

Energiatehnoloogia instituut, 2017. aasta teadus- ja arendustegevuse aruanne

1. Struktuuriüksuse struktuur 2017. a

Energiatehnoloogia instituut
Department of Energy Technology
Andres Siirde, andres.siirde@ttu.ee, +372 620 3902

Instituudis tegutsevad järgmised uurimisrühmad:

- Põlemisprotsesside teadusuuringute laboratoorium
- Nutikad kaugkütelahendused ja kasvuhoonegaaside emissioonide keskkonnamõju integreeritud hindamine
- Enefit-280 õlitechase termiliste ja keemiliste protsesside uurimisgrupp
- Surveseadmete ohutu käidu uurimisrühm
- Kütuste ja õhuanalüüside (statsionaarsete saasteallikate õhuheitmete) ja soojustehniliste katsete uurimisgrupp
- Keemiatehnika teadus- ja arenduskeskus

The Department of Energy Technology has following research groups:

- Combustion Processes
- Smart District Heating Systems and Integrated Assessment Analysis of Greenhouse Gases Emissions
- Fuel and Air Analysis (Stationary Sources of Air Emissions) and Thermal Testing
- Enefit-280 shale oil factory thermal and chemical process research group
- Research group for safety operation of high pressure equipment
- Chemical Engineering Research and Development Center

2. Teadus- ja arendustegevuse ülevaade uurimisrühmade lõikes

2.1 Uurimisrühm

Põlemisprotsesside teadusuuringute laboratoorium

Research laboratory of combustion processes

Juht: Tõnu Pihu, professor,

Teadustöö lühikirjeldus:

Grupp tegeleb uute põlevkivi ja teiste kohalike kütuste tõhusa ja keskkonnasõbraliku kasutamise uurimisega. Teemad hõlmavad järgmisi alus- ja rakendusuringuid:

Keskkonnaalasel ja majanduslikult konkurentsivõimeline uute tehnoloogiate madala kvaliteediga kütuse põhinev energia tootmine - Clean Eesti Põlevkivi; Kohalikel kütustel töötavate jõuallikate ohutus, usaldusväärsus ja keskkonnaprobleemid; Kombineeritud kasutamine (gaasistamine) põlevkivi ja biomassi energia tootmiseks.

Peamised tulemused on: tehnoloogia alusteadmised põlevkivi põletamisel hapniku rikkas keskkonnas. Tagada Eesti elektri ja soojuse tootmise usaldusväärsus, konkurentsivõime tõus, ökoloogilise jalajälje vähendamine. Efektiivsuse suurendamine energia seadmete konvektiivküttepindade suurendamisega. Alused põlevkiviõli ja elektrienergia tootmise optimeerimisest. Põhiteadmised kohalike biokütuste gaasistamise ja pürolüüsi kaudu. Järjepidevuse tagamine professionaalsele teaduse personalile.

Group deals with investigation of new opportunities for oil shale and other local fuels efficient and environment friendly utilisation. The topics involve following basic and applied research:

Environmentally and economically competitive new technologies of low grade fuel based energy production – Clean Estonian Oil Shale; Local fuels fired power units safety, reliability and environmental problems; Combined utilization (gasification) of oil shale and biomass for energy production.

The main results will be: technology basis for oil shale combustion in oxygen rich environment. Ensuring Estonian electricity and heat production reliability, increase in competitiveness, environmental footprint reduction. Increase of effectiveness of energy equipment by augmentation of convective heat transfer. Fundamentals for Shale oil and power production optimization. Basic knowledge of local biofuels enhancement through gasification and pyrolysis. Consistency of professional science personnel.

2.2 Uurimisrühm

Nutikad kaugkütelahendused ja kasvuhoonegaaside emissioonide keskkonnamõju integreeritud hindamine

Smart District Heating systems and Integrated Assessment Analysis of Greenhouse Gases Emissions

Juht: Andres Siirde, Professor

Teadustöö lühikirjeldus:

Teadusrühm tegeleb uute tehniliste lahenduste väljatöötamisega selleks, et liikuda nutika, kõrge efektiivsusega ja taastuvenergia varustusega kaugküte kontsepti suunas ning kasvuhoonegaaside emissioonide keskkonnamõju integreeritud hindamisega. Kaasaaegsed kaugküte süsteemid vähendavad energia tarbimist ja CO₂ emissiooni. Teadusrühma poolt on käsitletud ja uuritud tehnilised tingimused kaugküte süsteemide arendamiseks ja energiaefektiivsuse parandamiseks. Seega, kaugküttes toimivate protsessid on kirjeldatud ja optimeeritud, kus selle aluseks on vastavad töötingimused ja kehtivad regulatsioonid. Soojuse tootmise, edastamise ja tarbimise kombineeritud optimeerimine annab olulist primaarenergia säästu.

Uuritakse peamisi takistusi, mida olemasolevas kaugküttesüsteemis on vaja ületada, et kasutusele võtta 4. põlvkonna kaugküte. DH-üleminekuprotsessi 4. põlvkonna DH-kontseptsiooni hindamise meetodika välja töötamine ja rakendamise uurimine Eesti kaugküttesüsteemidele.

Hinnatakse võimalust soojusenergia salvestamist DH-sektorisse Eestis.

Uuritakse DH-ga paralleelse tarbimisega seotud probleeme ja selle mõju DH-süsteemile. Arendatakse paralleelse tarbimise rakendamise teostatavuse hindamise meetodikat.

Täiendavalt uuritakse biometaani (taastuva energiaallika) söövitavat mõju maagaasi torustikusüsteemile.

Group deals with developing new technical solutions for the transition of district heating (DH) systems towards an intelligent, highly efficient and regenerative energy supply concept and with integrated assessment analysis of greenhouse gases emissions. Modern DH reduces energy consumptions and CO₂ emissions. Transition measures and technical solutions for DH systems are researched for enhancing its energy efficiency. Therefore, processes characterising DH systems are analysed and optimised, taking relevant operational boundary conditions and legal frameworks into account. Optimising the heat generation, distribution and consumption within DH systems, the primary energy use is improved.

The main barriers, met by existing large-scale district heating system during transition process into 4th generation district heating are studied. The methodology for the evaluation of DH transition process towards 4th generation DH concept is being developed and applied to Estonian district heating systems.

The possibility to integrate thermal energy storage into DH sector in Estonia is being evaluated.

The problems associated with parallel consumption in DH and its impact on DH system is being studied.

Methodology for the evaluation of parallel consumption implementation feasibility was developed.

The corrosive effects of the biomethane (as renewable energy source) integration into natural gas piping system are studied.

2.3 Uurimisrühm

Enefit-280 õlitehase termiliste ja keemiliste protsesside uurimisgrupp

Enefit-280 shale oil factory thermal and chemical process research group

Juht: Dmitri Nešumajev, vanemteadur

Uurimisgrupi teadustöö on SALAJANE.

The research work of this group is CONFIDENTIAL.

2.4 Uurimisrühm

Surveseadmete ohutu käidu uurimisrühm:

Researchgroup for safety operation of high pressure equipment

Juht: Andrei Dedov, dotsent

Uurimisgrupi teadustöö

Eestis toodetakse 95 % elektrist soojuselektrijaamades, mis töötavad põhiliselt põlevkivil, kohalikul madala kütteväärtusega kütusel. Enamik Narva soojuselektrijaamade seadmetest on ehitatud umbes 50 aastat tagasi ja nad kõik on ületanud oma projekteeritud tööea. Nende edasine käitamine on lubatav ainult energiablokkide põhiseadmete metalli seisundi pideva ning hoolika monitooringu korral. 2015. a. uuriti TTÜ STI uurimisgrupi poolt Eesti EJ energiablokkide nr. 2, 3, 5 ja 6 põhikomponentide metalli seisundit. Nendeks komponentideks on primaarauru ja vaheülekuumendi kuumaauru torustikud, katla trumlid, turbiinide korpused ja rootorid. Uurimisel kasutati mittepurustava kontrolli meetodeid: kõvaduse mõõtmist, metalli struktuuriuuringut (reeplikad), metalli mehaaniliste omaduste määramist uuritavast objektist väljalõigatud miniatuursetest katsetükkidest valmistatud teimikute abil, turbiini rootorite teljekanalite roomavusdeformatsiooni mõõtmist. Nende uurimiste põhjal määrati metalli järgmise kohustusliku kontrolli tähtaeg.

Oli uuritud ka värske- ning sekundaarauru küttepindade kõrgetemperatuuriline korrosioon ja määratud korrosiooni sügavuse kasv lähitulevikuks.

Tehti Eesti EJ ploki nr. 8 vaheülekuumendi kuumaaurutorustiku tugevusarvutus vedrutugede erinevatel koormustel pingete suhtes optimaalse variandi leidmiseks.

Hinnati Narva EJ turbiinide rootorite seisundit ja nende edasise käidu võimalikku pikkust.

95% of electricity in Estonia is produced at thermal power plants by firing of oil shale, low-grade local fuel. Most of the units of Narva power plants were built about 50 years ago and all of them have exceeded their design lifetime. Further operation of these units is allowable only if careful metal condition monitoring of the blocks main elements is carried out. In 2015 the research of metal condition of the basic components of units 2, 3, 5, and 6 in Eesti Power Plant was carried out by Department of Thermal Engineering. These components were main steam piping; hot reheat steam piping, boiler drums, turbine casings and rotors. The research was performed by NDT methods: hardness measurement, investigation of the metal structure (replication), mechanical properties measurement of the metal using miniature tensile specimens sampled from the components, the measurement of creep deformation of the internal rotor boors. Based on the results of the research it have been issued permission for a certain period of operation till the next mandatory inspection.

The high temperature corrosion of heating surfaces, particularly steam super heaters was also studied.

The strength calculation of hot reheat piping of power unit 8 in Eesti Power Plant at various loads on spring supports was carried out to find the variant with minimum stress level.

The condition of turbine rotors in Narva power plants and the duration of their further operation were assessed.

2.5 Uurimisrühm

Kütuste ja õhuanalüüside (statsionaarsete saasteallikate õhuheitmete) ja soojustehniliste katsete uurimisgrupp

Fuel and air analyzes (stationary sources of air emissions) and thermal testing research group

Juht: Alar Konist, dotsent

Teadustöö lühikirjeldus:

Antud teadusgrupi käsutuses on akrediteeritud teaduslaboratoorium, mis võimaldab välja anda sertifitseeritud analüüsitulemusi erinevate kliente toodud erinevate iseloomudega proovidele.

Energia tootmise üks põhieesmärk on süsinikdioksiidi heitkoguste vähendamine. Rühm kavatses probleemi lahendada, uurides põlevkivi (OS) ja biomassi koospõletamise võimalusi tsirkuleeriva keevkihi (CFB) katlas.

Kavandatud protsess vähendaks ka ohtlike jäätmete tuhaprodukti, mida tekib igal aastal ligikaudu 6 miljonit tonni. Järgnevalt uuritakse järelejäänud Ca-rikka tuha kasutamist süsinikdioksiidi tagasisidumiseks (ka SO_x ja NO_x) biomassi keevkiht põlemisel, et saavutada biomassist põlemisel negatiivseid süsinikuheitmeid. Selle

saavutamiseks viiakse läbi põlemisprotsessi parameetrite uurimine laboratooriumide ulatuslikes eksperimentides.

Samuti tegeleb rühm lendtuha parema iseloomustamisega, et võimaldada tuha, mis on moodustunud hapniku ja CO₂ põlemise tingimustest. Eesmärgina leida tuhale tõhusamat kasutamist. NN "orgaanilised ja anorgaanilised" (süsinik) osa tuhast on edu võti, mis aitaks leida palju uusi kasutamise skeeme.

Uuritakse tuhade sorptsioonilisi omadusi ja käitumist an/orgaanilise aine tuhade proovidest, et aidata leida uusi kasutusvõimalusi. Uuringutesse on rakendatud tänapäevane infrastruktuur: 60kW CFB katseseade, TGA / DSC-MS, LA-ICP-MS, WD-röntgenanalüsaatoril, gaasi adsorptsioon analüsaatori (Chemi ja physisorption mikro- ja mesopoorsete), elementanalüsaatoreid (CHNS ja O), jne.

Accredited laboratory group provides accredited sample analyses for various customers.

Moving toward zero carbon emissions is an ultimate goal for energy technology. The group is intended to tackle the problem by studying the possibilities of oxy-fuel co-combustion of oil shale (OS) and biomass in circulating fluidized bed (CFB) boiler. The proposed process would also cut the hazardous waste OS ash production which is generated annually in an amount of approximately 6 million tonnes. Further, utilization of the remaining Ca-rich ash as a bed material for binding CO₂ (also SO_x and NO_x) in fluidized bed combustion of biomass for achieving negative carbon emissions in biomass combustion will be studied. Lab-scale up to semi-industrial scale experiments will be carried out to investigate the combustion process parameters to achieve this.

Also the group deals with better characterization of the fly ash, in order to enable more effective use of the ash that is formed under oxyfuel combustion conditions. The "organic and inorganic" (carbon) portion of the ash is key to success in many new utilization schemes.

A broad-based scientific investigation is taken of the form, sorptive properties and behavior of the in/organic material in ash samples in order to help identify new commercial opportunities. Modern infrastructure is applied: 60kW CFB test facility, TGA/DSC-MS, LA-ICP-MS, WD-XRF, Gas Adsorption Analyser (chemi and physisorption with micro- and mesopore), Elemental Analyzer (CHNS and O), etc.

2.6 Uurimisrühm

Keemi tehnika teadus- ja arenduskeskus

Chemical Engineering Research and Development Center

Juht: Vahur Oja, professor

Teadustöö lühikirjeldus:

Keemi tehnika uurimisgrupi teadustööd on vaadeldavad kui rakendusliku keemi tehnilise termodünaamika põhised protsessi- ja tootearenduslikud uuringud. Need on mõeldud toetama teaduspõhiste insenerlike lähenduste abil keemi tehnoloogiate ja keemiatoodete parendamist ja uute väljatöötamist ning nende tegevustega kaasnevate keskkonnaohtude ja riskide vähendamist. Samuti hõlmavad need tootmise ja toodete käitlemisega seonduvate riskihinnangute, ohustsenaariumite analüüsi ja kahjude likvideerimise strateegiate kujundamise toetamist.

Keemi tehnika uurimisgrupis tegeletakse nii eksperimentaalsete uuringutega kui ka arvutuste (modelleerimise) põhiste uuringutega. Uurimisgrupi eksperimentaalne võimekus hõlmab nii termodünaamiliste andmete mõõtmist kui ka ainesüsteemide termilise käitumise kirjeldamist.

2017 aastal teostati keemi tehnika uurimisgrupis uurimistöid peamiselt kahes omavahel seotud valdkonnas: (1) orgaaniliste ainete põhiste süsteemide termodünaamiliste omaduste uuringud (2) põlevkivi utmise modelleerimine. Esimeses alamvaldkonnas uuriti peamiselt hüdroksüülrühmi sisaldavaid orgaanilisi ühendite ja kukersiitset põlevkivist toodetud hüdroksüülrühmi sisaldava utteõlide termodünaamilisi omadusi. Töö tulemusena on mõõdetud uusi katseandmeid ja on tegeletud neid katseandmeid kirjeldavate rakenduslike empiiriliste määramiskorrelatsioonide arendamisega, põhinedes nii omaduste vahelistel kui ka FTIR spektri

põhistel regressioonidel. Teises alamvaldkonnas tegeleti põlevkivi pürolüüsi uuringutega erinevatel pürolüüsi tingimustel. Selle eesmärgiks oli saada sisendandmeid kaasaegsete pürolüüsimudelite rakendamiseks põlevkivi pürolüüsi käitumise kvantitatiivseks kirjeldamiseks.

The chemical engineering research group aims at performing research for the development of improved chemical products by applying tools of applied chemical engineering thermodynamics. The research covers range of topics from process design to product design. The research has been carried out keeping in mind a dual aimed impact: from scientific point of view the aim has been to create fundamental knowledge on how to characterize and model complex ill-defined and as well as well-defined systems (expanding both the boundaries of knowledge and experimental techniques); from practical engineering point of view the aim has been to provide conveniently useable information and knowledge to support design of new technologies/products or improvement of existing ones.

The general research approach combines laboratory experiments and computational modelling. The research group possesses experimental capabilities suitable for experimental determination/evaluation of thermodynamic and phase equilibria data, and thermal (thermochemical conversion) behaviour of substances. The group has developed several non-conventional experimental techniques compatible with small amounts of materials. Particular attention is devoted to complex and ill-defined multicomponent systems such as oils and tars from various materials (oil shale, biomass).

In last decade the focuses of the research has been on the application of applied chemical engineering thermodynamics in two areas of world-wide importance: sustainable energy technologies covering both fossil fuel and renewable biofeedstocks, and corresponding health, safety, and environmental risk assessment issues. In 2017 the research team has been actively engaged in two main interrelated research areas : (1) thermodynamic and transport properties of pure compounds and complex mixtures; (2) oil shale pyrolysis modelling. In the first sub-field, the activities were directed towards developing thermodynamic property estimation techniques based on bulk properties and FTIR spectra. In the second sub-field pyrolysis of oil shales under various pyrolysis conditions were investigated to provide input information to advanced pyrolysis models. To support the development of sustainable and environmentally friendly products and processes has been a major underlying objective of the research.