētījumi	1170	12.0	12.0	
	- pārējais valsts budžeta finansējums (piemēram, pašvaldību finansējums)	1180	0	0	
	<b>Augstskolas finansējums zinātnei</b>	1200	<b>0</b>	<b>0</b>	
	<b>Finansējums no starptautiskiem avotiem - kopā</b>	1300	<b>50.1</b>	<b>50.1</b>	
	no tā – ieņēmumi no līgumdarbiem ar ārvalstu juridiskām personām	1310	32.7	32.7	
	<b>Ieņēmumi no līgumdarbiem ar Latvijas Republikas juridiskām personām</b>	1400	<b>6.0</b>	<b>6.0</b>	
	<b>Cits finansējums zinātniskai darbībai</b>	1500	<b>121.1</b>	<b>121.1</b>	
no tā – ieņēmumi no citām saimnieciskām darbībām	1510	110.5	110.5		
<b>Zinātniskā institūta – komercsabiedrības vai nodibinājuma finansējums zinātniskai darbībai</b>	1600				

2010.gads

<b>Finansējums kopā (1100.+1200.+1300.+1400.+1500.+1600.rinda)</b>	<b>1000</b>	<b>992.2</b>	<b>992.2</b>
tai skaitā			
<b>Valsts budžeta finansējums- kopā</b> (1110.+1120.+1130.+1140.+1150.+1160.+1170.+ 1180.rinda)	1100	<b>853.9</b>	<b>853.9</b>
no tā – Eiropas Savienības struktūrfondu finansējums zinātniskajai darbībai	1110	646.2	646.2
tai skaitā VPD 2.5.1.aktivitātes projektu finansējums	1111	0	0
- Latvijas Zinātnes padomes (LZP) granti un cits LZP finansējums	1120	46.9	46.9
- zinātniskās darbības bāzes finansējums	1130	128.1	128.1
- valsts pētījumu programmu finansējums	1140	14.7	14.7
- zinātniskās darbības attīstības finansējums	1150		
- valsts pārvaldes institūciju pasūtītie pētījumi	1160	12.0	12.0
- tirgus orientētie pētījumi	1170	6.0	6.0
- pārējais valsts budžeta finansējums (piemēram, pašvaldību finansējums)	1180	0	0
<b>Augstskolas finansējums zinātnei</b>	1200	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Finansējums no starptautiskiem avotiem - kopā</b>	1300	<b>0</b>	<b>0</b>
no tā – ieņēmumi no līgumdarbiem ar ārvalstu juridiskām personām	1310	0	0
<b>Ieņēmumi no līgumdarbiem ar Latvijas Republikas juridiskām personām</b>	1400	<b>17.5</b>	<b>17.5</b>
<b>Cits finansējums zinātniskai darbībai</b>	1500	<b>120.8</b>	<b>120.8</b>
no tā – ieņēmumi no citām saimnieciskām darbībām	1510	120.8	120.8
<b>Zinātniskā institūta – komercsabiedrības vai nodibinājuma finansējums zinātniskai darbībai</b>	1600	<b>0</b>	<b>0</b>



2011. gads	<b>Finansējums kopā (1100.+1200.+1300.+1400.+1500.+1600.rinda)</b>	<b>1000</b>	<b>1252.2</b>	<b>1 252.2</b>
	tai skaitā			
	<b>Valsts budžeta finansējums- kopā</b> (1110.+1120.+1130.+1140.+1150.+1160.+1170.+ 1180.rinda)	<b>1100</b>	<b>174.6</b>	<b>174.6</b>
	no tā – valsts finansējums Eiropas Savienības struktūrfondu finansējums zinātniskajai darbībai	1110	0	0
	- Latvijas Zinātnes padomes (LZP) granti un cits LZP finansējums	1120	46.9	46.9
	- zinātniskās darbības bāzes finansējums	1130	112.0	112.0
	- valsts pētījumu programmu finansējums	1140	15.7	15.7
	- zinātniskās darbības attīstības finansējums	1150		
	- valsts pārvaldes institūciju pasūtītie pētījumi	1160	0.0	0.0
	- tirgus orientētie pētījumi	1170	0.0	0.0
	- pārējais valsts budžeta finansējums (piemēram, pašvaldību finansējums)	1180	0	0
	<b>Augstskolas finansējums zinātnei</b>	<b>1200</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Finansējums no starptautiskiem avotiem - kopā</b>	<b>1300</b>	<b>958.9</b>	<b>958.9</b>
	no tā – ieņēmumi no līgumdarbiem ar ārvalstu juridiskām personām	1310	24.3	24.3
	no tā – Eiropas Savienības struktūrfondu finansējums zinātniskajai darbībai	1320	934.6	934.6
	<b>Ieņēmumi no līgumdarbiem ar Latvijas Republikas juridiskām personām</b>	<b>1400</b>	<b>23.7</b>	<b>23.7</b>
	<b>Cits finansējums zinātniskai darbībai</b>	<b>1500</b>	<b>95.0</b>	<b>95.0</b>
no tā – ieņēmumi no citām saimnieciskām darbībām	1510	89.3	89.3	
<b>Zinātniskā institūta – komercsabiedrības vai nodibinājuma finansējums zinātniskai darbībai</b>	<b>1600</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

**2.2. Zinātniskās institūcijas LU aģentūras "LU Polimēru mehānikas institūts" ar saimniecisku darbību nesaistīta finansējuma izlietojums pa budžeta ekonomiskās klasifikācijas kodiem**

	Ieņēmumu, izdevumu, finansēšanas klasifikācijas kods	Apgūtais finansējums <b>KOPĀ</b>	Apgūtais finansējums <b>2009.gadā</b>	Apgūtais finansējums <b>2010.gadā</b>	Apgūtais finansējums <b>2011.gadā</b>
A	B	1=2+3+4	2	3	4
<b>Izdevumi kopā</b> (1000-4000; 6000-7000. + 5000;9000.rinda)	<b>1000-9000</b>	<b>2125.4</b>	<b>390.7</b>	<b>536.1</b>	<b>1198.6</b>
<b>Uzturēšanas izdevumi</b>	<b>1000-4000;</b>	<b>2092.6</b>	<b>389.4</b>	<b>532.3</b>	<b>1170.9</b>
<b>Kārtējie izdevumi</b> (1000. + 2000.rinda)	<b>1000-2000</b>	<b>2092.6</b>	<b>389.4</b>	<b>532.3</b>	<b>1170.9</b>
Atlīdzība	1000	1418.8	290.7	310.3	817.8
no tā – zinātniskai darbībai	1100	1154.6	290.7	310.3	553.6
Preces un pakalpojumi	2000	673.8	98.7	222.0	353.1
no tā – zinātniskai darbībai	2100	673.8	98.7	222.0	353.1
<b>Kapitālie izdevumi</b> (5000.rinda)	<b>5000;9000</b>	<b>32.8</b>	<b>1.3</b>	<b>3.8</b>	<b>27.7</b>
Pamatkapitāla veidošana	5000	32.8	1.3	3.8	27.7
no tā – zinātniskai darbībai	5100	32.8	1.3	3.8	27.7

**2.3. Zinātniskās institūcijas LU aģentūras "LU Polimēru mehānikas institūts" ar saimniecisku darbību saistīta finansējuma izlietojums pa budžeta ekonomiskās klasifikācijas kodiem**

	Ieņēmumu, izdevumu, finansēšanas klasifikācijas kods (rindas kods)	Apgūtais finansējums <b>KOPĀ</b>	Apgūtais finansējums <b>2009.gadā</b>	Apgūtais finansējums <b>2010.gadā</b>	Apgūtais finansējums <b>2011.gadā</b>
A	B	1=2+3+4	2	3	4
<b>Izdevumi kopā</b> (1000-4000; 6000-7000. + 5000;9000.rinda)	<b>1000-9000</b>	<b>576.4</b>	<b>110.5</b>	<b>323.7</b>	<b>142.2</b>
<b>Uzturēšanas izdevumi</b>	<b>1000-4000;</b>	<b>551.4</b>	<b>110.5</b>	<b>318.8</b>	<b>122.1</b>
<b>Kārtējie izdevumi</b> (1000. + 2000.rinda)	<b>1000-2000</b>	<b>551.4</b>	<b>110.5</b>	<b>318.8</b>	<b>122.1</b>
Atlīdzība	1000	418.3	47.3	290.2	80.8
no tā – zinātniskai darbībai	1100	0.0	0.0	0.0	0.0
Preces un pakalpojumi	2000	133.2	63.2	28.6	41.4
no tā – zinātniskai darbībai	2100	130.6	63.2	26.0	41.4
<b>Kapitālie izdevumi</b> (5000.rinda)	<b>5000;9000</b>	<b>25.0</b>	<b>0.0</b>	<b>4.9</b>	<b>20.1</b>
Pamatkapitāla veidošana	5000	25.0	0.0	4.9	20.1
no tā - zinātniskai darbībai	5100	25.0	0.0	4.9	20.1

LU Polimēru mehānikas institūta direktors

E.Plūme

Institūta galvenā grāmatvede  
24.05.2012.

I.Čerņavska