

Latvijas Universitātes aģentūra



**Renovētā sārnu metālu
laboratorija**

Publiskais pārskats

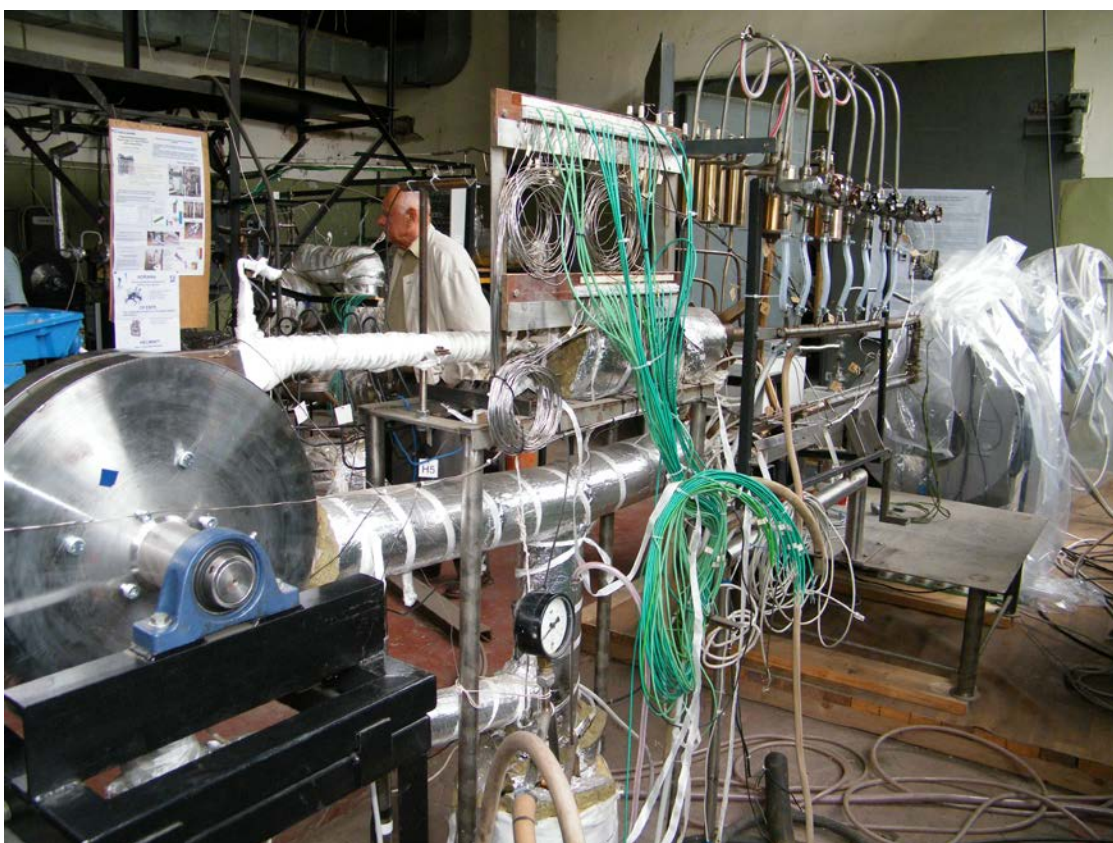
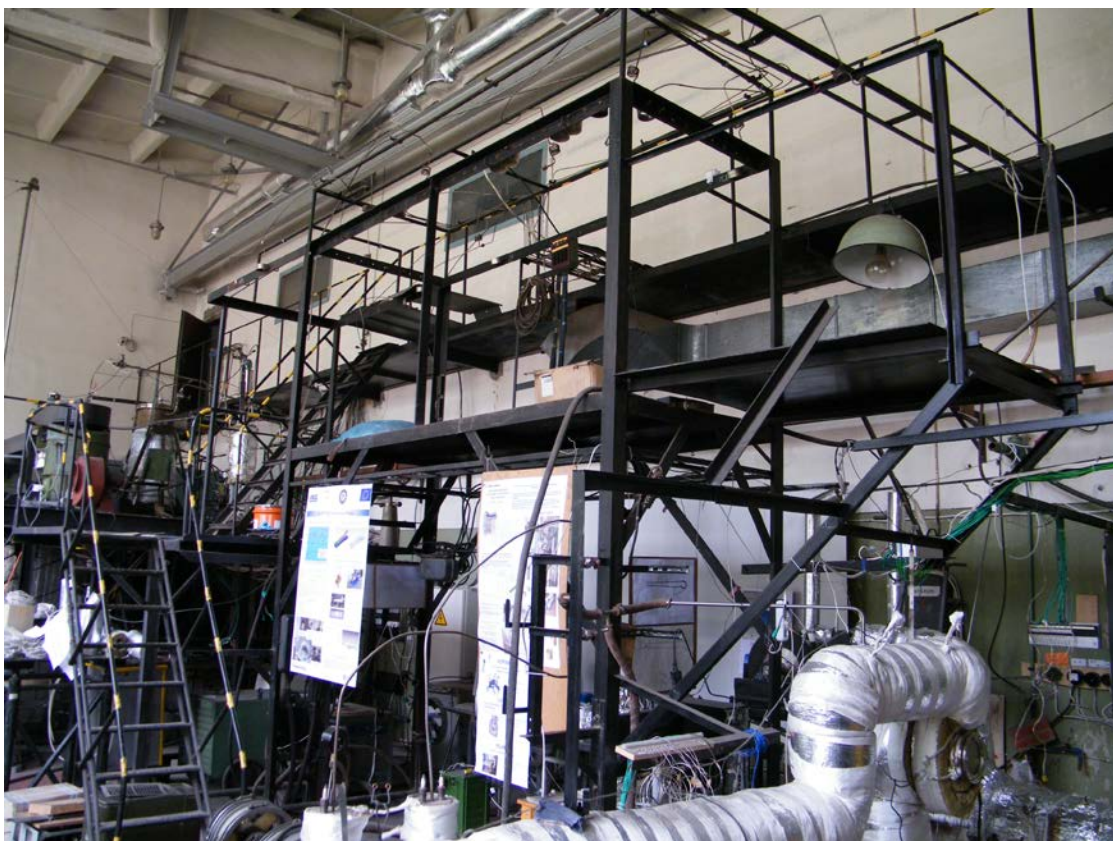
2010.gads



On Friday September 17, 2010, Salaspils.

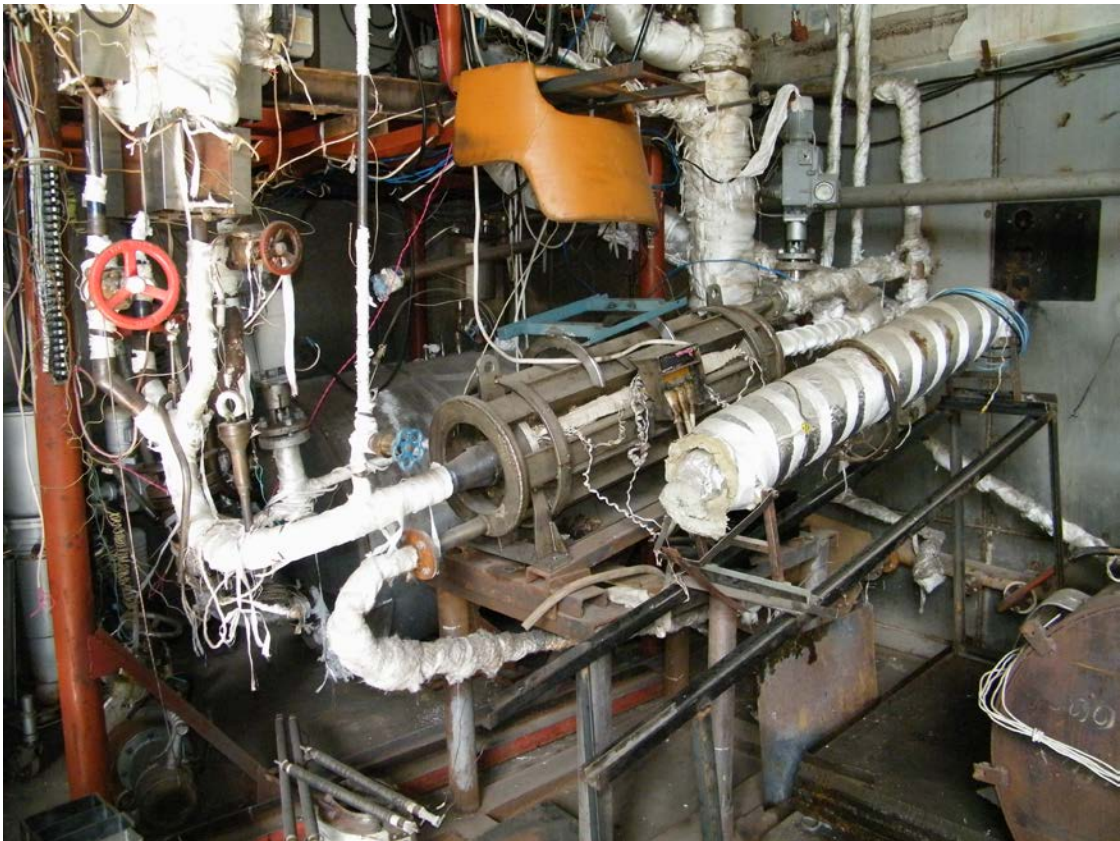
Ampēra iniciatīvas ietvaros Francijas republikas
vēstniece H.E. Mme Chantal POIRET Ambassador of
France in Latvia, (Šantāla Puarē) institūtā

Renovētās Sārņu metāla laboratorijas eksperimentālās iekārtas









Misija

Latvijas Universitātes Fizikas institūta (LU FI) misija ir iedibināta vēsturiski: zinātniskie pētījumi magnētiskajā hidrodinamikā (MHD) un ar to saistītās zinātnes nozarēs un ar to saistītu pielietojumu realizēšana un arī jauno speciālistu sagatavošanu šajās zinātnes nozarēs. LUFI darbojas kopējies Latvijas Universitātes misijas kontekstā.

Latvijas Universitātes Fizikas institūta īsa vēsture.

LU FI atrodas Salaspilī, Miera ielā 32. dibināts 1946.g. kā Latvijas PSR ZA Fizikas un matemātikas institūts, no 1950.gada Latvijas ZA Fizikas institūts, Latvijas Universitātes Fizikas institūts kopš 1997.

Direktori: 1946-1948 N.Brāzma ; 1948-1967 I.Kirko; 1967-1991 J.Mihailovs; 1992-1993 I.Bērsons; 1994-1997 O.Lielausis; 1998-2000 A.Gailītis.

Kopš 2001.g. direktors ir J.E.Freibergs. Zinātniskās padomes priekšsēdētājs A.Gailītis. Akadēmiskais personāls pašlaik ir 48 (asistenti, pētnieki un vadošie pētnieki), no tiem 6 habilitētie dokt., 35 doktori.

2006. gada 1. maijā LU Fizikas institūts atbilstoši Likumam par zinātnisko darbību tika reorganizēts par LU aģentūru.

LU FI darbības 2010.gada pamatmērķi ir sekojoši:

- Uzturēt LU FI kā vadošo pētniecības centru magnētiskajā hidrodinamikā un ar to saistītās zinātnēs gan Latvijā, gan Eiropā un izveidot LU FI par atzītu pētniecības iestādi Pasaules zinātniskajā telpā.
- Uzlabot sadarbību ar LU Fizikas un matemātikas fakultāti zinātnē un jauno speciālistu audzināšanā un arī ar radniecīgām fakultātēm RTU.
- Pastiprināt sadarbību ar ārzemju zinātniekiem jo sevišķi ar Francijas zinātniekiem, kā arī ar Vācijas, Lielbritānijas un Nīderlandes zinātniekiem. Veiksmīgi uzsākta sadarbība ar Indijas zinātniekiem
- Turpināt strādāt pie **Ampēra iniciatīvas** projekta realizēšanas.

Atbilstība prioritārajiem virzieniem.

Materiālzinātne (nanotehnoloģijas funkcionālo materiālu iegūšanai un jaunas paaudzes kompozītmateriāli);

Enerģētika – videi draudzīgi atjaunojamās enerģijas veidi, enerģijas piegādes drošība un enerģijas efektīva izmantošana.

Lietišķo pētījumu virzieni: šķidro metālu tehnoloģijas jaunas paaudzes kodolreaktoriem un kodolsintēzes reaktoriem (enerģijas ražošanas un piegādes drošība); MHD saules enerģijas pārveidotājs (videi draudzīgi atjaunojamās enerģijas veidi); MHD tehnoloģiju izmantošana jauna veida metālu sakausējumu iegūšanai (materiālzinātne); magnētiskie šķidrums, magnētiskā lauka izmantošana nanoierīču vadīšanai, magnētisko parādību un kapilāro parādību mijiedarbība (nanotehnoloģijas funkcionālo materiālu un ierīču iegūšanai); starpnozaru pētījumi – magnētiski vadāmu nanoierīču izmantošana biomedicīnā.

Latvijas Universitātes dibināta Latvijas Universitātes aģentūra „Latvijas Universitātes Fizikas institūts”; 17.03.2006.g. Latvijas Universitātes Senāta lēmums Nr.177
Reģistrēts LR VID ar kodu LV90002112199; reģistrēts Nodokļu maksātāju reģistrā ar kodu 90002112199

LR IZM Zinātniskās institūcijas reģistrācijas apliecība Nr.551021



LU FI ir 6 zinātniskās struktūrvienības:

Fizikālās hidromehānikas lab. (vad. E.Platacis), Siltuma un masas pārnese lab. (E.Blūms),
 MHD tehnoloģijas lab. (A.Bojarēvičs), MHD mašīnu teorijas lab. (A.Šiško),
 Elektrovirpuļplūsmu lab. (J.Freibergs), Teorētiskās fizikas lab. (A.Gailītis).

Direkcija

Grāmatvedība

Enerģētikas un saimniecības dienests

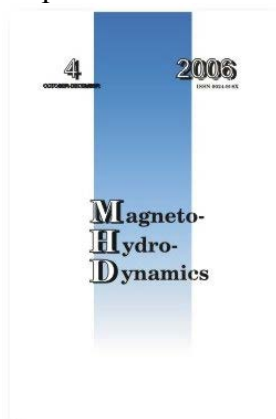
Vidējais zinātniskā personāla skaits **44,0** 2006 gadā PLE izteiksmē

Vidējais zinātnisko darbinieku skaits **74,0** 2006 gadā PLE izteiksmē

Tālrunis	67944700
Fakss	67901214
E-pasts	fizinst@sal.lv
Internets	http://ipul.lv
Direktors	Dr.fiz. Jānis Freibergs
Tālrunis	67944700
Fakss	67901214
E-pasts	jf@sal.lv
Direktora vietnieks	Dr.fiz. A.Gailītis
Tālrunis	67945821
e-pasts	gailitis@sal.lv
Direktora palīdzē	Maija Broka
Tālrunis	67944700
Fakss	67901214
E-pasts	mbroka@sal.lv
Atrodas	Salaspilī, Miera ielā 32
Pasta adrese	Miera ielā 32, Salaspils-1, LV-2169
Sadarbības fakultātes	Fizikas un matemātikas fakultāte
Akadēmiskā personāla skaits	
(asist., pētn., v.pētn., .) uz 01.01.2009.	
tsk.:	
doktori	36
habilitētie doktori	6

Kopš 1965. gada LU FI izdod starptautisku žurnālu "Magnētiskā hidrodinamika" (tagad angļu valodā „MagnetohydroDynamics”, iznāk 4 reizes gadā; galvenais redaktors A.Cēbers).

LU FI organizē regulāras starptautiskas MHD konferences.



Zinātniskā padome

Zinātniskās padomes priekšsēdētājs

Dr.phys. A. Gailītis

Dr.hab.phys. E.Blūms

Maģistrs Andris Bojarēvičs

Dr.phys. I. Buceniēks

Dr.phys. L. Buligins

Dr.hab.phys. A.Cēbers

Dr.phys. J.E.Freibergs

Dr.phys. A.Gailītis

Dr.hab.phys. J.Gelfgāts

Dr.phys. A.Mežulis

Dr.hab.phys. O. Lielausis

Dr.phys. I. Grants

Dr.phys. E. Platacis

Dr.phys. M. Zaķe

LUFI zinātniskās pētniecības apakšvirzieni

I apakšvirziens

Zinātniskās pētniecības apakšvirziens, kurā LUFI ir vadošo institūciju vidū pasaulē:

Šķidru metālu magnetohidrodinamika un hidrodinamika, fundamentālie un pielietojumie pētījumi.

Vadošais personāls:

Dr.Phys. I.Buceniēks, J.Freibergs, A.Gailītis; I.Grants, A.Kļukins, O.Lielāusis; E.Platacis; I.Platnieks; A.Šiško, Vl.Kremeņeckis

II apakšvirziens

Magnētisko nanokoloīdu fizika

Vadošais personāls:

Dr.hab.phys. E.Blūms, Dr.phys. A. Mežulis, M. Majorovs, G.Kroņkalns.

III apakšvirziens

Degšanas procesu dinamikas izpēte.

Vadošais personāls:

Vad. pētn. Dr. phys. M.Zaķe, Dr. sci. Ing. I.Barmina, Dr.sci.ing. A.Meijere

**Latvijas Universitātes aģentūras
„Latvijas Universitātes Fizikas institūts”
darba plāns 2010.gadam**

Šis darba plāns ir Latvijas Universitātes (LU) un Latvijas Universitātes Fizikas institūta (LU FI) Pārvaldes līguma pielikums.

LU FI veic savu darbību saskaņā ar savu Nolikumu, Pārvaldes līgumu un savu vidēja termiņa stratēģiju.

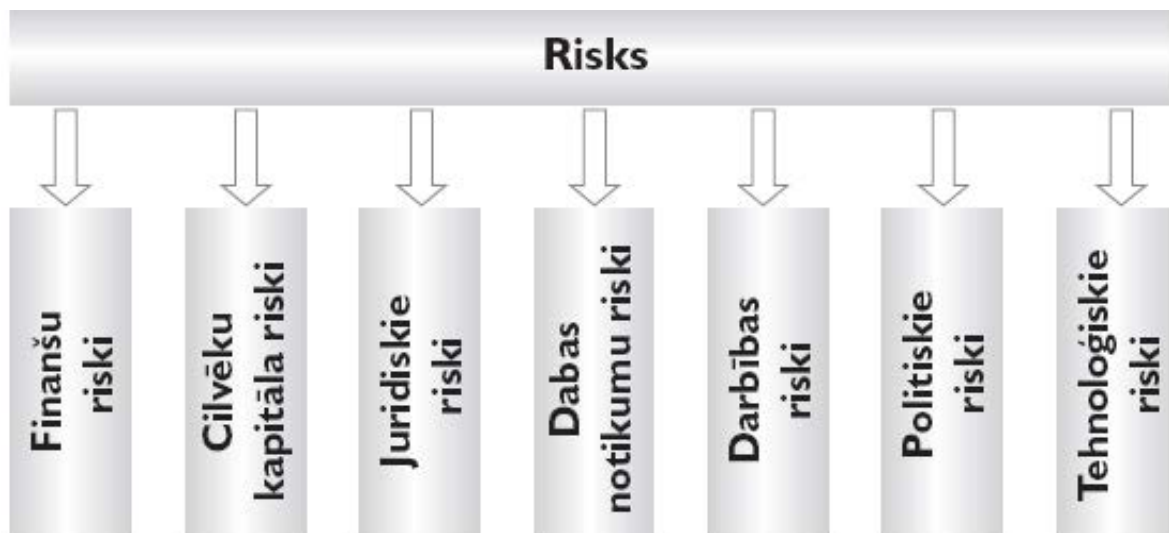
LU FI nodrošina savu pētniecisko darbību un publisko pakalpojumu sniegšanu atbilstoši zinātnieku ētikas kodeksam, starptautiski atzītiem labas prakses paraugiem un LU FI iekšējiem normatīviem dokumentiem, tādējādi nodrošinot savas darbības attiecīgos kvalitatīvos rādītājus un ceļot institūta prestižu kopumā.

LU FI nodrošina ar 04.08.2008. Ministru Kabineta noteikumiem Nr. 623 “Bāzes finansējuma piešķiršanas kārtība valsts zinātniskajām institūcijām un valsts augstskolu zinātniskajiem institūtiem” noteiktos zinātnisko institūtu novērtēšanas rādītājus tādā mērā, lai integrētais novērtējums par 2009.gadu nav mazāks par 10.

LU FI 2009.gadam noteiktie kvalitatīvie un kvantitatīvie rādītāji atspoguļoti nākošajā tabulā.

		2009.gadā
Zinātnisko pētījumu tematiskās jomas, kurās institūtam būs nozīmīga loma, saskaņā ar stratēģiju		4
Zinātniskā personāla attīstības rādītāji (skaita pieaugums pret iepriekšējo gadu, %)		1 %
Finansējuma attīstības rādītāji (apjoma pieaugums pret iepriekšējo gadu, %)		15%
Sagatavoto zinātnisko publikāciju skaits		60
tai skaitā:	SCI publikācijas (publikācijas izdevumos, kas tiek referēti starptautiski pieejamās datu bāzēs)	30
	Publikācijas starptautiski recenzētos, LZP atzītos izdevumos	19
	Publikācijas citos zinātniskajos izdevumos	8
	Populārzinātniski raksti	3
Konferenču tēzes		10
Sagatavoto un piedāvāto studiju kursu skaits		2
Sagatavotie laboratorijas darbu komplekti		2
Doktorantiem, maģistrantiem un bakalauriem piedāvāto darba vietu un/vai pētījumu tēmu skaits		6
Starptautiskās atpazīstamības rādītāji (starptautiski nozīmīgi projekti vai pasākumi kopā)		6
Eiropas Savienības.6 un 7.ietvara projektu skaits		5
Valsts pētījumu programmu projektu skaits		1
LZP finansētie sadarbības projekti		3
Latvijas Zinātnes padomes finansēto projektu skaits		2
Reģistrēto un uzturēto patentu skaits		1

LU FI nodrošina institūta darbības nepārtrauktību, balstoties uz iespējamo risku apzināšanu sekojošās sadaļās, bet jo īpašu vērību pievēršot personāla atjaunināšanai un darbinieku kvalifikācijas paaugstināšanai (cilvēku kapitāla riski), finanšu disciplīnas un likumības ievērošanai (finanšu un juridiskie riski), kā arī kvalitatīvai publisko pakalpojumu sniegšanai (darbības riski). Darbības risku pārvaldīšanai LU FI atspoguļo rīcības plānā.



LU FI nodrošina risku identificēšanu un to pārvaldību saskaņā ar sekojošu darba plānu.

Kārtas Nr.	Darbības raksturojums	Izpildes termiņš vai pasākuma biežums
1.	Darba grupas izveide riska faktoru identificēšanai un novērtēšanai LU FI	2. kvartāls
2.	LU FI riska pārvaldības politikas dokumenta izstrāde	2. kvartāls
3.	Pasākumu plāna izstrāde riska faktoru mazināšanai	2.kvartāls
4.	LU FI datu drošības politikas dokumenta uzlabošana	3.kvartāls
4.	Iekšējās kontroles politika dokumenta uzlabošana	3.kvartāls
5.	Riska faktoru pārvērtēšana un pasākumu plāna korekcija 2009.gadam	4.kvartāls

LU Fizikas institūta ieņēmumi 2010.gadā 849,7 tūkstoši latu.

Finansējums kopā	849,7
tai skaitā: Valsts budžeta finansējums	549,3
no tā: Eiropas Savienības struktūrfondu finansējums zinātniskajai darbībai	215,8
Latvijas Zinātnes padomes (LZP) granti un cits LZP finansējums	44,1
zinātniskās darbības bāzes finansējums	161,5
valsts pētījumu programmu finansējums	24,2
zinātniskās darbības attīstības finansējums	90
tirgus orientētie pētījumi	13,7
Finansējums no starptautiskiem avotiem	295,4
tai skaitā ieņēmumi no līgumdarbiem ar ārvalstu juridiskām personām	295,4
Ieņēmumi no līgumdarbiem ar Latvijas Republikas juridiskām personām	5

Tai skaitā svarīgākie līgumi:

NPK	Pasūtītājs vai sadarbības partneris (i)	Projekta_nosaukums	Finansējums, LVL	Avanss
1.1.	ERAF	Uzlabota Li tehnoloģijas izstrāde plazmas attīrīšanas iekārtu (divertoru) aktīvo virsmu aizsardzībai	0	78465,31
1.2.	ERAF	Uzlabota tehnoloģija protonu – neitronu konvertoru šķidra metāla sistēmu izveidei.	0	55761,37
1.3.	ERAF	Dažādas izcelsmes atjaunojamo kurināmo maisījumu jauna veida granulētu produktu izveidošana ekoloģiski tīru un efektīvu degšanas un siltuma ražošanas procesu nodrošināšanai ar būtiski uzlabotu šo procesu tehnoloģiju	0	81542,8
1.4.	CEA, Francijas atomenerģijas komisāriats	elektromagnētisko pumpju pētījums	12 321	
1.5.	Forshungszentrum Dresden-Rossendorf(FZD)	Realizations of as Rayleigh-Benard Experiment with mercury in a rotating magnetic field	9 740	
1.6.	Institute for Plasma Research Gandhinagar, Gujarat	Design, manufacture of experiemental facilities and conduct eksperiments to study the effects of MHD, corrossion in Pb-Li flow for the development of indian LLCB blanket system	41 747	

1.7.	ES 7.Ietvarprogramma	ADRIANA Advanced Reactor Initiative and Network arrangement, FP7 RTG,	7 553
1.8.	ES 7.Ietvarprogramma	Production of a liquid metal limiter for plazma in ISTOK Tokomak, Lisboa, Portugal (production of pumps, flow meters etc.), Fixed contribution contract with EURATOM EC 6 Framework Programm, FU06-CT-2004-00078,	57 883
1.9.	ES 7.Ietvarprogramma	CP-ESFR Collaboration Project on European Sodium Fast Reactor, no. 232658, 7.ietvarprogramma	25 702
1.10.	ES 7.Ietvarprogramma	CP-ESFR Collaboration Project on European Sodium Fast Reactor, no. 232658, 7.ietvarprogramma	26 119
1.11	SIA Hidrowat	Veikt izpētes darbus par svina-litija eitektikas sakausējuma (Pb-15.7at%Li) vajadzīga sastāva optimālas ražošanas metodikas izstrādi	46 478

LU Fizikas institūta izpildītie projekti

ES 6. Ietvara Programmas – 5; ES 7. Ietvara Programmas - 3

- *Magnetic flow tomography in technology geophysics and ocean flow research MAGFLOTOM, Commission of the EC, Research DG, Contract No.028670, Specific target Project*
- *Production of a liquid metal limiter for plazma in ISTOK Tokomak, Lisboa, Portugal (production of pumps, flow meters etc.), Fixed contribution contract with EURATOM EC 6 Framework Programm, FU06-CT-2004-00078,*
- *European Isotope Separation On-Line Radiactive Ion Beam facility (EURISOL DS), EC 6 framework Programm, Contract 515768 (RIDS).*
- *Virtual European Lead Laboratory (VELLA), FP6: Contract type: Integrating activities implemented as integrated Infrastructure activities, Project reference 36469. NUWASTE-2005/6-3.2.3.1-1.*
- *The European Spallation Source (ESS), CONSORTIUM AGREEMENT, Latvijas Universitāte (LU), LU Fizikas institūts (IPUL)*

2010.gadā apstiprinātie 7.Ietvarprogrammas projekti

- *CP-ESFR Collaboration Project on European Sodium Fast Reactor, no. 232658, 7. ietvarprogramma,*
- *ADRIANA Advanced Reactor Initiative and Network arrangement, FP7 RTG,*
- *HeLiMnet . Heavy Liquid Metals Network. Agreement no. 249677*

ERAF līgumi (3 līgumi)

- *Uzlabota tehnoloģija protonu – neitronu konvertoru šķidra metāla sistēmu izveidei., Avanss - 55761,37*
- *Uzlabota Li tehnoloģijas izstrāde plazmas attīrīšanas iekārtu (divertoru) aktīvo virsmu aizsardzībai- Avanss -78465,31*
- *Dažādas izcelsmes atjaunojamo kurināmo maisījumu jauna veida granulētu produktu izveidošana ekoloģiski tīru un efektīvu degšanas un siltuma ražošanas procesu nodrošināšanai ar būtiski uzlabotu šo procesu tehnoloģiju – avanss 81542,8*

2010.g. Līgumi ar ārzemju zinātniskajam institūcijām -9 (turpinās)

<i>Zinātniska institūcija</i>	<i>Valsts</i>	<i>Projekta nosaukums</i>
<i>Francijas Atomenerģijas komisariāts (CEA)</i>	<i>Francija</i>	<i>EM pump</i>
<i>Forshungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD)</i>	<i>Vācija`</i>	<i>Realizations of as Rayleigh-Benard Experiment with mercury in a rotating magnetic field</i>
<i>Institute for Plasma Research Gandhinagar, Gujarat</i>	<i>Indija</i>	<i>Design, manufacture of experimental facilities and conduct eksperiments to study the effects of MHD, corrossion in Pb-Li flow for the development of indian LLCB</i>

		<i>blanket system</i>
SIEMENS AG	Vācija, Francija	Manufacturing of prototype
MSSA S.A.S (Commercial name : METAUX SPECIAUX)	Francija	EM induction Permanent Magnet Pumps for Sodium
SIA "Baltic Titan" Beidzās 2010.g.	Latvija	"Titāna ražošanas tehnoloģijas izstrādāšana, bāzējoties uz savstarpēju titāna tetrahlorīda un metāliskā magnija tvaiku savstarpēju mijiedarbību un titāna ražošanas iekārtas 110 mm metāliskā titāna vai tā sakausējuma stieņu nepārtrauktai iegūšanai ar ražošanas kapacitātes jaudu ne mazāk kā 40 t/mēnesī izgatavošana",

Valsts pētījumu programma 1 un LZP Sadarbības granti - 1


Valsts pētījumu programma		
1-23/49	Modernu funkcionālu mikroelektronikai, nanoelektronikai, fotonikai, bi-omedicīnai un konstruktīvo kompozītu, kā arī to atbilstošo tehnoloģiju izstrāde	E.Blūms
1-23/37	Nanodaļiņu, nanostrukturālu materiālu un plāno tehnoloģiju izstrāde funkcionālo materiālu un kompozītu izveidei	E. Cēbers
Sadarbības projekts		
05.0026.13.1	Mīkstie magnētiskie materiāli un nanotehnoloģijas	A.Cēbers
05.0026.14.1	Difūzā un konvektīvā nanodaļiņu pārnese neizometriskos ferrokoloīdos kapilāri porainās vidēs	E.Blūms

2010.gada apvienotais grants

09.1590 Šķidrā metāla kodoltehnoloģijās un fizikālos eksperimentos; II - Nehomogēna elektromagnētiskā lauka un robežnosacījumu ietekme uz elektrovadošas vides plūsmām; III - Liofilizētu magnētisku nanodaļiņu fizikālās īpašības un pārnese parādības stēriski stabilizētos ferrokoloīdos; IV - Elektromagnētisko lauku ietekme uz kustības, siltuma un masas pārnese procesiem elektrovadošas vides virpulplūsmās

2010. gada raksti starptautiski citētos izdevumos - 20

		Scopus datu bāzē:		
1.	E.Karule, A.Gailītis.	Above threshold ionization of atomic hydrogen in ns states with up to four excess photons.	J.Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 43 (2010) 065601 (7 lpp)	ISSN: 09534075
2.	Stefani, F.a ✉, Gailītis, A.b , Gerbeth, G.	Energy oscillations and a possible route to chaos in a modified Riga dynamo	Astronomische Nachrichten Volume 332, Issue 1, January 2011, Pages 4-10	ISSN: 00046337
3.	Blums, E. ✉, Kronkalns, G., Mezulis, A., Sints, V.	Non-isothermal mass transfer of ferrocloids through porous membrane	Journal of Magnetism and Magnetic Materials CODEN: JMMMD DOI: 10.1016/j.jmmm.2010.11.042	ISSN: 03048853
4.	D. Zablotzky, E. Blums,	Numerical investigation of optically induced microconvection in thin ferrofluid layers,	Journal of Magnetism and Magnetic Materials CODEN: JMMMD DOI: 10.1016/j.jmmm.2010.11.042	ISSN: 03048853
5.	Segal, I.a ✉, Zablotzskaya, A.a , Lukevics, E.a , Maiorov, M.b , Zablotzky, D.b , Blums, E.b , Mishnev, A.a , Georgieva, R.c , Shestakova, I.a , Gulbe, A.a 👤	Preparation and cytotoxic properties of goethite-based nanoparticles covered with decyldimethyl (dimethylaminoethoxy) silane methiodide	Applied Organometallic Chemistry Volume 24, Issue 3, March 2010, Pages 193-197	ISSN: 15393755
6	Bojarevics, V., Pericleous, K.	Time dependent MHD models for aluminium reduction cells	TMS Annual Meeting 2010, Pages 199-206	ISBN: 978- 087339750- 6
7.	Grants, I.a b , Gerbeth, G.	Linear and nonlinear stability of a thermally stratified magnetically driven rotating flow in a cylinder	Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics Volume 82, Issue 1, 21 July 2010, Article number 016314	ISSN: 15393755
8.	Priede, J.a , Avalos-Zuñiga, R.b , Plunian, F.	Homopolar oscillating-disc dynamo driven by parametric resonance	Physics Letters, Section A: General, Atomic and Solid State Physics Volume 374, Issue 4, 11 January 2010, Pages 584-587	ISSN: 03759601
9.	Hermann, R.a , Gerbeth, G.b , Priede, J.c , Krauze, A.d ,	Convictional controlled crystal-melt interface using two-phase radio-frequency	Journal of Materials Science Volume 45, Issue 8, April 2010, Pages 2228-2232	

	Behr, G.a , Büchner, B.a	electromagnetic heating		
10.	Gomes, R.B.a , Silva, C.a , Fernandes, H.a , Duarte, P.a , Nedzelskiy, I.a , Lielausis, O.b , Klyukin, A.b , Platacis, E.	ISTTOK tokamak plasmas influence on a liquid gallium jet dynamic behavior	Journal of Nuclear Material CODEN: JNUMA DOI: 10.1016/j.jnucmat.2010.10.042 Document Type: Article in Press	ISSN: 00223115
11.	Aiello, A.a , Bühler, L.b , Ciampichetti, A.a , Demange, D.b , Dörr, L.b , Freibergs, J.F.c , Ghidarsa, B.b , Ilic, M.b , Laffont, G.d , Messemer, G.b , Platnieks, I.c , Rampal, G.e	Mock-up testing facilities and qualification strategy for EU ITER TBMs	Fusion Engineering and Design Volume 85, Issue 10-12, December 2010, Pages 2012- 2021	ISSN: 09203796
12.	Kompan, Y.a , Protokovilov, I.a , Fautrelle, Y.b , Gelfgat, Y.c , Bojarevics, A.c	Magnetically controlled electroslag melting of titanium alloys	Magnetohydrodynamics Issue 3, 2010, Pages 317-324	ISSN: 0024998X
13.	Priede, J.  Aleksandrova, S., Molokov, S.	Linear stability of Hunt's flow	Journal of Fluid Mechanics Volume 649, 25 April 2010, Pages 115-134	ISSN: 00221120
14.	Priede J.	Oscillations of weakly viscous conducting liquid drops in a strong magnetic field, J. Fluid Mech	Journal of Fluid Mechanics in press	ISSN: 00221120
15.	O. Petričenko, A. Cēbers, M. M. Maiorov and A. Plotniece	Properties of dextran coated magnetic nanoparticles	Magnetohydrodynamics, 46 (2010), 3, 309 – 316.	ISSN: 0024998X
16.	M. Zake, I. Barmina, I. Bucenieks, V. Krishko	Magnetic field control of combustion dynamics of the swirling flame flow	Magnetohydrodynamics 46, (2010) Nr.2, pp. 171- 186.	ISSN: 0024998X
17..	A. Bojarevičs, T. Beinerts.	Experiments on Liquid Metal Flow Induced by Rotating Magnetic Dipole Moment	Magnetohydrodynamics 46 (2010), no. 4, 6 lpp.	ISSN: 0024998X
18.	I. Kaldre, Y.Fautrelle, J.Etay, A. Bojarevics, L. Buligins	Investigation of liquid phase motion generated by the thermoelectric current and magnetic field interaction.	Magnetohydrodynamics 46 (2010)	ISSN: 0024998X
19.	I. Kaldre, Y.Fautrelle, J.Etay, A.	Absolute thermoelectric power of Pb-Sn alloys.	Modern Physics Letters B, 4.lpp	

	Bojarevics, L. Buligins			
20.	M.M.Maiorov, E. Blums, K. Raj,	Inverse task for evaluation of particle size distribution of polydisperse magnetic fluids	Physics Procedia Volume 9, 2010, Pages 74-77	Publisher: Elsevier

2010. gada raksti Starptautisko konferenču rakstu krājumos (Proceeding) -25

Konferences

Proceedings of International Scientific Colloquium Modelling for Material Processing, Riga, September 16-17, 2010

1. Ya.Kompan, I.Protokovilov, Y.Fautrelle, Yu.Gelfgat, A.Bojarevics. Magnetically controlled electrosag melting of titanium alloys. International Scientific Colloquium Modelling for Material Processing, Riga, September 16-17, 2010, pp.85-90.
2. I. Kaldre, Y.Fautrelle, J.Etay, A. Bojarevics, L. Buligins, Investigation of liquid phase motion generated by the thermoelectric current and magnetic field interaction. International Scientific Colloquium Modelling for Material Processing, Riga, September 16-17, 2010, pp. 273-278.

Nordita Winter school

3. A.Gailitis, Riga Dynamo experiment, Special Lecture. Nordita Winter School on Dynamos: above, below, and in laboratory. Stockholm, 11-22.01.2010.

9th International Meeting on Thermodiffusion, June 7-11th, 2010, Toulouse, France,

4. E. Blums, G. Kronkalns, A. Mežulis, V. Šints, Thermal transport of ferrofluid nanoparticles through a capillary porous layer, 9th International Meeting on Thermodiffusion, June 7-11th, 2010, Toulouse, France, <http://www.imft.fr/IMT9/accepted.html>.

8th AIMS International Conference on Dynamic Systems, Differential Equations and Applications, May 25-28, 2010, Dresden, Germany,

5. A.Gailitis Mathematical background of the Riga Dynamo experiment, 8th AIMS International Conference on Dynamic Systems, Differential Equations and Applications, May 25-28, 2010, Dresden, Germany, Abstracts p.71
” International Workshop on Liquid Metal Breeder Blanket, Book of Abstracts, 23 und 24 September 2010.
6. J.E.Freibergs, I.Platnieks, „Application of MHD Technology for Production of Lead/Lithium Eutectic Alloy.” International Workshop on Liquid Metal Breeder Blanket, Book of Abstracts, 23 und 24 September 2010. p.13.

Proceeding of International Scientific Colloquium Modelling for Material Processing, Riga, September 16-17,

7. I. Barmina, M. Zake, Effects of Magnetic Field on Swirling Flame, Proceeding of International Scientific Colloquium Modelling for Material Processing, Riga, September 16-17, 2010, pp. 6.
8. I. Barmina, M. Purmalis, J. Valdmanis, M. Zake, Electric Field Effects on the Combustion Characteristics of Renewable Fuel, Proceedings of International Scientific Colloquium Modelling for Material Processing, Riga, September 16-17, 2010, pp. 6.

9. V. Bojarevics, A. Roy, K. A. Pericleous. Magnetic Levitation of Large Liquid Volume. International Scientific Colloquium Modelling for Material Processing, Riga, September 16-17, 2010, pp. 15-20.
10. A. Bojarevičs, T. Beinerts. Experiments on Liquid Metal Flow Induced by Rotating Magnetic Dipole Moment. International Scientific Colloquium Modelling for Material Processing, Riga, September 16-17, 2010, pp. 309-314.
11. I. Grants, G. Gerbeth, Suppression of temperature fluctuations by rotating magnetic field in a large scale Rayleigh-Bénard cell. Proceedings of International Scientific Colloquium Modelling for Material Processing, Riga, September 16-17, 2010

International conference “Functional materials and nanotechnologies” FM&NT-2010, Institute of Solid State Physics, University of Latvia, Riga, March 16 – 19:

12. D. Zablotsky, E. Blums, Formation of microconvection in periodic concentration grating of magnetic nanoparticles (mutisks referāts) Book of abstracts, p. 87.
13. V. Shints, G. Kronkalns, E. Blums, A. Mežulis. Investigation of nanosized colloidal particles transfer through a porous layer (posteris) Book of abstracts, p. 145.
14. A. Mežulis, D. Zablockis, Creating concentration profiles of nanosized magnetic particles in non-uniform magnetic field (posteris) Book of abstracts, p. 146.
15. V. Serga, L. Kulikova, M. Maiorov, A. Krumina, Palladium Nanocrystalline Films Produced by EPM Phase Composition and Magnetic Properties (posteris) Book of abstracts, p. 122.

12th International Conference on Magnetic Fluids ICMF12, Sendai, Japan 1-5th August, 2010:

16. E. Blums, G. Kronkalns, A. Mežulis, V. Sints, Non-isothermal mass transfer of ferrocolloids through porous membrane (oral presentation) , Abstract Book, p. 19-20.
17. D. Zablotsky, E. Blums, Numerical investigation of optically induced microconvection in thin ferrofluid layers (oral presentation), Abstract Book ,p.20-21.
18. M.M. Maiorov, E. Blums, K. Raj, Inverse task for evaluation of particle size distribution of polydisperse magnetic fluids (poster) , Abstract Book, p. 223-224.

Proc. „Aluminium Casting” Conference, St.-Petersburg, October 2010

19. Yu. Gelfgat. Electromagnetic devices with permanent magnets – a new trend for contactless influence on aluminium melts. – Proc. „Aluminium Casting” Conference, St.-Petersburg, October 2010 (CD), 16 lpp.

Iesniegtas tēzes

20 . starptautiska conference "Pamir", Borogo-Corsica- Francija

Fundamentālā un pielietojamā MHD

Konferences Organizētāji Francija- CNRS, CEA, Grenoble INP; Latvija – LU FI

20. J.E. Freibergs, “Industrial Production of Lead-Lithium Alloy with MHD Mixing.”

21. J. E. Freibergs, V. Kremeneckis, “Cavitation in the ESS model.”

22. I. Barmina, A. Cipijs, A. Lickrastina, J. Valdmanis, R. Valdmanis, M. Purmalis, M. Zake, Renewable Fuel Gasification and Combustion Control by Applied AC Electric Field
23. I. Barmina, A. Lickrastina, V. Suzdalenko, M. Zake, Gradient Magnetic Field Promotion of Pelletized Biomass Combustion
24. J.Valdmanis, G.Kronkalns Physical Modelling of Magnetic Buckyballs
25. Agris Gailitis and Guntis Lipsbergs Non-standard regimes of Riga Dynamo experiment
26. Guntis Lipsbergs Riga Dynamo under external excitation
27. Liga Magone Compass behaviour in a Riga Dynamo outside field
28. A.Mežulis*, D. Zablockis, E. Blums Dynamics of concentration profiles of nanosized magnetic particles in non-uniform magnetic field
29. Dmitry Zablotsky, Elmars Blums Microconvective instability in the relaxation of optically induced concentration grating in ferrofluids
30. G. Kronkalns, M. Kodols, M. Maiorov Change of phase composition of magnetic fluid nanoparticles after HGMS
31. E. Blūms, A. Mežulis, G. Kronkalns, V. Šints Transport of nanoparticles through nonisothermal ferrofluid layer with permeable walls

Reģistrētie un uzturēts 1 patents

LV patents I. Barmina, M.Gedrovičs, P. Meija, A. Meijere-Lickrastina, M. Purmals, M. Zake, Atjaunojamā kurināmā un gāzveida kurināmā vienlaicīgas sadedzināšanas apkures katls-LV patenta pieteikums P-08-20,ekspertīzes lēmums 2/1307, 20.09.2009., pp.1-16.

Pabeigts tirgus orientēts petījums

IZM TOP08-17	Titāna ražošanas tehnoloģijas izstrādāšana, bāzējoties uz savstarpēju titāna tetrahlorida un metāliskā magnija tvaiku savstarpēju mijiedarbību”	E.Platacis
--------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

Promocijas darbs: 1

A.Tatuļčenkovs aizstāvēja promocijas darbu - *Parīzes 7.universitātes dr.2010.g. 30.09 lēmums nr.PAR VII 8388272*

Maģistra darbi – 2

- Maija Zaķe – piedalījās V. Kriško **maģistrantūras darba** „Atjaunojamo energoresursu un gāzveida fosilā kurināmā līdzsadedzināšana videi draudzīgākai enerģijas ražošanai” **vadīšanā, kuru V.Kriško aiztāvēja 2009.gada jūnijā. No 2010. gada jūlija - RTU doktorantūra**
- **Bakalaura darbu aizstāvēja un iestājās maģistrantūrā - Toms Beinerts**

Latvijas Universitatē studējošie doktorandi, maģistranti un studenti :

Vadītājs

1	Zablockis	Dmitrijs	FMF	doktorands	3	Blūms Elmārs
2.	Šints	Viesturs	FMF	maģistrants	1	Blūms Elmārs
3.	Kaldre	Imants	FMF	doktorands	2	Buligins Leonīds; Fautrelle Y.(Francija)
4.	Beinerts	Toms	FMF	maģistrants	2	Gelfgats Jurijs
5.	Magone	Līga	FMF	studente	2	Gailītis Agris

RTU doktorandi un maģistranti:

K.Kravalis – vadītājs Dr.fiz. Imants Bucenieks

G.Lipsbergs – vadītājs Dr.fiz. Agris Gailītis

V Krishko – vadītāji: Dr.fiz. Maija Zaķe (LUFİ) un Dr. Sci. ing. Mārtiņš Gedrovičs

RTU bakalaura nosaukumu ieguva -I.Pagasts, G.Mencendorfs un L.Goldšteins

Lekciju kurss MHD - LU Fizikas un matemātikas fakultātes studentiem – sagatavojis un lasījis A.Gailītis

Jaunie zinātnieki - 6

1. Ansis Mežulis, aizstāvēja promocijas darbu 2000.g.
2. Inesa Barmina, aizstāvēja promocijas darbu 2003.g.
3. Aleksandrs Pedčenko promocijas darbu aizstāvēja 2004.g.
4. Armands Krauze aizstāvēja promocijas darbu 2005.g.
5. Agnese Līckrastiņa (Meijere) - LUFİ vadošā pētniece, Dr. sc. ing., statuss-jaunā zinātniece (promocijas darbs “Wood biomass(granules) co-firing with gaseous fuel (propane)”, kuru aizstāvēja 2005. gada aprīlī.
6. V.Kremeņeckis 2009. gada 26. jūnijā sekmīgi aizstāvēja promocijas darbu fizikas doktora grāda iegūšanai. Disertācijas nosaukums: „Precīzie automodulārie atrisinājumi hidrodinamikā un magnētiskajā hidrodinamikā un to attiecība pret uzdevumiem robežslāņa tuvinājumā.” Darba vadītājs J.Freibergs.

Projekta nosaukums **Latvijas Universitātes Fizikas institūta Apvienotais projekts magnetohidrodinamikā un siltumfizikā: ar sadaļām: I - Šķidrās metāls kodoltehnoloģijās un fizikālos eksperimentos; II - Nehomogēna elektromagnētiskā lauka un robežnosacījumu ietekme uz elektrovadošās vides plūsmām; III - Liofilizētu magnētisku nanodalīnu fizikālās īpašības un pārneses parādības stēriski stabilizētos ferrokoloidos; IV - Elektromagnētisko lauku ietekme uz kustības, siltuma un masas pārneses procesiem elektrovadošās vides virpulplūsmās**”

Darbs veikts atbilstoši projekta līgumā paredzētiem uzdevumiem pa četrām sadaļām:

I

a)Atskaldīto neitronu mērķim izstrādāts bezloga modelis ar šķērsplūsmu. Šķērsplūsmas priekšrocība pret garenplūsmas variantu ir daudz mazāks darba spiediens. Pētīta

šķērsplūsmas hidrodinamika, izstrādātas metodes ātruma profilu regulēšanai.
Šķērsplūsmas veidotājs sekmīgi pārbaudīts ar dzīvsudrabu..

b) Ga limiters pārbaudīts Lisabonas Tokomakā un sagatavots Frascati Tokomakam. Realizēts variants, kad pilienu struktūra veidojas ātrai strūklai sabrūkot Releja nestabilitātes rezultātā. Jūtamās vakuma izmaiņas netika novērotas, kaut termiskā slodze pārsniedza 5 kw/cm^3 . Eksperimentos tokamakā ISTTOK tika novērots jauns, līdz šim neapzināts MHD efekts – plazmas plūstošais (floating) potenciāls ir spējīgs ģenerēt strūklā strāvu, tokomaka magnētiskajā laukā veidojas atbilstošs $j \times B$ spēks un strūkla tiek nedaudz atbīdīta no plazmas. Vērtējumi liecināja, ka tas var traucēt tiešai metodes pārņemšanai no nelielā ISTTOK (lauks $0,7-1,2T$) uz Frascati Tokamak Upgrade FTU ar iespējamo lauku līdz $8T$. Tika nolemts apskatīt variantu, kad strūkla visā tās garumā paliek lokalizēta plazmas ārējā atdalāmajā slānī (scrape-off layer SOL). Atbilstošie ģeometriskie nosacījumi mērogā 1:1 tika atveidoti speciālā InGaSn stendā, apstiprinot iespēju sasniegt nepieciešamos parametrus (monolītas zem 45 grādiem vērsta strūklas garums ap 50 cm pie ātruma 5 m/s).

c) PbLi korozijas eksperiments parādīja, ka magnētiskajā laukā veidojas periodiskas struktūras. Konstatēta nepieciešamība turpmākā darbā ievērot materiāla ferromagnētisko dabu.

d) No pastāvīgiem magnētiem veidoto lieljaudīgo elektromagnētisko indukcijas sūkņu konstrukcija optimizēta, piemērojot to gan natrijam (Na), gan atskaldīto neitronu avotos lietotiem materiāliem: dzīvsudrabam (Hg) un svina-bismuta eutētiskam sakausējumam (Pb-Bi). Konstatēts, ka pastāvīgo magnētu sūkņiem nedraud plūsmas nestabilitāte, ar ko sirgst lielie Na indukcijas sūkņi

e) Pēc telpu renovācijas Dinamo eksperiments sakārtots, remontēta magnētiskā sakabe un veiktas trīs mērījumu sesijas. Novērots t.s. zemsliekšņa pašerosmes variants, kāds nebija redzēts iepriekš. Konstatētas ievērojamas frekvenču spektra atšķirības sliekšņa tuvumā (ģenerācijas sākumā) un nostabilizētā režīmā. Izpētīta Dinamo atbilde ārējai ierosmei un lauka telpiskais sadalījums gan vertikālā gan horizontālā virzienā.

II

Pētītas tā saucamā metamateriāla atsevišķu elementu īpašības augstfrekvences diapazonā. Veikti modelēšanas eksperimenti, izmantojot magnētiskās daļiņas un rezultāti apkopoti referātā:

J.Valdmanis, G.Kronkalns „Physical Modelling of Magnetic Buckyballs” MHD 2011.gada konferencei Francijā Korsikā.

Skaitliski modelējot tika pētīta kavitācijas ietekme uz šķidra metāla plūsmu Eiropas Atskaldīto Neitronu Avota (ESS) mērķī. Aprēķināta burbuļa diametra izmaiņa tam kustoties mainīga spiediena laukā. Izpētīti divi gadījumi: burbuļa iekšpusē ir tikai metāla tvaiki un jaukta tipa kavitācija, kad burbulī papildus ir arī gāze. Metāla īpašības ir atkarīgas no temperatūras, tāpēc pētījums veikts pie trim dažādām temperatūrām un trim metāliem – dzīvsudrabam, svinam un svina bismuta eitektikai. Spiediena izmaiņas burbuļa kustības laikā tika iegūtas skaitliski modelējot metāla kustību ESS mērķī. Pētījuma rezultātā ir noteikti apstākļi, tādi kā burbuļa sākotnējais rādiuss, temperatūra, spiediena izmaiņas, kas izraisa burbuļa augšanu vai kolapsu. Rezultāts ir attēlots kā stabilitātes līknes, kas atdala burbuļa kolapsa un augšanas apgabalus.

Turpinot pētīt un optimizēt svina-litija eitektikas rūpnieciskās iegūšanas procesu ar MHD maisīšanas pielietošanu, tika pilnveidota litija inžektora konstrukcija, reaktora forma un MHD maisītāja konstrukcija.

Alumīnija elektrolītiskās ieguves procesa stabilitātes skaitliskās modelēšanas algoritms papildināts ar anodu ekvivalentās elektriskās shēmas aprēķinu. Lietots tas pilnās strāvas sadalījuma aprēķinā visā ķēdē no vienas vannas līdz nākošajai.

III

1. Pilnveidota granulometrijas metode ferokoloīdu nanodaļiņu izmēru dispersijas parametru noteikšanai un veikta koloīdu dispersā sastāva salīdzinošā analīze, izmantojot koloīdu magnetizācijas, gaismas dinamiskās izkliedes un magnētiskās dubultlaušanas dinamikas mērījumus. Salīdzinot iegūtās dispersijas līknes, novērtēti nanodaļiņu magnētiskā kodola vidējie izmēri, nemagnētiskā virsmas un solvatētā slāņa biezums, kā arī rotācijas difūzijas koeficienta vērtības, kas nosaka nanodaļiņu agregātu vidējos izmērus.
2. Veikti magnētiskās enerģijas disipācijas mērījumi plašā lauka frekvenču diapazonā magnētiski mīkstu un cietu nanodaļiņu dispersijās šķidrās un cietās matricās un noskaidrota dažādu relaksācijas mehānismu (Neela relaksācija, Brauna relaksācija) ietekme uz koloīdu karsēšanu.
3. Izstrādāta un realizēta ferokoloīdu nanodaļiņu koncentrācijas noteikšanas metode, kas balstīta uz augstfrekvences LC oscilatora rezonanses frekvences mērījumiem. Metodi paredzēts izmantot koloīdu filtrācijas procesu pētījumos neizotermiskā porainā slānī.

IV

Pētījumu etaps paredz degšanas procesu dinamikas pētījumus liesmas virpuļplūsmā ārējā magnētiskā laukā, izvērtējot tā ietekmi uz liesmas struktūru un degšanas produktu sastāvu. Atbilstoši projekta līgumā paredzētiem uzdevumiem, projekta ietvaros ir veikti eksperimentālie liesmas virpuļplūsmu mijiedarbības pētījumi ar ārejiem spēkiem, kas inducējas, ievietojot liesmas virpuļplūsmu magnētiskā un augstfrekvences laukā. Sadarbībā ar *Forschungszentrum Dresden-Rossendorf* veikts eksperiments, kas demonstrē tilpuma spēku ierosināta koncentrēta virpuļa īslaicīgu stabilizāciju ar inerci. Eksperimentā demonstrēta šāda virpuļa pielietojamība peldošu daļiņu bezkontakta iemaisīšanai šķidrā metālā. Veikts eksperiments par plūsmas stabilizēšanu no apakšas sildītā liela izmēra šķidra metāla cilindrā ar rotējoša lauka palīdzību. Parādīts, ka tilpuma spēku ierosināta rotējoša plūsma apspiež dabisko konvekciju šādā cilindrā daudz efektīvāk nekā cilindra mehāniska rotācija. Veikta termoelektriskās strāvas pie neizotermikas saskares virsmas starp cietu un šķidru metālu eksperimentāla izpēte fizikālā modelī. Tas ļauj prognozēt nepieciešamo MHD-mijiedarbību, lai efektīvi iedarbotos uz daudzkomponenšu sakausējumu kristalizāciju. Eksperimentāli tika pārbaudīts jauna tipa bezkontakta elektromagnētiskais maisītājs – viens masīvs pastāvīga magnēta dipols. Šāda veida maisītājs ir izmantojams metalurģijā kausējumu sastāva un temperatūras viendabības panākšanai īsā laikā, būtiski taupot enerģiju. Maisītājs spēj iedarboties arī cauri relatīvi biežai krāsns sienai.



Eiropas struktūrfondu projekti:

1. Uzlabota tehnoloģija protonu – neitronu konvertoru šķidra metāla sistēmu izveidei

Eiropas Reģionālās attīstības fonds, Projekta identifikācijas Nr. 2DP/260/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/166

Vienošanās Nr. 2010/0260/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/166

Projekta vispārējais mērķis – nostiprināt mūsu zinātnes pozīcijas augsto tehnoloģiju jomā, saistītā ar pašlaik apgūstamo elementārdaļiņu „atskaldīšanas” procesu, radīt pamatu Latvijas aktīvai līdzdalībai Eiropas Atskaldīto Neitronu Avota ESS izveidē un ekspluatācijā.

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. Projekts un pētījums atbilst materiālzinātnes un enerģētikas zinātnes nozarēm.

Projekta ietvaros īstenotajām darbībām nav saimniecisks raksturs jo saskaņā ar MK noteikumu Nr.752 3.1. apakšpunktu projekts atbilst šādiem kritērijiem:

- 1) Projektu īsteno zinātniskā institūcija, kas veic zinātnisko darbību un zinātniskās darbības rezultātu izplatīšanu zināšanu un tehnoloģiju pārneses veidā;
- 2) Atlīdzību, kas iegūta, īstenojot šīs pamatdarbības, atkārtoti tiek investēta pamatdarbībā;
- 3) Komersantiem, kuri var ietekmēt zinātnisko institūciju kā tās akcionāri vai dalībnieki, nav priekšrocību uz zinātniskās institūcijas pētījumu kapacitāti vai tās radītajiem pētniecības rezultātiem;
- 4) Projekta ietvaros tiks nodrošināta pētniecības rezultātu publiska pieejamība.

Lai nodrošinātu izvirzīto mērķu sasniegšanu, projekta ietvaros plānotas šādas aktivitātes eksperimentālā izstrādē un tehniskā priekšizpētē:

- 1) Neitronu atskaldīšanas prasībām atbilstošu darba materiālu salīdzinājums un atlase.
- 2) Parametru izvēle šķidrā metāla kustībai protonu stara” mērķī”.
- 3) Metodikas un aprīkojuma izstrāde ekoloģisko prasību nodrošināšanai drošam darbam ar dzīvsudrabu.
- 4) Protonu – neitronu konversijas iekārtām atbilstoša specifiska MHD aprīkojuma izveide.
- 5) Ieteikto jauno risinājumu pārbaude/demonstrācija speciālā stendā.
- 6) Pētniecības rezultātu publiskas pieejamības nodrošināšana;
- 7) Pētniecības rezultātu rūpnieciskā īpašuma tiesību nostiprināšana.

Projekta īstenošanas vieta – „Latvijas Universitātes Fizikas institūts”, Miera iela 32, Salaspils, Salaspils novads, LV-2169.

Plānotais kopējais projekta īstenošanas ilgums: 36 mēneši.
Projekta plānotās attiecināmās izmaksas ir 357 760 lati.

2010.gadā paveiktais:

Projekta izpildītāji atskaites periodā:

1	Freibergs	Jānis
2	Bucenieks	Imants
3	Kļukins	Aleksandrs
4	Buligins	Leonīds
5	Romančuks	Alberts
6	*Platacis	Ernests
7	Lipsbergs	Guntis
8	Goldšteins	Linars
9	Kravalis	Kalvis
10	Ziks	Anatolijs
11	Broka	Maija
12	Lūķis	Pēteris
13	Pagasts	Inguss
14	Mauriņš	Dainis

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.

Ievads

Neitronu izkliede nodrošina bāzi materiālu struktūras un dinamikas izpētei, kas liek pamatu materiālu zinātnes, ķīmijas, zemes zinātnes, fizikas, kondensētas matērijas izpratnei. Neitroni ir sarežģītas instrumentu iekārtas vitāla komponente. Tā ļauj matērijas struktūras un kustības zondēšanu molekulārā un mikroskopiskā līmenī, nodrošina augstākā līmenī kā dzīves procesu tā arī moderno industriālo materiālu funkcionēšanas izpratni. Eiropa ir viena no līderēm šajā zinātnes laukā un prezentētais priekšlikums ir saistīts ar šķidro metālu pielietojuma iespēju atskaldīto neitronu ģenerācijas sistēmās.

Pirmo reizi Eiropā neitroni ar definētu enerģijas līmeni tika „atskaldīti” MEGAPIE projekta ietvaros. Arī Latvijas Universitātes Fizikas institūts (LUFİ) piedalījās minētā projekta ietvaros. Tika izstrādāta, izpētīta un instalēta atskaldīto neitronu iekārtā elektromagnētisko sūkņu sistēma siltumnesēja (PbBi sakausējuma) cirkulācijas nodrošināšanai kontūrā, fig.1. Darba temperatūra – 400C°.

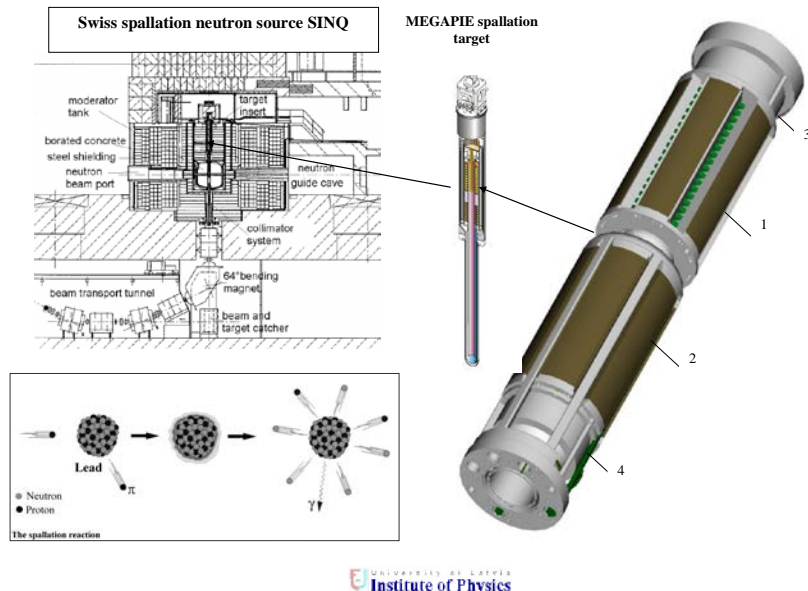


Fig.1. EMP sūkņu sistēma instalēta MEGAPIE atskaldīto neitronu iekārtā.

Aptuveni tanī pat laikā SNS (ASV, Oak Ridge Nacionālā laboratorija) projekta ietvaros neitroni tika „atskaldīti” arī ASV, kā mērķa materiālu izmantojot Hg, fig.2. Arī te amerikāņu speciālisti vispirms detalizēti iepazinās ar LU Fizikas institūta Hg laboratorijas aprīkojumu un pieredzi. Pirmais SNS stends paātrināto protonu iestarošanai dzīvsudrabā arī tika izgatavots LUFİ. Sevišķi jāatzīmē jau konkrēti ieplānotā Latvijas līdzdalība Eiropas Atskaldīto Neitronu Avota ESS (European Spallation Source) izveidē un ekspluatācijā, kas iecerēta kā multi-disciplināra pētnieciska laboratorija, balstīta uz pasaulē jaudīgāko neitronu avotu, fig.3.

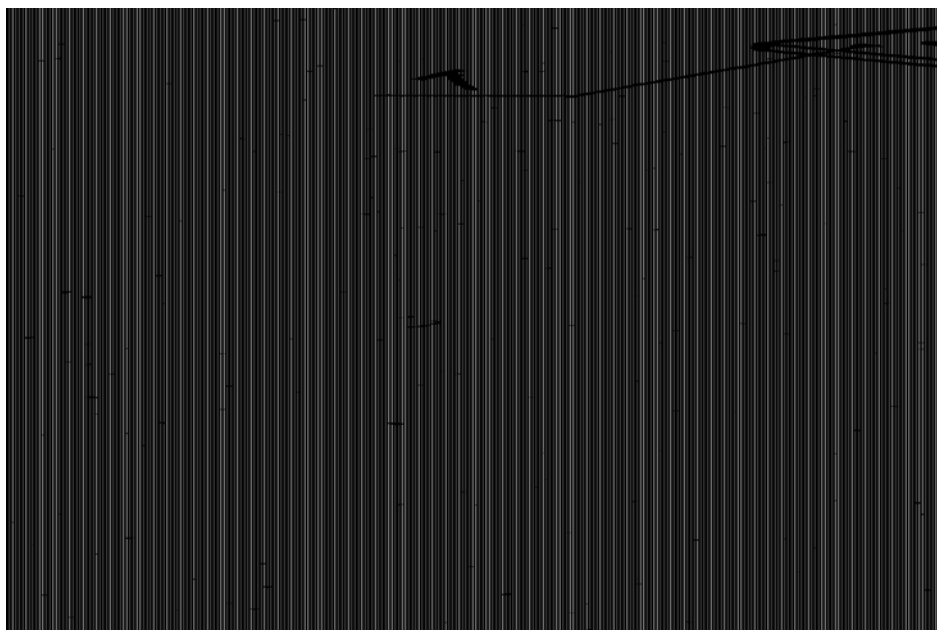


Fig.2. SNS atskaldīto neitronu iekārta

1 – neitronu mērķis, 2 – gāzes kondensators, 3 – mehāniskais sūknis,
4 – aizsardzības siena, 5 – dzīvsudraba tvertne, 6 – siltummainis, 7- kontūra
kolektors.

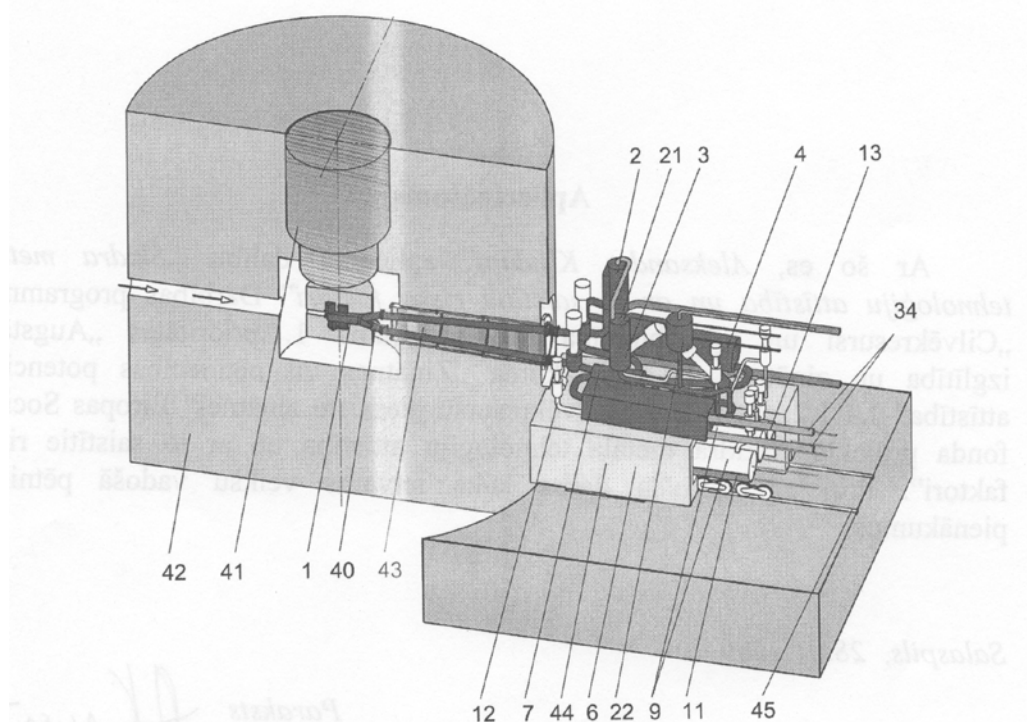


Fig.3. Eiropas atskaldīto neitronu iekārtas (ESS-2003) principiālā shēma

1 – atskaldīto neitronu mērķis

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

Neitronu atskaldīšana sākotnēji tika veikta cieta materiāla (volframa) mērķos. Tomēr zemās volframa siltumvadāmības dēļ tā izmantošana ir ierobežota, it īpaši pie nosacīti lielām protona kūļa jaudām. Tāpēc tiek meklēti alternatīvi materiāli.

Dzīvsudrabs un svina bismuta sakausējums tiek uzskatīti par galvenajiem darba ķermeņiem atskaldīto neitronu iekārtās.

Abi šie metāli raksturojas ne tikai ar labām termo-hidrauliskām īpašībām (elektrovadāmība, siltumietilpība, zema viskozitāte), bet arī ar augstu kapacitāti neitronu ražošanā to atskaldīšanas procesā.

Dzīvsudrabs (Hg)

Pēc pašreizējās pieredzes atskaldīto neitronu iekārtās līderis ir dzīvsudrabs Hg. To jau reāli izmanto SNS neitronu atskaldīšanas iekārtā ASV un JAERI /KEK Japānā, kā arī BARC iekārtā Indijā.

Dzīvsudrabs ir samērā inerts metāls ar viszemāko kušanas temperatūru, normālos apstākļos dzīvsudrabs ir šķidrums. Dabā dzīvsudrabs ievērojamos daudzumos ir sastopams oksīda veidā. Dzīvsudrabs veido sakausējumus ar ļoti daudziem metāliem, ieskaitot zeltu, alumīniju un sudrabu, bet ne ar dzelzi. Savienojumos dzīvsudrabam parasti ir vērtība +1

vai +2, ļoti retos gadījumos var būt arī +3. Tīrs dzīvsudrabs nav pārāk toksisks, taču tā organiskie savienojumi (it īpaši metīldzīvsudrabs) ir ļoti toksiski. Dzīvsudrabam ir samērā laba korozijas izturība un tā savienojumi ir diezgan nestabili. Dzīvsudrabu rūpnieciski iegūst no cinobra rūdas. Te jāatzīmē LU Fizikas institūta potenciāls – unikālā Hg laboratorija, kā arī pieredze atskaldīšanas iekārtu prototipu izstrādē.

Viena no galvenajām dzīvsudraba priekšrocībām ir tā, ka tas ir šķidrums pie istabas temperatūras, otra – tam nav kristāliskas fāzes.

Konstrukcijas materiālu korozija dzīvsudrabā ir diezgan sīki izpētīta. Te jāatzīmē viegla konstrukcijas materiālu šķīstamība dzīvsudrabā. Tās intensitāte ir atkarīga no temperatūras. Arī dzīvsudraba ietekme uz konstrukcijas materiāliem (piemēram uz nerūsējošo tēraudu) ir niecīga. Tikmēr erozijas procesi var tik novēroti dzīvsudraba kontūros, it īpaši pie šķidrā metāla ātrumiem lielākiem par 3m/s.

Te jāatzīmē LU Fizikas Institūta potenciāls – unikālā Hg laboratorija, kā arī pieredze atskaldīšanas iekārtu prototipu izstrādē.

Svina – bismuta (PbBi) eitektika

Savukārt Eiropā pirmajā lielas jaudas projektā MEGAPIE darba materiāls bija PbBi eitektika.

Pb – 44,5%

Bi - 55,5%

Savas zemās ķīmiskās aktivitātes dēļ svina – bismuta eitektika, saskaroties ar gaisu, ūdeni, vai tā tvaikiem ir uguns un eksplozijas drošs sakausējums. Zems darba spiediens šķidrā metāla kontūrā palielina visas iekārtas drošumu, vienkāršo iekārtas ekspluatāciju. Tomēr kā vienu no negatīvajām eitektikas īpašībām jāatzīmē, ka tam sacietējot palielinās tilpums aptuveni par 1%. Tas var izsaukt papildus spriegumus konstrukcijas elementos un novest pie to bojājumiem.

No PbBi eitektikas fāzu diagrammas, fig.4 redzams, ka tā kušanas temperatūra ir diezgan zema - 135°C.

Vārīšanās temperatūra - 1670 °C;

Blīvums - 10730 kg/me³.

Tas nozīmē, ka darba temperatūra reālā atskaldīto neitronu iekārtā varētu sasniegt pat 300 °C. Pie tāda temperatūras līmeņa darba ķermenis (PbBi) attiecībā pret konstrukcijas materiāliem jau ir diezgan agresīvs.. Tas nozīmē, ka korozijas materiāli apdraud kontūru piesārņošanu un apgrūtina iekārtas ekspluatāciju. Tomēr kā galveno negatīvo eitektikas PbBi īpašību jāatzīmē tas, ka atskaldīto neitronu reakcijas rezultātā rodas radioaktīvi un ilgdzīvojoši polonija izotopi. Bet tā jau ir „inde.”

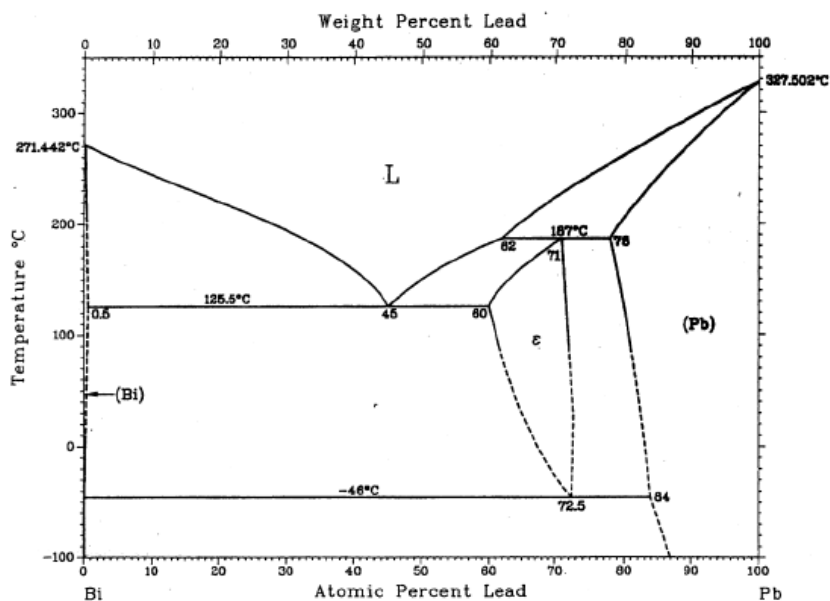


Fig. 4. PbBi fāzu diagramma.

Tomēr, neskatoties uz to daudzajām ekspluatācijas priekšrocībām, fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām, minētajiem darba ķermeņiem ir arī virkne ierobežojošu faktoru – augsts tvaiku spiediens, zema vārīšanās temperatūra (Hg), augsta darba temperatūra, korozijas procesi, polonija izotopu rašanās ekspluatācijas laikā (PbBi) u.c. Tas ir pamats jaunu materiālu meklējumiem.

PbAu ietektika.

Būtiska iecere ir paplašināt potenciāli iespējamo darba materiālu klāstu ar ekoloģiski daudz drošākiem metāliem, vai to sakausējumiem.

Kā viens no pretendentiem uz darba ķermeni atskaldīto neitronu iekārtās tiek minēts arī svina zelta sakausējums. Toties kā darba ķermenis atskaldīto neitronu iekārtās tas ir maz izpētīts.

Šis materiāls ir diezgan eksotisks un tā praktiska izmantošana saistīta ar daudziem nezināmajiem:

- kā izgatavot attiecīgu svina un zelta sastāvdaļu sakausējumu;
- cik homogēns būs sakausējums;
- kāda tā sadarbība ar konstrukcijas materiāliem.

Tāpēc ir jāapgūst PbAu sakausējuma ieguves tehnoloģija, jāizpēta tā termo hidrauliskās īpašības, jāizvērtē korozijas aktivitāti un tā savienojamību ar konstrukcijas materiāliem.

Šinī sakarībā LU Fizikas Institutā sadarbībā ar Šveices Pola Šēra institūtu tiek veikta šī sakausējuma tehnoloģisko un fizikālo īpašību izpēte.

Svina - zelta sakausējuma iegūšanas tehnoloģisko uzdevumu aprūtinā tas, ka svins ir stipri oksidējošs metāls. Tā virsma jau pārklājas ar oksīdu kārtu pat pie mīnus zīmes temperatūras. Bez tam jebkurš svina lējums satur ievērojamu daļu oksīdu ieslēgumu veidā. No teiktā izriet, ka nav iespējams iegūt brīvu no oksīdiem svina - zelta sakausējumu vienkārši saliekot tīgelī svina un zelta gabalus vajadzīgā proporcijā.

Otrais tehnoloģiskais uzdevums bija tas, ka lai iegūtu homogenu PbBi sakausējumu, procesa laikā ir jāveic abu komponentu aktīva samaisīšana.

Pirmais uzdevums, svina - zelta bezoksīdu sakausējuma iegūšana, ir atrisināts pēc LUFİ izstrādātās shēmas, fig.5. un LUFİ darbnīcā izgatavotās iekārtas. Saskaņā ar principiālo

shēmu svina daudzums, kas ievērojami pārsniedz sakausējumam vajadzīgo, tiek ielikts vakuumējamā un ar inerto gāzi (Ar) piepildītā svina tvertnē 1. Kausēšanas procesā tvertni vakuumē. Kad svins tvertnē un zelts tīģelī 4 ir izkausēti, un sasniegtas sakausējuma iegūšanai vajadzīgās temperatūras, svinam 520°C , zeltam virs 1060°C tiek atvērts iekārtas augšējais ventīls un ar inertās gāzes spiedienu no svina tvertnes tiek piepildīts svina dozators 2, kura tilpums precīzi atbilst tam svina daudzumam, kas nepieciešams dotajam sakausējumam. Svinu ņem no tvertnes vidus daļas, jo tur praktiski nav oksīdu. Pēc dozatora aizpildīšanas aizver augšējo ventīli un atver apakšējo. Dozēts svina daudzums tiek ievadīts tīģelī ar izkausētu zeltu. PbAu sakausēšanai izmatotie tīģeļi ir izgatavoti no alumīnija oksīdu keramikas „Alsint”, ir ķīmiski neitrāli un ar temperatūras izturību līdz 2000°C .

Tīģeļa karsēšans tinums ir uztīts ar elektriskās pretestības vadu no materiāla „Tanthal”, kam darba temperatūra ir līdz 1400°C .

Otrais uzdevums tika atrisināts ar to, ka PbAu sakausēšanas korpuss ar tīģeli tajā tika ievietoti 3 fāzu induktorā 3. Induktorā skrejošais magnētiskais lauks rada šķidro PbAu metālu rotācijas un virpuļu kustību tīģelī. Līdz ar to kausēšanas procesā tiek panākta abu komponentu aktīva samaisīšanās.

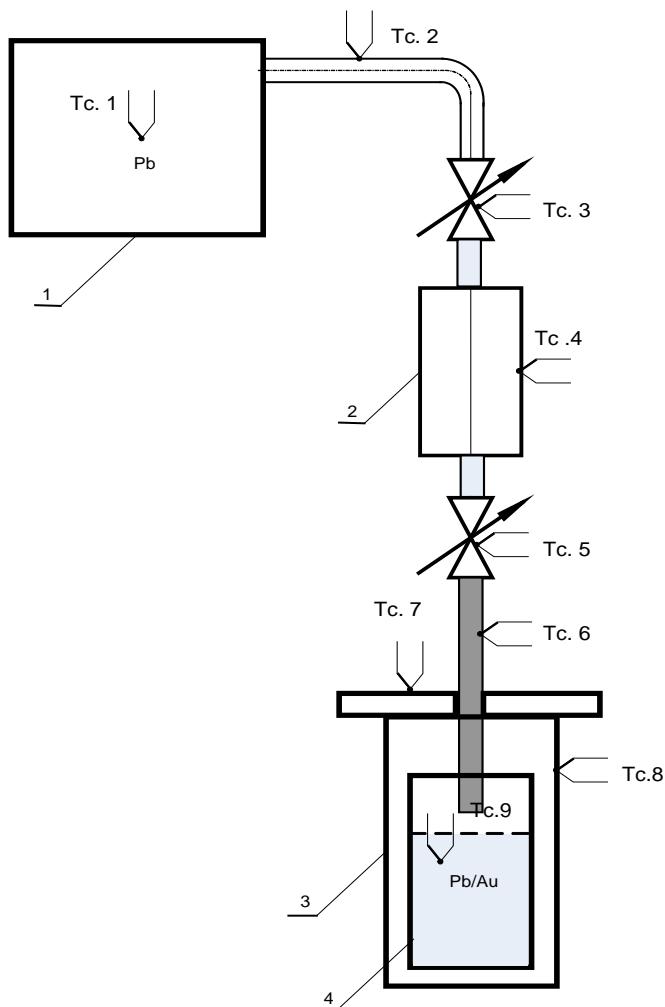


Fig. 5. Svina- zelta sakausējuma ieguves iekārtas principiālā shēma.

1-svina tvertne; 2- svina dozators; 3- induktors; 4-tīģelis.

Kā parādīts svina - zelta eitektikas fāzu diagrammā tā kušanas temperatūra ir 212,5°C, fig. 6.

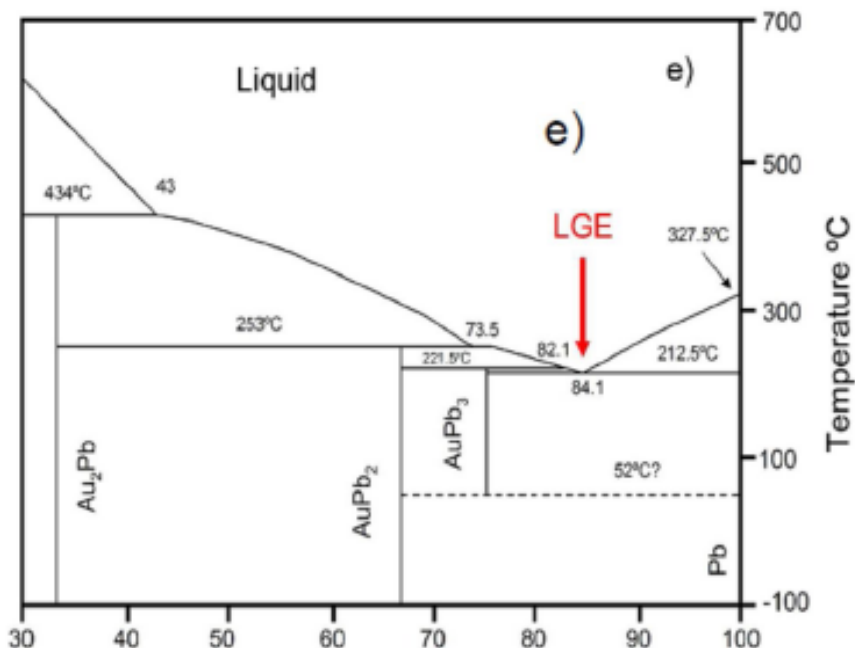


Fig.6. PbAu sakausējuma fāzu diagramma.

Saskaņā ar iegūtā svina – zelta paraugu kristalizācijas procesa likni kušanas – sacietēšanas temperatūra (215 °C), fig. 7. ir ļoti tuva teorētiskai, fig.6. Tas raksturo izstrādātā tehnoloģiskā procesa kvalitāti. Nākošais solis varētu būt zelta un svina komponentu sadalījuma izpēte sakausējuma paraugos.

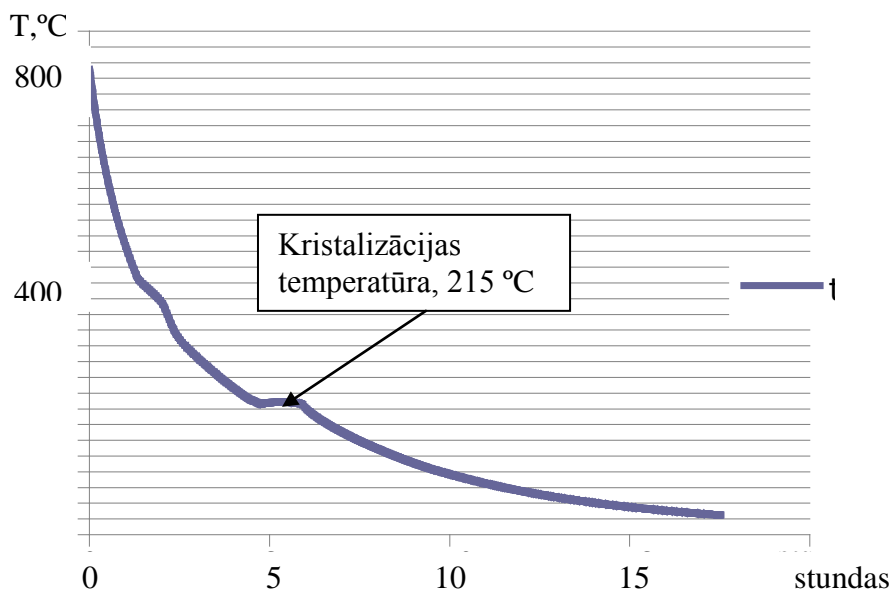


Fig.7. PbAu eitektikas kristalizācijas raksturlīkne.

Kā jau iepriekš minēts šķidro metālu vai to eitektiku izmantošanas iespējai atskaldīto neitronu iekārtās ir prasība, lai pielietojamais materiāls izsauktu iespējami mazāku konstrukcijas elementu koroziju.

Korozijas testa veikšanai LU Fizikas institūtā tika izstrādāta divu kontūru konstrukcija, no kuriem vienā kontūrā cirkulē PbBi eitektika, bet otrajā - PbAu eitektika, fig.8. Testa sekcijās ir iemontēti identiska materiāla paraugi korozijas testam. Eitektiku cirkulācijas ātrumi abos kontūros praktiski ir vienādi - aptuveni 1 m/s . Tas dod iespēju salīdzināt konstrukcijas materiālu korozijas intensitāti abos sakausējumos, pie tam identiskos apstākļos. Testa sekciju temperatūra tiek automātiski uzturēta $400 \pm 2^\circ\text{C}$, jeb 1% robežās.

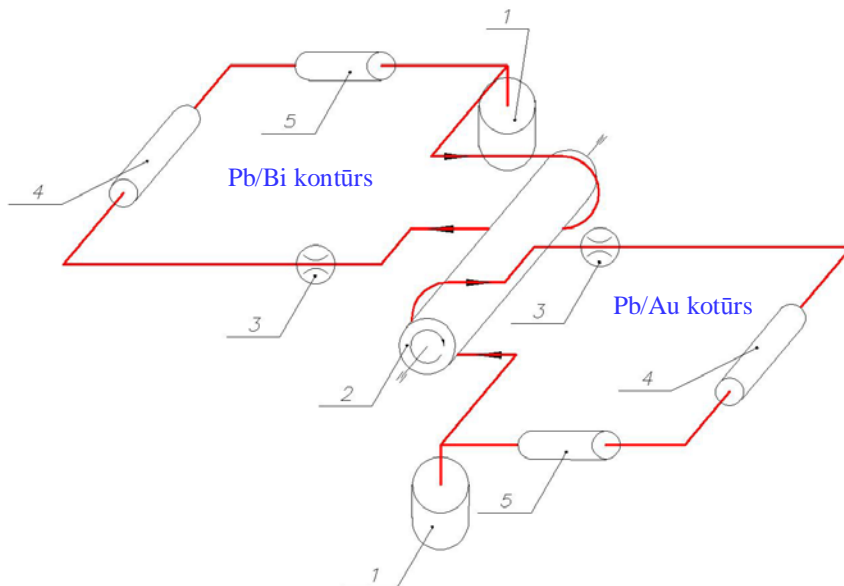


Fig.8. PbBi un PbAu sakausējumu korozijas stenda principiālā shēma.

1 – sakausējumu tvertnes; 2 – elektromagnētiskais sūknis; 3 – caurteces mērītāji; 4 – paraugu testēšanas sekcijas; 5 – siltummaiņi.

Stends ir aprīkots ar pilnu temperatūras sadalījuma automātisku regulēšanu un mērīšanu. Mērīšanu ar rezultātu pierakstu nodrošina datorsistēma ar firmas „National Instruments” FieldPoint komplektu un LabView programmatūru.

Tomēr lai galīgi izvēlētos darba metālu atskaldīto neitronu iekārtai ir papildus jāveic detalizēta materiālu termisko un kodolfizikas parametru analīze, kā arī jāveic to attiecīga eksperimentāla pārbaude.

Secinājumi

1. Izstrādāta PbAu svina oksīdu nesaturošas eitektikas iegūšanas tehnoloģija un eksperimentālā iekārta.
2. Eitektikas iegūšanas tehnoloģijas pamatā ir induktors ar rotējošo magnētisko lauku, kas rada šķidrā metāla griešanās un virpuļu kustību, tā panākot metālu komponentu labu samaisīšanos.
3. Kausēšanas un PbAu kristalizācijas process norisinās vakuuma vidē.
4. PbAu sakausējumu kvalitātes analīzes tiks veiktas LU Cietvielu fizikas Institutā un Pola Šērera Institutā, Šveicē.

Uzlabotas litija tehnoloģijas izstrāde plazmas attīrīšanas iekārtu (divertoru) aktīvo virsmu aizsardzībai

Eiropas Reģionālās attīstības fonds, Projekta identifikācijas Nr. 2DP/262/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/176

Vienošanās Nr. 2010/0262/2DP/2.1.1.0/10/APIA/VIAA/176

Projekta vispārīgais mērķis - veidot pamatu mūsu zinātnes aktīvai līdzdalībai augstajās tehnoloģijās, saistītās ar kodolsintēzes neitronu avotu izstrādi un ekspluatāciju. Projekta specifiskais mērķis - būtiski uzlabot tehnoloģiju, lai plazmas attīrīšanas iekārtai (divertoram) varētu uzticēt ekoloģiski svarīgu papildus funkciju, ūdeņraža izotopu (tritija) absorbciju un evakuāciju. Projekts un pētījums atbilst materiālzinātnes un enerģētikas nozarēm.

Projekta ietvaros īstenotajām darbībām nav saimniecisks raksturs, jo saskaņā ar MK noteikumu Nr.752 3.1. apakšpunktu projekts atbilst šādiem kritērijiem:

- 1) Projektu īsteno zinātniskā institūcija, kas veic zinātnisko darbību un zinātniskās darbības rezultātu izplatīšanu zināšanu un tehnoloģiju pārneses veidā;
- 2) Atlīdzību, kas iegūta, īstenojot šīs pamatdarbības, atkārtoti tiek investēta pamatdarbībā;
- 3) Komersantiem, kuri var ietekmēt zinātnisko institūciju kā tās akcionāri vai dalībnieki, nav priekšrocību uz zinātniskās institūcijas pētījumu kapacitāti vai tās radītajiem pētniecības rezultātiem;
- 4) Projekta ietvaros tiks nodrošināta pētniecības rezultātu publiska pieejamība.

Lai nodrošinātu izvirzīto mērķu sasniegšanu, projekta ietvaros plānots īstenot šādas aktivitātes:

1. Pētniecība:

1.1. Rūpnieciskā pētījuma aktivitātes:

- 1.1.1. Ūdeņraža izotopu detektēšana šķidrā litijā kā divertora aizsargmateriālā;
- 1.1.2. Mijiedarbības procesu izpēte uz litija un nerūsējoša tērauda SS316L kontaktvirsmas atkarības no tehnoloģiskiem parametriem;
- 1.1.3. Optimālo parametru noteikšana litija plūsmas uz slīpas profilētas virsmas gravitācijas spēka ietekmē ārpus magnētiskā lauka.
- 1.1.4. MHD procesu izpēte plūstošā plānā litija slānī un priekšlikumu izstrāde magnētiskā lauka iedarbes korekcijai.

1.2. Eksperimentālā izstrāde:

- 1.2.1. Ar šķidru litiju aizsargātas divertora virsmas modeļa izveide.;
2. Pētniecības rezultātu publiskas pieejamības nodrošināšana;
3. Pētniecības rezultātu rūpnieciskā īpašuma tiesību nostiprināšana.

Projekta īstenošanas vieta – „Latvijas Universitātes Fizikas institūts”, Miera iela 32, Salaspils, Salaspils novads, LV-2169.

Plānotais kopējais projekta īstenošanas ilgums: 36 mēneši.

Projekta plānotās attiecināmās izmaksas ir 481154 lati.

2010. gadā paveiktais

Projektā
piedalījās:

1	Platacis	Ernests
2	Buceniēks	Imants
3	Kļukins	Aleksandrs
4	Muktupāvela	Faina
5	Romančuks	Alberts
6	Šiško	Andrejs
7	Vītiņš	Aigars
8	Ivanovs	Sergejs
9	Kravalis	Kalvis
10	Ziks	Anatolijs
11	Broka	Maija
12	Jurgensons	Andris
13	Pagasts	Inguss

Ūdeņraža izotopu detektēšana šķidrā litijā kā divertora aizsargmateriālā

Mērķis – uzlabot tehnoloģiju ūdeņraža izotopu absorbcijai un evakuācijai kodoltermiskā reaktora divertorā

Ievads

Kodolsintēzes TOKAMAK tipa reaktoros ,fig. 1. divertors ir viena no tā svarīgākajām sastāvdaļām, kura nodrošina vakuumkameras pirmās sienas aizsardzību pret augstas temperatūras plazmu.

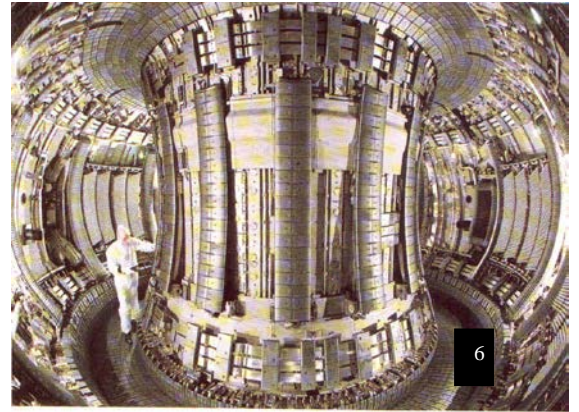
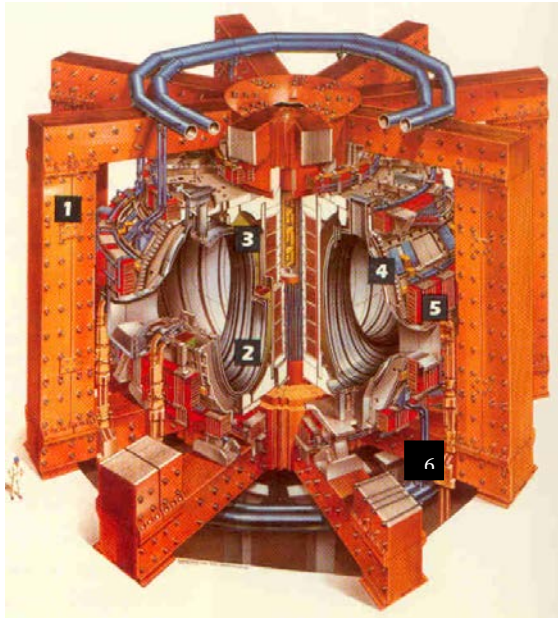


Fig. 1. Kodolsintēzes reaktora kopskats

1 – magnetvads; 2 – vakuumkamera; 3 – primārā tinuma spoles; 4 – toroidālā lauka spoles; 5 – poloidālā lauka spoles; 6 – divertora zona.

Karstās termokodolu plazmas iedarbība uz sienām un vajadzīgā plazmas sastāva uzturēšana ietver sevī veselu rindu sarežģītu problēmu:

- daļiņu plūsmas uz sienu un sienas erozijas samazināšanu,
- plazmā ģenerētās enerģijas aizvadīšanu,
- piemaisījumu plūsmas no sienas uz plazmu samazināšanu,
- termokodolu reakcijas produkta – hēlija un piemaisījumu aizvadīšanu no plazmas u.t.t

Lai atrisinātu šāda veida problēmas, TOKAMAK vakuumkamerā tiek organizēta speciāla divertora zona, kurā no augstās temperatūras plazmas plūsmas perifērijas (gar magnētiskā lauka separātrisi) tiek izvadītas piemaisījumu daļiņas, hēlijs, ūdeņraža izotopu – deitērija un tritija kodoli, fig. 2. [1, 2].

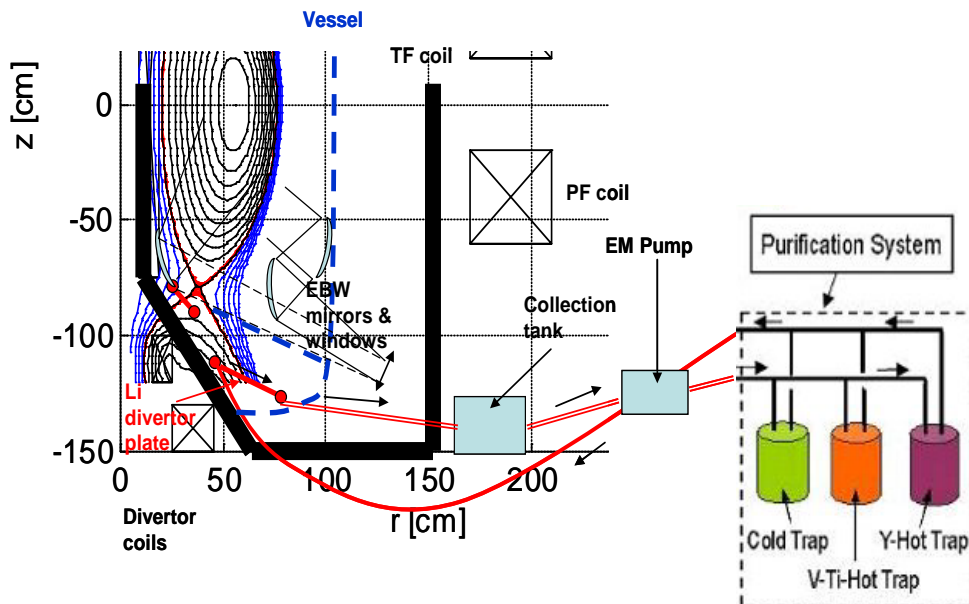


Fig.2. Shēma ūdeņraža izotopu un plazmas piemaisījumu izvadīšanai no plazmas augsttemperatūras zonas

Tieši šajā divertora zonā lokalizējas sadarbība starp karsto plazmu un piemaisījumu uztveršanas divertora iekārtām (UDI). Tām ir jāaizvada lieli siltuma enerģijas daudzumi, kas var sasniegt 25 MW/m^2 . Izdarītā analīze parāda, ka “tradicionālā” koncepcija – divertora plāksnes ar cietu dzesējamo virsmu nevar nodrošināt apmierinošu UDI tehnisko risinājumu.

TOKAMAK reaktoros, kas domāti neitronu ražošanai, kur plūsmas jauda nav tik intensīva, cietie PDU varētu apmierināt šīs prasības, bet to zemās absorbcijas īpašības pasliktina izlādes nosacījumus un būtiski pasliktina augstās temperatūras plazmas īpašības. Strādājot ar nekustīgu absorbējošo slāni, kā līdz šim, novērojama ātra tā piesātināšanās. Bez tam, nepastāv iespēja piemaisījumus evakuēt.

Pēdējos gados veiktie eksperimenti reālos TOKAMAK reaktoros parādīja, ka litija klātbūtne PDU tā vai citādi uzlabo augstās temperatūras plazmas īpašības un ļauj būtiski samazināt jaudu, kas nepieciešama plazmas sakarsēšanai. To varētu izskaidrot ar litija unikālajām īpašībām absorbēt no plazmas aizejošās daļiņas.

Izējot no augstāk minētā, reaktoros-neitronu avotos kā UDI iesaka izmantot dzesējamās divertora plāksnes, kas ir pārklātas ar plānu lejup tekošu litija plēvi, fig. 3a, vai strūklu barjeru, fig. 3b.

Šāda litija plēve darbojas kā pastāvīgi atjaunojama darba virsma, kura tieši kontaktējas ar plazmu. Pie tam siltuma jaudas aizvadīšanu nodrošina dzesējamās divertora plāksnes, bet šķidrās litijs uz šo plāksni virsmas ir vajadzīgs tikai plazmas piemaisījumu absorbcijai un to aizvadīšanai.

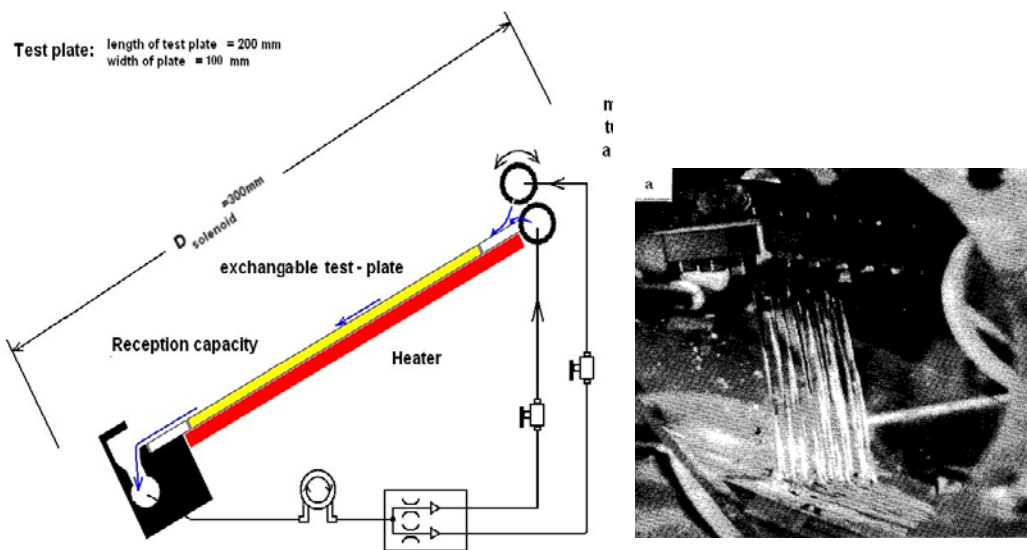


Fig.3. Iekārtas shēma ūdeņraža izotopu absorbcijai
 a – ar plānas šķidrā litija plēves palīdzību; b – ar strūklu barjeras palīdzību

Aktivitāte Nr. 1.

Tritija sorbcijas desorbcijas eksperimenti ar šķidrā litija virsmu

Kodolsintēzes reaktoru degvielas - ūdeņraža izotopu – (iespējamās gan tritija, gan deiterija un ūdeņraža plazmas reakcijas) sorbcija, aizture šķidrā litijā viennozīmīgi pilnībā vēl nav izpētīta [3].

Deiterijs un tritījs, iedarbojoties ar šķidrā litija virsmu, var tikt saķerti. Deiterijs un tritījs var sorbēties, veidot ķīmiskus savienojumus – deiterīdus, tritīdus gan uz šķidrā litija virsmas, gan tilpumā. Process ir saistīts gan ar ūdeņraža izotopu šķīšanu šķidrā litijā, gan reakciju kinētiku.

Ekonomiski svarīgi ir nezaudēt kodoldegvielu, radīt iespēju viegli attīrīt šķidro litiju no tritija, nepalielināt radioaktīvo piesārņojuma kategoriju.

Mērķis ir izpētīt deiterija vai tritija saistīšanos ar litiju, desorbcijas pakāpi atkarībā no deiterija un tritija koncentrācijas, piemaisījumu koncentrācijas u.c., kā arī novērtēt kodoldegvielas (deiterija vai tritija) aiztures pakāpi un izdalīšanas efektivitāti.

Tritija izdalīšanās pakāpi un aizturi litijā varēs modelēt, veicot tritija termoizdalīšanos no neitronos apstarota litija. Paredzēto darbu veikšanai izstrādāta eksperimentu tehnika un metodika.

Organizātoriskie pasākumi

- Darba vietas plānošana
- Tritija sorbcijas desorbcijas sistēmu skices
- Tritija detektēšanas sistēmas izveide
- Tritija avota paraugu izvēle un sagatavošana
- Tritija kalibrēšanas avotu sagatavošana
- Tritija mēraparatūras kalibrēšanas sistēmas izveide
- Tritija mērīšanas iekārtu kalibrēšana
- Darba un apkārtējās vides virsmu kontroles sistēmas izveide

Eksperimentālā tehnika un metodes

Tritija mēriekārtu kalibrēšana

Tritija aktivitāti gāzes fāzē mēra nepārtraukti ar tritija un cēlgāzu monitora TEM2100A gāzes caurplūdes proporcionālo tritija detektoru DDH32 un šķidrā fāzē ar šķidro scintilātoru spektrometru TRICRAB2900.

Tritiju saturošu kalibrēšanas paraugu sagatavošanu veic ar tritija standartiem, kurus atšķaida līdz nepieciešamai tritija koncentrācijai intervālā 0,001 -100 MBq. Monitora TEM2100A detektora DDH32 kalibrēšanai sakomplektē un saslēdz sistēmu, kura sastāv no skalotnes ar tritija ūdeni, kolbas ar tajā ievietotu mitruma un temperatūras sensoru un nesējgāzes pievadu. Kalibrēšanas sistēmu savieno ar tritija monitoru un veic kalibrēšanu, nesējgāzes skaitīšanas gāzes padeves ātrums attiecīgi - 11-12 un 35-37 L/min. Kalibrēšanas koeficients $7.62 \cdot 10^4 \text{ Bq}/(\text{m}^3 \cdot \text{cps})$.

Tritija noteikšanai šķidrā fāzē izmanto šķidro scintilātoru spektrometru TRICRAB2900, kalibrē ar speciāli sagatavotiem standartšķīdumiem, nosaka beta daļiņu spektra parametrus spektra korelācijas koeficientus, reģistrēšanās efektivitāti. Darbam izvēlēts ULTIMA Gold scintilāciju kokteilis. Tritija reģistrēšanas efektivitāte – 65 %.

Tritija termosorbcijas šķidrā litijā eksperimenti

Tritija termosorbcijas pētījumiem izmanto metālisko litiju. Neitronos staroti tritiju saturoši paraugi kalpo par gāzveida tritija avotu. Darbus veic inertā atmosfērā speciālā boksā. Boksā argona atmosfērā litija paraugu sver un izmēra parametrus.

Plakanā 500 mm garā kvarca ampulā ar 1-2 mm biezām sienām, kurai ir trīs sašaurinājumi, atsevišķās vietās ievieto tritija avotu un trīs litija paraugus ar metāla (EUROFER, RUSOFER) plāksnītēm, fig. 4. Ampulas daļā aiz pirmā sašaurinājuma ievieto 10-15 GBq tritiju saturošu paraugu, aiz otrā, trešā un ceturtā sašaurinājuma ievieto plāksnītes ar litiju. Pēc paraugu ievietošanas ampulu degazē līdz 0, 15 Pa, aizkausē.

Tritija sorbcijas eksperimentiem ampulu novieto horizontāli. Ampulas 3 daļas ar litiju un metāla plāksnītēm uzkaršē līdz 180 C temperatūrai un litijs pāriet šķidrā stāvoklī. Gāzveida tritiju iegūst ampulas daļu ar tritija avotu karšējot līdz 1000-1050 C. Izdalītais tritījs ir 7-9 GBq robežās. Sorbcijas kinētikas eksperimentus veic **3-15** stundas. Ampulu eksperimentu laikā ievieto kratītājā.

Tritija parciālo spiedienu ampulā nosaka sekojoši - ampulu ievieto saspiežamā plastikāta caurulē, pievieno tritija monitoram, ar knaiblēm nolauž kvarca caurulei galus un tritiju ar nesējgāzi iepūš monitora TEM2100A proporcionālajā gāzu caurplūdes detektorā DDH32. Nosaka kopējo tritija daudzumu ampulā.

Tritija parciālo spiedienu ampulā aprēķina pamatojoties uz ideālas gāzes likuma sakarību, kā $pV = NkT$, kur p – spiediens, V – tilpums, N – molekulu skaits, k – Bolcmaņa konstante, T – temperatūra.

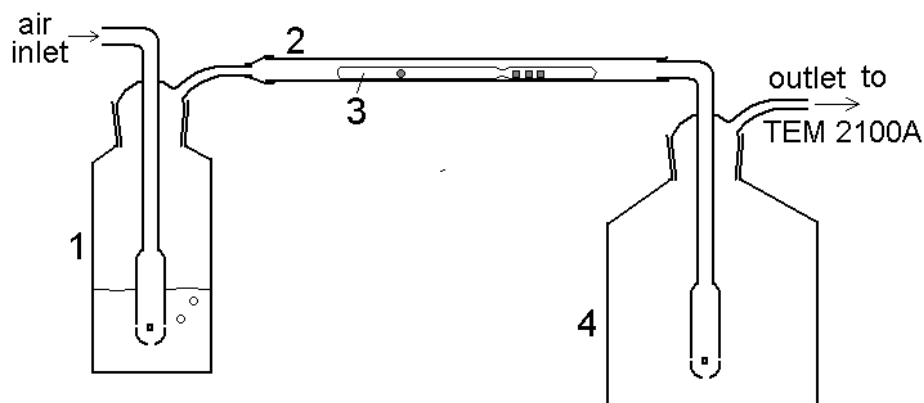


Fig. 4. Shēma tritija aktivitātes noteikšanai ampulā

1 – balons ar nesējgāzi; 2 – saspiežama plastikāta caurule; 3 – kvarca ampula ar tritija avotu un 3 litija paraugiem uz plāksnītēm; 4 – 2,3 L skalotne tritija atšķaidīšanai.

Paraugos aizturētā tritija termodesorbciija.

Boksā argona atmosfērā litija paraugu ievieto termodesorbciijas sistēmā un karšē līdz 300 C temperatūrai, lai sadalītu iespējamo litija tritīdu. Tritiju mēra ar monitoru TEM2100A, aprēķina izdalītā tritija daudzumu. Radiācijas ietekmes uz tritija sorbciju un desorbciiju novērtēšanai izveidota sistēma, kurā izmanto lineāro elektronu paātrinātāju ELU-4, fig.5.

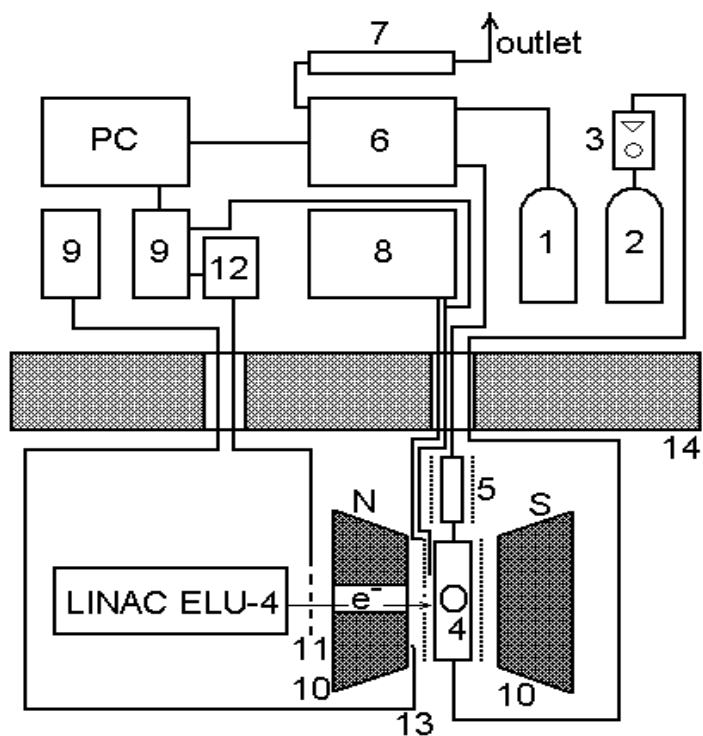


Fig.5. Shēma radiācijas ietekmes pētījumiem uz tritija izdalīšanos no šķidrā litija:
 : 1 –P-10 gāzes balons ar 2-pakāpju reduktoru; 2 - nesējgāzes He + 0.1% H₂ balons ar 2-pakāpju reduktoru 3 – ventilis ar rotamtru; 4 –ampula ar šķidrā litiju, kurai pievienots termopāris un elektriskais sildītājs; 5 – caurule ar zinka granulām, kurai pievienots termopāris un elektriskais sildītājs; 6 – tritija monitors TEM 2100A ar tritium detectoru DDH 32; 7 – skalotne tritija savākšanai; 8 – a temperature controls iekārta; 9 – multivoltmets ar multiplekseri
 10 – elektronu kūļa detektēšanas režģis; 12 – strāvas par voltiem devējs; 13 – a Hall-effect transducer; 14 – aizsardzība pret jonizējošo starojumu; PC – dators; LINAC ELU-4.– lineārais electronu paātrinātājs.

Aktivitāte Nr. 2.

Mijiedarbības procesu izpēte uz litija un nerūsējoša tērauda SS316L kontaktvirsmas atkarības no tehnoloģiskiem parametriem.

Kā viens no svarīgākajiem faktoriem plānas litija plēves kustībai uz slīpas nerūsējošā tērauda plāksnes ir laba matricas virsmas slapināšanas nodrošināšana.

Kā to izdarīt?

Slapināšanas procesi uz Li – nerūsējošā tērauda (316, 316L) vienmēr bija uzmanības centrā, neskatoties uz to, ka ir uzkrāta liela teorētiskā un eksperimentālā pieredze. Jāņem vērā, ka slapināšanas process ir ļoti sarežģīts un atkarīgs no daudziem faktoriem.

Svarīgākie no tiem ir:

- kontaktējošo materiālu atomu uzbūve;
- iespēja mijiedarbībai pēc fāžu diagrammas;
- cietas vielas tīrība;
- temperatūra;
- piemaisījumi šķidrā metālā un cietā vielā utt.

Divertora projektā izskatītie materiāli (tērauds SS316L un litijs) līdz šim nebija pētīti atkarībā no slapināšanas tehnoloģiskiem parametriem. Tāpēc, lai nodrošinātu projektā uzstādītās prasības (teicama slapināšana, teicama litija plūstamība), tiek izstrādāta jauna uzlabota litija slapināšanas tehnoloģija. Tā ietver:

- tērauda virsmas attīrīšanas procesu izpēti, kontrolējot to ar analītiskām, optiskām un mikromehāniskām metodēm;

- piemērotu kušņu noteikšanu;
- attiecīgu temperatūras un hidrodinamisko režīmu piemērošanu;
- precīzu slāpīnāšanas leņķa noteikšanu, izmantojot SEM un AFM metodes.

Kvalitatīvai tērauda virsmas slāpīnāšanas pārbaudei stendā STL 300 instalēts speciāls šīm vajadzībām piemērots litija kontūrs, fig. 6.

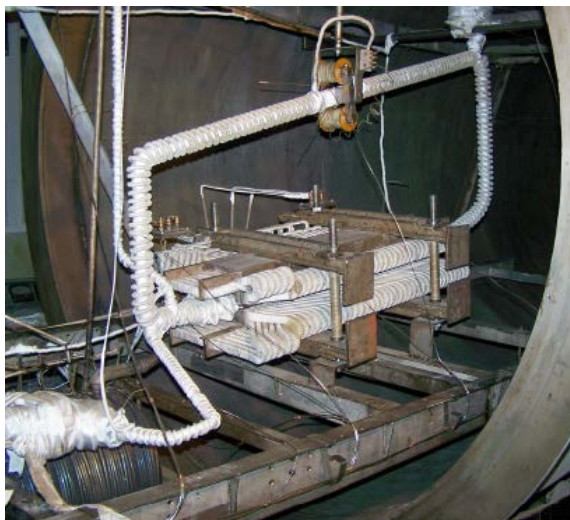


Fig. 6.
Stends STL 300

Aktivitāte Nr.3

Optimālo parametru noteikšana litija plūsmi uz slīpas profilētas virsmas gravitācijas spēka ietekmē ārpus magnētiskā laukā.

Plēves mazais biezums (ideāli līdz $100\ \mu\text{m}$) aizkavē tās sabrukšanu, kad uz to, plazmai sabrūkot, iedarbojas lielas impulsveida elektromagnētiskās slodzes.

No visa tā izriet vajadzība pētīt plānu litija plēvju absorbcijas -desorbcijas īpašības attiecībā pret deiteriju un tritiju atkarībā no tā koncentrācijas un temperatūras. Tāda analīze ļaus novērtēt laiku, kādā plēve varēs efektīvi noturēt uz to krītošās daļiņas un formulēt prasības attiecībā pret litija plēves tecēšanas ātrumu.

Paredzēto darbu veikšanai izstrādāta speciāla stenda principiālā shēma, fig. 4. Tā realizācija plānota nākošajos trijos mēnešos.

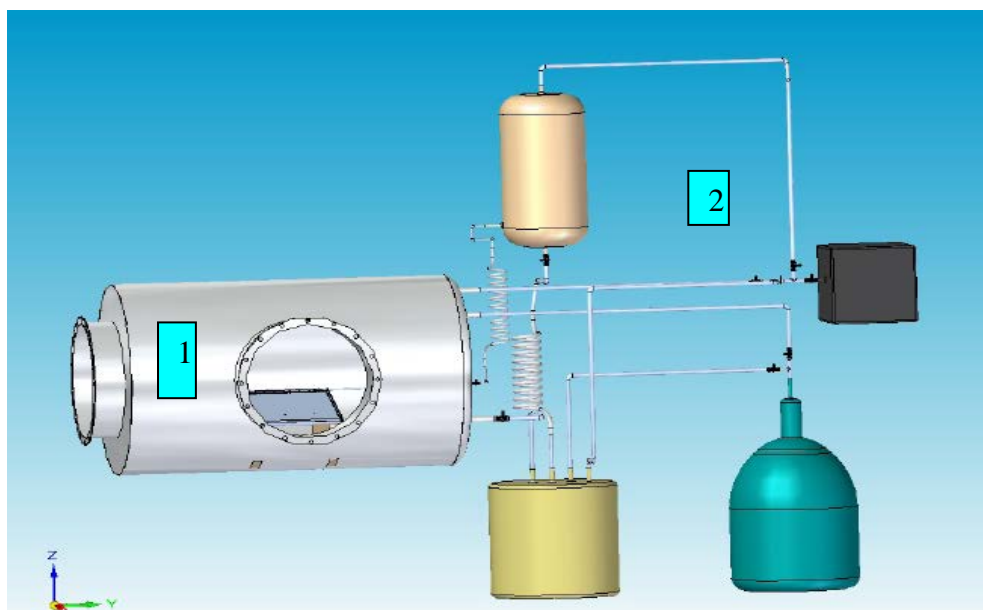


Fig.7. Termo – vakuumkamas principiālā shēma
1 - termo – vakuumkamera; 2- šķidrā litija kontūrs

Secinājumi

Saskaņā ar laika grafiku pirmajā progresa atskaites periodā (3 mēn.) uzsākti darbi trijās aktivitātēs:

- Tritija sorbcijas - desorbcijas eksperimenti ar šķidrā litija virsmu;
- Mijiedarbības procesu izpēte uz litija un nerūsējoša tērauda SS316L kontaktvirsmas atkarības no tehnoloģiskiem parametriem;
- Optimālo parametru noteikšana litija plūsmi uz slīpas profilētas virsmas gravitācijas spēka ietekmē ārpus magnētiskā laukā.

Pirmās aktivitātes darbi ietvēra:

- esošo ūdeņraža izotopu (deiterija un tritija) sorbcijas – desorbcijas metožu analīzi;
- tritija standartšķīdumu sagatavošanu;
- tritija detektēšanas iekārtu dezaktivizāciju un
- kalibrēšanu ar standartavotiem.

Otrā aktivitāte :

- litija un nerūsējošā tērauda virsmu slapināšanas izvērtēšanu atkarībā no tehnoloģiskiem parametriem;
- atbilstošu eksperimentālo metožu un attiecīgās aparatūras analīzi;
- litija kontūra montāžu augsttemperatūras stendā STL 300.

Trešā aktivitāte ietvēra

- eksperimentālā stenda projektēšanu darbam ar atklātu litija virsmu un
- attiecīgas datu monitoringa sistēmas izstrādi.

Sagatavots un iesniegts MHD PAMIR konferencē Francijā referāts:

Stability of liquid metal jets in the context of fusion applications.

O. Lielausis¹, A. Klukins¹, E. Platacis¹, I Buceniņš¹, R Gomes², H.Fernandes², C. Silva²

¹ Institut of Physics of University of Latvia, 32 Miera Street, Salaspils, LV-2169, Latvia

² Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear - Laboratório Associado, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

Literatūra

1. J Liu, J D Paul and J P Gollub, *J Fluid Mech.* 250 (1993) 69.
2. M Abdou et al, *Fus. Eng. Design*, 52 (2001) 181.
3. A. Vitins; G. Kizane; J. Tiliks; J.Tiliks Jr.; E. Kolodinska. Tritium release from breeding blanket materials in high magnetic field. - *Fusion Engineering and Design* (in press). The abstract is available online at the following web-site in the book: 24th Symposium on Fusion Technology [24th SOFT 2006]. 11-15 September 2006. Palace of Culture and Science, Warsaw, Poland. Book of Abstracts. – September 2006. – P. 335. http://soft2006.materials.pl/pdf/book_of_abstracts_2006.php

Sadarbības projekts

**Dažādas izcelsmes atjaunojamo kurināmo maisījumu jauna veida
granulētu produktu izveidošana ekoloģiski tīru un efektīvu degšanas un
siltuma ražošanas procesu nodrošināšanai ar būtiski uzlabotu šo procesu
tehnoloģiju**

Nr. 2010/0241/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/006

Projekta vadītājs: LUFİ vadošā pētniece M. Zaķe

Izpildītāji:

**Latvijas Universitātes aģentūra "Latvijas Universitātes Fizikas institūts" (LUFİ)
Latvijas Valsts Koksnes Ķīmijas institūts (VKĶI)**

Projekta izpildītāju saraksts:

1. Projekta vadītāja- LUFİ vadošā pētniece - Dr. phys. Maija Zaķe, tel 29891137, mzfi@sal.lv
2. LUFİ vadošā pētniece - Dr. sc. ing. Inesa Barmina
3. LUFİ vadošā pētniece – Dr. sc. ing. Agnese Līckrastiņa
4. LUFİ vadošais pētnieks – Dr. phys. Jānis Valdmanis
5. LUFİ pētniece - Monika Abricka
6. LUFİ pētniece – M.sc.Vera Suzdaļenko
7. LUFİ asistents - Aleksandrs Cipijs
8. LUFİ inženieris - Modris Purmalis
9. LUFİ inženieris – Raimonds Valdmanis
10. VKĶI vadošā pētniece – Dr. hab. chem. Gaļina Teliševa
11. VKĶI vadošā pētniece – Dr. hab. chem. Tatjana Dižbite
12. VKĶI vadošais pētnieks - Dr. sc. ing. Jānis Dolacis
13. VKĶI pētnieks M. chem. Oskars Bikovens
14. VKĶI asistents Aleksandrs Aršanica
15. VKĶI asistente Lilija Jašina
16. VKĶI asistents Valentīns Solodovņiks
17. VKĶI asistente M. chem. Sarmīte Janceva
18. VKĶI asistents Aleksandrs Volperts
19. VKĶI asistente M. chem. Anna Andersone

Projekta aktivitātes un to izpilde 1. pārskata periodā

<p>1. Pētniecība:</p>	<p>-</p>
<p>1.1. rūpnieciskie pētījumi</p> <p>1.1.1. Izpētes darbs, lai iegūtu jaunas zināšanas par dažādas izcelsmes atjaunojamo kurināmo maisījumu sagatavošanas un granulēšanas metodēm, režīmiem un granulēto maisījumu raksturojošo parametru kopuma optimizācijas metodēm.</p>	<p>1.2. eksperimentālās izstrādes un izpēte</p> <p>1.2.1. Precīza sastāva dažādas izcelsmes atjaunojamo kurināmo maisījumu - agrokultūru salmu un koksnes vai lignīna biomasas maisījumu izveidošana, šo maisījumu optimālo granulēšanas režīmu izveidošana un granulēšana.</p> <p>1.2.2. Granulēto maisījumu raksturojošo parametru eksperimentālā izpēte, to izvērtējums un optimizācija atkarībā no dažādas izcelsmes atjaunojamo kurināmo proporcijām maisījumā.</p>
<p>1.1.2. Izpētes darbs, lai iegūtu jaunas zināšanas par efektīvu un ekoloģiski tīru atjaunojamā kurināmā degšanas un siltuma ražošanas procesu izveidi un šo procesu regulēšanas iespējām, izmantojot augstfrekvences elektromagnētiskā lauka (EM) rezonanses svārstības.</p>	<p>1.2.3. Granulēto maisījumu degšanas, siltuma ražošanas procesu un emisiju veidošanās izpēte un optimizācija, izvērtējot korelācijas starp šo procesu un granulēto maisījumu sastāva un raksturojošo parametru izmaiņām.</p> <p>1.2.4. Jaunas tehnoloģijas izstrāde granulēto maisījumu ekoloģiski tīru un efektīvu degšanas un siltuma ražošanas procesu izveidei un to regulēšanai; augstfrekvences EM svārstību rezonatora izveide; rezonatora optimālo raksturojošo lielumu (frekvences, jaudas) un optimālā pievienošanas veida izpēte, augstfrekvences rezonanses svārstību ietekmes izvērtējums uz granulēto maisījumu degšanas, siltuma ražošanas procesiem un emisiju veidošanos.</p> <p>1.2.5. Jauno produktu un jaunās tehnoloģijas aprobācija uz vietējās apkures un rūpnieciskās enerģijas ražošanas iekārtām.</p>
<p>2. Pētniecības rezultātu publiskas pieejamības nodrošināšana</p> <p>Pētījumu rezultātu pārskatu sagatavošana institūciju mājas lapās, prezentāciju un publicējamo materiālu sagatavošana Starptautiskām konferencēm un publikāciju sagatavošana SCI zinātniskiem izdevumiem.</p>	<p>3. Pētniecības rezultātu rūpnieciskā īpašuma tiesību nostiprināšana</p> <p>Starptautisku patentu pieteikumu sagatavošana par jaunu granulētu produktu izveidošanu un jaunas tehnoloģijas izstrādni šo produktu ekoloģiski tīrai un efektīvai sadedzināšanai.</p>

LUFİ projekts „Dažādas izcelsmes atjaunojamo kurināmo maisījumu jauna veida granulētu produktu izveidošana ekoloģiski tīru un efektīvu degšanas un siltuma ražošanas procesu nodrošināšanai ar būtiski uzlabotu šo procesu tehnoloģiju ”

Atbilstoši projektā ietvertu pētniecības laika grafikam 1. pārskata periodā ir veikts darbs saistībā ar aktivitātēm Nr.1 – „Pētniecība” un Nr.2- „Pētniecības rezultātu publiskās pieejamības nodrošināšana.”

Aktivitātes Nr.1 izpilde dotā pārskata periodā saistīta ar rūpnieciskiem pētījumiem aktivitāšu 1.1.1 un 1.1.2 ietvaros, kurus veic LVKĶI (1.1.1) un LUFİ (1.1.2) izpildītāji.

1. Precīza sastāva dažādas izcelsmes atjaunojamo kurināmo maisījumu – agrokultūras salmu un koksnes vai lignīna biomasas maisījumu izveidošanu, šo maisījumu optimālo granulēšanas režīmu izveidošanu un granulēšanu (1.2.1.- LVKĶI);
2. Granulēto maisījumu raksturojošo parametru eksperimentālo izpēti, to izvērtējumu un optimizāciju atkarībā no dažādas izcelsmes atjaunojamo kurināmo proporcijām maisījumā (1.2.2-LVKĶI);
3. Granulēto maisījumu degšanas, siltuma ražošanas procesu un emisiju veidošanās izpēti un optimizāciju, izvērtējot korelācijas starp šo procesu un granulēto maisījumu sastāva un raksturojošo parametru izmaiņām (1.2.3.-LUFİ);
4. Jaunas tehnoloģijas izstrādi granulēto maisījumu ekoloģiski tīru un efektīvu degšanas un siltuma ražošanas procesu izveidei un regulēšanai, rezonatora optimālo raksturojošo lielumu (frekvences, jaudas) un optimālā pievienošanas veida izpēti, kā arī augstfrekvences rezonanses svārstību ietekmes izvērtējumu uz granulēto maisījumu degšanas, siltuma ražošanas procesiem un emisiju veidošanos (1.2.4.-LUFİ) .

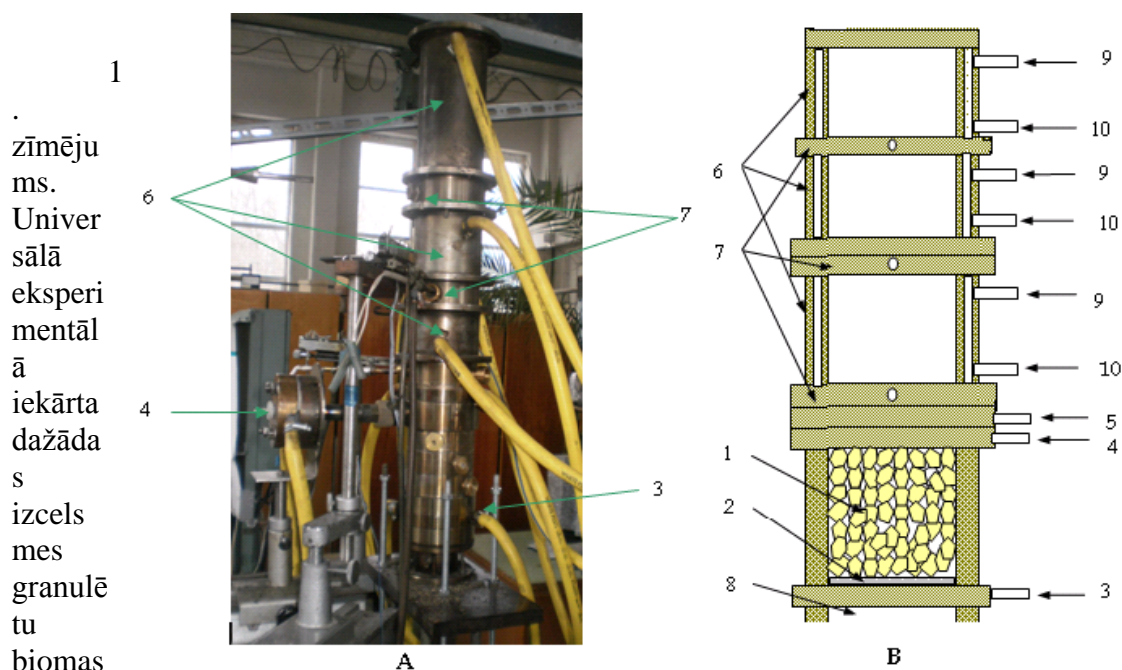
Aktivitātes 1.2.2. izpilde (LVKĶI)

Aktivitātes 1.1.2. izpilde (LUFİ)

1.1.2. Izpētes darbs, lai iegūtu jaunas zināšanas par efektīvu un ekoloģiski tīru atjaunojamā kurināmā degšanas un siltuma ražošanas procesu izveidi un šo procesu regulēšanas iespējām, izmantojot augstfrekvences elektromagnētiskā lauka (EM) rezonanses svārstības.

Origināli rūpnieciskie pētījumi, kas saistīti ar aktivitātes 1.1.2 izpildi LUFİ ir sākti pēc MK noteikumu Nr. 752 apstiprināšanas 2009.g. 7. jūlijā un ir veikti ar mērķi iegūt jaunas zināšanas par dažādas izcelsmes biomasu izmantošanas iespējām ekoloģiski tīru un efektīvu degšanas un siltuma ražošanas procesu izveidei un šo procesu kontroles iespējām. Viens no veidiem kā nodrošināt stabilu degšanas un siltuma ražošanu, siltuma ražošanai izmantojot dažādas izcelsmes biomasas, ir veikt biomasas granulēšanu, nodrošināt kontrolējamu biomasas enerģētisko blīvumu, elementāro, sastāvu, siltumspēju un mitrumu, kas paver iespējas nodrošināt siltuma ražošanas procesa automatizāciju. Šāda veida pētījumi ir paredzēti un tiek veikti saistībā ar aktivitātes 1.1.1. izpildi. Tomēr ne mazāk svarīgi ir nodrošināt arī efektīvu un ekoloģiski tīru degšanas procesu, ko iespējams panākt, izveidojot liesmas virpuļplūsmas ar kontrolējamu degšanas procesu dinamiku, papildus kontrolei izmantojot ārējos laukus – elektrisko, magnētisko un elektromagnētisko (EM) un izvērtējot šo lauku un liesmas virpuļplūsmas mijiedarbības efektus un to izmantošanas iespējas atjaunojamā kurināmā degšanas un siltuma ražošanas procesu, kā arī emisiju kontrolei.

Rūpniecisko pētījumu veikšanai LUFİ ir izveidota oriģināla mazas jaudas eksperimentālā iekārta diskreto porciju (līdz 500g) dažādas izcelsmes granulētas biomasas degšanas un siltuma ražošanas procesu izpētei liesmas virpuļplūsmā (1. zīm.).

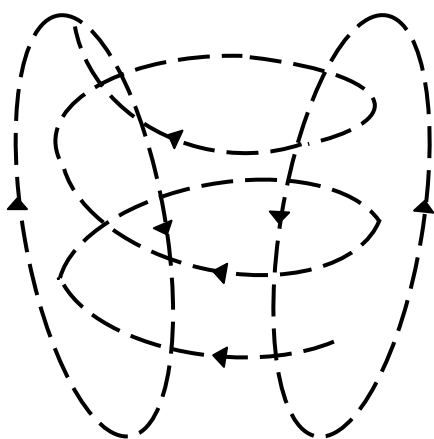


u degšanas procesu izpētei un šo procesu kontrolei.

Iekārtas konfigurācija nodrošina iespējas plašās robežās izmainīt degšanas procesu sākuma nosacījumus, dažādās proporcijās mainot primārā un sekundārā gaisa padevi, papildus siltuma padevi kombinētā degšanas procesā biomasas gazifikācijas procesa

ierosināšanai un gaistošo savienojumu sadedzināšanai, kā arī veikt ārējo lauku un liesmas mijiedarbības efektu izpēti, izmainot šo lauku konfigurāciju un intensitāti.

Iekārtas galvenās sastāvdaļas ir biomasas gazifikātors (1) un dzesējams sekcionēts kanāls, pa kura garumu notiek gaistošo savienojumu sadedzināšana (6). Gazifikātorā pamatnē zem granulu slāņa tiek padots primārais gaiss (3), kas nepieciešams biomasas gazifikācijai. Virs granulu slāņa no tangenciālām atverēm (5) tiek padots sekundārais gaiss, kas nodrošina gaisa virpuļplūsmas veidošanos gazifikātorā izejā ar relatīvi augstu virpuļskaitli $S \approx 0,8-1,34$, kura lielumu nosaka ātruma vektora aksiālā v_{ax} un tangenciālā v_{tg} ātruma komponentes:

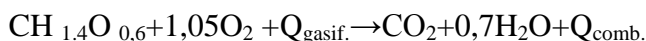


$$S = \left(\int_0^R \rho v_{ax} v_{tg} r^2 dr \right) / \left(R \int_0^R \rho v_{ax}^2 r dr \right)$$

Liesmas virpuļplūsmas ar augstu virpuļskaitli ($S > 0,6$) raksturojas ar recirkulācijas zonas veidošanos degšanas zonas pamatnē (2.zīm), kas nodrošina degvielas un gaisa plūsmas sajaukšanos un pilnīgu sadedzināšanu.

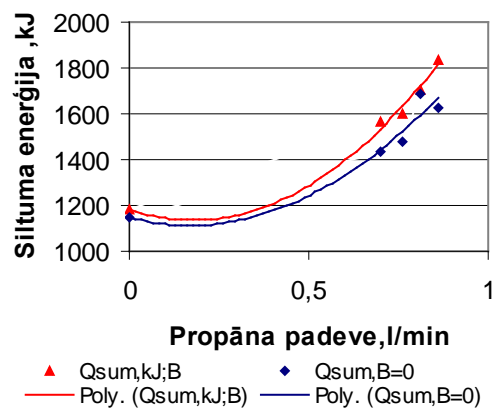
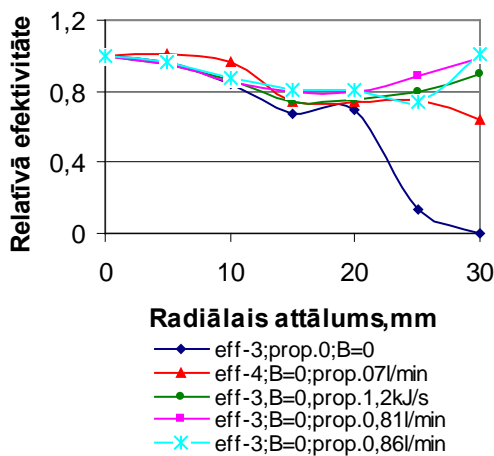
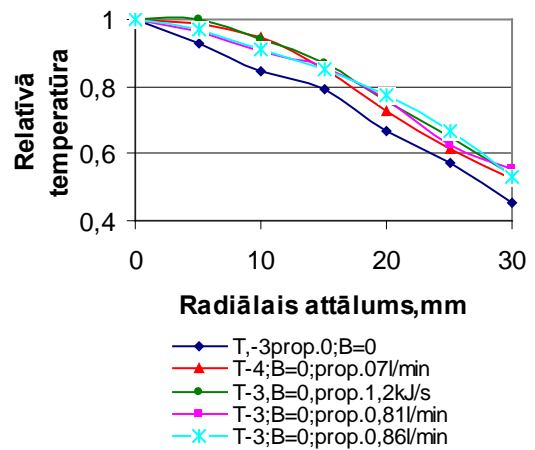
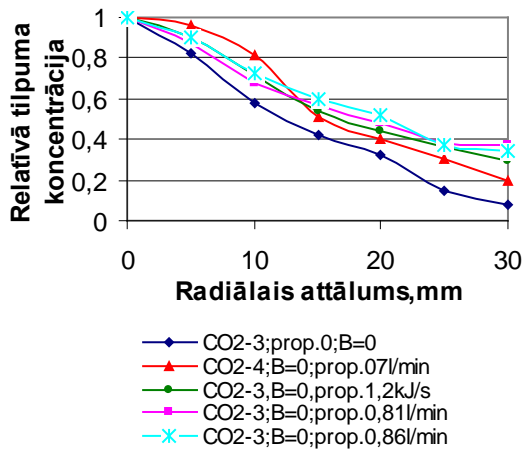
2. zīmējums. Recirkulācijas zonas veidošanās liesmas virpuļplūsmas sākuma stadijā.

Granulētā biomasas gazifikātorā tiek uzbērtā uz nerūsējošā tērauda sieta (2), zem kura ir novietota tvertne pelnu savākšanai (8). Virs granulu slāņa ir novietots propāna deglis ar kontrolējamu papildus siltuma padevi (Q) granulu slāņa augšējā daļā (4), kas ierosina biomasas termisko sadalīšanos, gaistošo savienojumu veidošanos un pilnīgu sadedzināšanu:



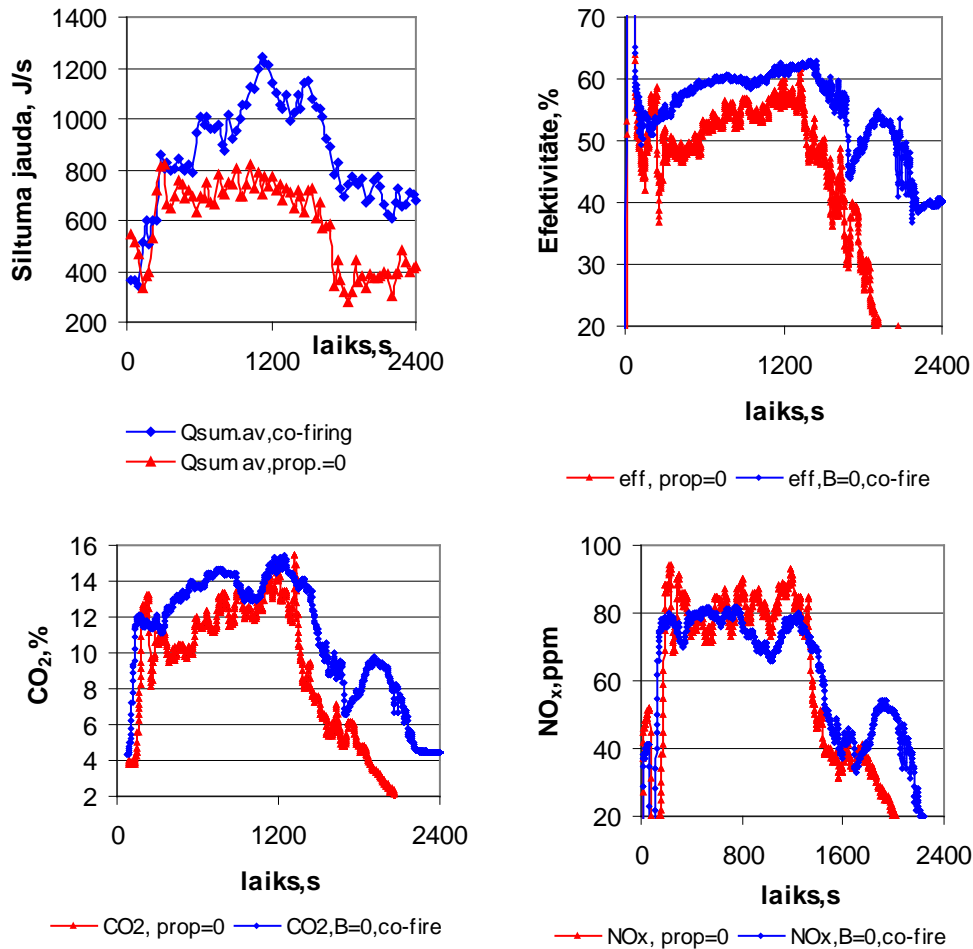
Degšanas procesu pētījumiem liesmas virpuļplūsmā tiek izmantotas diagnostikas sekcijas (7) ar atverēm, kuras ir iespējams izmantot, lai gaistošo savienojumu degšanas zonā ievadītu termopārus un zondes lokāliem liesmas temperatūras, sastāva un ātruma mērījumiem dažādās biomasas gazifikācijas un degšanas procesa attīstības stadijās ar datorizētu mērījumu reģistrāciju un datu apstrādi. Liesmas ātruma mērījumiem izmanto Pito caurulīti, bet sastāva mērījumiem - paraugu noņemšanas zondi ar datu izvadi uz Testo 350 XL. FTIR spektrometrs tiek izmantots lokāliem liesmas spektrālā sastāva mērījumiem.

Rūpnieciskie biomasas degšanas procesa veidošanās pētījumi liesmas virpuļplūsmā apliecina, ka izveidotā eksperimentālā iekārta ir piemērota granulētas biomasas degšanas procesa izveidei, nodrošinot stabilu degšanas zonas veidošanos liesmas centrālā daļā, kurā liesmas temperatūra, CO_2 tilpuma koncentrācija un degšanas procesa efektivitāte sasniedz maksimālo vērtību, bet brīvā skābekļa koncentrācija samazinās līdz minimālajai vērtībai, kas intensīvā gaistošo savienojuma degšanas procesā nepārsniedz 4-6% (3. zīmējums). Papildus siltuma padeve granulu slānī nodrošina intensīvāku gaistošo savienojumu veidošanos un pilnīgāku to sadedzināšanu, izraisot degšanas zonas paplašināšanos ar izteiktu degšanas procesa efektivitātes palielināšanos liesmas ārējā daļā un vienlaicīgu iekārtas siltuma ražības pieaugumu (3. zīm.).



3. zīmējums. CO₂ tilpuma koncentrācijas, temperatūras un degšanas procesa efektivitātes radiālā sadalījuma veidošanās liesmas virpuļplūsmā un saražotās siltuma enerģijas izmaiņas, palielinot papildus siltuma padevi gazifikātorā koksnes biomasas degšanas procesā.

Arī degšanas procesu kinētiskie pētījumi apliecina, ka papildus siltuma padeve būtiski ietekmē biomasas degšanas procesa veidošanos liesmas virpuļplūsmā, nodrošinot ātrāku gaistošo savienojumu uzliesmošanu un pilnīgāku to sadedzināšanu, līdz ar to palielinot degšanas procesa efektivitāti un iekārtas siltuma ražību (4. zīmējums). Tomēr vienlaicīgi ar papildus siltuma padeves palielināšanu gazifikatora izejā ir vērojama arī neliela slāpekļa oksīdu emisiju līmeņa palielināšanās, kas izraisa nepieciešamību meklēt papildus risinājumus degšanas procesa kontrolei virpuļplūsmās.



4. zīmējums. Iekārtas siltuma jaudas, degšanas procesa efektivitātes un degšanas produktu sastāva izmaiņas kombinētā koksnes biomasas un propāna degšanas procesā.

Rūpnieciskie pētījumi sadarbībā ar VKĶI ir apliecinājuši, ka eksperimentālā iekārta, kurā degšanas procesa izveidei tiek izmantota liesmas virpuļplūsma ar augstu virpuļskaitli ($S \approx 0,7-1,2$), ir izmantojama dažādas izcelsmes granulētas biomasas sadedzināšanu (koksnes, salmu, lignīnu), kas raksturojas ar samērā atšķirīgu elementāro sastāvu, mitrumu, pelnu saturu un siltumspēju (1., 2. tab.) [1,2].

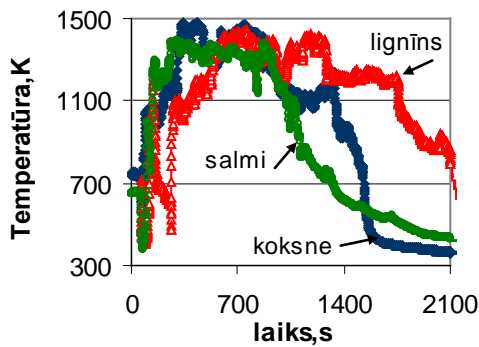
1. tabula. Dažādas izcelsmes biomasu elementārais sastāvs un siltumspēja

Biomasas veids	HHV, kWh/kg	Klāsona lignīna saturs, %	Elementārais sastāvs, %					
			C	H	N	S_{kop}	$S_{degš}$	Pelni
Koksne	5.4	28.8	50.2	6.3	0.24	0.13	0.02	0.60
Koksnes LHR 3/4	6.2	51.5	55.2	4.8	0.43	0.32	0.15	0.40
Kviešu salmu LHR 1142	5.4	44.4	49.7	5.3	1.1	0.35	0.11	6.4

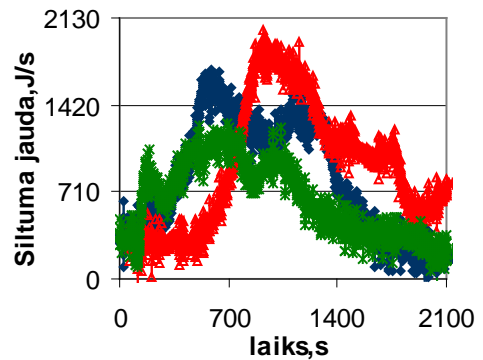
2. tabula. Dažādas izcelsmes biomasu enerģētiskais blīvums un mitrums

Biomasa	Mitrums,%	Zemākā siltumspēja (LHV), kWh/kg	Blīvums kg/m ³	Enerģētiskais blīvums, MW*h/m ³	DU,%
Koksnes LHR 3/4	7.6	5.4	735	4.0	97.7
Kviešu salmu LHR 1142	9.2	4.6	720	3.3	98.8
koksne	7.2	4.7	699	3.3	98.6

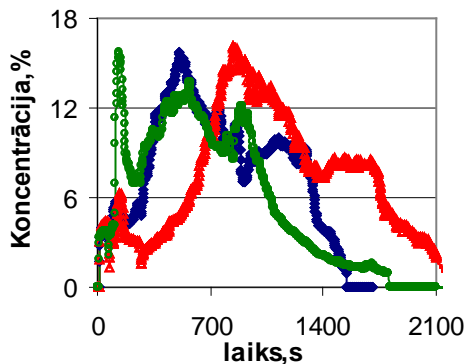
Salīdzinot degšanas procesus, kas veidojās liesmas virpuļplūsmā, sadedzinot dažādas izcelsmes biomasu ir konstatēts [2], ka gaistošo savienojumu degšanas process nodrošina samērā augstu degšanas zonas temperatūru (līdz 1500-1600K), nodrošinot iekārtas siltuma jaudu līdz 2kJ/s un augstu oglekļa-neitrālo CO₂ koncentrāciju dūmgāzēs (līdz 16%) (5. zīmējums), kuru maksimālos lielumus degšanas procesā būtiski ietekmē oglekļa saturs biomasā un biomasas siltumspēja (1. un 2. tab.). Augstāka iekārtas siltuma ražība ar augstāku CO₂ koncentrāciju produktos un augstāku degšanas zonas temperatūru ir vērojama lignīna degšanas procesā, kas raksturojas ar lielāku oglekļa saturu un augstāku siltumspēju salīdzinot ar koksnes vai salmu granulām. Šo rūpniecisko pētījumu rezultātā ir konstatēts arī, ka intensīvā gaistošo sajaukšanās ar gaisa virpuļplūsmu liesmas recirkulācijas zonā nodrošina pilnīgu to sadedzināšanu, būtiski samazinot CO koncentrāciju produktos. Pētījumu rezultātā ir konstatēts, ka CO koncentrāciju granulētas koksnes biomasas degšanas procesā, izmantojot liesmas virpuļplūsmas, ir iespējams samazināt līdz 40 ppm, bet lignīna degšanas procesā - līdz 60ppm. Mazāk izteikta CO koncentrācijas samazināšanās - līdz 150ppm vērojama granulēto salmu degšanas procesā. Relatīvi augstā degšanas zonas temperatūra sekmē arī slāpekļa oksīdu veidošanās, kuru koncentrāciju produktos būtiski ietekmē dažādas izcelsmes biomasu elementārā sastāva atšķirības un slāpekļa satura izmaiņas biomasā [2]. Eksperimentālie pētījumi apliecina, ka pie apmēram vienādas degšanas zonas temperatūras (1350-1400 K) pastāv tieša lineāra korelācija starp slāpekļa saturu biomasā (1. tabula) un NO emisiju koncentrāciju dūmgāzēs - visintensīvākā slāpekļa oksīdu veidošanās (līdz 500ppm) ir vērojama, sadedzinot salmu granulas, kurās ir arī visaugstākais slāpekļa saturs, kas sasniedz 1,15% (1. tab.). Relatīvi zemāks slāpekļa emisiju līmenis- līdz 300ppm vērojams granulētā lignīna degšanas procesā, kuram slāpekļa saturs ir 0,43%, bet vismazākais slāpekļu oksīdu emisiju līmenis- 90-100ppm vērojams, sadedzinot koksnes biomasu, kurā slāpekļa koncentrācija nepārsniedz 0,24% (1. tabula).



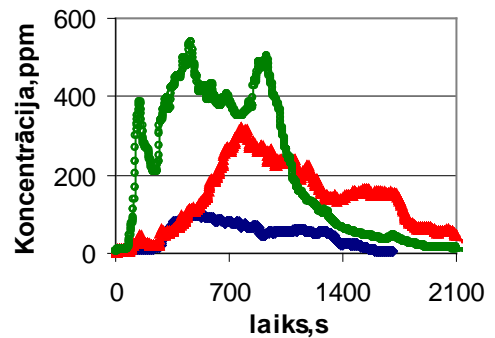
◆ T1, w ood ▲ T1, LHR 3/4
● T1, LHR 1142



◆ Qsum, w ood ▲ Qsum, LHR 3/4
● Qsum, LHR 1142



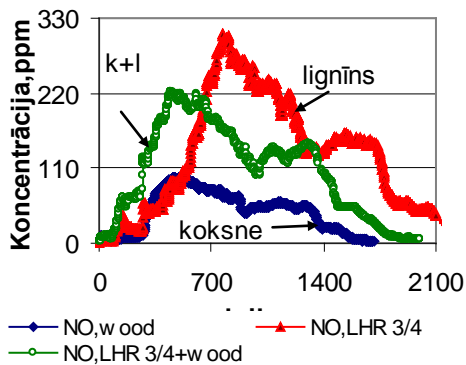
◆ CO2, w ood ▲ CO2, LHR 3/4
● CO2, LHR 1142



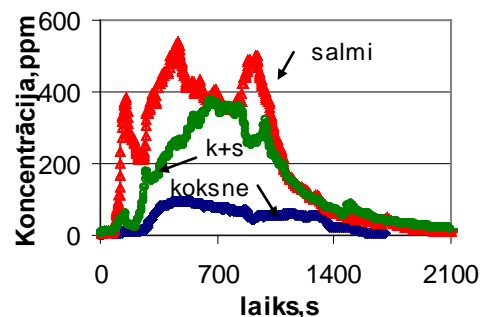
◆ NOx, w ood ▲ NOx, LHR 3/4
● NOx, LHR 1142

5. zīmējums. Degšanas zonas temperatūras, saražotā siltuma un sastāva kinētiskie pētījumi, sadedzinot dažādas izcelsmes granulētu biomasu (koksni, salmus, lignīnu) liesmas virpuļplūsmā.

Augstais slāpekļa emisiju līmenis, kas veidojas salmu degšanas procesā, izraisa nepieciešamību meklēt papildus risinājumus kā šo emisiju līmeni samazināt, vienlaikus nodrošinot kontrolējamu iekārtas siltuma ražību. Būtībā tas ir viens no projekta mērķiem un uzdevumiem, kas tiks risināti projekta rūpniecisko pētījumu procesā. Kā viens no iespējamajiem risinājumiem ir vienlaicīga salmu un koksnes vai lignīnu sadedzināšana, kas ļautu ierobežot šo kaitīgo slāpekļa oksīdu veidošanos degšanas un siltuma ražošanas procesā un to izplūdi ārējā vidē (6. zīmējums).



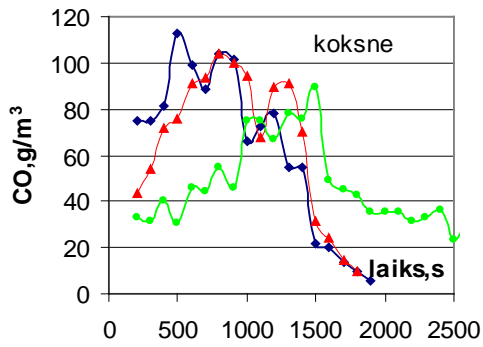
◆ NO, w ood ▲ NO, LHR 3/4
● NO, LHR 3/4+w ood



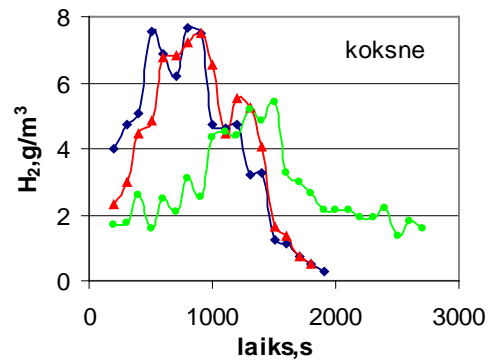
◆ NOx, w ood ▲ NOx, LHR 1142
● NOx, LHR 1142+w ood

6. zīmējums. Slāpekļa emisiju līmeņa izmaiņas koksnes, lignīna, salmu degšanas procesā un dažādas izcelsmes biomasu maisījumu –lignīna un koksnes vai salmu un koksnes degšanas procesā.

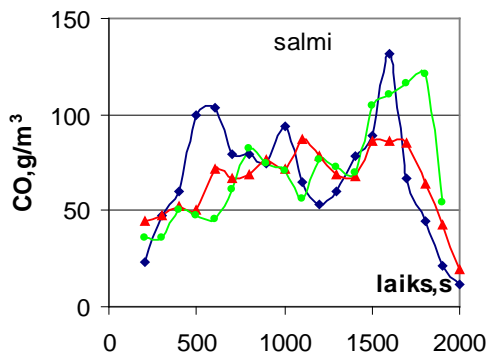
Veicot dažādas izcelsmes biomasu degšanas procesu rūpnieciskos pētījumus dotā projekta ietvaros, ir veikti arī detalizēti šo biomasu termiskās sadalīšanās un gazifikācijas procesu pētījumi, kas veidojas pie ierobežotas gaisa padeves gazifikātorā ($\alpha \approx 0,2-0,3$) un būtiski ietekmē degšanas procesa veidošanos. Biomasas gazifikācijas procesu pētījumi ir veikti, izvērtējot papildus siltuma padeves jaudas un padeves ilguma ietekmi uz dažādas izcelsmes biomasu gazifikācijas procesu kinētiku, kuras ierosināšana ir būtiska, lai nodrošinātu stabilu un kontrolējamu gaistošo savienojumu veidošanos un kontrolējama biomasas degšanas procesa veidošanos liesmas virpuļplūsmā. Biomasas gazifikācijas procesu pētījumi ir veikti pie ierobežotas gaisa padeves ($\alpha \approx 0,2-0,3$) gazifikātorā, kad galvenie biomasas gazifikācijas produkti ir CO un H₂. Šo pētījumu rezultāti apliecina, ka papildus siltuma padeve granulu slānī nodrošina ātrāku un efektīvāku biomasas termisko sadalīšanos ar kontrolējamu gaistošo savienojumu (CO, H₂) veidošanos [3,4], kuru koncentrāciju degšanas procesa sākuma stadijā var izmainīt, izmainot papildus siltuma padeves jaudu un padeves ilgumu iekārtā (7.zīmējums). Salīdzinot koksnes un salmu granulu gazifikācijas procesus ir redzams, ka salmu granulas, kurām ir zemāka gaistošo savienojumu koncentrācija (71%) salīdzinot to ar koksnes granulām (81%), raksturojas ar intensīvāku un ilgstošāku gaistošo savienojumu veidošanos gazifikācijas procesa beigu stadijā, kuru raksturo oglekļa degšanas/reducēšanās procesi gazifikatora pamatnē.



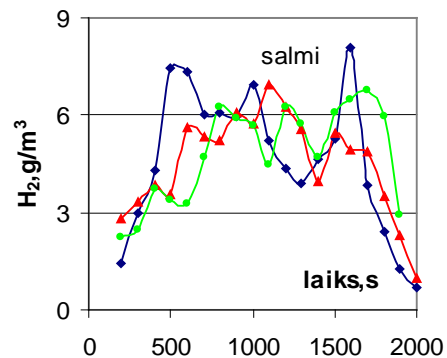
◆ CO,air-18l/min,pr.-1,29kJ/s,100s
 ▲ CO,air-18l/min,pr.-1,15kJ/s
 ● CO,air-18l/min,pr.-1 kJ/s



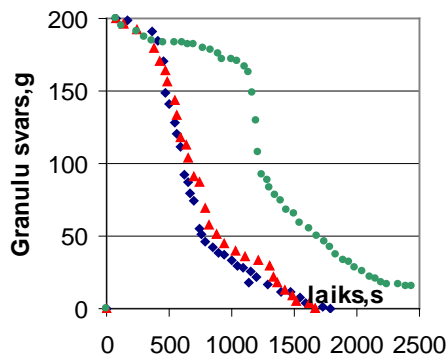
◆ H2,air-18l/min,pr.-1,29kJ/s,100s
 ▲ H2,air-18l/min,pr.-1,15kJ/s
 ● H2,air-18l/min,pr.-1 kJ/s



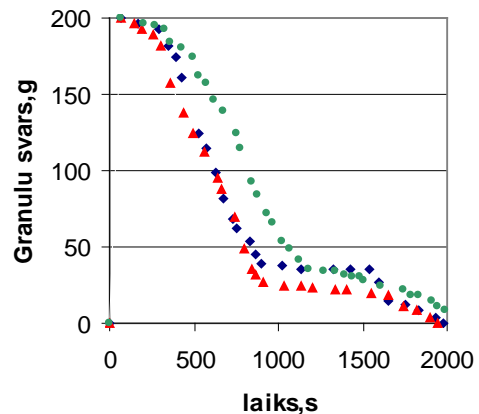
◆ CO,air-18l/min,pr.1,29kJ/s
 ▲ CO, air-18l/min,pr.1,15kJ/s
 ● CO, air-18l/min,pr.1kJ/s



◆ H2,air-18l/min,pr.1,29kJ/s
 ▲ H2, air-18l/min,pr.1,15kJ/s
 ● H2, air-18l/min,pr.1kJ/s



◆ m,g(koksne); prop. 1,15kJ/s;100s;gaiss -18l/min
 ▲ m,g(koksne); prop. 1,15J/s;100s;gaiss -18l/min
 ● m,g(koksne); prop. 1,00kJ/s;100s;gaiss -18l/min



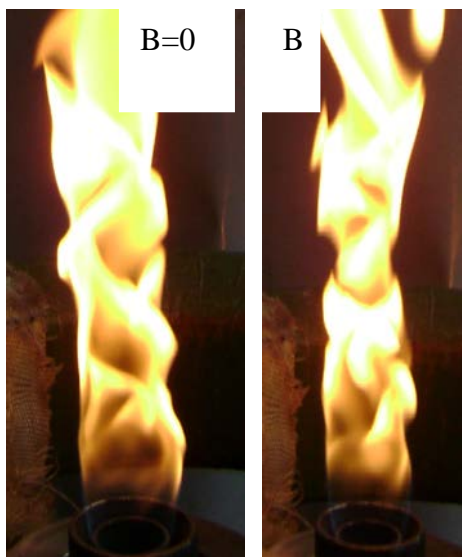
◆ 1.-m,g; salmi- prop.1,29kJ/s,100s, gaiss-18l/min
 ▲ 2.-m,g; salmi- prop.1,15kJ/s,100s, gaiss-18l/min
 ● 3.-m,g; salmi- prop.1,0kJ/s,100s, gaiss-18l/min

7. zīmējums. Papildus siltuma padeves ietekme uz gaistošo savienojumu veidošanos un biomasas svara izmaiņām biomasas termiskās sadalīšanās un gaistošo savienojumu veidošanās procesā.

Tomēr veidojot kombinēto degšanas procesu ar vienlaicīgu fosilā un atjaunojamā kurināmā sadedzināšanu ir jāatzīmē, kas fosilā kurināmā izmantošana atjaunojamā kurināmā termiskās sadalīšanas ierosināšanai un degšanas procesu kontrolei un regulēšanai ir saistīta ar siltumnīcas efektu izraisīto CO₂ emisiju veidošanos kombinētā degšanas procesā, kas pie 20-25% papildus siltuma padeves iekārtā sasniedz 10-15% no kopējām CO₂ emisijām. Līdz ar to rūpniecisko pētījumu ietvaros ir veikti papildus

pētījumi, kuru mērķis ir noskaidrot biomasas termiskās sadalīšanas, degšanas un siltuma ražošanas procesu alternatīvas kontroles un regulēšanas iespējas, izmantojot šim nolūkam ārējo spēkus (magnētisko, elektrisko, elektromagnētisko), kas izraisa galvenokārt virpuļplūsmas dinamikas izmaiņas un savstarpēji saistīto siltuma un masas pārnese procesu izmaiņas liesmas recirkulācijas zonā, līdz ar to izmainot biomasas termiskās sadalīšanās procesus, kā arī gaistošo savienojumu sajaukšanos ar gaisa virpuļplūsmu, izmainot gaistošo savienojumu veidošanās, uzliesmošanas un degšanas procesu kinētiku.

Degšanas procesu kontroles un regulēšanas iespēju pētījumi, izmantojot ārējā magnētiskā lauka un liesmas mijiedarbības efektus, ir balstīti uz magnētiskā spēka F izraisīto paramagnētiskā skābekļa pārnese lauka gradienta virzienā, kura lielumu un mijiedarbības efektivitāti nosaka skābekļa magnētiskā uzņēmība X_{O_2} magnētiskā lauka indukcija B un lauka gradients degšanas zonas pamatnē dB/dz : $F = \frac{1}{2} * X_{O_2} / \mu * B dB/dz$. Lai veiktu šīs mijiedarbības efektu detalizētus pētījumus, tika modificēta eksperimentālā iekārta, izmantojot pastāvīgo magnētu ar magnētiskā lauka konfigurāciju [5,6], kas nodrošināja magnētiskā lauka aksiālā gradienta veidošanos liesmas recirkulācijas zonā, kas sasniedz 1,6-1,8 T/m, intensificējot paramagnētiskā skābekļa pārnese virzienā uz granulētās

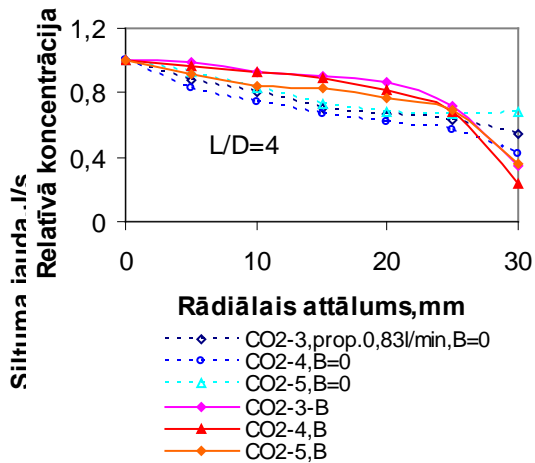
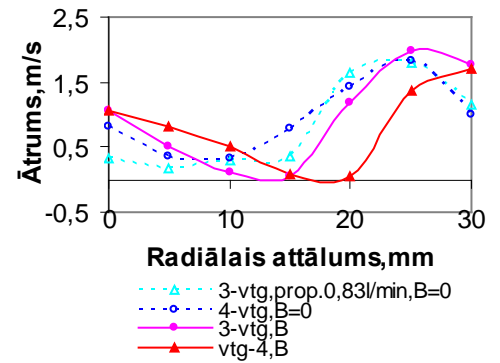
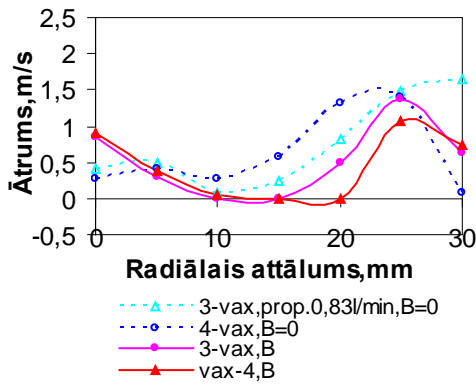


biomasas virsmu. Magnētiskā lauka un virpuļplūsmas mijiedarbības pētījumi ir apliecinājuši, ka šīs mijiedarbības rezultātā veidojas liesmas struktūras (8. zīmējums) un lokālas liesmas sastāva izmaiņas, izraisot degšanas procesa efektivitātes un iekārtas siltuma ražības izmaiņas (9. zīm.) [5,6].

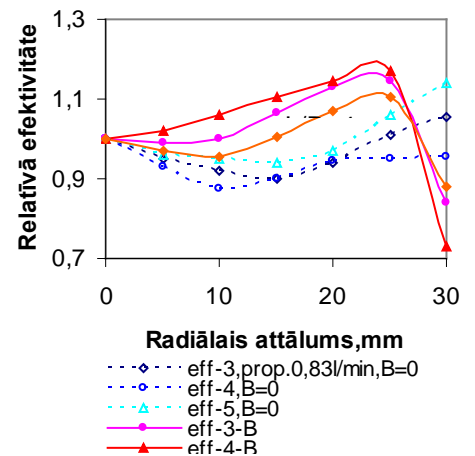
8. zīmējums. Liesmas virpuļplūsmas struktūras izmaiņas magnētiskā lauka un liesmas mijiedarbības procesā.

Šie pētījumi apliecina, ārējā lauka un liesmas mijiedarbības efektus ir iespējams izmantot degšanas procesu kontrolei un regulēšanai, tomēr mijiedarbības efekts ir būtiski atkarīgs no

gaistošo savienojumu veidošanās biomasas termiskās sadalīšanās procesā un ir relatīvi mazs, ja netiek nodrošināta papildus siltuma padeve granulu slānī biomasas gazifikācijai, kas ierobežo magnētiskā lauka izmantošanas iespējas. Piedevām magnētiskā lauka izmantošana degšanas procesa kontrolei ir saistīta ar nepieciešamību pievienot magnētu degšanas iekārtai, kas rūpnieciskās degšanas iekārtās ir stipri apgrūtināta. Šī iemesla dēļ tika veikti pētījumi, lai noskaidrotu iespējas biomasas degšanas procesu kontrolei izmantot ārējā elektriskā lauka (pastāvīgā un mainīgā) un liesmas mijiedarbības efektus.

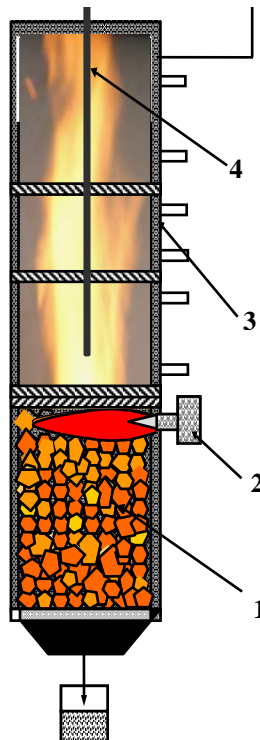


9. zīmējumu uz aksiāli ātruma un liesmas produktu degšanas siltuma j:



◆ $Q_{sum}, J/s-2, B=0; prop. 0$ ▲ $Q_{sum}, J/s-2, B; prop. 0$

Pastāvīgā

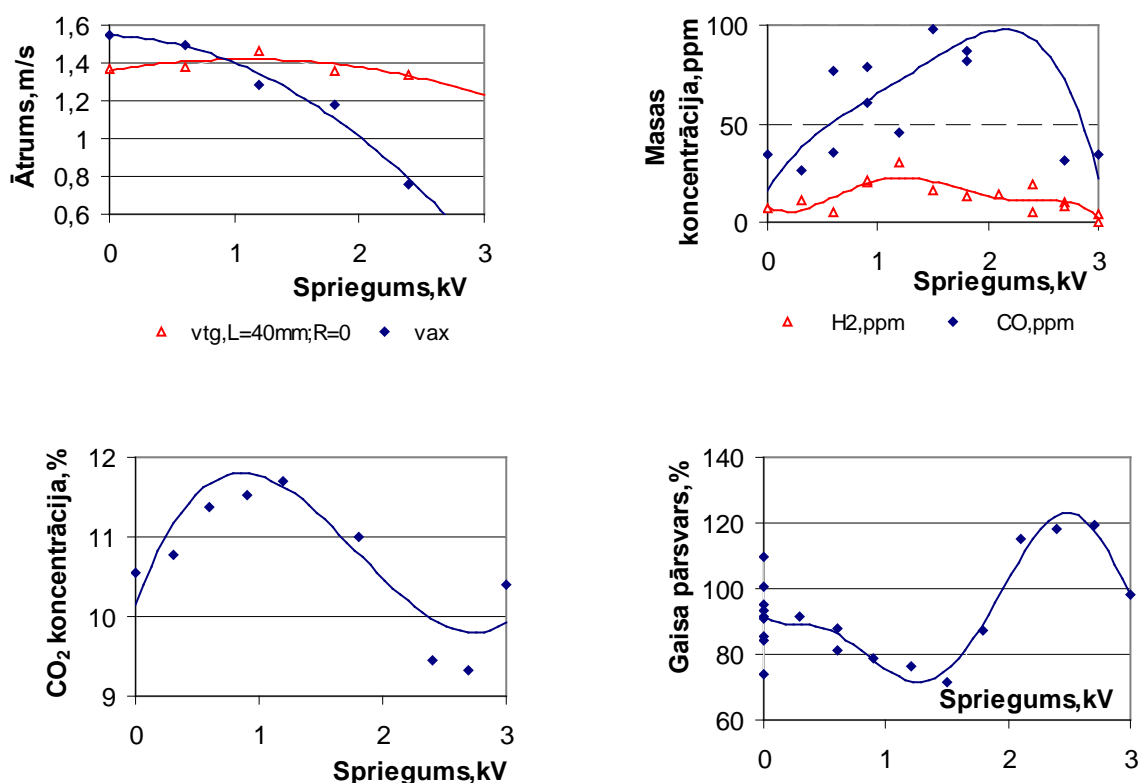


elektriskā lauka un liesmas virpuļplūsmas mijiedarbības efektu izpētei LUF1 ir veikta eksperimentālās iekārtas modifikācija (10. zīmējums), liesmas virpuļplūsmā aksiāli ievietojot elektrodu (4) un mainot šī elektroda polaritāti un potenciālu attiecībā pret kameras sienām robežās no $-3kV$ līdz $+3kV$, bet strāvu ārējā ķēdē ierobežojot līdz $100mA$, lai novērstu izlādes veidošanos liesmas virpuļplūsmā.

10. zīmējums. Eksperimentālās iekārtas modifikācija biomasas degšanas procesu elektriskai kontrolei.

Ārējā elektriskā lauka un liesmas mijiedarbības efekts pamatvilcienos ir balstīts ar elektriskā spēka izraisīto pozitīvo jonu (CHO^+ , $C_2H_2^+$, etc.) pārneš lauka virzienā [7], bet elastīgās jonu sadursmēs ar neitrālajām liesmas daļiņām notiek impulsu apmaiņa, izraisot savstarpēji saistītu siltuma un masas pārneš lauka virzienā. Rūpnieciskie ārējā elektriskā lauka un liesmas virpuļplūsmas mijiedarbības pētījumi granulētas biomasas degšanas procesā ir

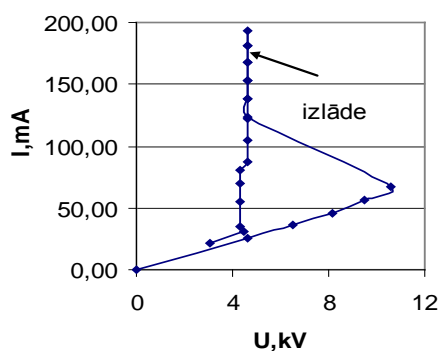
apliecinājuši, ka samērā izteikts ārējā lauka un liesmas virpuļplūsmas mijiedarbības efekts ir vērojams, ja centrālā elektroda potenciāls ir pozitīvs un tiek intensificēta pozitīvo jonu pārnese virzienā uz liesmas ārējo daļu, izraisot savstarpēji saistītu siltuma un masas pārnesi virzienā no liesmas centrālās uz tās ārējo daļu, vienlaikus izmainot plūsmas dinamiku un gaistošo savienojumu veidošanos biomasas termiskās sadalīšanās procesā. Pie dotās lauka konfigurācijas tiek intensificēta gaistošo savienojumu sajaukšanās ar gaisa virpuļplūsmu un ir vērojama degšanas procesu intensifikācija liesmas ārējā daļā, izraisot degšanas zonas paplašināšanos, bet samazinot gaisa padeves pārsvaru gaistošo savienojumu degšanas zonā (9. zīmējums). [7] Šo pētījumu rezultātā ir konstatēts, ka ārējā elektriskā lauka un liesmas virpuļplūsmas mijiedarbības efekti spēj nodrošināt biomasas degšanas un siltuma ražošanas procesu kontroli, nodrošinot optimālu elektriskā lauka un liesmas mijiedarbības efektu jau pie samērā neliela centrālā elektroda potenciāla, kas nepārsniedz 1,5- 2 kV (11. zīmējums) [7].



11. zīmējums. Ārējā pastāvīgā elektriskā lauka ietekme uz virpuļplūsmas ātruma komponentu (v_{ax} , v_{tg}) vidējām vērtībām, gaistošo savienojumu (CO, H_2) veidošanos koksnes biomasas termiskās sadalīšanās procesā, degšanas produktu (CO_2) koncentrāciju un gaisa padeves pārsvaru degšanas zonā.

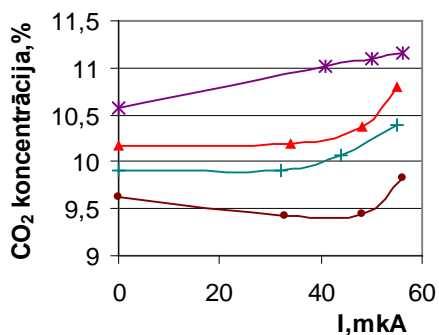
Turpinot elektriskā lauka un liesmas mijiedarbības efektu pētījumus atbilstoši projekta mērķiem un uzdevumiem saistībā ar aktivitātes 1.1.2. izpildi, ir sākti arī rūpnieciskos pētījumi, lai noskaidrotu iespējas biomasas gazifikācijas un degšanas procesu kontrolei izmantot arī mainīgos elektromagnētiskos laukus. Šo pētījumu veikšanai ir iegādāti vairāki augstfrekvences ģeneratori, kas darbojas diskrētās frekvenču joslās ($\nu \approx 13,56$ un $40,58$ MHz), nodrošinot augstfrekvences rezonanses svārstību ierosināšanu, kā arī augstfrekvences izlādi gaistošo savienojumu veidošanās un degšanas zonā. Atšķirībā no ārējā pastāvīgā elektriskā lauka un liesmas mijiedarbības efektiem, kas balstījās uz ārējā lauka ierosinātu siltuma un masas pārnesi lauka virzienā, ko nosaka galvenokārt

impulsu apmaiņa jonu un neitrālo daļiņu elastīgās sadursmēs, augstfrekvences izlādes veidošanās pie elektroda virsmas ir saistīta ar intensīvu enerģijas apmaiņu neelastīgās elektronu un neitrālo daļiņu sadursmēs, veidojot šo daļiņu - ogļūdeņražu molekulu un to radikālu, kā arī skābekļa ierosinātus līmeņus un līdz ar to ierosinot gaistošo savienojumu uzliesmošanu un degšanu. Jāatzīmē, ka līdzīgs augstfrekvences rezonances svārstību izlādes efekts, ierosinot izlādi pie elektroda virsmas, tiek izmantots iekšdedzes dzinējos, intensificējot degvielas uzliesmošanu un sadedzināšanu. Lai noskaidrotu augstfrekvences EM rezonances izmantošanas iespējas dažādas izcelsmes biomasu gazifikācijas un degšanas procesu kontrolei, izmantojot augstfrekvences rezonances svārstības, tika veikti pirmie pētījumi, ierosinot augstfrekvences izlādi (12. zīm.) gaistošo savienojumu veidošanās zonā [7].

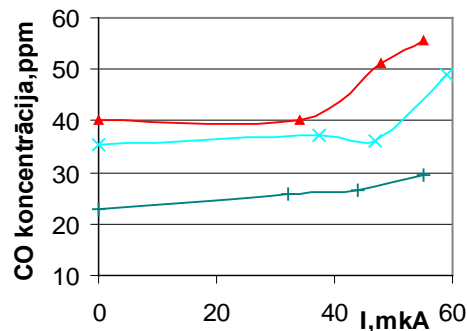


12. zīmējums. Augstfrekvences svārstību izlādes ierosināšana un izlādes voltampēra raksturlīkne.

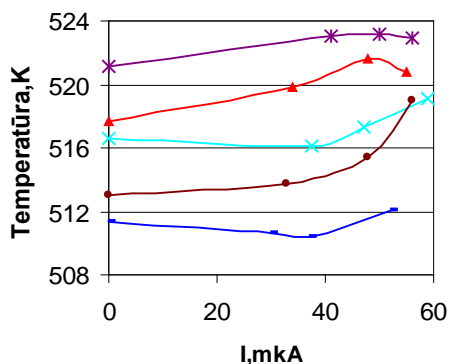
Šie pirmie pētījumi ir jau apliecinājuši, ka augstfrekvences rezonances svārstību ierosināšana gaistošo savienojumu veidošanās un degšanas procesā veicina gaistošo savienojumu veidošanos, uzliesmošanu un pilnīgāku to sadedzināšanu ar dominējošu CO_2 koncentrācijas palielināšanos un korelējošu gaisa padeves pārsvara samazināšanos degšanas procesā, vienlaikus palielinot degšanas produktu temperatūru un degšanas procesa efektivitāti (13. zīm.), intensificējot arī NO_x veidošanos liesmas virpuļplūsmā un palielinot NO_x koncentrāciju dūmgāzēs. Turpinot pētījumus par degšanas procesu kontroles iespējām ir nepieciešams noteikt optimālo augstfrekvences svārstību frekvenci un elektrodu konfigurāciju, lai nodrošinātu stabilus un kontrolējamus dažādas izcelsmes biomasas degšanas procesus, palielinot degšanas procesa efektivitāti un vienlaikus ierobežojot NO_x veidošanos biomasas degšanas procesā.



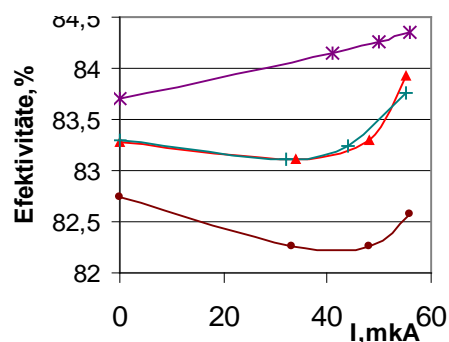
▲ 3-CO₂,prop.0 ✱ 5-CO₂
● 6-CO₂ + 7-CO₂



▲ 3-CO,prop.0 ✱ 4-CO + 7-CO



▲ 3-T,prop.0 ✱ 4-T
✱ 5-T ● 6-T
+ 8-T



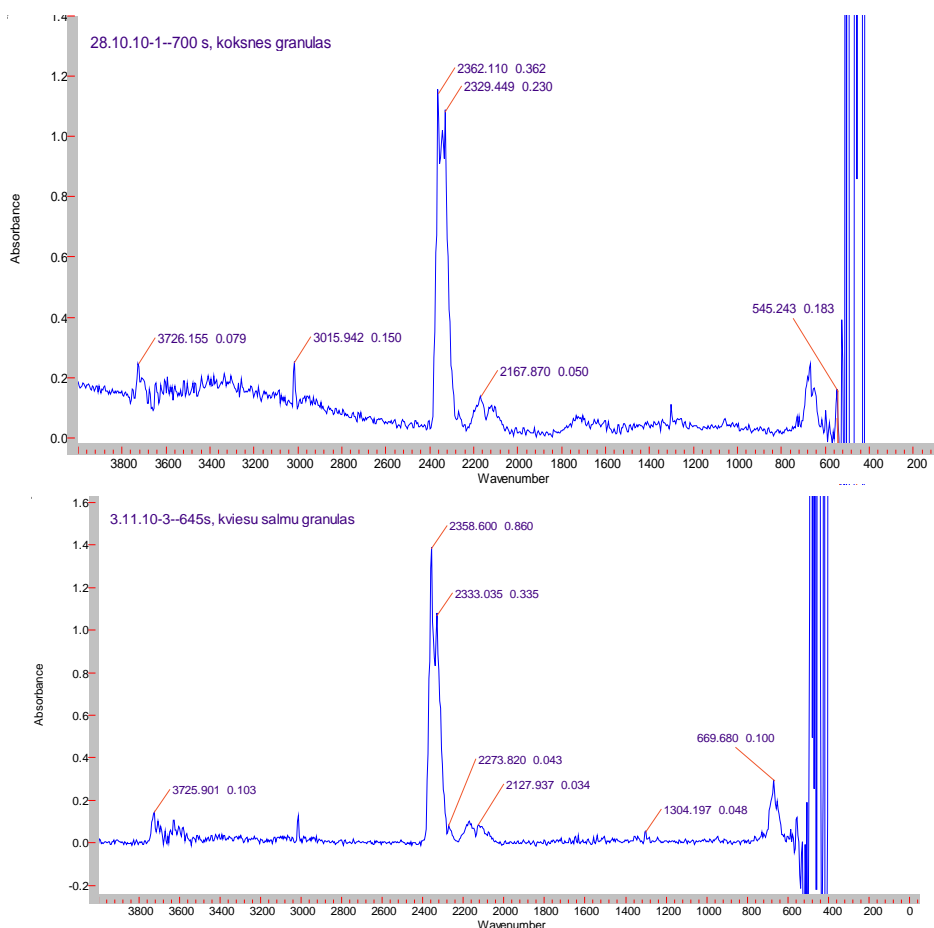
▲ 3-Eff,prop.0 ✱ 5-Eff
● 6-Eff + 7-Eff

13.zīmējums. Augstfrekvences rezonanses svārstību ietekme uz degšanas produktu sastāvu, temperatūru un degšanas procesa efektivitāti.

Aktivitātes 1.2.3. izpilde.

1.2.3. Granulēto maisījumu degšanas, siltuma ražošanas procesu un emisiju veidošanās izpēte un optimizācija, izvērtējot korelācijas starp šo procesu un granulēto maisījumu sastāva un raksturojošo parametru izmaiņām.

Uz rūpniecisko pētījumu bāzes aktivitātes 1.2.3. ietvaros atbilstoši projekta laika grafikam (sk. 5.lpp.) no 2011. g. janvāra ir sāktas eksperimentālās izstrādes saistībā ar granulētu biomasu degšanas maisījumu ekoloģiski tīru un efektīvu degšanas procesu izveidi un emisiju veidošanās izpēti un optimizāciju. Ir sagatavotas diagnostikas metodes lokāliem liesmas temperatūras un sastāva mērījumiem, kā arī saražotā siltuma daudzuma kalorimetriskiem mērījumiem. Ir sagatavots darbam gāzu analizators Testo 350 XL, iegādājoties jaunas mēršūnas degšanas produktu sastāva mērījumiem. Ir sagatavots darbam spektrālais aparāts FTIR, veicot aparāta graduēšanu lokāliem gaistošo savienojumu un degšanas produktu koncentrācijas mērījumiem. Ir veikti spektrālā sastāva mērījumi granulētas biomasas degšanas procesa veidošanās sākuma stadijā.



1. zīmējums. Degšanas produktu sastāvs granulētās gaistošo savienojumu degšanas procesa sākuma stadijā.

Pētījumu rezultātā ir konstatēts, ka granulētās biomasas (koksnes, salmu) degšanas procesa sākuma stadijā veidojas CO, H₂, CO₂ un neliels daudzums CH₄. Tipisks IR spektrs, kas raksturo saražotās gāzes sastāvu, ir redzams 1. zīmējumā. Visintensīvāko CO₂ absorbcijas joslu IR spektra rajonā novēro pie $\nu \approx 2329\text{-}2362\text{cm}^{-1}$, bet CO absorbciju novēro IR spektra rajonā $\nu \approx 1970\text{-}2200\text{cm}^{-1}$. Šo joslu relatīvās intensitātes atkarīgas no CO₂ un CO koncentrācijas gazifikācijas procesā un mainās dažādās gazifikācijas procesa stadijās. Relatīvi vājas CH₄ absorbcijas joslas veidošanos pie 3015cm^{-1} novēro gazifikācijas procesa sākuma stadijā ($t < 1000\text{s}$). Gāzveida produktos ir konstatēts arī neliels daudzums H₂O, veidojot plašu absorbcijas joslu spektra rajonā no 3151cm^{-1} līdz 3756cm^{-1} (10. attēls).

Aktivitātes 1.2.4. izpilde.

1.2.4. Jaunas tehnoloģijas izstrāde granulēto maisījumu ekoloģiski tīru un efektīvu degšanas un siltuma ražošanas procesu izveidei un to regulēšanai; augstfrekvences EM svārstību rezonatora izveide; rezonatora optimālo raksturojošo lielumu (frekvences, jaudas) un optimālā pievienošanas veida izpēte, augstfrekvences rezonanses svārstību ietekmes izvērtējums uz granulēto maisījumu degšanas, siltuma ražošanas procesiem un emisiju veidošanos.

Uz rūpniecisko pētījumu bāzes aktivitātes 1.2.4. ietvaros atbilstoši projekta laika grafikam (sk. 5.lpp.) no 2011. g. janvāra ir sākti jaunas tehnoloģijas izstrāde granulēto maisījumu ekoloģiski tīru un efektīvu degšanas procesu izveidei, izvērtējot augstfrekvences EM un liesmas virpuļplūsmas mijiedarbības efektus. Ir iegādāts augstfrekvences ģenerators RFX 600 ar darba frekvenci 13 MHz, ir veikta šī ģenerators raksturlikņu pārbaude un ir izvērtētas iespējas izmantot šo ģeneratoru granulētās biomasas degšanas procesu kontrolei.

-Publikāciju saraksts saistībā ar aktivitātes N2. izpildi

1. A. Arshanitsa, G. Telisheva, T.Dizhbite, I. Barmina, M. Zake, Pelletizing Process of Non-hydrolyzed Residues from Wheat Straw Ethanol Production and Fuel Characteristics of Pellets Obtained, Proc. Venice 2010, Third International Symposium on Energy from Biomass and Waste, 2010, pp.5.
2. A. Arshanitsa, I. Barmina, A. Andersone, G. Telysheva, M. Zake. Processing and Complex Research of the Main Characteristics of Pelletized Lignocellulosic Materials for Clean and Effective Energy Production. Proceedings of the 6-th International Scientific Colloquium. Modeling for Material Processing, 2010, Riga, pp. 151-156.
3. I. Barmina, V. Krishko, A. Lickrastina, M. Zake, The Effect of Co-gasification of the Biomass Pellets with Gas on the Thermal Degradation of Biomass, International Conference ICheaP10, Florence, Italy, 2011, pp.6.
4. I. Barmina, A. Lickrastiņa, V. Suzdalenko, M. Zaķe, Gasification of Pelletized Renewable Fuel for Clean Energy Production, 2011, Fuel, pp. 12, (sagatavots publicēšanai SCI žurnālā "Fuel").
5. I. Barmina, M. Zake, Effects of Magnetic Field on Swirling Flame, Proceedings of the 6-th International Scientific Colloquium. Modeling for Material Processing, Riga, pp.145-150.
6. M. Zake, I. Barmina, I. Bucenieks, V. Krishko, Magnetic field control of combustion dynamics of the swirling flame flow, In: Magnetohydrodynamics, 2010, 46, Nr.2, pp. 171-186.
7. I. Barmina, M. Purmalis, J. Valdmanis, M. Zake. Electric Field Effects on the Combustion Characteristics of Renewable Fuel. Proceedings of the 6-th International Scientific Colloquium. Modeling for Material Processing, 2010, Riga, pp. 285-290.

Euratom

Vadības komanda un atskaites apspriešana





3. PHYSICS PROGRAMME – FUSION PHYSICS

3.1. Developing and delivering of Ga installations for tests on ISTTOK and FTU

Principal investigator: E.Platacis. **Staff members:** O.Lielausis, J.Freibergs, A.Klukins, J.Peinbergs, D.Mauriņš, K.Kravalis

nav numerācijas Gallium jet power extraction capability.

The practical importance of all the investigations with heavy liquid metal free surface flows would be scaled down significantly if problems would be connected with the introduction of Ga jets in the vacuum chamber of Tokamak type facilities, if Ga jets would be clearly unable to withstand corresponding heat and particle loads, etc. Definite answers to these questions were gained in experiments with Ga jets on the small size Tokamak ISTTOK $\{R=0.46\text{m}; r=0.085\text{m}; B_t=0.45\text{T}; T_e(0)=150\text{eV}; n_e(0)=5 \times 10^{18}\text{m}^{-3}; I_p \approx 6\text{kA}; V_p \approx 3\text{V}\}$ [1;2;3]. It was found that ISTTOK has been successfully operated with the gallium jet without degradation of the discharge or a significant plasma contamination by the liquid metal. Definite modification of jets trajectory has been fixed, discussion about the reasons started. Finally, first conclusions about the jets power extraction capability have been drawn. Let us concentrate on this last result first described in 2010 in our collaborative publication [3]. The schematic cross-section of ISTTOK's vacuum chamber and of the implemented setup is presented in Fig.3.1.1.

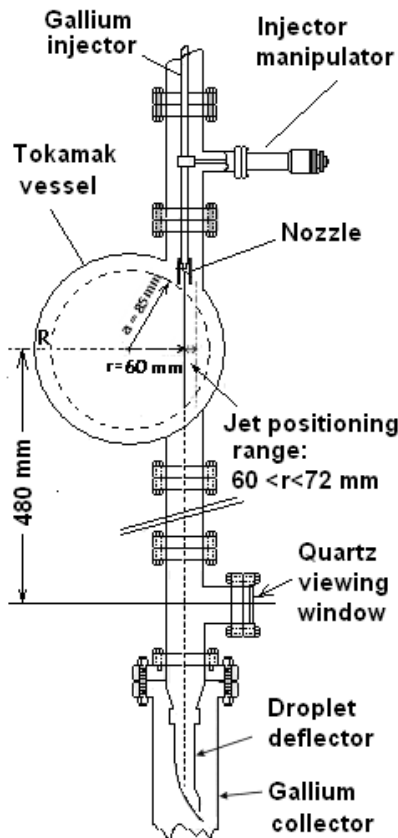


Fig.3.1.1. Cross-section of the discharge chamber of ISTTOK

After passing the plasma the corresponding increase of the jets surface temperature was measured using absolutely calibrated multi-channel IR sensors. The specially installed viewing window was located approximately 0.5 m below the central plane. At velocities under consideration (2.5m/s) during the 30 ms long discharge an approx. 6 cm long (diameter $d = 0.23\text{cm}$) segment of the jet becomes exposed to the plasma. The acting LM volume can be estimated as 0.25 cm^3 . The temperature of this volume increases for 10^3 C , which allows us to say that 2.4 kW have been extracted by the jet. The volumetric load is rather high – 10 kW/cm^3 . Some specific surface loads can also be deduced. Considering the load as frontal – $2.4\text{ kW} / (0.23 \times 6)\text{ cm}^2 = 1.9\text{ kW/cm}^2$. Considering the load as distributed over the full surface of the jet – $2.4\text{ kW} / 4.3\text{ cm}^2 = 0.6\text{ kW/cm}^2$. Let us take some average value, say, $1\text{ kW/cm}^2 = 10\text{ MW/m}^2$. Such a load is already fully divertor relevant. The high spatial stability of the

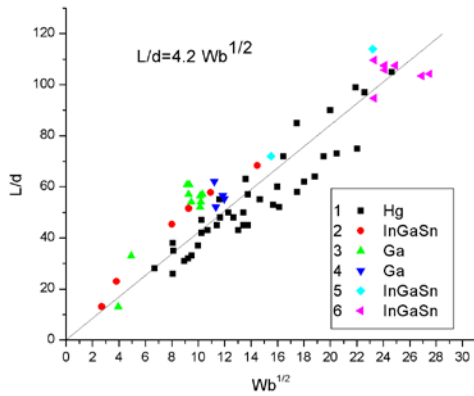
jets body should be emphasized. During the 30 ms long discharge the contour of the jet inside the plasma was fixed on video. A practically stagnant picture can be seen, in spite of exposure of the jet to complex perturbations acting for the short time period 30 ms. During the same time after passing the plasma the jets trajectory along its full length becomes remarkably modified. The pictures inside the plasma are showing the situation directly (approx.12cm) after the nozzle. In the region of the viewing window a definite deflection of the jet was fixed. The window is placed at a distance 496 mm below the equatorial plane. To produce the measured 10mm shift during the pulse duration (30ms) an average force of 4 mN has to be applied to the acting element of the jet.

The established fact that after touching the plasma the jets trajectory becomes modified can be considered as another significant result of the Lisbon-Riga collaboration. In [1] a number of potential reasons for the jets replacement have been mentioned: mechanical stress in the injector due to chamber compression; MHD forces due to the presence of 3D magnetic field gradients; plasma kinetic pressure; induction of currents in the full jet or in the segment of the jet immersed in plasma. Let us concentrate on this last rudimentary mechanism. The full liquid gallium loop installed on ISTTOK has been carefully designed to avoid large scale currents by using electrical isolators in specific positions along the circuit. However, as the prime circuit breaking mechanism, the break-up of jets in droplets has to be considered.

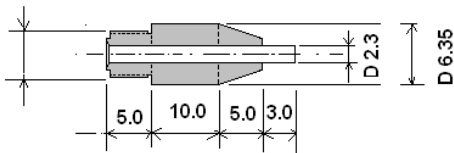
Break-up of liquid metal jets.

If the jet remains included in a closed electrical circuit, directly induced $j \times B$ forces could be responsible for a great number of different instabilities. The well known Rayleigh instability was assumed to cause the circuit disconnection with the subsequent break-up of jets into droplets.

a)



b)



c)

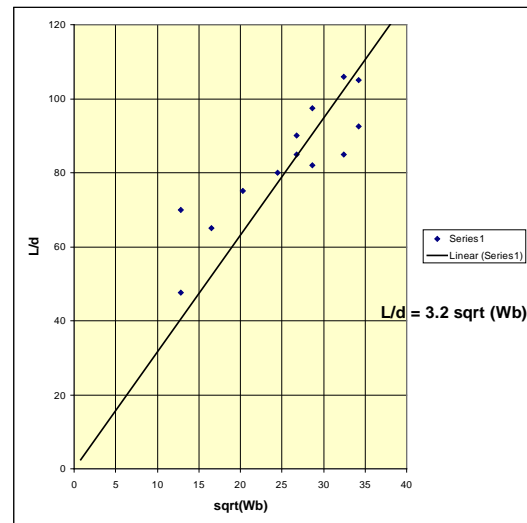


Fig.3.1.2. Determination of the break-up length for heavy liquid metal jets.

The results for the break-up of liquid metal jets are presented in Fig.3.1.2a. With an acceptable accuracy the relative length of the continuous part of the jet can be described by a dependence on the Weber number: $L/d = 4.2 We^{1/2}$, where “L” stays for the length of the continuous part of the jet and “d” for the diameter of the nozzle. The Weber number $We = \rho v^2 d / \sigma$ characterizes the ratio of the inertial forces to the surface tension forces and consists of the density ρ , velocity of the jet v , diameter of the nozzle d and surface tension σ . If a not very high accuracy is required such a linear dependence of L/d on $We^{1/2}$ can be used also in other branches of hydromechanics, in the so called quasi-turbulent regime. The physical parameters of the liquid as well as the conditions of the experiment can slightly influence the coefficient of proportionality or “stability”. So, for water values 3.8-4.0 have been proposed. The experiments shown in Fig.3.1.2a were performed in the frame of our Lisbon-Riga collaboration. Simple cylindrical nozzles were used, the break-up point was determined by photo/video techniques. The cross section of one of such nozzles is shown in Fig.3.1.2b. It is worth mentioning that the presented expression remains valid also for a definite number of equally spaced nozzles (separated at least for 1.5-2 d). In such a context the points marked in Fig.3.1.2a by “5” have to be considered as especially informative. These values have been taken from [4], an important article on MHD of liquid metal jets, describing a completely different set of experiments, specifically shaped nozzles, etc. Completely independent are also the results shown in Fig.3.1.2c. The corresponding values of the parameters were taken [5]. The parameters of this experiment are interesting - Hg jets issuing from a thin $d=0.5\text{mm}$ nozzle with up to 10m/s velocities. As before, a linear dependence of L/D on $Wb^{1/2}$ can be deduced, with the coefficient of stability 3.2.

However, the permanent presence of strong magnetic fields should not to be forgotten. Interesting tendencies in the development of free surface LM MHD flows were

demonstrated already in [6]. In experiments with InGaSn at up to 4T fields heavy problems were detected in generation of stable flows in flat open beds. On the other hand, in generation of flat and round jets the influence of the field was clearly stabilizing. Pronounced damping of splashes of jets hitting solid obstacles was also observed.

If the basic influence of the field is stabilizing there are reasons to expect that in the case when the magnetic field is applied to the nozzle the break-up length will grow. Modelling experiments with mercury were performed in [7] covering the range of nozzle diameters $d = 1.0; 0.75; 0.5$ and 0.25 mm and velocities up to 5 m/s. The nozzles were placed in a gap of an electromagnet with permendure field concentrators creating up to 3.3T strong transverse magnetic field. It was found that with a good approximation the relative increase of the break-up length L/L_0 can be described by a linear dependence on the relation Ha/Re , where L_0 is the above mentioned break-up length without field, Ha and Re are the Hartman and Reynolds numbers. The length of the continuous part of the jet was measured by means of a displaceable electrical contact, an increase for up to 50% was found.

In additional experiments InGaSn was used. Nozzles of $d = 1.5$ mm and $d = 2.5$ were placed in an up to 3.5T strong transverse field. An increase of almost 100% was reached. Again, in the first approximation the relation Ha/Re could be considered as the leading parameter, however, the dependence of L/L_0 on Ha/Re was more complex, already nonlinear. Efforts to reconcile these two results result in a fully empirical expression $L/L_0 = 1 + 0.75 Ha^{1/3}/Re^{1/4}$. The accuracy of this expression is shown in Fig.3.1.3. In spite of the crude approximation it seems possible to understand the behaviour of a jet under real reactor relevant conditions, the intensity of the corresponding MHD interactions, etc. Let us consider the magnetic fields in the range 3-5 T, the velocities in the range 5-10 m/s and the diameters of the jets in the range of 5-7 mm. The corresponding values of $Ha^{1/3} Re^{-1/4}$ remain within the limits 0.4-0.7. According to Fig.3.1.3 this means that under conditions of real reactors a jet length increase by 30-50 % can be expected. This is a remarkable value.

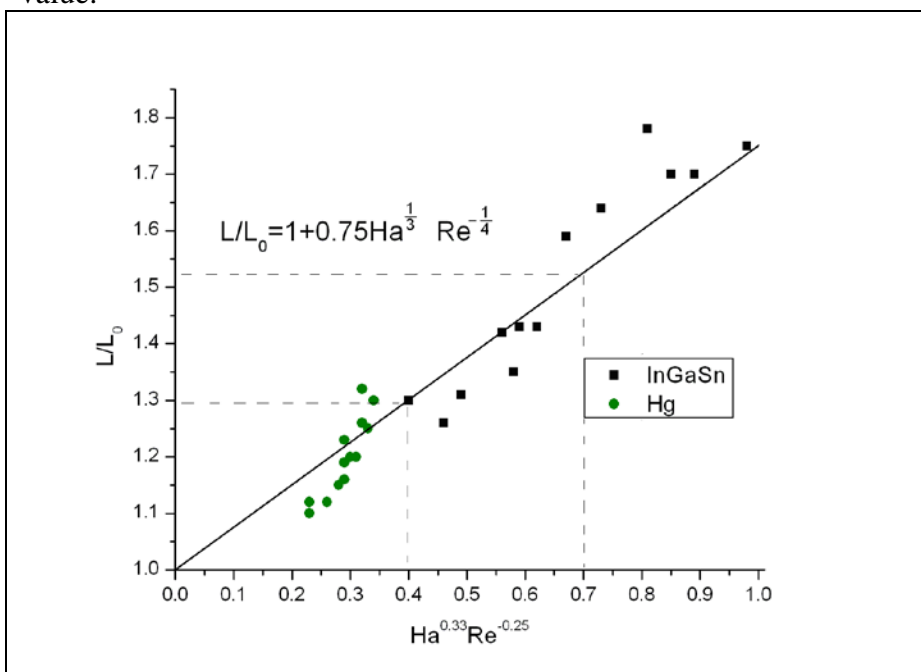


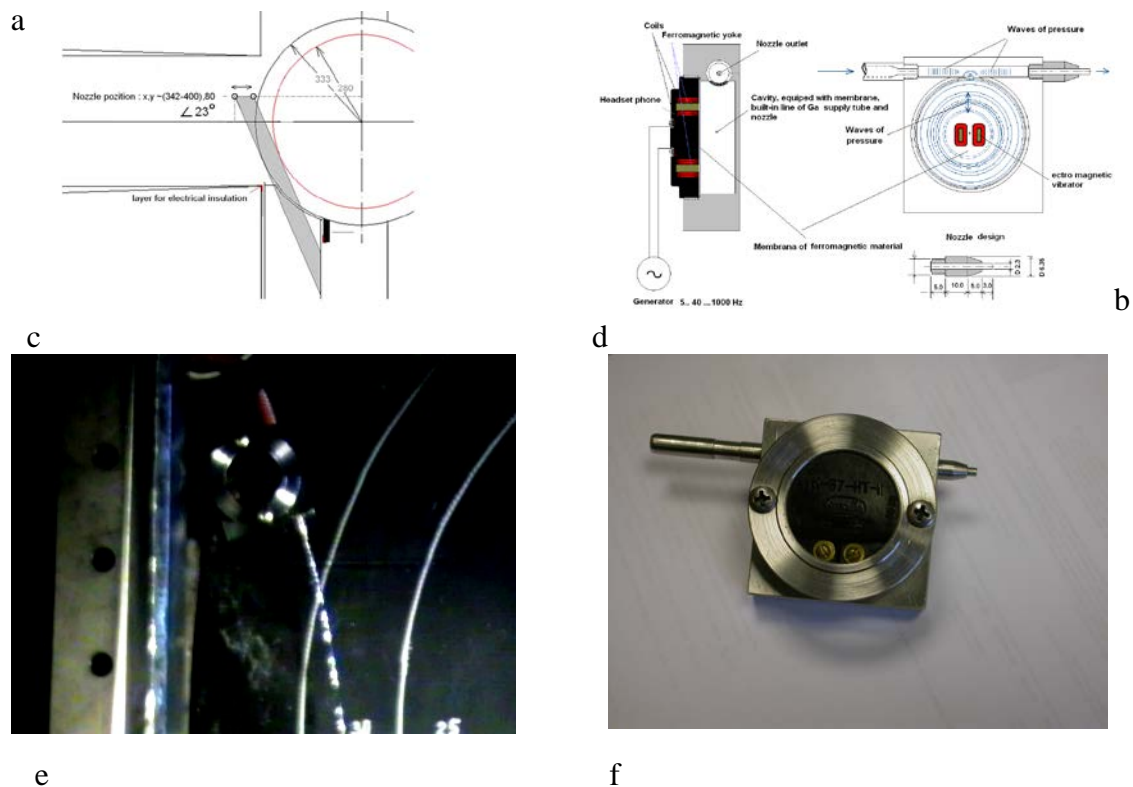
Fig.3.1.3. Increase of the break –up length if a magnetic field is applied to the nozzle.

Testing of active techniques for jets disintegration.

All the above considerations are leading to the conclusion that today we are able to predict the point of jets disintegration in a rather crude approximation. It is typical for estimates when hydro-mechanical instabilities have been taken into account. In the experiments on ISTTOK described above the achieved accuracy in the determination of the location of the break-up point was fully acceptable, because the construction of the vacuum chamber (Fig.3.1.1.) allowed for a free downward passage of the jet. However, in the general case a better accuracy is required. A controllable displacement of the point of jets disintegration is also required. As an example the situation can be considered when it was necessary to go over with the experiments from ISTTOK to the mock-up of FTU ENEA. On FTU the inlet of the hydraulic system is placed in a horizontal port and the outlet in a downward directed vertical port. The free flying Ga jet must join these ports, touching the plasma in the frame of SOL (Fig.3.1.4a).

Fig. 3.1.4 illustrates a version of an active action when in front of the nozzle the jet is excited/perturbed in the range of frequencies $1-1 \cdot 10^4$. The perturbations are introduced mechanically by means of a vibrating membrane (Fig.3.1.4b). In Fig.3.1.4c,d a photo is presented where the vibrator placed before the nozzle can be seen relative to the borders of the Scrape Of Layer (SOL). It is clear that because of the low power not significant changes in the jet behaviour should be expected. The installation was aimed mainly at a smart “adaptation” of the jets break-up point relative to the borders of the SOL as clearly marked in the mock-up. Fig.4e shows a situation when the break-up point is located already somewhat inside the SOL. Fig.3.1.4f demonstrates how the break-up point can be transferred directly to the outer border of the SOL.

Fig.3.1.5 illustrates another version when the jet is partly stopped by an obstacle in the form of a flat plate. The geometry of the stopping installation is shown in Fig. 3.1.5a. In Fig.3.1.5b the location of the stopper with regard to the contour of the SOL inside the mock-up can be seen.



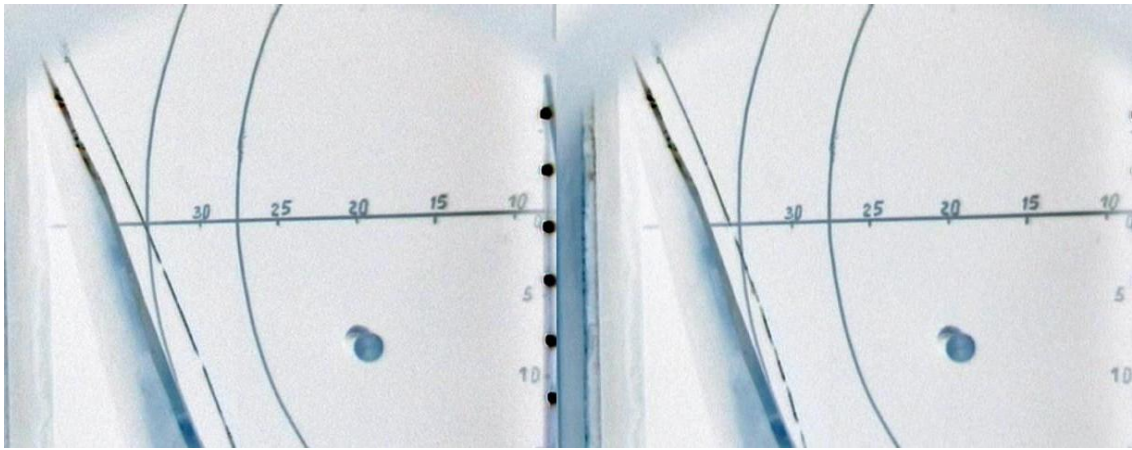
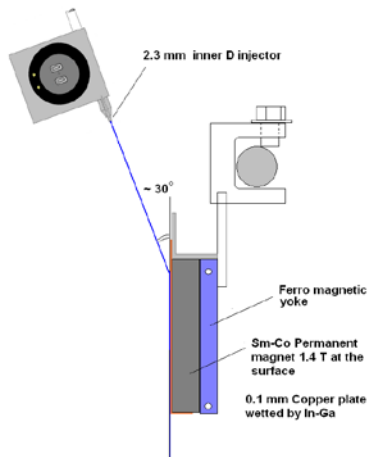


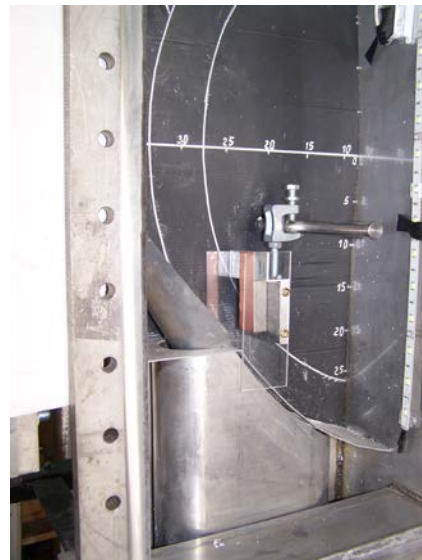
Fig.3.1.4 Shifting of the break-up point by slight mechanical perturbation of the jet.

To start feeling the influence of MHD interaction the jet was targeted against a thin Cu plate. The Cu layer was glued on the surface of a permanent magnet generating in the region of the flowing InGaSn an orthogonal magnetic field with the intensity of the order of 0.6 T. This means that the generation of the classical Hartman effects was ensured. For comparison, in another set of experiments the Cu plate was glued on the surface of a non-magnetic body of the same shape. Crucial for these experiments is the role of the surface tension forces. After contacting a properly wetted Cu surface the round $d=2.5\text{mm}$ jet becomes spread and flattened practically over the full 3 cm width of the breaking plate, both in the case with the magnet (Fig.3.1.5c) as well as in the case without the magnet (Fig.3.1.5e). In Fig.3.1.5d

a)



b)



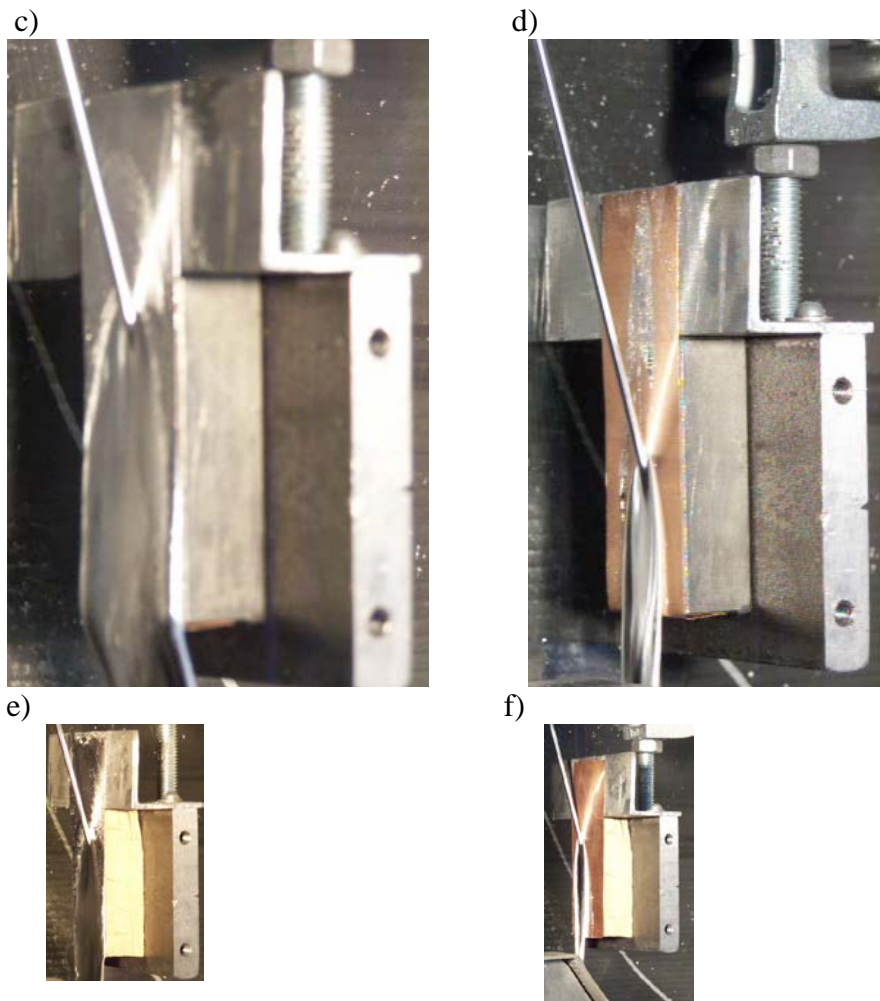


Fig.3.1.5. Breaking of a round jet after targeting against a flat obstacle.

and Fig.3.1.5f situations are presented when the jet is touching upon a Cu plate preliminary not wetted. The surface becomes wetted gradually by the jet itself. The phenomenon of spreading remains present, however, in a less pronounced way. Against the background of the direct and strong influence of the surface tension it was difficult to estimate reliably the influence of the MHD forces. However, the work is in a very early stage. To broaden the applicability of the results it is foreseen to define the dependences of the characteristic parameters on the Stuart and Weber numbers, i.e. the dependences on the relation of the inertial forces to the electromagnetic and to the surface tension forces.

Conclusion

According to the Workplane 2010 the main task was connected with the design of a Ga installation for FTU. The corresponding Ga loops have to be adapted to the complex entrance and outlet conditions typical to FTU. The experiments were performed on a specially installed scale 1:1 hydraulic mock-up. Essential is the introduction of active techniques for jets disintegration. Expressions for the break-up control by means of the Rayleigh instability have also been improved, estimates for the influence of the strong typical to FTU magnetic field made. Crucial remains the established fact that Ga jets are able to withstand surprisingly high power loads when crossing the plasma, All the principle components of the Ga installation were manufactured and tested on the mock-up. The expected transfer of these main components to FTU has been delayed. In 2010 the facility was not accessible for the corresponding task

References:

- [1] Gomes R.B., Fernandes H., Silva C., Sarakovskis A., Pereira T., Figueiredo J., Carvalho B., Soares A., Varandas C., Lielausis O., Klykin A., Platacis E., Tale I.: Interaction of liquid gallium jet with the tokamak ISTTOK edge plasma. *Fusion Eng. & Des.*, 83(2008)102-111.
- [2] Gomes R.B., Fernandes H., Silva C., Sarakovskis A., Pereira T., Figueiredo J., Carvalho B., Soares A., Duarte P., Varandas C., Lielausis O., Klykin A., Platacis E., Tale I., Alekseyev A.: Liquid gallium jet-plasma interaction studies in ISTTOK tokamak. *Journ. of Nuclear Materials* 390-391(2009)938-94.
- [3] Gomes R.B., Silva C., Fernandes H., Duarte P., Lielausis O., Klykin A., Platacis E. Dynamic behavior of a Liquid Gallium Jet under the influence of the Tokamak ISTTOK Plasmas; 19 Internat. Conf. on Plasma Surface Interaction., P2-83, May 24-28 (2010) Sam Diego, USA.
- [4] Ying A.Y., Abdou M.A., Morley N., Sketchley T., Wooley R., Burris J., Kaita R., Fogarty P., Hung H., Lao X., Narula M., Smoletsev, Ulrikson M.: Exploratory studies of flowing liquid metal divertor options for fusion relevant magnetic fields in the MTOR facility. *Fusion Eng. & Des.*, 72 (2004) 35- 62.
- [5] Ansley W.E., Merryman S.A., Rose M. Characteristics of Liquid Mercury Jets and the Potential Application as an Opening Switch. *Proc. Plasma Conf.*, 1, 27 (1993)
- [6] Buceniaks I., Lielausis O., Platacis, E., Shishko A.: An experimental study of liquid metal film and jet flows in a strong magnetic field. *Magnetohydrodynamics*, v.30 n.2 (1994)179-187.
- [7] Buceniaks I., Lielausis O., Gerbeth G., Falk F.: Stabilization of thin liquid metal jets by magnetic field. 14th Intern. Riga Conf. on Magnetohydrodynamics, Jurmala, Latvia, 24-26 Aug. 1995, Book of Abstracts, p.14.

Sadarbība ar Indijas zinātniekiem

Projekta nosaukums:

”The European Spallation Neutron Source (ESS)”

Projekta līguma Nr. ES 09-09
Projekta LU reģistrācijas Nr. C-2552-100

- 1) Informācijas apkopojums par līdz šim aprakstītajām kustības shēmām, to pielietojamību ESS parametriem.
- 2) Atšķirību apraksts, pārejot no metāla kustības gar staru uz kustību šķērsām staram.

Izpildītājs: Oļģerts Lielausis, vadošais pētnieks

Flow structures in pressurized LM targets.

The initial experience gained within the MEGAPIE project has remarkably influenced practically all the other designs. However, it should be remembered that in the case of MEGAPIE it was necessary to meet a great number of specific needs connected with the adaptation of the LM target design to the existing strongly defined boundary conditions. Since a circular upward directed beam was given the outer shape of the target was in fact prescribed, in the form of a vertically erected cylindrical vessel. The conditions for the exploitation of the neutron yield were excellent, around for 360^0 . However, practically only one scheme for LM motion could be proposed, downward along the walls and upward in the centre along the beam. The problem with the dead water zone in the reverse point appeared immediately. In reality it was necessary to design and install a coupled system of EM pumps, for the main stream and for a beam window cooling jet. In the main part of other designs the proton beam is directed horizontally. Additionally, the target station can be fully new and independently designed. However, the tendency remains to stretch the target and its communications in beams direction, as it still would be necessary to use the full space around the target.

On Fig.1 the principle scheme of the main motion in the SNS target has been shown. The power becomes deposited in the along the beam returning flow. A dead water zone in the zero point is clearly present. And it was impossible to avoid the corresponding bad consequences, even taking special additional measures, making the target more complex.

On Fig.2 the principle scheme of the main motion in the JEARI/KEK (Japanese Neutron Project) target is presented. The heat is deposited in a mainly cross to the beam directed flow, the window is cooled in more natural way. It is named a cross flow target, in comparison with the above mentioned return flow target. For the 5 MW design the average velocity reaches 1 m/s, the velocity near the window somewhat less 1m/s. The total flow rate is fixed at 187 kg/s. It should be underlined that before the final design the velocity field was carefully computed and checked experimentally.

On Fig.3 (Platnieks) the idea is illustrated that in optimum case the flow should be directed downwards along the short side of the beams ellipsoidal cross section. At a fixed temperature increase such a target would work with the lowest velocities since the way cross to the beam would be made shorter. The inside structure is also presented which in principle would ensure a full adaptation of the velocity field to the spatial power distribution inside the target.

Fig.4 (Buligins) illustrates the complex pressure distribution inside the ESS reference design target. The velocity field was effectively corrected by means of introducing

changes in the targets shape only. It is interesting to mention that people are much more enthusiastic in computing the velocity fields compared with the examination of pressures, stresses, etc. However, exactly the pressure should be considered as the final agent, which is able to transfer into a disaster the after effects of such long running processes as erosion, corrosion, cavitation, etc.

On Fig.5 the ESS-Liquid Metal Target Circuit is shown, presented as the Conceptual working base in the 2nd Status report October 1995. In the vicinity of the beam window a pressure of the order of 7 bar has been accepted. One of the reasons for such a high pressure, it is the traditional way the circuit has been composed of. As a rule, the pump has been placed directly in the front of the most responsible element, the target, in the same time also in a safe place after the heat exchanger. As the result, inside the target a pressure is needed to bring the LM back to the inlet of the pump, through the main part of the loop including such pressure consuming elements as heat exchanger, etc. In such a sense all the considered till now targets should defined as belonging to the return flow type. Additionally, a definite overpressure is needed to avoid cavitation at the sharp turns of velocity in the vicinity of the window, etc.

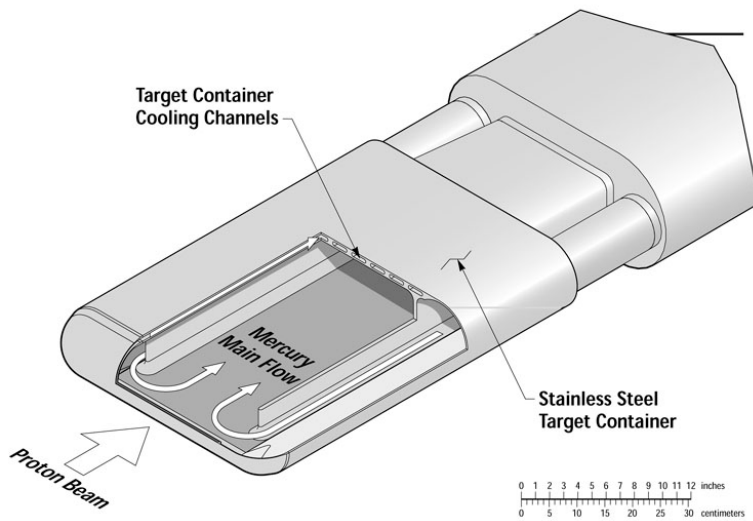


Fig 1.

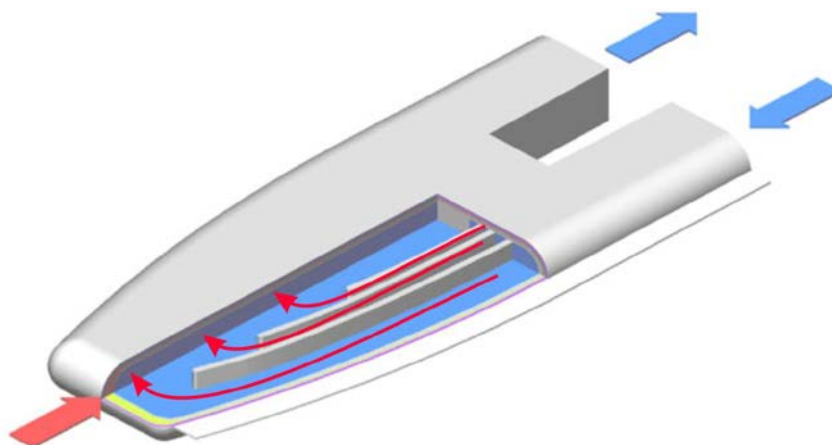


Fig. 2.

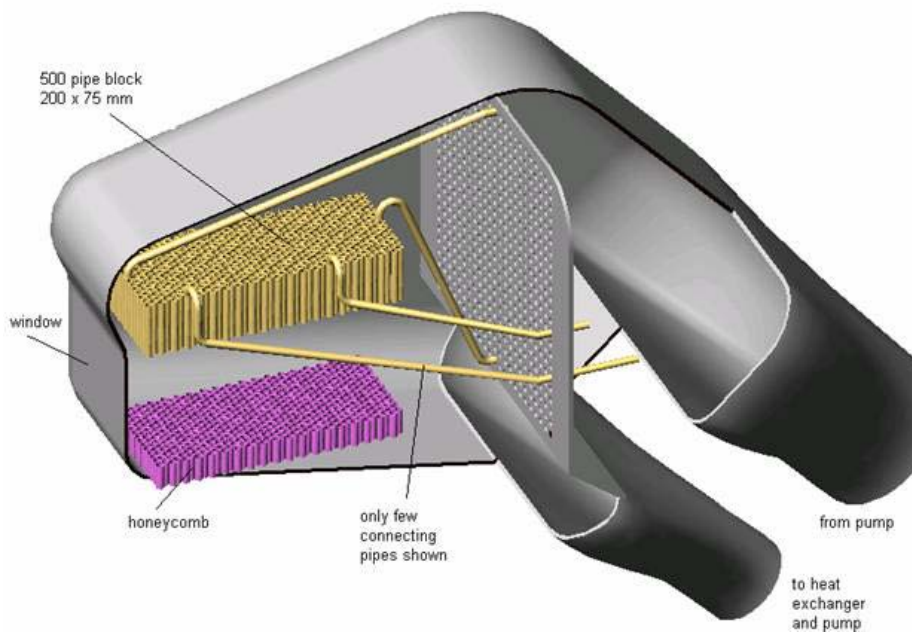
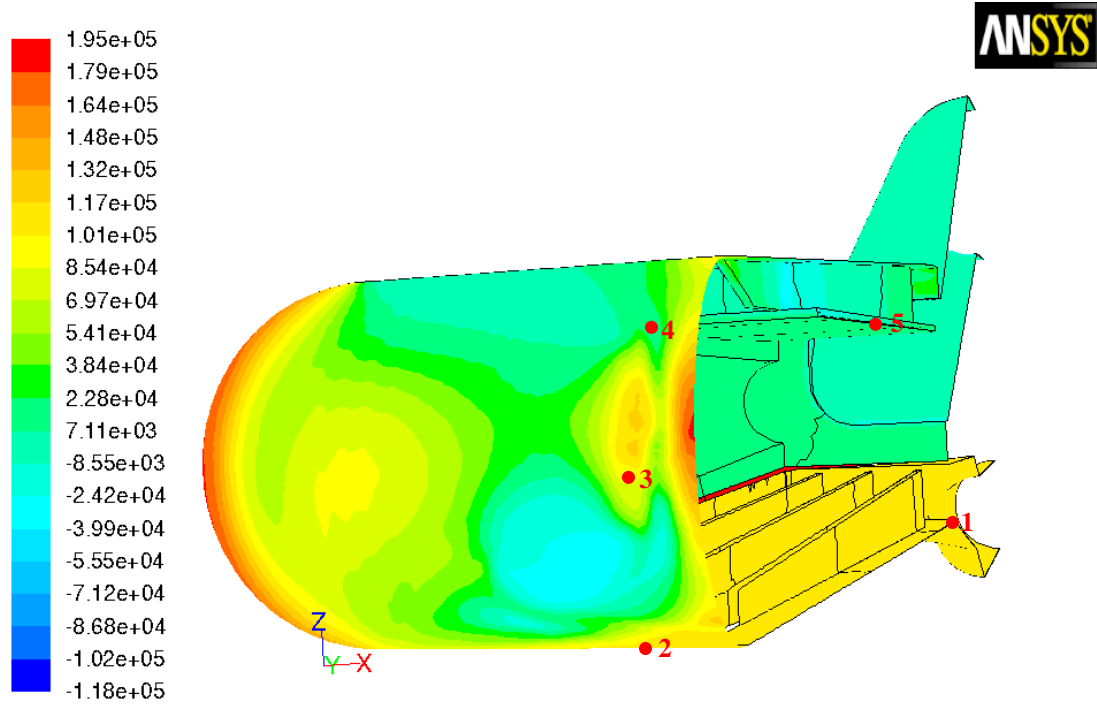


Fig.3



Contours of Static Pressure (pascal)

Jun 16, 2009
ANSYS FLUENT 12.0 (3d, pbns, sstkw)

Fig.4.

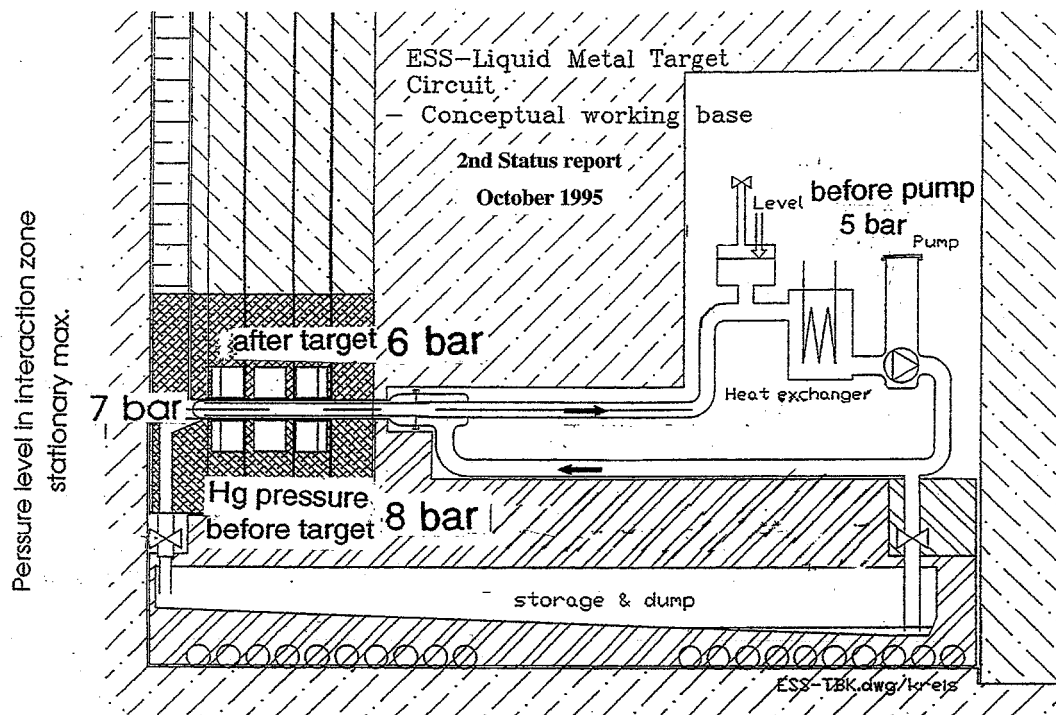
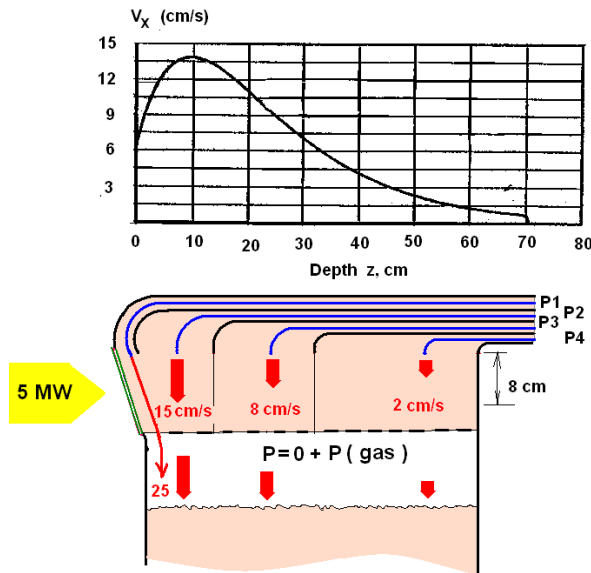


Fig.5.

Characteristics of a low pressure cross flow target.

A pressurized version of an “ideal” downward directed cross flow target was presented in Fig.3. To make the concept more realistic let us simplify the boundary conditions. Let us give up with the idea of a full adaptation of the velocity field to the spatial distribution of power. Let us consider the integrated over the beams cross section power and its distribution along the depth “z” of the target. It means that the distribution of the downward directed velocity also will depend only on this coordinate. Such a distribution is presented Fig.6. An essential comment, these velocities are surprisingly low. The mean over the depth “z” velocity equals to 10cm/s, by an order lower then the mentioned average velocity 1 m/s in the case of the JEARI target (Fig.2). According to the experience with the JEARI target such a smooth velocity profile should be theoretically considered as realizable. Never the less, let us part the target along its depth in, say, four parts with constant velocity inside each of the sections. The mean velocity for each section can be found on the velocity curve.

Inside the body of the target the main pressure is deposited on the hydraulic structure bending the stream for 90° and injecting it downwards in the form of a jet, in principle. On Fig.6 this structure is represented very schematically. In reality such an injector will occupy a definite volume over the beam with a rather complex internal structure. However, this structure can be made especially strong and partly independent. It is necessary to guarantee that after the outlet, in the frame of the beam, the volume of the jet remains fully homogeneous. The side surfaces of the jet, approximately defined by the width of the beam, should also be stable and smooth. In this connection it should be remembered that the effective thickness of the beam equals to 6 cm only. To meet these requirements traditional in principle methods could be considered which were developed for creation of stable jets, for formation of hydraulic outlets of other type, etc. Of course, because of the specificity of the concrete boundary conditions essential additional R&D work will be needed. Below the beam another flow controlling system has been foreseen, on the picture schematically characterized by a stepwise changing grid. After passing the beam (and the grid) the stream continues to move in a quasi-free space. At the end it



becomes targeted into the free surface of a placed below LM pool. In general, the pressure in the space over the surface will determine also the pressure inside the target. Some outer gas pressure can be added to control the different pressure dependant processes.

The jet should be considered as quasi-restricted since in the front part of the target the cooling liquid is passing over the plate of the beam window. An additional independent jet is shown here, the velocity 25 cm/s corresponds to the maximum of the local power which at all can

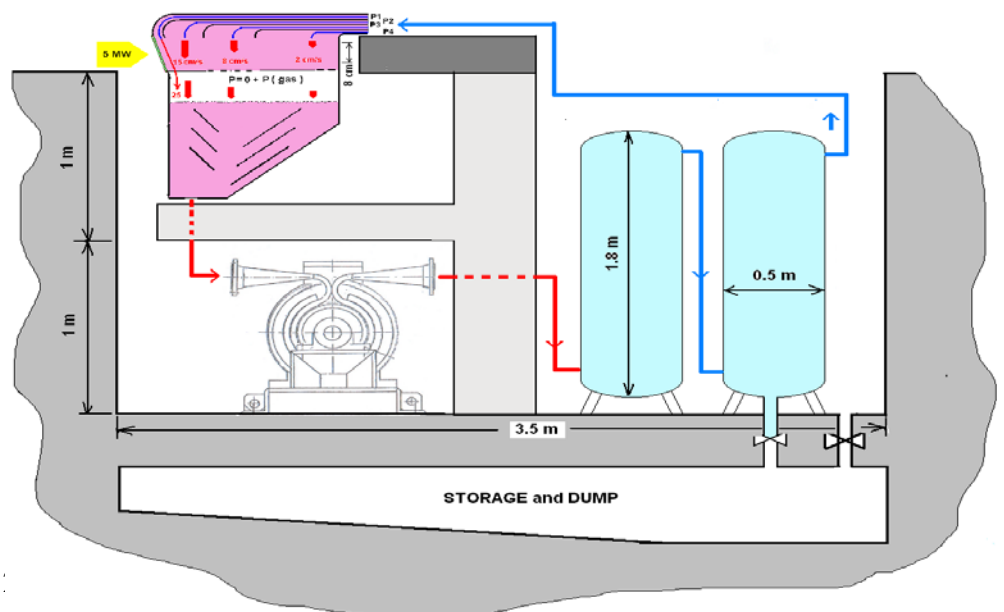
be found in a 5 MW target. Since it is a low pressure system the proposal could be considered about a periodical on-line displacement of the windows plate.

The above described arrangement could be shortly characterized as a wall-less window closed target, with good prospects for pressure wave mitigation.

Hydraulic scheme of a compact vertically erected LM stand.

It is fully reasonable to assume that a vertically erected LM stand of a spallation target will be "hidden" in some hollow or surrounded by protecting walls (Fig.7). An EM pump (sized minimum 1m) is fastened to the rigid foundation of the cavity, under an approximately 1m thick/deep layer of LM contained in the receiver of the target. Such a level of LM is necessary to avoid cavitation at the inlet of the pump. The receiver is equipped with some internal mechanical structure for dampening of the jets kinetic energy and avoiding of splashing. After the outlet of the pump the metal is pumped into heat exchangers (HE) also placed on the foundation. Information can be found that a 5 MW target station would need an approximately 3.5 m long heat exchanger of the diameter 0.5 m. Let us assume that two shorter HE have been connected in line. After the HE the LM is transferred into the target. It is worth emphasizing that the body of the target towers over the rest of the stand. Below the level of the foundation a tank is foreseen for effective evacuation of the LM from the stand (connection point shown schematically) as well as for draining of the cavity.

It should be underlined that the scheme of the stand is unconventional, somewhat provocative. The pump is placed directly after the



heat source, before the heat exchanger. It is the key question can pumps be found which are able to work under such conditions. In the case of Hg the answer is a more or less clear yes. Let us take an EM pump on permanent magnets. The fully hermetic channel of the pump could remain permanently welded in the loop. A possibility for a periodic replacement should be foreseen for the other main component, the magnets bearing rotor, since exactly the permanent magnets can start aging first of all. In the case of PbBi (or PbAu) the problem is more delicate. In the MEGAPIE PbBi target traditional three-phase EM pumps were able to serve all the purposes. At home, at IPUL also pumps on permanent magnets have been used both with PbBi and PbAu in long running experimental loops. The conclusion would be that also for eutectics suitable pumps can be made only more work on R&D will be needed.

On Fig.7 the size of the stand has also been figured out. In the two main directions, in the direction perpendicular to the picture such an estimate would lead to approx.1.5 m. It means that such a vertical stand in principle could be “squeezed” in an outer envelope of the size about 3.5m x 2.0m x 1.5m. Of course at a real design people will require more, taking into account for neutronics, etc. However, there will be grounds to say that these extensions should be not very large.

A final remark, also ordinary pressurized targets could be installed in such a vertically erected stand, in such a case the problems from the target would be partly transferred to the pump.

Recent developments towards a windowless target.

For ESS the question about a windowless target is not of a topical interest, in the same time the corresponding developments should be closely watched. In contrary, for such projects as EUROSIL it is question of the order to be or not to be. The idea here is to squeeze an up to 5MW power in a $d \ll 1\text{cm}$ needle beam with a corresponding growth in the intensity of the heat deposition. According to one of the proposals a MEGAPIE type target should be adapted to the task. According to the other proposal an in principle new target should developed where the protons are targeted into a cross to the beam flowing flat LM jet (see Fig.8, a and b). This picture has been reproduced from the “Final Report

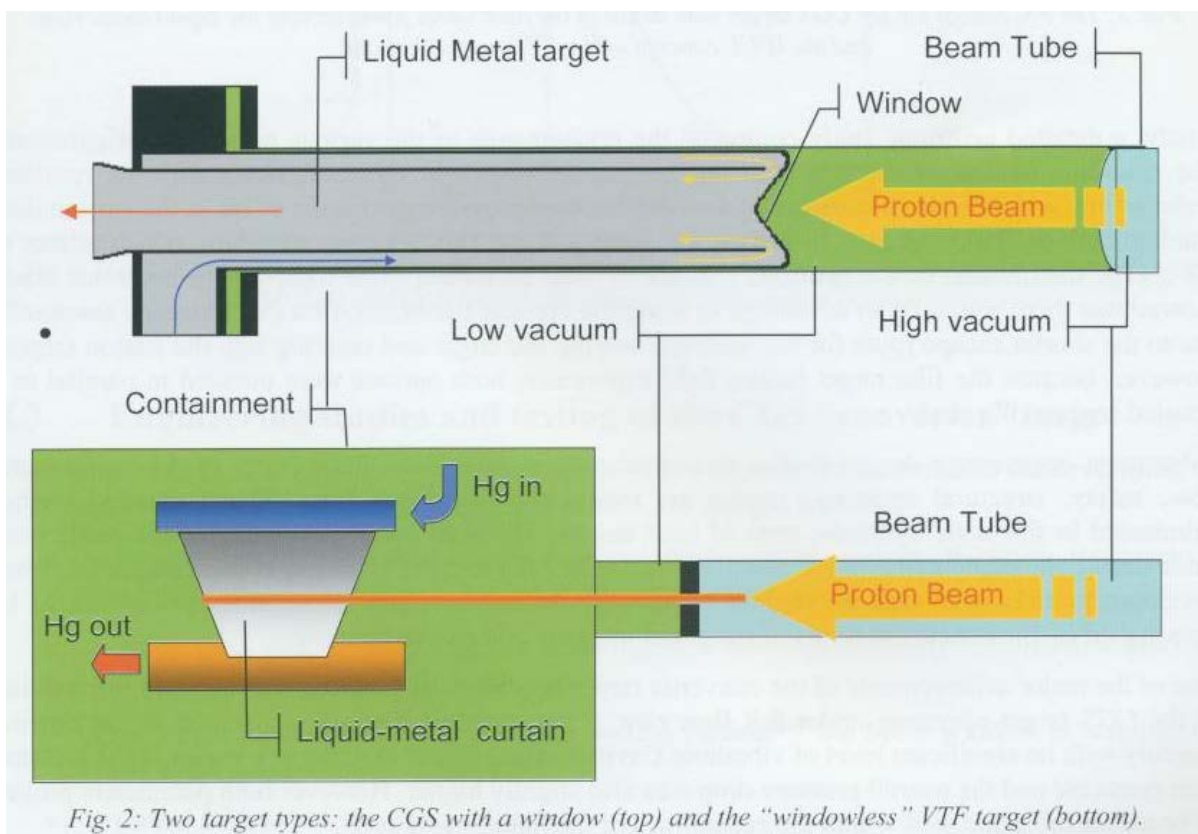


Fig. 2: Two target types: the CGS with a window (top) and the “windowless” VTF target (bottom).

on the

Fig.8.

EURISOL Design Study (2005-2009)”. On the Hg stands at IPUL an experimental verification of both these versions has been started. It is interesting to quote a following statement from this Report:” The comparative neutronic study showed that there would be an advantage in using the vertical-transverse film (VTF) target, essentially due to the shorter escape route for neutrons leaving the target and entering into the fission targets. However, because the film target lacked field experience, both options were pursued in parallel in a detailed engineering study”.

In the case of the VTF target in the front part of the film a top speed of 5 m/s is required, in the middle 2 m/s, in the back part 1 m/s. (worth comparing with corresponding values on Fig.6 – 15cm/s; 8cm/s and 2cm/s.) It is essential that with a segmented injector people at IPUL indeed managed to reach a peak of 5m/s. But let us start from the beginning. First question, what should happen when a free surface of a liquid metal is faced to a heat pulse of such intensity? Doubts were expressed that the surface will be disturbed, because of drastic local changes in physical properties (surface tension, density), because of the presence of gases, etc. To start answering his question a bridge should be laid to a

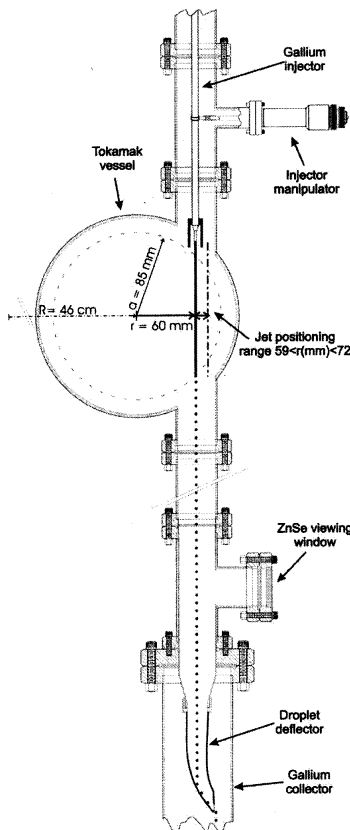


Fig.9.

neighboring region where liquid metals also have been invited to cope with extreme power and corpuscular fluxes. It is fusion, where liquid metal systems have been developed for protection of plasma facing components. For the first time a high-z material, liquid gallium, was brought in contact with plasma in an experiment performed jointly by IST (Lisbon) and IPUL on the Tokamak ISTTOK^{***} (Fig.9). A liquid Ga jet is injected into the

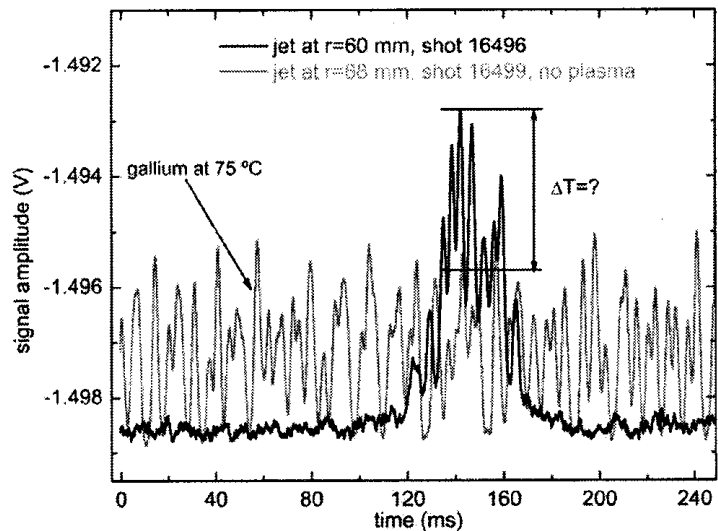


Fig. 5. Signal from the infrared sensor with and without plasma.

Fig.10.

discharge chamber downwards. To exclude the MHD interaction a regime has been chosen when the jet is broken down in droplets by the typical for jets instability. At a position 50 cm below the middle point a viewing window is installed to detect the temperature of the passing by droplets (with a 2m/s velocity). On Fig.10 one of the curves is characterizing the temperature without plasma. During the discharge, for approx. 30ms, the jet is touched by plasma. On the second curve (with plasma) a corresponding splash of temperature can be seen. It was stated that during the discharge about 3 kW of power were deposited in 1cm^3 of the liquid gallium. Photos showed that under such conditions the jet remained fully stable. Power deposition of a similar intensity can be expected also in the very front part of ESS type targets. So, for the mentioned JEARI 5 MW target the power deposition in the very first layers of the liquid metal was predicted on the level of 2.5 MW/cm^3 .

The conclusion, in the case of a windowless ESS target the surface of the liquid metal will not be remarkably disturbed by the beam. At power loads typical to the EUROSIL VTF target results should be expected from the next set of experiments planed on the essential more powerful Tokamak FTU in Frascati.

Liquid gallium jet-plasma interaction studies in ISTTOK tokamak.

(R.B.Gomess,.....,O.Lielausis, A.Klykin, E.Platacis,.....)

Journal of Nuclear Materials 390-391 (2009) 938-941.

Indijas zinātnieki Fziikas institūtā Sadarbības projektu uzsākšana



Vieszinātnieki no Indijas

