

2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM

2.1. Projekts Nr. 3

Nosaukums

Risku ievērtēšana drošām, efektīvām un ilgtspējīgām būvēm

vārds, uzvārds,
zinātniskais grāds
Institūcija
ieņemamais amats
Kontakti

Ainārs Paeglītis	
Dr.sc.ing.	
Rīgas Tehniskā universitāte	
Profesors	
<i>Tālrunis</i>	+371 29269448
<i>E-pasts</i>	ainars.paeglitis@rtu.lv

2.2. Projekta Nr. 3 mērķi

(Norāda projekta mērķi (saskaņā ar apstiprināto projekta pieteikumu un līgumu) un informāciju par mērķa sasniegšanu/izpildi)

1. projekta mērķis: *Izstrādāt jaunas metodes riska ievērtēšanai būvēm un konstrukcijām, lai nodrošinātu to drošu, efektīvu un ilgtspējīgu ekspluatāciju*

3 projekta 1. uzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 3-A

3. projekta 1.uzdevums: Izpētīt Latvijas autoceļu tiltu dinamiskos raksturojumus un noskaidrot to ietekmi uz konstrukciju drošumu, izstrādāt konstrukciju risku, drošuma un robustuma noteikšanas metodes.

2. posma 2.1. uzdevums: Transportlīdzekļa un brauktuves konstrukcijas mijiedarbības izpēte.

Pētījumā ir apskatīti dažādi tiltu veidi Latvijā, kuriem ir veiktas dinamiskās pārbaudes. Pētījuma rezultāti parāda, ka tiltu dinamiskie raksturlielumi (pašsvārstību frekvence, rimšanas koeficients, dinamiskuma koeficients) ir atkarīgi no tilta konstrukcijas materiāla veida un statiskās shēmas, savukārt dinamisko koeficientu stipri ietekmē seguma gludums. Modelējot uz seguma negludumus vai bedres, dinamiskuma koeficients konstrukcijai var pieaugt pat 2 reizes., kā arī iesniegt 1 publikācija

2.posma 2.2. uzdevums: Satiksmes slodzes iedarbības uz tiltu konstrukcijām analīze.

Pētījumiem izmantoti svēršanas gaitā, angļu valodā weigh-in-motion, turpmāk tekstā WIM, sistēmu dati no četrām VAS "Latvijas Valsts ceļi" (LVC) īpašumā esošām WIM stacijām. Šie dati, to tīrīšana un apstrāde plašāk aprakstīta otrajā nodaļā "Satiksmes dati". Tā kā īsu un vidēju laidumu tiltu slodzes ir dotas "1. Eirokodekss. Iedarbes uz konstrukcijām 2. daļa: Satiksmes slodzes tiltiem:", tad aprēķinājām slodzes gara laiduma (garāki par 200 m) tiltiem. Pieņemumi, izmantotā aprēķinu metode un tās dotie rezultāti apskatīti trešajā nodaļā "Slodžu aprēķini". Pēc slodžu aprēķina secinājām, ka ierobežoto izejas datu dēļ, ir nepieciešams datus simulēt, tāpēc pētījuma otrajā daļā apskatījām vai satiksmes intensitāte gada griezumā ir līdzīga uz visiem autoceļiem. Ja tā būtu, tad varētu veikt īsus, piemēram, divas nedēļas garus, mērījumus uz interesējošā autoceļa un pārējā gada intensitāti iegūt pieņemot, ka tā mainās tāpat kā uz citur. Konstatējām, ka trijās no četrām mērījumu vietās satiksmes intensitāte mainās pietiekami līdzīgi, lai to varētu vispārināt kā standarta gadījumu visiem Latvijas autoceļiem.

Pētījumu rezultāti prezentēti sekojošās starptautiskās konferencēs:

1. Paeglīte I., Traffic load on bridge dynamic response, 2nd International Conference Innovative Materials, Structures and Technologies, 30.09. - 02.10.2015, Rīga, Latvia.
2. Paeglīte I., Smirnovs J. Dynamic effects caused by vehicle – Bridge interaction, 5th International Scientific Conference of Civil Engineering, Architecture, Land management and Environment, 14-15 May 2015, Jelgava, Latvia.
3. Paeglītis A., Freimanis A. Modeling of traffic loads for bridge spans from 200 to 600 meters, 5th International Scientific Conference of Civil Engineering, Architecture, Land management and Environment, 14-15 May 2015, Jelgava, Latvia.
4. Freimanis A., Analysis of yearly traffic fluctuation on Latvian highways, 2nd International Conference Innovative Materials, Structures and Technologies, 30.09. - 02.10.2015, Rīga, Latvia.

Sagatavoti sekojošie pilna teksta zinātniskie raksti, kas pieejami Scopus vai Web of Science datu bāzē:

1. Freimanis A., Paeglītis A., Analysis of yearly traffic fluctuation on Latvian highways, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 96 (2015)
 - a. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012064/pdf>

Sagatavoti sekojošie pilna teksta zinātniskie raksti, kas publicēti konferenču izdevumā:

1. Paeglīte I., Smirnovs J. Dynamic effects caused by vehicle – Bridge interaction. In. 5th International Scientific Conference Proceedings, Vol. 5, 2015, 11-14, ISSN 2255-7776
2. Paeglītis A., Freimanis A. Modeling of traffic loads for bridge spans from 200 to 600 meters. In. 5th International Scientific Conference Proceedings, Vol. 5, 15-23, ISSN 2255-7776

Otrā projekta posmā par projekta tēmām izstrādāti un aizstāvēti šādi bakalaura darbi ar inženierprojektu:

1. M.Cepurnieks “Satiksmes organizācijas un drošības analīze un iespējamie uzlabojumi Limbažu pilsētā”, inženierprojekts “Rostokas ielas pārbūve Rīgā”, vad. J.Smirnovs.

Populārzinātniskas publikācijas:

1. Paeglītis, A. (2015) Koka tilti Latvijā – vēsture un perspektīvas (Timber bridges in Latvia – history and perspective). // Būvinženieris, 2015.gada decembris, Nr.47, 156-163.lpp. ISSN 1691-9262.

Projektā strādā 2.kursa doktorants Andris Freimanis un 3. kursa doktorante Ilze Paeglīte. Ilzes Paeglītes promocijas darba tēma ir “Kustīgās slodzes iedarbība uz tiltu dinamiskajā īpašībām”, zinātniskais vadītājs – profesors Dr.sc.ing. Juris Smirnovs, aizstāvēšana paredzēta 2017. gadā. Andra Freimaņa promocijas darba tēma ir „Risku ievērtēšana drošām, efektīvām un ilgtspējīgām tiltu būvēm”, zinātniskais vadītājs – profesors Dr.sc.ing. Ainārs Paeglītis, aizstāvēšana paredzēta 2018. gadā.

3 projekta 2. uzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 3-B

3. projekta 2. uzdevums: izstrādāt metodoloģiju konstruktīvo elementu nebojātu vai bojājumu (dažādu veidu materiāla degradācijas formas) dinamisko parametru (svārstību frekvenču, svārstību modu, svārstību dzišanas parametru, utt.) eksperimentālai noteikšanai un to pielietošanai konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam

2. posma 1. uzdevums: Konstrukciju elementu bojājuma zonas lieluma un vietas lokalizācijas noteikšanas metožu izpēte.

Pārskata periodā tika veikti pētījumi gan sijas, gan plātnes tipa konstrukciju dinamisko parametru (svārstību frekvenču, svārstību modu, svārstību dzišanas parametru, utt.) eksperimentālai noteikšanai un to pielietošanai konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam. Iegūtie dinamiskie raksturlielumi, izmantojot atbilstošas signāla apstrādes metodes, tika izmantoti konstruktīvo elementu bojājumu raksturlielumu (vietas lokalizācija, zonas lielums) identifikācijai. Izstrādāto metožu efektivitātes novērtēšanai tika veikti skaitliski eksperimenti, analizējot metodes veiktspēju gan ierobežota skaita, gan trokšņainu dinamisko parametru datu pieejamības gadījumos, kā arī variējot bojājuma intensitātes pakāpi. Metodes validācijai tika veikti eksperimentāli gan sijas, gan plātnes tipa konstrukciju testi. Eksperimentālās konstrukciju pašsvārstību frekvences un atbilstošās šo frekvenču svārstību formas tiks iegūtas, izmantojot POLYTEC bez-kontakta lāzera vibrometrijas iekārtu.

Pētījumu rezultāti tika ziņoti sekojošās konferencēs:

1. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Kovalovs, A. Chate, *Damage identification in beam structure using spatial continuous wavelet transform*, IMST 2015 - 2nd International Conference „Innovative Materials, Structures and Technologies”, 30. septembris – 2. oktobris, 2015, Rīga, Latvija;
2. M. Wesolowski, S. Ručevskis, R. Janeliukstis, M. Polanski, *Damping Properties of Sandwich Truss Core Structures by Strain Energy Method*, IMST 2015 - 2nd International Conference „Innovative Materials, Structures and Technologies”, 30. septembris – 2. oktobris, 2015, Rīga, Latvija;
3. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Kovalovs, A. Chate, *Damage identification in beam structure using mode shape data: from spatial continuous wavelet transform to mode shape curvature methods*, ICoEV 2015 - IFTOMM International Conference on Engineering Vibration 2015, 7.-10. septembris, Ļubļana, Slovēnija;
4. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Kovalovs, A. Chate, *Damage identification in polymer composite beams using spatial continuous wavelet transform*, BPS 2015 – Baltic Polymer Symposium 2015, 16.-18. Septembris, Sigulda, Latvija.

Pētījumu rezultāti ir apkopoti šādās publikācijās, kas publicētas Scopus vai Web of Science datu bāzēs:

1. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Kovalovs, A. Chate, *Damage Identification in Beam Structure Using Spatial Continuous Wavelet Transform*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2015, 96(1), pp. 1-12.
 - a. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012058/pdf>
2. M. Wesolowski, S. Ručevskis, R. Janeliukstis, M. Polanski, *Damping Properties of Sandwich Truss Core Structures by Strain Energy Method*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2015, 96(1), pp. 1-8.
 - a. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/96/1/012022/pdf>
3. Mironov, A., Doronkin, P., Priklonsky, A., Chate, A., *Effectiveness of Application of Modal Analysis for the Monitoring of Stressed or Operated Structures*, Aviation, 2015, 19(3), pp. 112-122.
 - a. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/16487788.2015.1104860>

Pētījumu rezultāti ir apkopoti tēzes, kas iesniegtas dalībai sekojošās konferencēs:

1. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Chate, *Damage Identification Dependence on Number of Vibration Modes Using Mode Shape Curvature Squares*,

MoViC & RASD 2016 – „Joint International Conference: Motion and Vibration Control & Recent Advances in Structural Dynamics” 2016, 3.–6. jūlijs, Southamptona, Lielbritānija.

2. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, P. Akishin, A. Chate, *Wavelet Transform Based Damage Idetection in a Plate Structure*, WMCAUS – „World Multidisciplinary Civil Engineering Architecture Urban Planning Symposium” 2016, 13.–16. jūnijs, Prāga, Čehija.
3. R. Janeliukstis, S. Rucevskis, M. Wesolowski, A. Chate, *Multiple Damage Identification in Beam structure Using Wavelet Transform Technique*, MBMST 16 – 12th International Conference „Modern Building Materials, Structures and Techniques”, 26.–27. maijs, Viļņa, Lietuva.

Projektā strādā 2. kursa doktorants Rims Janeliukštis. Viņa promocijas darba tēma ir „Bojājumu identifikācijas metožu izstrāde konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam”, zinātniskie vadītāji – profesors Dr.sc.ing. Andris Čate un vadošais pētnieks Dr.sc.ing. Sandris Ručevskis, aizstāvēšanās ir paredzēta 2018. gadā.

3 projekta 3. uzdevuma aktivitāšu izpildes laika grafiks ir pievienots pielikumā 3-C

3. projekta 3. uzdevums: Izstrādāt inovatīvas viedas konstrukcijas ar uzsvaru uz atjaunojamo dabas resursu izmantošanu ar paaugstinātu ilgtspējību un drošumu, kas ir vērstas uz būvniecības un infrastruktūras objektiem.

2.posma 3.uzdevums: Konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes aprēķina metodikas izstrāde.

Otrā projekta posmā turpināti reducēto šķērsriezuma metodes eksperimentālas pārbaudes, apskatot dažādas liekto un spiesti-liekto elementu statistiskas shēmas. Apskatāmās metodikas pamatā ir LVS EN 1995-1-1.

Apskatīts panelis no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes, kas piekārts četros punktos un noslogots ar vienmērīgi izkliedētu statistiski pielikto slodzi. Apskatītais panelis no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes tiek aprēķināts izmantojot GEM ar programmām REFM 5.0. Konstatēts, ka atšķirība starp rezultātiem, kas iegūti ar reducēto šķērsriezuma metodi un rezultātiem, kas ir iegūti izmantojot GEM nepārsniedz 20 %.

Apskatīts panelis no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes, kas brīvi balstas uz divām malām un noslogots ar vienmērīgi izkliedētu statistiski pieliktu slodzi, kā arī aksiālo spēku. Apskatītais panelis no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes tiek aprēķināts izmantojot GEM ar programmām ANSYS v15. Konstatēts, ka atšķirība starp rezultātiem, kas iegūti ar reducēto šķērsriezuma metodi un rezultātiem, kas iegūti izmantojot GEM nepārsniedz 10 %.

Otrā projekta posmā uzsākts pētījums par viedas konstrukcijas racionālo konstruktīvo risinājumu. Izpētīti nesošas vanšu konstrukcijas iepriekšēja uzsprieguma racionālie parametri, kas ļauj uzlabot iekšējo spēku un spriegumu sadalījumu pie aprēķina slodzes pielikšanas un samazināt konstruktīvo materiālu patēriņu. Kā pētījumu objekts apskatīts sedlveida vanšu pārsegums ar izmēriem 60x60m un augstumu 12m. Parādīts, kā vanšu tīkla sadalījums 18 grupās, kas atšķiras ar iepriekšējo sasprieguma līmeni, ļauj samazināt vanšu tīkla materiālu patēriņu par 19.2%.

Pētījumu rezultāti ir apkopoti šādos rakstos, kas ir publicēti 2. posmā gaitā:

1. A.Vilguts, D.Serdjuks, L.Pakrastins, Design Methods of Elements from Cross-Laminated Timber Subjected to Flexure, [Procedia Engineering](#), Volume 117, Issue 1, 2015, 10-19

- a. <http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84941059644&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Serdjuks&st2=&sid=825680C2EBD50EF96A423542C8B86583.Vdktg6RVtMfaQJ4pNTCQ%3a210&sot=b&sdt=b&sl=21&s=AUTHOR-NAME%28Serdjuks%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>
2. Stuklis A., Serdjuks D., Goremikins V., Materials Consumption Decrease for Long-span Prestressed Cable Roof, Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference Environment. Technology. Resources, 2015, 209-215 .ISSN 1691-5402, DOI:
 - a. <http://dx.doi.org/10.17770/etr2015voll.231>,
3. Vilguts A., Serdjuks D., Goremikins V., Design Methods for Load-bearing Elements from Cross-Laminated Timber, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Volume 96, 2015
 - a. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815017713>
4. Hirkovskis A., Serdjuks D., Goremikins V., Pakrastins L., and Vatin N., Behaviour Analyze of Load-bearing Members from Aluminium Alloys, „Инженерно-строительный журнал”, ISSN: 2071-0305, 2071-4726, Sanktpēterburgs, Krievija, doi: 10.5862/MCE.57.8, pp. 86-96.

Pētījumu rezultātiem ziņots sekojošās starptautiskās konferencēs:

1. A.Vilguts, D.Serdjuks, L.Pakrastins, Design Methods of Elements from Cross-Laminated Timber Subjected to Flexure, International Scientific Conference - Urban Civil Engineering and Municipal Facilities, 2015, 18.03.15. – 20.03.15., Sanktpēterburga, Krievija;
2. Stuklis A., Serdjuks D., Goremikins V., Materials Consumption Decrease for Long-span Prestressed Cable Roof, 10th International Scientific and Practical Conference „Environment. Technology. Resources”, Rezekne, Latvia, 2015
5. Vilguts A., Serdjuks D., Goremikins V., Design Methods for Load-bearing Elements from Cross-Laminated Timber, IMST 2015 - 2nd International Conference Innovative Materials, Structures and Technologies, 30. septembris – 2. oktobris, 2015, Rīga, Latvija.

Otrā projekta posmā izstrādāti un aizstāvēti sekojoši maģistra darbi:

1. Kristaps FREIMANIS, „Nesošo elementu no Z profiliem darbības analīze” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks).
2. Jāna JURĪČUKA, „Krustiski līmētas koksnes nesošo elementu darbības analīzē” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks).
3. Jānis MŪRNIEKS, „Koka pārseguma nestspējas palielinājuma analīze” (vadītāji Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks, M. sc.ing. asist. A. Kukule)
4. Tatjana SAKNITE, „Lokveida koka pārseguma ugunsizturības analīze” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks).

Otrā projekta posmā izstrādāts un aizstāvēts sekojošais bakalaura darbs:

1. Karina BUKA-VAIVADE „Aprēķina metodiku pārbaude šķērsvirzienā kārtaini līmētam koka elementam. Veselības aprūpes centrs” (vadītājs Dr.sc.ing. prof. D.Serdjuks)

2.3. Projekta Nr. 3 uzdevumi

(Norāda projekta pārskata periodā plānotās darbības un galvenos rezultātus. Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz divas A4 lapas)

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
2.1. Transportlīdzekļa un brauktuves konstrukcijas mijiedarbības izpēte.	<i>Analizēta dinamiskuma koeficienta vērtība atkarība no tilta veida, garuma, braucošās automašīnas ātruma, tilta seguma kvalitātes un tilta sistēmas.</i>
2.2. Satiksmes slodzes iedarbības uz tiltu konstrukcijām analīze.	<i>Izstrādātā pieeja ļauj aprēķināt satiksmes intensitāti katrā gada nedēļā no īsa perioda un ar pārvietojamām iekārtām mērītiem datiem uz viena autoceļa par piemēru ņemot cita autoceļa intensitātes sadalījumu.</i>

Viens no lielākajiem ārējiem spēkiem, kas iedarbojas uz tilta konstrukciju, ir kustīga transportlīdzekļa slodze. Slodzes lielums ir atkarīgs no transportlīdzekļa veida, asu skaita un masas. Šāda veida slodzes ir laikā mainīgas, un to lielumu parasti nosaka ar varbūtību teorijas palīdzību. Reālo transportlīdzekļu svaru un asu skaitu var noteikt ar Automašīna parametru mērīšanu kustībā, jeb Weight-in-motion sistēmu. Šādas iekārtas tiek iestrādātas ceļa segumā un tās reģistrē automašīnas svaru tai, pārbraucot pār sensoriem.[1]

Ir noteikts, ka tilta dinamiskie raksturlielumi ir atkarīgi no tilta veida, automašīnas pārvietošanās ātruma, brauktuves seguma, tilta veida un citiem faktoriem. Ir divi tilta – automašīnas mijiedarbības pētījuma veidi: eksperimentāla vai analītiska pieeja. Eksperimentālā pieeja ir laikietilpīga, tai nepieciešamas speciālas iekārtas, lai noteiktu nepieciešamos raksturlielumus un tā ir salīdzinoši dārga. Savukārt analītiskā metode ir veids kā novērtēt tilta – automašīnas mijiedarbību, ja aprēķiniem pielietotā metode ir eksperimentāli pārbaudīta. [2]

Mijiedarbības modeļi, kuros tiek apskatīta enerģijas apmaiņa starp automašīnu un tilta konstrukciju, ietver sekojošus elementus:

- Konstrukcijas laiduma konstrukcijas modeli;
- Automašīnas ritošās daļas modeli;
- Automašīnas – tilta mijiedarbības modeli;
- Ceļa seguma stāvokļa aprakstu;
- Katra modeļa matemātiskā risinājuma algoritmu.

Automašīnas modeļi, kas apskatīti literatūrā var tikt iedalīti 3 grupās ar pieaugošu sarežģītību:

- Viendimensionāli (1D) modeļi, kur tiek ņemta vērā masa un asu vertikālais pārvietojums;
- Divdimensionāli (2D) modeļi, kur tiek modelēta auto projekcija vertikālā garenvirziena plaknē un kustība apskatīta tajā pašā plaknē.
- Trīsdimensionāli (3D) modeļi, kur tiek modelēts visas automašīnas kustības un asis.

Šāda metode ļauj ievērtēt automašīnas riteņu nevienādu saskari ar tilta konstrukciju. Visbiežāk pielietotā metode, lai simulētu automašīnas-tilta mijiedarbību, ir – atsevišķi matemātiski aprakstīt tiltu un automašīnu, bet mijiedarbība tiek aprēķināta caur iteratīvu procedūru, kurā spēka pārvede un izlieces tiek noteiktas katram ritenim atsevišķi. Visbiežāk automašīnas vienādojumam tiek izmantota tiešā integrēšana laikā, bet tilta konstrukcijai - modālā superpozīcijas metode. Otra metode ir - uzreiz apskatīt pilnībā savienotu sistēmu, bet šādas metodes

pielietošana prasa lielus aprēķinu resursus. Apvienotās konstrukcijas matricā tiek ievietota tilta un automašīnas masa, rimšanas koeficients un stingums. Šāda aprēķinu sistēma neļauj ievērtēt tilta konstrukcijas nelinearitātes un šāda metode neievērtē jebkādu automašīnas tilta nesaskaršanos, t.i., riteņi vienmēr pilnā saskarē ar segumu.

Tilta seguma nelīdzenums ir galvenais dinamiskā ierosinājuma avots konstrukcijā. Ir metodes, kas ļauj noteikt seguma raupjumu un tas tiek iekļauts aprēķina modelī. Ja nav iespējams precīzi noteikt seguma raupjumu, tad tiek izmantota varbūtību teorija un pieņemts raupjuma profils balstoties uz iepriekš veiktajiem mērījumiem.

Lai arī ir iespējams matemātiski modelēt tilta-automašīnas mijiedarbību, tas nedod nepieciešamo informāciju, lai novērtētu konstrukcijas darbību slodzes ietekmē. Daudz vairāk par konstrukciju ir iespējams pateikt veicot dinamiskās pārbaudes, kurās, automašīnai pārbraucot tiltam, ir iespējams noteikt svārstību dinamiskuma koeficientu (Dynamic amplification factor), pašsvārstību frekvences un rimšanas koeficientu. Šādi raksturlielumi visprecīzāk apraksta kustīgās slodzes, jeb automašīnas ietekmi uz tilta konstrukcijas dinamiskajām īpašībām.

Lai arī pašsvārstību frekvence un rimšanas koeficients var tikt salīdzināts ar galīgo elementu aprēķina modeļa iegūtajiem dinamiskajiem raksturlielumiem, visprecīzāk dinamisko ietekmi uz tilta konstrukciju parāda tieši dinamiskuma koeficients. Dinamiskuma koeficients tiek aprēķināts kā attiecība starp dinamisko un statisko konstrukcijas atbildes reakciju uz pielikto slodzi (izsaka kā izlieci vai spriegumu), un tas parāda par cik palielinās slodze uz konstrukciju, ja tiek ievērtēta arī dinamiskā ietekme. Šāds dinamiskās slodzes ievērtējums tiek izmantots tiltu aprēķina slodzes normatīvā LVS 1991-2 "Satiksmes slodzes tiltiem".

Pētījumā ir apskatīti dažādi tiltu veidi Latvijā, kuriem ir veiktas dinamiskās pārbaudes. Pētījuma rezultāti parāda, ka tiltu dinamiskie raksturlielumi (pašsvārstību frekvence, rimšanas koeficients, dinamiskuma koeficients) ir atkarīgi no tilta konstrukcijas materiāla veida un statiskās shēmas, savukārt dinamisko koeficientu stipri ietekmē seguma gludums. Modelējot uz seguma negludumus vai bedres, dinamiskuma koeficients konstrukcijai var pieaugt pat 2 reizes.

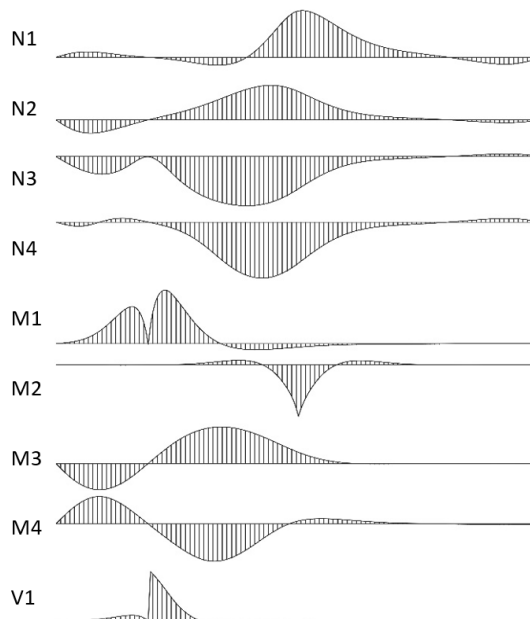
3.3.2. uzdevuma ietvaros 2014. un 2015. gadā laika grafikā paredzēts, ka tiks analizētas satiksmes slodzes iedarbība uz tiltu konstrukcijām.

Pētījumiem izmantoti svēršanas gaitā, angļu valodā weigh-in-motion, turpmāk tekstā WIM, sistēmu dati no četrām VAS "Latvijas Valsts ceļi" (LVC) īpašumā esošām WIM stacijām. Šie dati, to tīrīšana un apstrāde plašāk aprakstīta otrajā nodaļā "Satiksmes dati". Tā kā īsu un vidēju laidumu tiltu slodzes ir dotas "1. Eirokodekss. Iedarbes uz konstrukcijām 2. daļa: Satiksmes slodzes tiltiem:", tad aprēķinājām slodzes gara laiduma (garāki par 200 m) tiltiem. Pieņēmumi, izmantotā aprēķinu metode un tās dotie rezultāti apskatīti trešajā nodaļā "Slodžu aprēķini". Pēc slodžu aprēķina secinājām, ka ierobežoto izejas datu dēļ, ir nepieciešams datus simulēt, tāpēc pētījuma otrajā daļā apskatījām vai satiksmes intensitāte gada griezumā ir līdzīga uz visiem autoceļiem. Ja tā būtu, tad varētu veikt īsus, piemēram, divas nedēļas garus, mērījumus uz interesējošā autoceļa un pārējā gada intensitāti iegūt pieņemot, ka tā mainās tāpat kā uz citur. Konstatējām, ka trijās no četrām mērījumu vietā satiksmes intensitāte mainās pietiekami līdzīgi, lai to varētu vispārināt kā standarta gadījumu visiem Latvijas autoceļiem. Šī daļa aprakstīta ceturtajā nodaļā "Satiksmes intensitātes mainīgums".

Saistībā ar uzdevumu publicēti trīs raksti, kuri citēti piektajā nodaļā "Publicētie raksti". Trešais raksts "Load calculation methods for long-span bridges" pašlaik nodots atkārtotai recenzēšanai.

Sākotnēji pētījumiem bija pieejami dati no WIM stacijām autoceļu A1 72. km un A3 24. km, kopā 2'670'344 transportlīdzekļu, tāpēc slodzes tiltiem aprēķinātas no tiem. Pēcāk no LVC saņēmām papildu datus no iekārtām uz autoceļiem A1 un A3, kā arī jaunus no A7 un P80. Dati no četrām sistēmām tika izmantoti satiksmes intensitātes mainīguma novērtēšanai. Visu WIM sistēmu atrašanās vietas parādītas 1. attēlā. Kopā bija pieejami 8'186'871 transportlīdzekļu mērījumi laika periodā no 2012. gada 14. jūlija līdz 2015. gada 31. martam (dažādiem autoceļiem periodi atšķirās). Kā katri mērījumi arī šie saturēja kļūdas, tādēļ izmantojām divas tīrīšanas metodes. Slodžu aprēķinam – tā fokusējās uz patiesā automašīnu svara iegūšanu, ziedojot daļu automašīnu skaita, savukārt intensitāšu salīdzināšanai, kur transportlīdzekļu skaits ir svarīgāks, uz maksimālu to saglabāšanu.

Tiltu slodžu aprēķinam, vispirms datus iztīrīja balstoties uz atbilstības kodiem, angļu valodā – validity codes. Šos kodus mēriekārtas pievienoja transportlīdzekļiem, ja to svēršanas laikā tika konstatētas kādas neatbilstības. Starp 18 dažādiem kodiem atlasījām trīs, kuri noteikti liecināja par kļūdainiem mērījumiem, un izdzēsām tos saturošās automašīnas. Atšķirīgo sensoru un asfalta seguma termiskās izplešanās koeficientu dēļ, apkārtējās temperatūras svārstības ietekmē svara mērījumus, tāpēc izmantojām metodi šīs ietekmes ievērtēšanai. Šī metode deva labus rezultātus, jo tika samazināts transportlīdzekļu svara variāciju koeficients. Pēc tam lietojām vispārīgus filtrus un specifiskus filtrus atsevišķi vieglajām un kravas automašīnām, kas izdzēsa tikai tās automašīnas, kurām konstatētas rupjas mērījumu kļūdas. Šī tīrīšana palielināja transportlīdzekļu grupu vidējo svaru, tādejādi radot papildus drošumu.



1. attēls. WIM sistēmu atrašanās vietas. 2. attēls. Jēkabpils tilta ietekmes līnijas

- N1 – ass spēks centrālā laiduma garākajā
vantī;
- N2 – ass spēks malējā laiduma garākajā
vantī;
- N3 – ass spēks pilona apakšā;
- N4 – ass spēks pilona vidū;
- M1 – lieces moments klājā uz pilona;
- M2 – lieces moments centrālā laiduma

vidū;

M3 – lieces moments pilona apakšdaļā;

M4 – lieces moments pilona vidū;

V1 – šķērsspēks klājā pie pilona.

Intensitātes izmaiņām svarīgs ir katrs transportlīdzeklis, bet absolūti nenozīmīgs ir to svars. Tāpēc šim gadījumam pārbaudījām, lai faili nesatur vairāku dienu datus, bet netika veikta nekāda transportlīdzekļu dzēšana. Tā kā garas kravas automašīnas kā vilcēji ar puspiekabēm (“fūres”) vai autobusi var tikt nepareizi sadalīti divās daļās, tad satiksmes intensitāte neveicot tīrīšanu palielinās. Dalītie transportlīdzekļi parasti nesastāda vairāk kā 1% no kopējā skaita un to ietekme ir nenozīmīga.

Lai simulētu dažādas satiksmes plūsmas tika sagatavoti seši dažādi satiksmes scenāriji un katrā no tiem tika apskatīta visnoslogotākā tilta josla. Pirmais sastāvēja tikai no kravas automašīnām, katrā nākamajā scenārijā plūsmā iekļāvām no 10% līdz 50% vieglo automašīnu. Transportlīdzekļi katra scenārijā tika nostādīti rindā ar konstantu 5m attālumu starp priekšā esošā transportlīdzekļa pēdējo un aizmugurē esošā pirmo asi.

Apskatījām divus dažādas pieejas gara laiduma tiltu slodžu aprēķiniem. Pirmajā katras dienas transportlīdzekļu rinda tika bīdīta pāri konstanta garuma laidumam. Slodzi aprēķinājām visu uz laiduma esošo transportlīdzekļu kopējo masu dalot ar laiduma garumu, tādējādi iegūstot slodzi uz metru. Ar šo pieeju apskatījām laidumus no 200 līdz 600 metriem. Otrā bija tuvināta reāliem apstākļiem dabā. Tiltam pār Daugavu Jēkabpilī, kuram pabeigts skiču projekts izvēlējamies deviņus raksturīgos šķēlumus, kuriem uzzīmējam ietekmes līnijas, kas rādīja slodzes iedarbību uz šķēlumu atkarībā no tās novietojuma, tās parādītas 2. attēlā. Tādas pat rindas kā konstanta laiduma gadījumā tika bīdītas pāri šīm ietekmes līnijām. Slodzes aprēķinājām atbilstoši vienādojumam (1)

$$q_i = \max \left(\frac{\sum P^*y > 0}{A_{pos}}; \frac{\sum P^*y < 0}{A_{neg}} \right) \quad (1)$$

kur q_i – izklīdētā slodze, P – transportlīdzekļa ass slodze, y – ass slodzes ietekme uz šķēlumu, A – pozitīvais vai negatīvais ietekmes līnijas laukums.

Abos gadījumos atradām katras dienas maksimālo slodzi. Izvērtējot vairākus varbūtību sadalījumus izvēlējamies Gumbela sadalījumu, kuram tika atrasti vispiemērotākie koeficienti, lai apraksfītu dienu maksimumus. Pēc tam slodzes tika ekstrapolētas līdz pārsniegšanas varbūtībai 5% 50 gadu periodā. Varējām secināt, ka ietekmes līnijas dod lielākas slodzes, kā konstantā laiduma pieeja, taču tās būtu jāuzskata par precīzākām konkrētam tiltam. Ekstrapolētās slodzes tika salīdzinātas ar 1. Eirokodeksā dotajām un secinājām, ka tās ir lielākas. Tas varētu būt izskaidrojams ar to, ka transportlīdzekļu svars ir pieaudzis kopš 1987.gada, kad tika mērīta satiksme no, kuras iegūtas Eirokodeksa slodzes, taču to nevar viennozīmīgi apgalvot. Pieļaujams, ka mūsu pieņēmumi par satiksmes plūsmu, sevišķi par attālumu strap automašīnām, bija par konservatīvu, taču mums nebija pieejami dati par patiesiem attālumiem sastrēgumu gadījumos.

Tā kā arī ekstrapolēšana rezultātiem dod zināmu neprecizitāti, to būtu jānovērš ar maksimāli lielu datu vākšanas periodu, vai ar simulētiem datiem garam laika periodam. Lai noskaidrotu, vai ir iespējams izmantot satiksmes intensitātes sadalījumu no viena autoceļa, datu simulēšanai uz cita autoceļa, apskatījām intensitātes sadalījumu uz četriem autoceļiem. Katras nedēļas vidējā intensitāte tika

izdalīta ar visa gada vidējo, šādi varējām salīdzināt autoceļus pat, ja to patiesā intensitāte atšķirās un ieguvām katras nedēļas intensitātes atšķirību no gada vidējās. Šī pieeja ļauj aprēķināt satiksmes intensitāti katrā gada nedēļā no īsa perioda un ar pārvietojamām iekārtām mērītiem datiem uz viena autoceļa par piemēru ņemot cita autoceļa intensitātes sadalījumu. Proti, ja uz autoceļa X divas nedēļas pirms Jāņiem ir mērīta intensitāte un citiem autoceļiem šajā laika periodā tā ir 60% no gada vidējās, tad palielinot nomērīto intensitāti par 40 procentpunktiem iegūst gada vidējo intensitāti (GVI). GVI, savukārt, var pēc tam atbilstoši citu autoceļiem, palielināt vai samazināt iegūstot intensitāti citās nedēļās.

Salīdzinājums rādīja, ka uz autoceļiem A7, A3 un P80 satiksme gada laikā mainās ļoti līdzīgi. Izņēmums bija autoceļš A1 uz kura tā vasara laikā ievērojami pieauga, bet tas izskaidrojams ar dažādiem Salacgrīvā un tās apkārtnē notiekošajiem mūzikas festivāliem (Positivus, Klasiskās mūzikas festivāls, Jūras svētki). No tā varējām secināt, ka intensitāte aprēķināma no īslaicīgiem mērījumiem, bet jāpārbauda vai nav kādi lokāli apstākļi, kas intensitāti neraksturīgi palielina vai samazina.

2. Konstrukciju elementu bojājuma zonas vietas lokalizācijas noteikšanas metožu izpēte

Metode sijas tipa konstruktīvo elementu ekspluatācijas laikā radušos bojājumu lokalizācijai. Sagatavota publikācija iesniegšanai konferencēi

Pārskata periodā tika veikti pētījumi gan sijas, gan plātnes tipa konstrukciju dinamisko parametru (svārstību frekvenču, svārstību modu, svārstību dzišanas parametru, utt.) eksperimentālai noteikšanai un to pielietošanai konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam. Iegūtie sijas tipa konstrukciju dinamiskie raksturlielumi, izmantojot atbilstošas signāla apstrādes metodes, tika izmantoti konstruktīvo elementu bojājumu raksturlielumu (vietas lokalizācija, zonas lielums) identifikācijai. Šīs problēmas risinājumam tiek piedāvāts izmantot veivletu transformācijas (VT) metodi. Tas ir matemātisks pārveidojums, ar kuru tiek noteikta korelācija starp pētāmo signālu un, tā saukto, veivletu funkciju. Korelācijas rezultātā tiek iegūti lielas vērtības transformācijas koeficienti. Lielākie pīķi veivletu transformācijas atkarības grafikā no konstrukcijas koordinātes norāda vietu, kur ir lokalizēts bojājums. Lielākai rezultātu ticamībai tika izvērtēts liels daudzums dažādu veivletu funkciju pie dažādas vērtības mēroga parametriem.

Bojājuma identifikācija tika raksturota ar bojājuma indeksu, kas VT gadījumā ir vienāds ar VT koeficientu vērtību. Katrai svārstību formai aprēķinātās bojājuma indeksa vērtības tika normētas un saskaitītas pa visām svārstību formām. Tika aprēķināts standartizētais bojājuma indekss, pamatojoties uz statistikas hipotēzes koncepciju, saskaņā, ar kuru konstrukcijas bojājums tiek lokalizēts, izmantojot kādu noteiktu ticamības vērtību. Tika ieviests parametrs, nosaukts par „bojājuma noteikšanas paļāvību”, kas procentuāli raksturo ticamību, ar kādu tiek noteikta bojājuma lokalizācija, izmantojot konkrētu veivleta funkciju. Izmantojot VT metodi, tika veikta visu apskatāmo veivleta funkciju mēroga parametru analīze, tas ir, tika noteikts, pie kura mēroga parametra iegūstami vislabākie bojājuma noteikšanas rezultāti. Piedevām, tika apskatīts, kā bojājuma noteikšanas paļāvība mainās atkarībā no tā, cik daudz izmērīto svārstību formu datu punktu tiek izmantots aprēķinā ar mērķi aptuveni novērtēt blīvumu sensoriem, kurus varētu integrēt konstrukcijā reālā situācijā.

Metodes veiktspējas novērtēšanai tika veiktas skaitliskās simulācijas, kurās svārstību formām mākslīgi tika pielikti dažādi trokšņa līmeņi, lai pārbaudītu metodes jutību attiecībā pret eksperimentālajiem svārstību formu datiem, kas jau dabiski satur

kādu troksni. Veivletu transformācijas metodes efektivitāte bojājumu noteikšanai tika pārbaudīta eksperimentāli, izmantojot sekojošus paraugus:

1. divas atšķirīga garuma alumīnija sijas, kas satur vienu bojājumu,
2. divas atšķirīga garuma alumīnija sijas, kas satur divus bojājumus,
3. divas atšķirīga garuma polimēra kompozīta sijas, kas satur vienu bojājumu,

Bojātas konstrukcijas svārstību formu skaitliskā simulācija tika veikta, izmantojot galīgo elementu programmu ANSYS, ar kuru tika ievērtēti siju ģeometriskie izmēri, materiālu īpašības. Bojājums tika simulēts, samazinot sijas biezumu bojājumam paredzētajā vietā. Visi aprēķini, tajā skaitā, bojājuma indekss, tā standartizācija, bojājuma noteikšanas paļāvība u.c. abām metodēm tika aprēķināti, izmantojot MATLAB programmatūru.

Pārskata periodā paralēli sākts arī darbs pie bojājumu noteikšanai metodes plātnes tipa konstrukcijās. Piedāvātās metodes priekšrocība ir tāda, ka atšķirībā no pieejamajām metodēm plātnes tipa konstrukcijām, dotai metodei nepieciešami dinamisko parametru dati tikai no ekspluatācijā jau esošas konstrukcijas. Metodes pamatideja ir tāda, ka konstrukcijām nebojātā stāvoklī pašsvārstību formas liekumu virsmas ir gludas, un tās ir iespējams aproksimēt, izmantojot polinomu. Tādejādi, pašsvārstību formas liekumu virsmas konstrukcijai nebojātā stāvoklī tiek iegūtas, aproksimējot konstrukcijas bojātā stāvokļa pašsvārstību formas liekumu virsmas. Bojājuma noteikšanas indekss tiek definēts kā absolūtā starpība starp bojātas konstrukcijas formas liekuma virsmas kvadrātu un aproksimētās bojātas konstrukcijas formas liekuma virsmas kvadrātu, kas dotajā gadījumā reprezentē konstrukcijas nebojāto stāvokli. Maksimālā bojājuma noteikšanas indeksa vērtība norāda uz bojājuma atrašanās vietu un izmēru. Izstrādātās metodes efektivitātes novērtēšanai, tika veikti skaitliski eksperimenti, analizējot metodes veiktspēju gan ierobežota skaita, gan trokšņainu dinamisko parametru datu pieejamības gadījumos, kā arī variējot bojājuma intensitātes pakāpi. Metodes validācijai tika veikti alumīnija plātnes ar iepriekš ieviestu bojājuma zonu eksperimentāli testi. Eksperimentālās konstrukciju pašsvārstību frekvences un atbilstošās šo frekvenču svārstību formas tiks iegūtas, izmantojot POLYTEC bez-kontakta lāzera vibrometriju iekārtu. Iegūtie rezultāti rāda, ka metode spēj dot ticamus bojājumu identifikācijas rezultātus gan ierobežota skaita, gan trokšņainu dinamisko parametru datu pieejamības gadījumos, gan arī pie dažādām bojājumu intensitātes pakāpēm. Rezultāti apstiprina pieņēmumu, ka izstrādā metode, to attīstot tālāk, būs pielietojama ne tikai laboratorijas apstākļos, bet arī praktiskos, tādu liela izmēra konstrukciju kā mašīnbūves un avio būves konstruktīvie elementi, bojājumu identifikācijas testos, izmantojot atbilstošu eksperimentālu aparatūru.

Pētījumu rezultāti ir publicēti 3 WoS un Scopus datu bāzēs indeksētās publikācijās un ziņoti 3 starptautiskās zinātniskās konferencēs 2015. gadā.

3. Konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koknes aprēķina metodikas izstrāde.

Paveikts reducēto šķērsriezuma metodes eksperimentālas pārbaudes šķērsvirzienā kārtaini līmētiem koka konstruktīvo elementu aprēķiniem. Izpētīti nesošas vanšu konstrukcijas iepriekšēja uzsprieguma racionālie parametri. Publicēti trīs raksti konferenču raksta krājumus, publicēts raksts žurnālā.

Lai realizētu 3. projekta 2. posma 3. uzdevumu paveikts reducēto šķērsriezuma metodes eksperimentālas pārbaudes šķērsvirzienā kārtaini līmētiem koka konstruktīvo elementu aprēķiniem. Tika paveikti divi eksperimenti. Pirmā

eksperimenta gaitā tika apskatīti astoņi šķērsvirzienā kārtaini līmēti koka paneļi ar izmēriem 2x0.35 m un kopējo biezumu 60 mm. Ārējo un vidējo dēļu šķērsgriezumi ir 20x110 mm. Ārējos slāņos šķiedras virziens sakrīt ar paneļa garumu. Vidējā slāņa šķiedras tiek orientētas zem 90° pret ārējo slāņu šķiedru virzienu. Slāņi tiek salīmēti kopā ar putupolouretāna līmi zem spiediena 600 kg/m². Paneļu materiāls – stiprības klases C24 priedes koks. Paneļu statiskās shēma – brīvi balstīta sija ar laidumu 1.9 m. Paneļi tiek statistiski noslogoti ar diviem koncentrētiem spēkiem ar kopējo intensitāti, kas mainās robežās no 1 līdz 7 kN. Otrā eksperimenta gaitā tika apskatīti divi šķērsvirzienā kārtaini līmēti koka paneļi ar izmēriem 2x1 m un kopējo biezumu 95 mm. Ārējo un vidējo dēļu šķērsgriezumi ir 25x50 un 45x195 mm. Ārējos slāņos šķiedras virziens sakrīt ar paneļa garumu. Vidējā slāņa šķiedras tiek orientētas zem 90° pret ārējo slāņu šķiedru virzienu. Slāņi tiek salīmēti kopā ar putupolouretāna līmi zem spiediena 400 kg/m². Paneļu materiāls – stiprības klases C18 priedes koks. Paneļu statiskās shēma – panelis, kas ir piekarināts četros punktos. Paneļi tiek statistiski noslogoti ar vienmērīgi izkliedētu pa tā virsmas slodzi ar intensitāti no 0.46 līdz 5.09 kN/m². Apskatītie paneļi no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes tiek aprēķināti izmantojot reducēto šķērsgriezuma metode, gamma metode, kompozītu metode, bīdes analogiju metode un GEM ar programmām RFEM 5.0 un ANSYS v15.

Otrā projekta posmā uzsākts pētījums par viedas konstrukcijas racionālo konstruktīvo risinājumu. Izpētīti nesošas vanšu konstrukcijas iepriekšēja uzsprieguma racionālie parametri, kas ļauj uzlabot iekšējo spēku un spriegumu sadalījumu pie aprēķina slodzes pielikšanas un samazināt konstruktīvo materiālu patēriņu. Kā pētījumu objekts apskatīts sedlveida vanšu pārsegums ar izmēriem 60x60m un augstumu 12m, vanšu solis ir vienāds ar 2.828 m. Vanšu materiāls – tērauda troses ar elastības moduli 1.5·10⁵ MPa. Tērauda stieples robežstiprība stiepē 1770 MPa. Vanšu pārsegums statistiski noslogots ar pašsvaru un sniega slodzi, kas kopā sasniedz 3.039 kPa. Pārsegums sastāv no diviem koksnes slāņiem ar kopējo biezumu 66 mm vai šķērsvirzienā kārtaini līmēta koka paneļiem. Paneļu materiāls – stiprības klases C24 priedes koks. Apskatītais vanšu tīkls no tērauda troses tiek aprēķināts izmantojot GEM ar programmām ANSYS v14.

Rezultāti:

1. Parādīts, ka atšķirība starp rezultātiem, kas iegūti liektiem šķērsvirzienā kārtaini līmētam koka paneļiem ar reducēto šķērsgriezuma metodi, gamma metodi, kompozītu metodi, bīdes analogiju metodi, GEM un eksperimentāli atrodas robežās no 0.1 līdz 17.9 %.
2. Konstatēts, ka atšķirība starp rezultātiem, kas ir iegūti liektiem un spiesti liektiem šķērsvirzienā kārtaini līmētiem koka paneļiem ar reducēto šķērsgriezuma metodi un rezultātiem, kas ir iegūti izmantojot GEM nepārsniedz 10 %.
3. Izpētīti nesošas vanšu konstrukcijas iepriekšēja uzsprieguma racionālie parametri, kas ļauj uzlabot iekšējo spēku un spriegumu sadalījumu pie aprēķina slodzes pielikšanas un samazināt konstruktīvo materiālu patēriņu. Parādīts, kā vanšu tīkla sadalījums 18 grupās, kas atšķiras ar iepriekšējo sasprieguma līmeni, ļauj samazināt vanšu tīkla materiālu patēriņu par 19.2% sedlveida vanšu pārsegumam ar izmēriem 60x60m un augstumu 12m statistiska slogojuma gadījumā.
4. Trešā pētījumu posmā paredzēts:
5. turpināt reducēto šķērsgriezuma metodes eksperimentālas pārbaudes, apskatot dažādas liekto un spiesti-liekto elementu statistiskās shēmas; piedāvāt konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes aprēķina metodiku.
6. Turpināt pētījumu par viedas konstrukcijas racionālo konstruktīvo risinājumu. Uzsākt konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes topoloģijas

optimizāciju un to racionālo no materiāla patēriņa viedokļa parametru noteikšanu. Uzsākt nesošas konstrukcijas izstrādi, kas sastāv no galveniem stieptiem nesošiem elementiem un sekundāriem elementiem no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes.

2.4. Projekta Nr. 3 izvirzīto uzdevumu izpildes rezultāti

*(Novērtē, kādā mērā ir sasniegti plānotie mērķi un uzdevumi. Raksturo rezultātu zinātnisko un praktisko nozīmību, kā arī rezultātu praktisko lietojumu (lietišķiem pētījumiem). Raksturo problēmas, to iespējamās risinājumus, turpmākā darba virzienus. **Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz četras A4 lapas**)*

Atbilstoši 3. Projekta 2.posma uzdevumam 2.1. tika pētīta transportlīdzekļu ietekme uz tilta laiduma konstrukcijām, noteikti dinamiskuma koeficienti. Pētījumā ir apskatīti dažādi tiltu veidi Latvijā, kuriem ir veiktas dinamiskās pārbaudes. Pētījuma rezultāti parāda, ka tiltu dinamiskie raksturlielumi (pašsvārstību frekvence, rimšanas koeficients, dinamiskuma koeficients) ir atkarīgi no tilta konstrukcijas materiāla veida un statiskās shēmas, savukārt dinamisko koeficientu stipri ietekmē seguma gludums. Modelējot uz seguma negludumus vai bedres, dinamiskuma koeficients konstrukcijai var pieaugt pat 2 reizes.

Uzdevuma 2.2. ietvaros pētīta satiksmes slodzes iedarbība uz tiltu konstrukcijām, kuru laidums lielāks par 200 m, jo Eirokodeksā paredzētās slodzes attiecas uz laidumiem līdz 200 m. Tā kā drīzumā paredzēts būvēt vanšu tiltu pār Daugavu Jēkabpilī, kura centrālais laidums būs ap 320 m, tad veiktais pētījums attiecas uz slodzes noteikšanu drošai tilta ekspluatācijai. Izmantojot datus par Latvijas satiksmi, aprēķinātas slodzes tiltu laidumiem no 200 līdz 600 m. Konstatēts, ka pat visnelabvēlīgākajiem satiksmes scenārijiem, aprēķinātās slodzes ir zemākas par standartos dotajām un palielinoties slogotajam garumam tās vēl vairāk samazinās. Uzsākta pētniecība par Weigh-in-motion sistēmu datu tīrīšanu, lai iegūtu maksimāli precīzus datus tālākiem aprēķiniem.

Trešajā posmā (2016.gadā), lai sasniegtu izvirzīto mērķi, ir paredzēts veikt divus uzdevumus:

3.1.apakšuzdevums - Transportlīdzekļu svara un kustības ātruma ietekmes novērtēšana uz konstrukcijas dinamiskajām īpašībām..

3.2.apakšuzdevums – Būvmateriālu fizikālo nenoteiktību ietekmes uz nestspēju matemātiskā modeļa izstrāde.

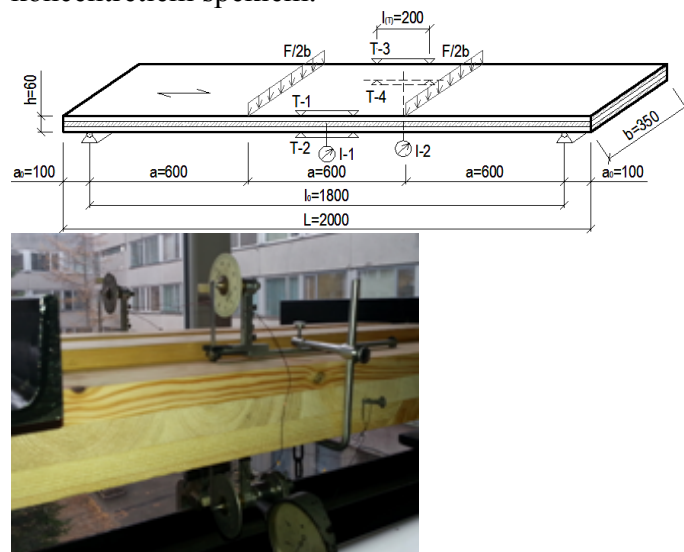
Atbilstoši 3. Projekta 2.posma izvirzītajam 2. uzdevumam: „Izstrādāt metodoloģiju konstruktīvo elementu bojājumam vai ar bojājumu (dažādu veidu materiāla degradācijas formas) dinamisko parametru (svārstību frekvenču, svārstību modu, svārstību dzišanas parametru, utt.) eksperimentālai noteikšanai un to pielietošanai konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringam” atskaites periodā plānotie mērķi ir sasniegti pilnībā. Pētījumu rezultāti ir publicēti 3 WoS un Scopus datu bāzēs indeksētās publikācijās un ziņoti 3 starptautiskās zinātniskās konferencēs 2015. gadā.

Projekta īstenošanas 2. posma ietvaros tika tālāk attīstīta uz svārstībām balstīta bojājumu identifikācijas metode, kas paredzētas praktiskiem pielietojumiem. Ar izstrādāto metodiku ir iespējams noteikt bojājuma vietu, kas nav redzama no ārpusē, gan homogēniem materiāliem, gan kompozītmateriāliem. Bojājumu noteikšanas indeksi tika izstrādāti gan vienas dimensijas, gan divu dimensiju telpās, tādējādi nodrošinot bojājumu noteikšanu gan sijas tipa, gan plātnes tipa konstrukcijās, un, izmantojot atbilstošu eksperimentālu aparāturu, metodi ir iespējams paplašināt arī uz tādu liela izmēra konstrukciju kā mašīnbūves un avio būves konstruktīvie elementi, utt. bojājumu identifikāciju.

Trešajā posmā (2016.gadā), lai sasniegtu izvirzīto mērķi, ir paredzēts veikt sekojošus uzdevumus:

1. Iepriekš saspriegto dzelzsbetona konstruktīvo elementu skaitliskā modelēšana un simulācijas iepriekšējā sasprieguma zuduma novērtēšanai.
2. Plātnē un sendvičtipa konstruktīvo elementu ekspluatācijas laikā radušos bojājumu identifikācijas metodikas izstrāde.

Atbilstoši 3. Projekta 2. posma 3. uzdevumam paveikts reducēto šķērsriezuma metodes eksperimentālas pārbaudes šķērsvirzienā kārtaini līmētiem koka konstruktīvo elementu aprēķiniem. Apskatīti astoņi paneļi no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes, kas brīvi balstās uz divām malām un statistiski noslogoti ar diviem koncentrētiem spēkiem.



1. attēls. CLT paneļa sloģošanas shēma un mēraparātu izvietojums.

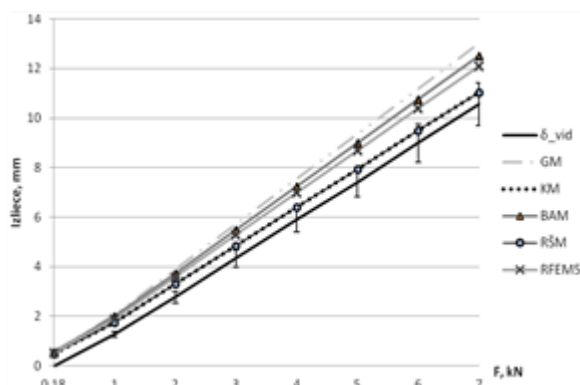
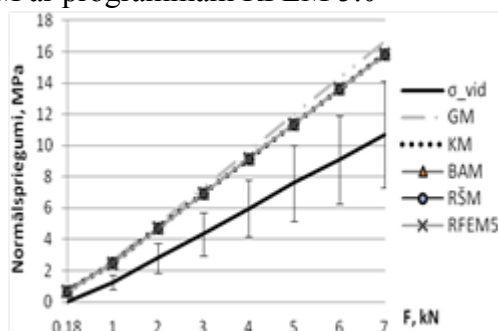
Apskatītie paneļi no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes tiek aprēķināti izmantojot reducēto šķērsriezuma metodi, gamma metodi, kompozītu metodi, bīdes analogiju metodi un GEM ar programmām RFEM 5.0.

Parādīs, ka atšķirība starp maksimāliem normālsprīegumiem un maksimāliem vertikāliem pārvietojumiem, kas ir iegūti liektiem šķērsvirzienā kārtaini līmētiem koka paneļiem ar reducēto šķērsriezuma metodi, gamma metodi, kompozītu metodi, bīdes analogiju metodi, GEM un eksperimentāli noteiktiem atrodas robežās no 0.1 līdz 17.9 %.

Apskatīts panelis no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes, kas piekārts četros punktos un noslogots ar vienmērīgi izkliedētu statistiski pielikto slodzi. Apskatītais panelis no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes tiek aprēķināts izmantojot GEM ar programmām RFEM 5.0. Konstatēts, ka atšķirība starp maksimāliem normālsprīegumiem un maksimāliem vertikāliem pārvietojumiem, kas ir iegūti ar reducēto šķērsriezuma metodi un rezultātiem, kas ir iegūti izmantojot GEM nepārsniedz 20 %.

Apskatīts panelis no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes, kas brīvi balstās uz divām malām un noslogots ar vienmērīgi izkliedētu statistiski pielikto slodzi, ka arī aksiālo spēku. Apskatītais panelis no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes tiek aprēķināts izmantojot GEM ar programmām ANSYS v15. Konstatēts, ka atšķirība starp maksimāliem normālsprīegumiem, kas iegūti ar reducēto šķērsriezuma metodi un rezultātiem, kas iegūti izmantojot GEM nepārsniedz 10 %.

GEM ar programmām RFEM 5.0



a)

b)

2. attēls. Sakarības starp teorētiski un eksperimentāli noteiktam maksimāliem normālspriegumiem a) un maksimāliem vertikāliem pārvietojumiem: vid – vidējās vērtības; GM – rezultāti, kas ir iegūti ar gamma metodi; KM– rezultāti, kas ir iegūti ar kompozītu metodi; BAM – rezultāti, kas ir iegūti ar bīdes analogiju metodi; RŠM rezultāti, kas ir iegūti ar reducēto šķērsriezuma metodi; RFEM5– rezultāti, kas ir iegūti ar programmu RFEM 5.0.

Izpētīti nesošas vanšu konstrukcijas iepriekšēja uzsprieguma racionālie parametri, kas ļauj uzlabot iekšējo spēku un spriegumu sadalījumu pie aprēķina slodzes pielikšanas un samazināt konstruktīvo materiālu patēriņu. Kā pētījumu objekts apskatīts sedlveida vanšu pārsegums ar izmēriem 60x60m un augstumu 12m. Parādīts, ka vanšu tīkla sadalījums uz 18 grupās, kas atšķiras ar iepriekšējo sasprieguma līmeni, ļauj samazināt vanšu tīkla materiālu patēriņu par 19.2%.

Turpmākos pētījumus paredzēts veikt atbilstoši aktivitāšu izpildes laika grafikam. (Pielikums 3-C) 3. posmā paredzēts turpināt reducēto šķērsriezuma metodes eksperimentālas un analītiskas pārbaudes liektiem un spiesti-liektiem elementiem no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes. Paredzēts analizēt darbību šķērsvirzienā kārtaini līmētiem koka paneļiem, kas piekārti četros punktos, kā arī balstās uz divām malām ar vienmērīgi izkliedētu statiski pielikto slodzi un aksiālo slodzi. Paredzēts piedāvāt konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtaini līmētas koksnes aprēķina metodiku liektiem un spiesti-liektiem elementiem.

3. posmā paredzēts turpināt pētījumu par viedas konstrukcijas racionālo konstruktīvo risinājumu. Uzsākt konstrukcijas no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes topoloģijas optimizāciju un to racionālo no materiāla patēriņa viedokļa parametru noteikšanu, kas ļauj uzlabot iekšējo spēku un spriegumu sadalījumu pie

aprēķina slodzes pielikšanas un samazināt konstruktīvo materiālu patēriņu.. Uzsākt nesošas konstrukcijas izstrādi, kas sastāv no galveniem stieptiem nesošiem elementiem un sekundāriem elementiem no šķērsvirzienā kārtainas līmētas koksnes.

3. projekta 3. uzdevuma dalībnieku atalgojums pirmajos divos posmos sastāda eiro 3408 (bruto algas – 2797 EUR + VSAOI – 611 EUR)

2.6. Projekta Nr. 3 rezultatīvie rādītāji

(Norāda pārskata periodā plānotos un sasniegtos rezultātos rādītājus. Informāciju atspoguļo tabulā un pielikumā)

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti							
	plānots	sasniegts						
	2014.– 2017. g.	gads						
2014		2015	t.sk. iepriekšējā periodā	2016.	2017.	2018.*	2019.*	
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	15	1	10	11				
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS) (SNIP > 1) skaits	6	0	0	0				
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	9	1	10	11				
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0				
...								
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:	12	4	6	10				
promocijas darbu skaits	3	0	0	0				
maģistra darbu skaits	9	1	4	5				
bakalaura darbu skaits	0	3	2	5				
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:	21	1	15	16				
konferences	9	0	11	11				
semināri	0	0	0	0				
rīkoti semināri	9	0	3	3				
populārzinātniskas publikācijas	3	1	1	2				
izstādes, demonstrācijas	0	0	0	0				
uzņēmēju un darba devēju informēšanas aktivitātes	0	0	0	0				
Betona olimpiāde	0	0	0	0				
2. Internēta mājas lapu populārie ziņojumi	30	9	5	14				
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:	99000	17000	0	0				
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	95000	15000	0	0				

1.2. ieņēmumi no programmas ietvaros radītā intelektuālā īpašuma komercializēšanas (rūpnieciskā īpašuma tiesību atsavināšana, licencēšana, izņēmuma tiesību vai lietošanas tiesību piešķiršana par atlīdzību)	0	0	0	0				
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	4000	2000	0	0				
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	0	0	0	0				
Latvijas teritorijā	0	0	0	0				
ārpus Latvijas	0	0	0	0				
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	12	0	0	0				
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	3	0	0	0				
5. ...								

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr. 3 vadītājs
(paraksts¹)

/ A. Paeglītis/
(vārds, uzvārds)
(datums¹)

Zinātniskās institūcijas vadītājs
(paraksts¹)

(vārds, uzvārds)
(datums¹)

Piezīme. ¹ Dokumenta rekvizītus "paraksts" un "datums" neaizpilda, ja dokuments ir sagatavots atbilstoši normatīvajiem aktiem par elektronisko dokumentu noformēšanu.

Izglītības un zinātnes ministre Ina Druviete