



## Atskaite

Par Rīgas Tehniskās universitātes projekta “**Darbojošu objektu tipveida konstrukcijas tehniskā stāvokļa monitoringa sistēmas prototips, objekta tehniskā stāvokļa novērtēšanai to ekspluatācijas laikā**” Nr.1.1.1.1/20/A/016 **norisi** laika posmā no 01.06.2020 līdz 31.08.2021 (**1. atskaites posms**). Projekta realizācijā iesaistīts sadarbības partneris – SIA “D un D centrs”.

**Projekta mērķis ir:** izstrādāt prototipu, kas nodrošinātu dažādu konstrukciju tehniskā stāvokļa monitoringa (SHM) sistēmas izstrādi, sērijveida ražošanu un pielietošanu tipiskām iekārtām (objektiem), kuras darbojas dažādos apstākļos, lai nodrošinātu tehniskā stāvokļa novērtēšanu ekspluatācijas laikā. Prototipa izstrādes galvenie etapi:

- prototipa galveno radītāju definīcija un to plānošana;
- algoritmu un laboratorijas prototipu izstrāde;
- laboratorijas eksperimenti;
- reāla prototipa validācija un atskaite par izmēģinājuma rezultātiem.

Šajā starpdisciplinārajā praktiskas ievirzes pētījumu projektā uzmanība galvenokārt tiek vērsta, lai izstrādātu pilnībā funkcionējošu konstrukcijas tehniskā stāvokļa monitoringa sistēmas prototipu tipiskām iekārtām, kuras darbojas dažādos apstākļos, objekta tehniskā stāvokļa novērtēšanai to ekspluatācijas laikā. Projekts ietver vairākas disciplīnas, piemēram, materiālu inženierija, mašīnbūve, elektronika un signālu un datu apstrāde. Papildus pašam prototipam, projekta pievienota vērtība ir plašākas zināšanas par SHM sistēmām kopumā un lielāka piemērojamība dažādiem objektiem un struktūrām, kuras atšķiras pēc to ģeometrijas, izmēra un ekspluatācijas apstākļiem salīdzinājumā ar esošajām sistēmām.

### **Pirmā atskaites posma uzdevumi:**

#### **1. Sagatavošanās un plānošana:**

- 1.1. Uz Operatīvās modālās analīzes – turpmāk tekstā OMA (Operational Modal Analysis) – balstītas SHM izpēti un literatūras apgūšana.
- 1.2. SHM sistēmas prototipa prasību noteikšana
- 1.3. Testa paraugu tehnisko prasību noteikšana

### **Atbilstoši 1. atskaites posmā izvirzītajiem uzdevumiem ir veiktas sekojošas darbības:**

Uzdevuma 1.1 ietvaros tika izpētītas esošās OMA bojājumu noteikšanas metodes. Šī darba rezultāts ir apkopots apskates raksta veidā, kur ietilpst bojājumu noteikšanas algoritma prasības, izskatītas alternatīvas pieejas modālo parametru novērtēšanai. Ir noskaidrots, ka pastāv vairāki

veidi kā atklāt bojājumus ar OMA, piemēram, pētot modālo formu un frekvenču izmaiņas. Modālas formas ir lietderīgi salīdzināt izmantojot MAC (*Modal Assurance Criterion*) parametru. Bojājumu var atpazīt arī lietojot pārnēsamības funkcijas (*transmissibility functions*). Ir doti teorētiskie pamatojumi anomālijas atpazīšanas algoritmam, kuru var lietot, lai atpazītu bojātu paraugu no vairākiem veseliem paraugiem.

Pamatīga literatūras un citu pieejamo avotu izpēte tika veikta par pjezo plēves devējiem, to darbības principiem, pielietojuma piemēriem, tai skaitā SIA D un D centrs iepriekšējo pētījumu veiktās pārbaudes ar pjezo plēvēm. Augstāk minētā apskata rakstā ir iekļauta OMA pielietojamo devēju īpašību salīdzinošā analīze ar pjezo plēves devējiem. Tika secināts, ka pjezo plēves devējiem ir zināmas priekšrocības pret klasiskiem akcelerometriem, optiskās šķiedras sensoriem un tenzometriem. Piemēram, pjezo plēves ir pietiekoši jūtīgas, viegli uzmontējamās, lētas un plānas. Protams, ka pastāv arī īpašības, kurus jāņem vērā, lietojot pjezo plēves, piemēram – tie sniedz tikai dinamisko atsauci, kura ir proporcionāla virsmas deformācijas ātrumam.

SHM sistēmas prototipa prasību noteikšana notika 1.2. uzdevuma ietvaros. Šīs prasības ir apkopotas attiecīgajā ziņojumā, kur ietilpst:

- Vispārējās prasības SHM sistēmai tipiskām iekārtām dažādos apstākļos
- Prasības sensoru tīklam (sensori, vadi un kabeli, datu ieguves sistēma)
- Signālu apstrāde un datu analīze (modālo parametru aprēķinu programmatūra Artemis)
- Modālo parametru novērtēšanas programmatūra un lēmumu pieņemšanas programmatūra (Matlab)

Ziņojums ir papildināts arī ar tehniskajām specifikācijām tādā precizitātes pakāpē, kuru atļauj esošais projekta posms.

Tiek turpināts darbs pie uzdevuma 1.3, testa paraugu tehnisko prasību noteikšana, izpildes. Uzdevuma ietvaros tika veikta testa paraugu precizēšana – ir noskaidrots, ka testa paraugi būs cilindriski ar plānām sienām. Paraugiem būs pievienoti atloki, lai nodrošinātu kvalitatīvu stiprinājuma izpildi nākotnes testiem. Paraugu izmēri 800 mm garumā, 300 mm iekšējā diametrā, sienas biezums 1.2 mm. Cilindri ir no stikla šķiedras kompozīta materiāla ar epoksīda saistvielu. Stikla šķiedras auduma slāņu skaits ir 4, blīvums 300 g/m<sup>2</sup> un pinums +/- 45°. Pirms testiem cilindra ārējā virsma tiks pārklāta ar pjezo plēves devējiem (tie tiks uzlīmēti), tad viss tiks pārklāts ar 1 slāni 50 g/m<sup>2</sup> satīna pinuma audumu. Lai noskaidrotu cilindra īpašības un pārlicināties par tāda parauga piemērotību nākotnes testiem, tika izstrādāts cilindra galīgo elementu modelis. Parauga tehniskās prasības un modelis tika izstrādātas paralēli, viens otru papildinot un pārbaudot.

Doktorants Deniss Mironovs ir ziņojis doktorantūras 3. kursa atestācijas sēdē par akadēmiskiem sasniegumiem, tai skaitā tiem kuri ir sasniegti projekta ietvaros, un tika pārcelts uz 4. kursu.

Projekta zinātniskais vadītājs Andris Čate

Datums: 08.09.2021.