



I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

Projekta zinātnisko rezultātu pārskats

Atskaites periods **Nr. 12.**

01.02.2022. - 31.08.2022.

Projekta nosaukums: Nr. 1.1.1.1/18/A/133 "Mobilās kosmosa vidē testēšanas iekārtas "Metamorphosis" prototipa izstrāde transportēšanai intermodālajā satiksmē".

Projekta realizētāji: Rīgas Tehniskā universitāte (vadošais partneris), "CRYOGENIC AND VACUUM SYSTEMS" Ltd (sadarbības partneris).

Projekta vispārējais mērķis: Pamatojoties uz rūpnieciskiem pētījumiem, izveidot mobilo testēšanas iekārtas "Metamorfoze" (MSTF) prototipu, kas tiek transportēts intermodālo satiksmes vidē, un sasniegt MSTF zinātniskās un tehniskās gatavības līmeni no TRL2 līmeņa līdz TRL4 līmenim (Eiropas Kosmosa aģentūras (ESA) mērogs) projekta tālākai attīstībai.

Projekta darbības un paveiktais dotajā atskaites periodā:

Darbība 1. Prototipa konstrukcijas elementu projektēšanas aprēķini un konstruktoru dokumentācijas izstrāde:

Darbība 1.1. Vakuuma sistēmas aprēķins

Vakuuma sistēmas aprēķins un termofizikālais aprēķins ir pabeigti. Aprēķinu rezultāti tika izmantoti konstrukcijas un konstruktordokumentācijas pilnveidošanā un prototipa daļu montāžā un ražošanā.

Darbība 1.2. Stiprības aprēķins.

Stiprības aprēķins ir paveikts. Stiprības aprēķina rezultāti tika izmantoti konstrukcijas pilnveidē un prototipa elementu montāžā un ražošanā.

Darbība 1.3. Konstruktoru dokumentācijas komplekta izstrāde.

Vakuuma sistēmas projektēšanas darbi ietvēra:

- Prototipa konstrukcijas elementu tehniskā modeļa un izmēru precizēšanu, izmantojot vakuuma sistēmas aprēķinus, un sākotnējo tehnisko specifikāciju izstrādi;
- Prototipa detalizācijas un kopsalikuma rasējumu izstrādi;
- Tehniskā 3D modeļa korigēšanu pēc dinamiskās modelēšanas un starppārbaužu testu rezultātiem.

Tātad uz prototipa vakuuma sistēmas un stiprības precizēto aprēķinu rezultātu pamata tika precizēta arī prototipa konstrukcijas elementu ārējā izskata noteikšana, skiču izstrādāšana konstruktora dokumentācijas un rasējumu izveidošana.

RTU zinātnieki gan klātienē (N.Mozga, N.Glīzde), gan attālināti (M.Banovs u.c.) strādāja kopā ar Ventspils CVS personālu, lai izvērtētu parametrus, pārmērītu prototipa darba izmērus un noteiktu papildus precizēšanas un testa pētījumu uzdevumus.

Balstoties uz iegūtiem pētījumu rezultātiem tika sagatavotas SCOPUS publikācijas un sniegts ziņojums konferencē "Rural Engineering" Jelgavā.

Darbība 1.4. Prototipa konstrukcijas elementu 3D CAD modeļa izstrāde.

Pamatojoties uz standartu un nozares metodiku analīzi sarežģītu iekārtu un sistēmu 3D modelēšanas jomā, kā arī uz iepriekš veikto aprēķinu pamata turpināts darbs pie prototipa konstrukcijas elementu 3D modeļa izstrādes.

Darbības 1.4. rezultātā ir izstrādāts vakuuma sistēmas 3D prototips, kas ļauj vizualizēt topošo sistēmu, tās kvalitātes novērtēšanai un visracionālākās un optimālākās konstrukcijas un tās funkcionalitātes noteikšanai. Izstrādātais prototips tika izmantots inženieru aprēķiniem CAE sistēmās.

Sakarā ar to, ka reālie transportēšanas testi uzrādīja lielākus slogojumus kā teorētiski tika prognozēts izmantojot citu zinātnieku izmantoto metodiku, tika veikti aprēķini un korekcijas iekārtas stiprinājumu konstrukcijā.

Tika sagatavots SCOPUS publikācijas materiāls un ziņojums Polijas 2022.gada rudens zinātniskajā seminārā.

Darbība 1.5. MSTF prototipa transportēšanai intermodālajā satiksmē konstrukcijas elementu 3D CAD modeļa izstrādē. MSTF prototipa transportēšanai intermodālajā satiksmē konstrukcijas elementu 3D CAD modeļa izstrāde.

3D modeļu izstrāde programmatūras vidē, ļāva veikt prototipa konstruktīvo elementu stiprības matemātisko modelēšanu cikliska, termiska, mehāniskā slogojuma apstākļos.

Tika sagatavots SCOPUS publikācijas materiāls un sniegts ziņojums konferencē "Rural Engineering" Jelgavā.

Darbība 2. Prototipa programmatūras izstrāde:

Darbība 2.1. Prototipa darba algoritms ir pabeigts.

Prototipa darba algoritmi tiek izmantoti prototipa programmatūras un aparatūras vadībā.

Darbība 2.2. Prototipa programmatūras un aparatūras izstrāde

Pamatojoties uz testu analīzi, kas veikti, izmantojot prototipa parametru mērīšanas metodi, kā arī prototipa vakuuma un kriotisko diagrammu analīzi, tika izstrādāts vadības sistēmu sensoru saraksts ar tehniskām prasībām un noteiktas sensoru saskarnes. Ir izstrādāts izpildmehānismu saraksts, noteiktas to saskarnes.

Balstoties uz izstrādāto algoritmu, sensoru un izpildmehānismu sarakstiem, tika izstrādāta aparatūra un programmatūra prototipa vadības sistēmai.

Darbība 3. Konstruktīvo elementu izgatavošana un prototipu montāža

Darbība 3.1. Prototipa konstrukcijas elementu izgatavošana

Pamatojoties uz izstrādātajām tehniskajām prasībām, kā arī veiktiem vakuuma un termofizikāliem aprēķiniem un projekta rezultātiem, tika:

1. izstrādātas precizētas tehniskās specifikācijas prototipa konstrukcijas elementu izgatavošanai.
2. veikta materiālu un komponentu tirgus analīze;
3. nodrošināti materiālu un komponentu iepirkumi vakuuma un vadības sistēmu ražošanai, veikta piegādāto komponentu ienākšanas kvalitātes kontrole;
4. izgatavoti un/vai iegādāti šādi prototipa konstrukcijas elementi:
 - metāla konstrukcijas, tostarp vakuuma kamera, kameras vāks, vakuuma atloki, atbalsta rāmis, kustīgs rāmis, kriogēnie apvalki, cauruļvadi utt.,
 - vakuuma sūkņēšanas un mērīšanas sistēmas elementi: bezeļlas priekšējais vakuuma sūknis, turbomolekulārais sūknis, augsta vakuuma vārsti un vārsti, aukstā katoda / Pirani vakuuma devējs utt.,
 - kriogēnā sistēma - kriogēnās apvalki, caurumi, šķidrā slāpekļa cauruļvadi, Dewar tvertne, kriogēnais slāpekļa šķidruma/gāzes separators, sūknis utt.,
 - vadības sistēmas elementi, siltuma plūsmas un saules starojuma simulatori.

Tālākās projekta realizācijas gaitā visi šie elementi tika nosūtīti uz prototipa montāžu, kas pēc tam tika testēts.

Prototipa konstrukcijas elementi tika iegādāti/ražoti, un pēc tam tie tika integrēti prototipā un izturēja testus.

Darbība 3.2. Prototipa konstrukcijas elementu pilnveidošana pēc pārbaužu rezultātiem.

Tika veikti priekšvakuuma un augsta vakuuma apakšsistēmu elementu testi. Pamatojoties uz precizētiem testa rezultātiem, tika izstrādāta vakuuma iekārtu dzesēšanas apakšsistēmas modifikācija. Projektēti un ražoti vadības signālu emulatori elektropneimatisko iekārtu pārbaudei un RS485 / 422/232 / UART signālu datoru emulatori prototipa elementu pārbaudei.

Precizēta tehnisko risinājumu kopējā koncepcija un izstrādāts infrasarkanā starojuma avota dizains un veikti tā aprēķini.

Prototipa mobilās telpas testēšanas iekārtas Metamorphosis testos atklājās slikta impulsa trieciena slodzes slāpēšanas problēma ar prototipa mehānisko konstrukciju, kas radīja iekārtas atteices risku. Darba gaitā tika pētītas putu polimēru slāpēšanas materiālu īpašības un izveidots daudzslāņu vibrāciju absorbējošs elements no materiāliem ar dažādām īpašībām.

Šis risinājums, izmantojot salīdzinoši nelielu slāpētāju, ļāva samazināt impulsu triecienu amplitūdu par 1,5–2, kas norāda uz iespēju izveidot uzticamu un izturīgu mobilo testa sistēmu.

Darbība 3.3. Tika paveikts darbs pie vakuuma kameras elementu integrēšanas ar noslēgtiem savienojumiem, pneimatiskām, kriogēnām un elektriskām caurulēm. Izstrādāta optiskā ieeja, integrēti kriogēnie ekrāni.

Izstrādāta prototipa vadības sistēma.

Darbība 4. Rūpnieciskie pētījumi un prototipa izmēģinājumi

Darbība 4.1. Prototipa konstrukcijas stabilitātes izmēģinājumi ekspluatācijas apstākļos

Izstrādāta testēšanas programma un metodoloģija, kā arī metodika materiālu un sastāvdaļu kvalitātes kontrolei. Tika atkārtoti veikti elektriskie un pneimatiskie testi, noplūdes pārbaude, saņemto un izgatavoto prototipa elementu savstarpēja montāža. Veikti pēdējie komponentu iepirkumi, kas nepieciešami prototipa izveides noslēgumam.

Izstrādāta un izveidota prototipa kriogēnā sistēma.

Veiktais mobilās telpas prototipa testēšanas iekārtas pirmais posms Metamorfozes testi atklāja prototipa mehāniskās konstrukcijas vājās impulsa triecienlodžu slāpēšanas problēmu, kas radīja iekārtas atteices risku. Tas ļāva veikt konstrukcijas izmaiņas un galīgās pārbaudes.

Izstrādāti 2 patentu pieteikumi.

Sagatavots SCOPUS publikācijas materiāls.

Darbība 4.2. Prototipa testēšana pēc prototipa uzbūves testa rezultātu pabeigšanas ekspluatācijas apstākļos.

Pēc provizoriskajām pārbaudēm tika konstatēts lielais mobilās telpas izmēģinājumu iekārtas prototipa darbības nestabilitātes risks, ko izraisa nepietiekami novērtēta trieciena un vibrācijas ietekme.

Lai to novērstu, tika veikts nepieciešamības pētījums, saskaņā ar kuru tika modificēta prototipa struktūra.

Lai novērstu negatīvu ietekmi uz visjutīgākajiem prototipa elementiem (turbomolekulārais sūkņis un priekšējais vakuumsūkņis, prototipā tika izmantots bezeļas daudzpakāpju Roots sūkņis), mobilās telpas testēšanas iekārtas prototipa dizains tika pilnveidots un noteikta vibrācija. -absorbējošie elementi turbomolekulārā sūkņa un priekšējā vakuumsūkņa nesošajās konstrukcijās tika izstrādāti un uzstādīti prototipā, kas bāzēts mikroautobusa Mercedes MiniVan kravas nodalījumā, kā tas bija testu pirmajā posmā – priekštestā.

Testa komanda paveica visu iespējamo, lai galīgo testu laikā pareizi atkārtotu sākotnējos testus un citus nosacījumus un pēc tam pārbaudītu testa rezultātus, vairākkārt atkārtojot eksperimentus.

Kopumā pēdējo testu laikā prototips pa dažāda veida ceļiem Latvijā nobrauca aptuveni 1770 kilometrus. Sīkāka informācija sniegta darbības 4.2. satura atskaitē.

Sagatavots SCOPUS publikācijas materiāls.

Darbība 4.3. Gala izmēģinājumi, lai apstiprinātu konstrukcijas raksturlielumu atbilstību tehniskajām prasībām.

Noslēguma testi apstiprināja Metamorphosis mobilās telpas testēšanas iekārtas prototipa projektēšanas un izstrādes pieeju pareizību, izveidojot dažādus elastīgus modeļus, kas ļauj veikt būtiskas izmaiņas prototipa dizainā, kas saistītas ar amortizācijas elementu ieviešanu un vakuuma cauruļvadu ģeometrijas izmaiņas, un tas nesamazināja prototipa veiktspēju, bet ļāva ievērojami samazināt tā kritisko elementu slodzi un norādīt uz ceļu turpmākai trieciena un vibrācijas slodžu samazināšanai nākotnē. mobilā kosmosa testēšanas iekārta, kuras pamatā ir prototipa pētījumi. Fakts, ka prototips turpina darboties pēc visaptverošas testēšanas ekspluatācijas apstākļos, ļauj secināt, ka tehnoloģija tā izveidei ir sasniegusi gatavības līmeni TRL-4.

Kopumā testa rezultāti ļauj secināt, ka projekta galvenais uzdevums ir veiksmīgi izpildīts - mobilā testa kompleksa prototipa izveide, kas spēj darboties intermodālo pārvadājumu apstākļos.

Sagatavots SCOPUS publikācijas materiāls.