



EIROPAS REĢIONĀLĀS ATTĪSTĪBAS FONDS

**Uzlabota tehnoloģija protonu - neitronu
konvertoru šķidra metāla sistēmu izveidei**

**Projekts Nr. 2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/166
(Progresā ziņojums – 6)**

01.08.2012. – 31.12.2012.

Projektā
 piedalījās:

1	Platacis	Ernests
2	Bucenieks	Imants
3	Kļukins	Aleksandrs
4	Buligins	Leonīds
5	Romančuks	Alberts
6	Freibergs	Jānis
7	Lipsbergs	Guntis
8	Goldšteins	Linards
9	Kravalis	Kalvis
10	Ziks	Anatolijs
11	Broka	Maija
12	Lūķis	Pēteris
13	Pagasts	Inguss
14.	Mauriņš	Dainis
15.	Fjodorovs	Viktors
16.	Krisjko	Staņislavs
17.	Skudra	Atis
18.	Gavare	Zanda
19	Švāgere	Anda

* Kontaktpersona : tel. 67945785; mob. 26513424.
E –pasts: erik@sal.lv

Uzlabota tehnoloģija protonu – neitronu konvertoru šķidra metāla sistēmu izveidei

Mērķis - Projekta specifiskais mērķis – pilnveidot tehnoloģiju to šķidrā metāla sistēmu („mērķu”) izveidei, kurās elementārdaļiņu atskaldīšanas process realizējas, padarot šīs mērķa stacijas kompaktākas, līdz ar to enerģētiski un ekonomiski efektīvākas un ekoloģiski drošākas.

Aktivitāte Nr. 1 - Neitronu atskaldīšanas prasībām atbilstošo darba materiālu salīdzinājums un atlase.*

***Aktivitātē Nr. 1** plānotie darbi izpildīti un saskaņā ar vienošanās Nr.2010/0260/2DP/2.1.1.1.0/10AOIA/VIAA/166 punktu 2.12. „Sasniedzamie rezultāti aktivitāšu ietvaros”: iesniegts **Akts – Atskaite**.

Aktivitāte Nr.2.Prototipa izvēlēto mezglu optimizēšana ar skaitlisku datorsimulāciju palīdzību.

Aktivitātē Nr.2. plānotie darbi izpildīti. Rezultāti izklāstīti „Aktā – Atskaitē”, sk Pielikumu 1.

Aktivitāte Nr.3. Metodikas un aprīkojuma izstrāde ekoloģisko prasību nodrošināšanai darbam ar dzīvsudrabu.*

Dzīvsudraba dabiska koncentrācija vulkāniskajos un nogulumiežos ir 10-50 ng/g, izņemot cinobru, kurā ir 86,2% dzīvsudraba [1], apkārtējā apkārtējā gaisā intervālā 0.002 – 0.02 mg/dm³, jūras ūdenī – ap 0.03 mg/dm³ [2]. Daļu no aprītē esošā dzīvsudraba dabā sasaista sērs, veidojot nešķīstošu savienojumu HgS, kas akumulējas nogulsnēs.

Kaut arī Hg ir sastopams dabā dažādās formās, tomēr tā palielinātās koncentrācijas apkārtējā vidē ir saistītas ar cilvēka darbību. Ir izstrādāti normatīvi, kas nosaka pieļaujamās Hg koncentrācijas gan dabas ūdeņos, gan dzeramajos ūdeņos, gan arī augsnē. Latvijā šie normatīvi ir sekojoši.

1. Augsnes un grunts normatīvi, kurus Latvijas Republikas teritorijā regulē MK noteikumi Nr.804 "Noteikumi par augsnes un grunts kvalitātes normatīviem" ("LV", 172 (3330), 28.10.2005.) [spēkā ar 29.10.2005.], parādīti 1. tabulā.

1. tabula.

Augsnes un grunts normatīvi atbilstoši LR MK noteikumiem Nr. 804

Augsnes tips	Hg µg/kg		
	A	B	C
<i>smilts</i>	250	2000	10000
<i>mālsmilts</i>	540	2000	10000
<i>smilšmāls</i>	800	3000	10000
<i>māls</i>	800	3000	10000

Piezīmes:

A - mērķlielums norāda maksimālo līmeni, kuru pārsniedzot nevar nodrošināt ilgtspējīgu augsnes un grunts kvalitāti;

B - piesardzības robežlielums — norāda maksimālo piesārņojuma līmeni, kuru pārsniedzot iespējama negatīva ietekme uz cilvēku veselību vai vidi, kā arī līmeni, kāds jāsasniedz pēc sanācijas, ja sanācijai nav noteiktas stingrākas prasības;

C - kritiskais robežlielums — norāda, ka, to sasniegto vai pārsniedzot, augsnes un grunts funkcionālās īpašības ir nopietni traucētas vai piesārņojums tieši apdraud cilvēku veselību vai vidi.

2. Dzeramā ūdens kvalitātes normatīvs attiecībā uz dzīvsudraba koncentrāciju ir: 1.0 µg/l.

To nosaka MK noteikumi Nr.235 "Dzeramā ūdens obligātās nekaitīguma un kvalitātes prasības, monitoringa un kontroles kārtība" ("LV", 81 (2846), 30.05.2003.) [spēkā ar 31.05.2003.]. Tāds pats kvalitātes kritērijs ir arī attiecībā uz Hg koncentrāciju dabīgajā minerālūdenī (MK noteikumi Nr.1130 "Noteikumi par dabīgā minerālūdens un avota ūdens obligātajām nekaitīguma un marķējuma prasībām un kārtību, kādā izsniedz atļaujas dabīgā minerālūdens izplatīšanai un sedz izsniegšanas izmaksas" ("LV", 204 (4396), 28.12.2010.) [spēkā ar 29.12.2010.]).

3. Virszemes ūdeņu, kurus izmanto vai kurus paredzēts izmantot dzeramā ūdens ieguvei, un pazemes ūdeņu normatīvi, saskaņā ar MK noteikumiem Nr.118 "Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti" ("LV", 50 (2625), 03.04.2002.) [spēkā ar 04.04.2002.], apkopoti 2. tabulā.

2. tabula.

Virszemes un pazemes ūdeņu normatīvi atbilstoši LR MK Noteikumiem Nr. 118

Ūdeņu iedalījums	Hg µg/l	
	A	B
<i>dzeramā ūdens ieguvei izmantojamie virszemes ūdeņi</i>	0,5	1,0
<i>pazemes ūdeņi</i>	0,05	0.3

Piezīmes:

A - mērķlielums;

B — Robežlielums;

4. Pārējiem virszemes ūdeņiem Hg normatīvi, saskaņā ar MK noteikumiem Nr.118 "Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti" ("LV", 50 (2625), 03.04.2002.) [spēkā ar 04.04.2002.], apkopoti 3. tabulā.

3. tabula.

Pārējo virszemes ūdeņu normatīvi atbilstoši LR MK Noteikumiem Nr. 118

Robežlielums gada vidējā koncentrācija (µg/l)		Robežlielums maksimāli pieļaujamā koncentrācija (µg/l)	
iekšzemes virszemes ūdeņi ⁽¹⁾	citi virszemes ūdeņi ⁽²⁾	iekšzemes virszemes ūdeņi ⁽¹⁾	citi virszemes ūdeņi ⁽²⁾
0,05 ⁽⁸⁾	0,05 ⁽⁸⁾	0,07	0,07

Piezīmes:

⁽¹⁾ Iekšzemes virszemes ūdeņi ietver visus stāvošos un tekošos ūdeņus uz zemes virsmas, tai skaitā saistītus mākslīgus vai stipri pārveidotus ūdensobjektus.

⁽²⁾ Citi virszemes ūdeņi ietver pārejas un piekrastes ūdeņus, bet attiecībā uz ķīmisko kvalitāti – arī teritoriālos ūdeņus.

5. Hg normatīvs (pieļaujamā koncentrācija biotas indikatororganismu mīksto audu mitrā masā) virszemes ūdeņu biotas organismos (piemēram, zivīm, gliemjiem, vēžveidīgajiem vai citiem biotas organismiem) saskaņā ar MK noteikumiem Nr.118 "Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti" ("LV", 50 (2625), 03.04.2002.) [spēkā ar 04.04.2002.] ir **20 µg/kg**.

6. Dzīvsudraba un tā savienojumu (pārrēķinot uz dzīvsudrabu) koncentrācijas gaisā dienas robežlielums (gaisa kvalitātes mērķlielums) ir **1 µg/dm³** (MK noteikumi Nr.1290 "Noteikumi par gaisa kvalitāti" ("LV", 182 (4168), 17.11.2009.) [spēkā ar 18.11.2009.]).

Literatūra:

[1] "Toxicological Profile For Mercury", U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, March 1999. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.html> v.s.

[2] **Morita, M., Yoshinaga, J., Edmonds, J. S.** The Determination of Mercury species in environmental and biological samples. *Pure & Appl. Chem.*, 1998, vol.70, No 8., p. 1585 – 1615

Aktivitāte Nr.4. Daļiņu konversijas iekārtām atbilstoša specifiska MHD aprīkojuma izstrāde.

Aktivitātē Nr.4. plānotie darbi izpildīti. Sagatavots raksts

„Internal geometry and coolant choices for solid high power neutron spallation target”.

L.Buligins^{a*}, K.Thomsen^b, O.Lielausis^c, E.Platacis^c, A.Poznaks^c

^a University of Latvia, Faculty of Physics and Mathematics, 8 Zellu str., LV-1002, Riga, Latvia, leonids.buligins@lu.lv

^b Paul Scherrer Institut, CH-5232 Villigen PSI, Switzerland

^c Institute of Physics University of Latvia, 32 Miera str., LV-2169, Salaspils, Latvia

Abstract

The next generation of neutron spallation sources envisages high power proton beam interaction with a heavy metal target. Solid targets have potentially higher spallation efficiency due to the possibility to use metals with higher density than used in liquid metal targets, but to realise this potential the solid fraction must be high enough. As the power released in form of heat can reach several MW in the target volume of typically 10 liters, target cooling can be a serious challenge. Heat evacuation efficiency for different solid fraction geometries at high power is analysed for different coolant (helium, water and gallium) options using empirical correlations for friction factor and Nusselt number. For estimation of the heat transfer efficiency a parameter γ is introduced characterising how many watts can be transferred per temperature and pressure difference unit. It is demonstrated that water is preferable as a coolant in high convection cases whereas gallium – in medium Peclet number cases when heat conduction mechanism is important. Strictly focusing on cooling, the results indicate that for a stationary target liquid metals are the best of the three compared options allowing the use of high interface surface geometries not resulting in high pressures. The transition from a stationary target to a rotating one in the case of gallium as coolant improves the heat transfer conditions to a much higher degree than for ordinary liquids or gases. An advantage of gallium is even more pronounced if the facts are taken into that gallium also acts as a neutron generating medium allowing the target solid fraction to be reduced and that a part of the deposited heat is localized in coolant directly.

iesniegšanai žurnālā

„Nuclear Instruments and Methods in Physics Research”

Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment

Aktivitāte Nr.5. Kompakta mērķa stacijas izveidei ieteikto jauno konstruktīvo risinājumu pārbaude/demonstrācija speciālā stendā.

PbBi kontūra vibrāciju analīze

Ievads.

Kā jau bija minēts iepriekšējās Atskaitēs, atskaldīto neitronu iekārtas mērķis pakļauts gan termiskām, gan mehāniskām slodzēm. Tāpēc kā viens no uzdevumiem ir izpētīt vibrāciju avotus kontūrā un izvērtēt to ietekmi uz mērķa dzīvotspēju.

Uzbūvētajam kontūram tajā ietvertais elektromagnētiskais sūknis ar patstāvīgiem rotējošiem magnētiem rada ievērojamas vibrācijas. Eksperimentā ir paredzēts sūknēt šķidru Svina-Litija sakausējumu un to vēl papildus sildīt. Tas nozīmē, ka iekārtai jau tāpat ir nepieciešams izturēt ievērojamas slodzes, un vibrācijas rada papildu slodzi, kuru nepieciešams novērtēt, lai droši darbinātu iekārtu.

Vizuālie novērojumi pirmoreiz palaižot iekārtu liecina, ka vibrāciju amplitūda (paātrinājumi) mainās atkarībā no rotācijas frekvences. Lai šo novērtēt tika veikti mērījumi ar diviem dažādiem akselerometriem. Sīkāk apskatīts tabulā 1.

Tabula 1. – Mērierīces

Nr.	Nosaukums	Piezīmes
1	3 asu akselerometrs	Vibrācijas mērītājs VT-2700
2	1 ass akselerometrs	MONITRAN VM 110

Lai iegūtu precīzāku rezultātu mērierīces tika novietotas dažādās vietās, savukārt 3 asu akselerometrs novietots netālu no sūkņa, stiprināts pie rāmja.

Datu iegūšana no mērierīces 1 gadījumā ir veikta ar programmu „Accelerometer monitor”, ko bezmaksas iespējams iegūt PlayStore Android veikalā. Tā noglabā datus txt failā atmiņā, tālāk to ielādē datorā un apstrādi veic datorā ar programmu „Poliharmonikas” sarakstītu speciāli šādai funkcijas izvirzīšanai Furjē transformācijai. Savukārt gadījumā 2 datus apstrādā ar specializētu iekārtu „...”, kur tos saglabā atmiņā, tālāk nosūta datoram un apstrādā ar datorprogrammu „DIAdem”, kuru izstrādājis National Instruments uzņēmums.

Atšķirība mērierīcēs ir galvenokārt iegūto datu apstrādes iekārtā, kur 2 gadījumā ir iespēja iegūt ievērojami augstāku mērījumu skaitu – līdz 20 kHz, kā arī augstāka signāla kvalitāte un mazāki trokšņi. 1 gadījumā ierīces maksimālā frekvence ir 50Hz. Mērot šāda tipa vibrācijas, pietiek arī ar 50Hz frekvenci, tā kā sūkņa rotācijas frekvence nepārsniedz 4Hz. Iekārta ar mērīšanas frekvenci kHz tika izmantota arī papildu kavitācijas atrašanai.

Iegūtie dati no 3 asu akselerometra redzami pielikumā 1.

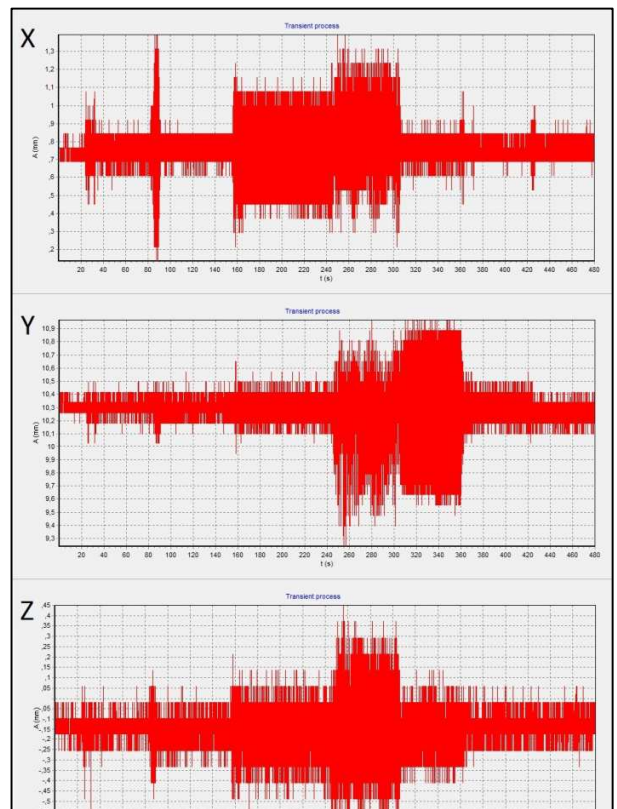
Mērīšana

Gadījums 1, kad mērīšanu veic ar 3 asu akcelerometru, kas iebūvēts mobilajā viedtālrunī. Attēlā 4.1. redzams, kur novietota mērierīce, apvilkts ar sarkanu rāmi.



Att.4.1. – mērierīces novietošanas pozīcija.

Mērīšanā ieraksta pārvietojumu trīs virzienos, kas sakrīt ar sūkņa rotācijas asi, gravitācijas virzienu un rotora šķērsvirzienu. Datu ieraksta ātrums ir 50Hz. Kanāls tukšs (bez metāla), attiecīgi istabas temperatūra. Tiek mainīts rotācijas ātrums ik pa 5Hz, to palielinot. Attēlā 4.2. redzams, grafiks, tas pats, kas pielikumā 1. Uz horizontālās ass ir laiks sekundēs, savukārt uz vertikālās amplitūda, taču to skaitliskās vienības var neievērot, tā kā nav ņemta vērā mērierīces novietojuma ģeometrija un stiprināšanas elementi, skatīt vienīgi savstarpējo datu amplitūdas. Trīs grafiki norāda uz asīm X, Y un Z. Var novērot, ka ievērojami palielinās amplitūda no 160 līdz 360 sekunde, kas atbilst 20, 25 un 30 Hz iestatījumam frekvenču pārveidotājā. Šajā eksperimentā galvenais rezultāts ir noteikt nevēlamos darba režīmus sūknim, un noteikt rezonanses frekvences.



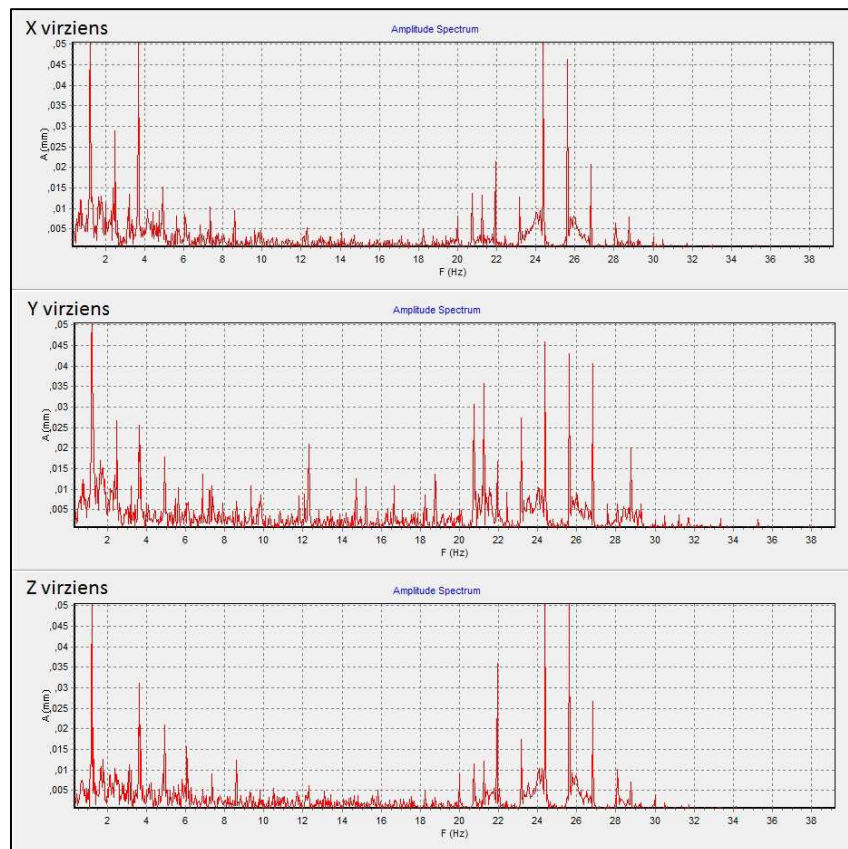
Att.4.2. – Paātrinājums, laikā, grafiks iegūts no datiem, nolasītiem tieši no akcelerometra.

Gadījumā ar 1 ass akcelerometriem, tie tiek piestiprināti tieši pie metāliska izvirzījuma kanālā malā. Tos izvieto uzreiz vairākus, lai ierakstītu svārstības vairākās vietās, šajā gadījumā divās, salīdzināšanai, un katrā pozīcijā izvieto divus devējus, katru savā virzienā. Tie ir mazāki un ar datoru savienoti ar kabeli. Specializēts dators apstrādā signālu, ātri un kvalitatīvi ar maziem trokšņiem, tos pārveido digitālā formātā, tālākai analīzei ar datoru.

Mērījumu analīze

Apstrādātos datus analīzē izmantojot datorprogrammas. Vienādojumu skaits ir milzīgs, tāpēc ar roku to darīt pie mūsdienu iespējām ir neefektīvi.

Izmantojot programmu „Poliharmonikas” dati iegūti no 3 asu akcelerometra tiek pakļauti Furjē analīzei, frekvenču diapazonā no 0 līdz 50Hz ar soli 0,1 Hz. Visās trijās asīs. Pie frekvenču pārveidotāja frekvences 20, 25 un 30Hz. Iegūtās raksturlīknes redzamas pielikumā 2., 3. un 4. Attēlā 4.3. redzama iegūtā raksturlīkne pie 25 Hz frekvences.

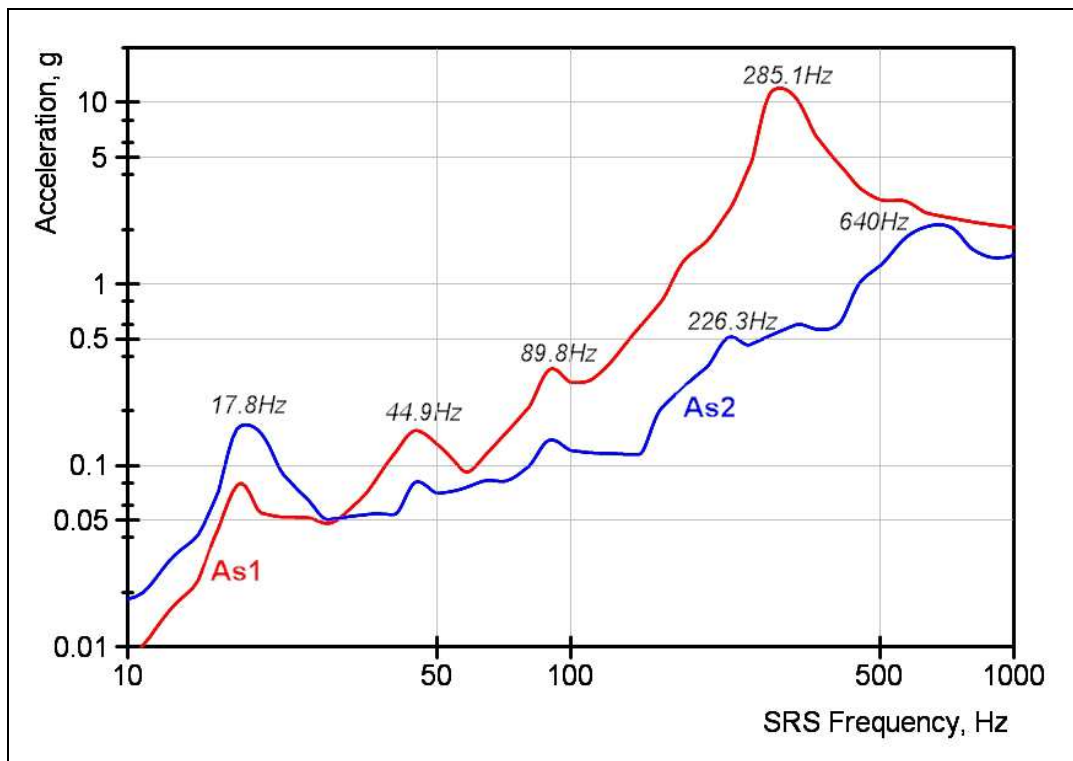


Att.4.3. – Furjē analīze, 25 Hz, X,Y,Z virzieni.

Tāpat kā iepriekš mērvienībām pa y asi var nepievērst uzmanību, tikai ievērot savstarpējo grafika punktu atrašanās vietu. Pa X asi ir frekvences. Šeit vērojami vairāki pīķi pie 1.5, 22, 24.5, 25.5, 27 Hz. 1.5 Hz pīķis varētu norādīt uz rotora griešanās frekvenci. Atlikušie pīķi ir viena no rezonanses frekvencēm kontūram.

Pētot amplitūdu spektrus pie 20Hz un 30Hz, kuriem ir salīdzināmi pīķu augstumi (y ass vienības) ar šo 25 Hz spektru, var novērot, ka pie šīs frekvences amplitūdas ir ievērojami lielākas, tātad šis ir nevēlams darbības režīms. Kā arī pētot vispārīgos datus no akselerometra, var novērot, ka šīs trīs frekvences nav vēlamas un palielinot rotora griešanās frekvenci jeb ātrumu, darbība stabilizējas. Šie dati korelē ar vizuālajiem novērojumiem iekārtai darbojoties.

Izmantojot precīzos akselerometrus, veicot tā saucamo „hammer test” (no angļu val. – āmura pārbaude), kas ir apzināta trieciena radīšana ar smagu priekšmetu (piemēram, āmurs) izslēgtai iekārtai, vai pie zemas slodzes. Ir iegūtas rezonanses frekvences diapazonā līdz 1000Hz. Attēlā 4.4. redzams grafiks frekvencēm.



Att.4. 4.– Frekvenču spektrs

Šajā grafikā uz X ass ir frekvences, atliktas logaritmiskā mērogā, un uz Y ass paātrinājums, to salīdzinot ar Zemes paātrinājuma konstanti g (9.81 m/s^2). Šeit, atšķirībā no iepriekšējiem grafikiem skaitliskās mērvienības paātrinājumam ir reālas un vēra ņemamas. Pīķi līknē norāda uz rezonanses frekvencēm. As1 un As2 ir divi mēģinājumi (uzsitieni) viena eksperimenta laikā.

Var novērot, ka pirmā rezonanses frekvence ir pie 18Hz, kas ir relatīvi zema, ņemot vērā, ka kontūrs veidots no nerūsošā tērauda, kas ir ciets materiāls.

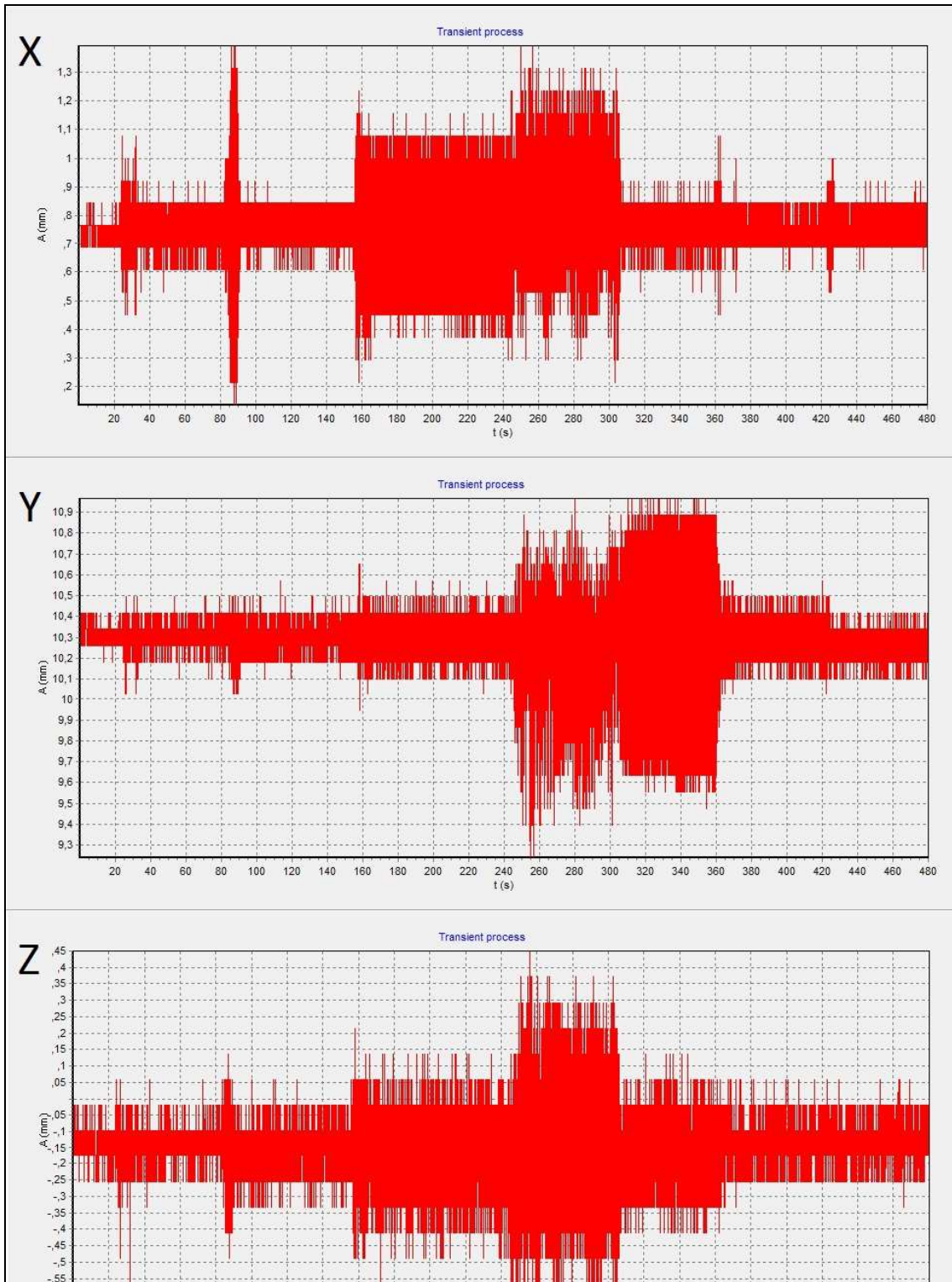
Secinājumi

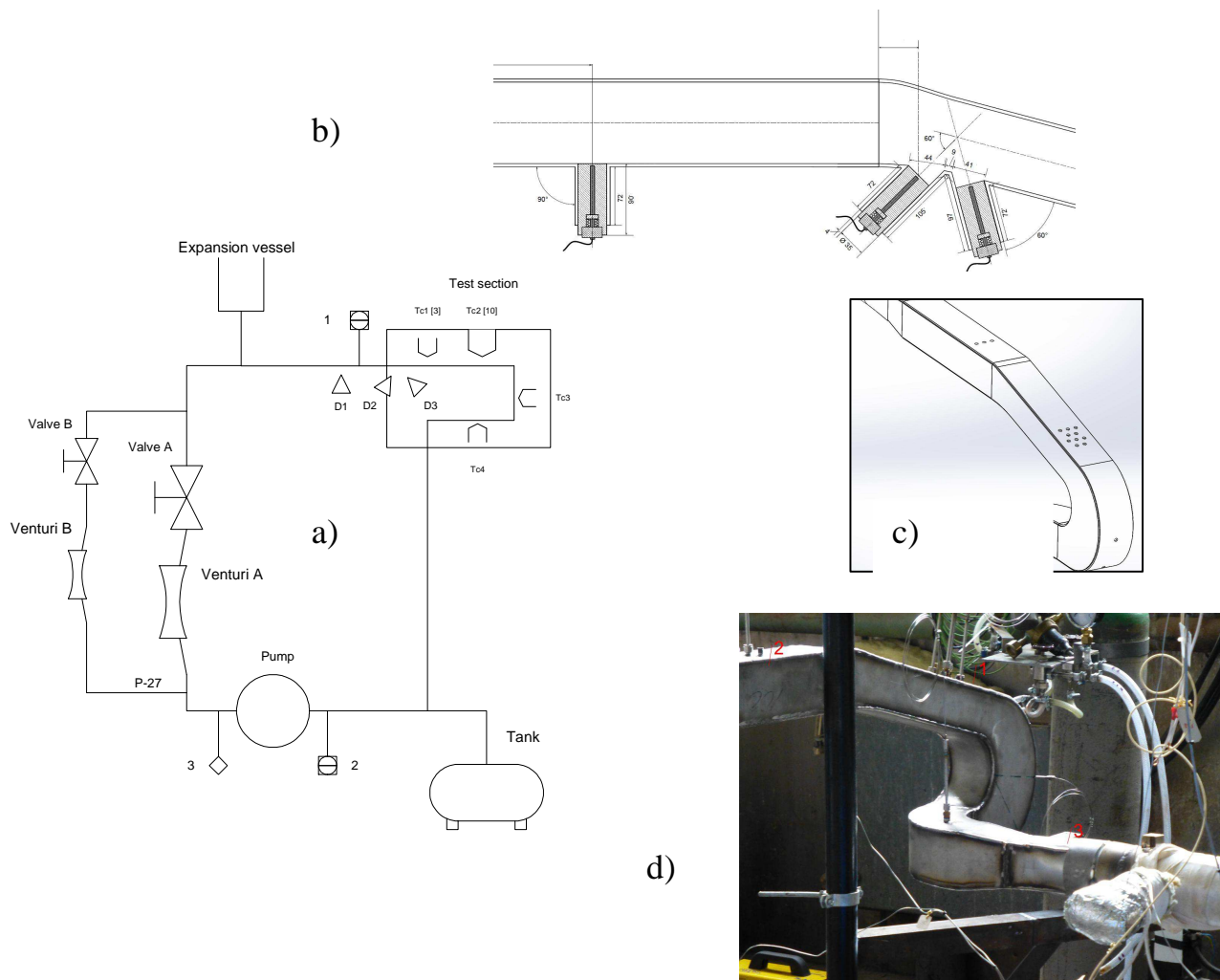
- No trieciena testa, redzamas pirmās rezonanses frekvences, kur pirmā ir pie 18Hz.
- 3 asu akselerometra iegūtie dati, rāda, ka nevēlams sūkņa darbības režīms ir, kad frekvenču pārveidotājā ir iestatīti 20 līdz 30Hz, tālāk vibrāciju amplitūda ievērojami samazinās.
- 3 asu akselerometra datu analīze ar Furjē transformāciju rāda, ka rezonanses frekvences ir diapazonā no 18 līdz 24Hz, kas korelē ar rezultātiem iegūtiem no 1 asu akselerometriem.
- Pirmā tuvinājumā iespējams iegūt kvalitatīvu rezultātu, arī izmantojot iebūvētu akselerometru viedtālrunī, kuru ir ievērojami vienkāršāk lietot un arī ir lētāks.

Tālāka darbība

- Iegūtos datus no akselerometriem nepieciešams apstrādāt ņemot vērā novietojuma ģeometriju, un izslēdzot gravitācijas radīto iespaidu, kas vērojams no 3 asu akselerometra iegūtajiem datiem. Tādējādi būtu iespējams iegūt skaitliskās vērtības amplitūdām un novērtēt vibrāciju ietekmi uz konstrukcijas mehānisko stiprību un arī plūsmu kanālā.
- Veikt mehāniskās stiprības aprēķinus un salīdzināt frekvenču amplitūdas dažādos rotora griešanās frekvences apgabalos, tādējādi salīdzināt to ietekmi uz konstrukcijas izturību ilgākā laika periodā, īpaši uz sūkņa darbību.
- Atkārtot eksperimentus ar 3 asu akselerometru to nostiprinot pozīcijā ar lielāku svārstību amplitūdu, un iespēju turpat blakus novietot 1 asu akselerometrus labākai rezultātu salīdzināšanai.
- Veikt eksperimentu ar šķidra metāla plūsmu kanālā un bez, pie darba temperatūras abos gadījumos, un salīdzināt rezultātus ar tiem, istabas temperatūrā.

Pielikums 1.





Att.4.5. PbBi kontūra rekonstrukcija šķidrā metāla ātruma sadalījuma pētīšanai
 a - PbBi kontūra principiālā shēma;
 b – Doplera sensoru izvietojuma shēma mērķa modulī;
 c – Termopāru (16 gb.) izvietojuma shēma mērķa modulī;
 d – Mērķa modulis PbBi kontūrā (skats).

Paralēli vibrāciju pētījumiem PbBi kontūrs tika daļēji rekonstruēts, att.4.5. Kontūra atskaldīto neitronu mērķa modulī tika instalēti trīs Doplera ultraskaņas sensori šķidrā metāla ātruma sadalījumam lokālā siltumavota (protona kūļa imitātors) iedarbības rezultātā. Pētījuma rezultāti tiks apkopoti nākošajā atskaites periodā.

Secinājumi.

1. Praktiski Aktivitātēs Nr. 1; 2 un 4 paredzētie darbi un pētījumi ir pabeigti. Ir sagatavoti divi Akti – Atskaites un raksts publicēšanai.
2. Nākošajos atskaites periodos galvenā uzmanība tiks pievērsta ekoloģisko prasību izvērtēšanai darbam ar dzīvsudrabu un atskaldīto neitronu mērķa modeļu risinājumiem un to pārbaudei uz PbBi kontūra.