



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

**SOOJUSPAAGI-AKU KASUTAMINE ELEKTRI- JA
SOOJUSENERGIA KOOSTOOTMISEL TURBIINI-
ENERGIAPLOKI K200-130MT ABIL**

**THE USE OF A HEAT TANK OF AN ACCUMULATOR WITH A
TURBINE K200-130MT**

ENERGIATEHNIKA ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Vadim Naumov
Üliõpilaskood: 178575EDJR
Juhendaja: Aleksei Hõbesaar

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"...." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

"...." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"...." 20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Vadim Naumov (sünnikuupäev: 13.10.1982)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Soojuspaagi-aku kasutamine elektri- ja soojusenergia koostootmisel turbiini-energiaploki k200-130mt abil, mille juhendaja on Aleksei Hõbesaar,
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Vadim Naumov, 178575EDJR

Õppekava, peaariala: EDJR16/17 - Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine

Juhendaja: Talteh Virumaa-kolledz, Aleksei Hõbesaar, Aleksei.Hõbesaar@talteh

+37256366244, Valery Rokashevich, Valery.Rokashevich@enefit.ee

Lõputöö teema:

SOOJUSPAAGI-AKU KASUTAMINE ELEKTRI- JA SOOJUSENERGIA KOOSTOOTMISEL
TURBIINI-ENERGIAPLOKI K200-130MT ABIL

THE USE OF A HEAT TANK OF AN ACCUMULATOR WITH A TURBINE K200-130MT

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Turbiini K200-130MT iseloomustus.
2. Soojuspaagi-aku peamised võimalused ja vajadused.
3. Soojusmahu määramise peamised kriteeriumid.
4. Hooajalise generatsiooni lühianalüüs ja ülevaade soojuse tarnimisest Narva linnale.
5. Soojuspaagi-aku kasutamise majandusliku tõhususe määramine koheregnatsioonist lähtuvalt.
6. Järeldused.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Turbiini K200-130MT üksikasjalik uuring	20.01.2020
2.	Struktuuriskeem kuuma veevarustus	15.02.2021
3.	Soojusmahtuvuse ja aku-soojuspaagi peamiste kriteeriumite defineerimine	5.03.2021
4.	Hooajalise generatsiooni lühianalüüs Narva linnas	24.03.2021
5.	Majandusliku efektiivsuse määramine aku-soojuspaagi kasutades	15.04.2021

Töö keel: Eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg:

“26”05 2021a

Üliõpilane:
/allkiri/

“.....” 20.....a

Juhendaja:
/allkiri/

“.....” 20.....a

Konsultant:
/allkiri/

“.....” 20.....a

Programmijuht:
/allkiri/

“.....” 20.....a

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	8
SISSEJUHATUS	9
1 EESMÄRGID	10
2 TEHNILISED ASPEKTID	10
3 SOOJUSE AKUMULATSIOONIPAAGID.....	12
3.1 Võrku ühendamine	12
3.2 Difuusorid.....	16
3.3 Kaitse korrosiooni eest.....	16
3.4 Soojustus ja isolatsioon.....	17
3.5 Arvestus.....	17
4 AKUPAAGI MAHU MÄÄRATLUS.....	17
4.1 Akumulatsioonipaagi tehnilised nõuded	21
4.2 Laadimine ja tühjakslaadimine	25
5 PROJEKTI MAJANDUSLIK KOMPONENT	26
5.1 Majandustulemus	29
KOKKUVÕTE	31
SUMMARY.....	33
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	34

EESSÕNA

Tahan tänada oma tehnilist juhti Valery Rokashevich, kes pakkus välja lõputöö teemat. Ta aitas kirjutada tööd ja uurida materjali, mis on seotud aku paagi sisseseadmisega ja paigaldamisega.

Teema ilmnes seoses rangete nõuetega manööverdatavuse suurendamiseks ja koostootmise majanduse tagamiseks. Töö uurimine ja kirjutamine toimus Balti Elektriijaama territooriumil.

Tahan ka märkida Aleksei Hõbesaari abi ja tänada teda.

Võtmesõnad: lõputöö, soojuspakk, turbiin, koostootmine, veevarustus.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

D_0 – nimisoojusvõimsus turbiini kohta

D_B – jahutusvee vool läbi kondensaatori

CO_2 – süsinikdioksiid

GJ – tööühik

MW – võimsuse mõõtühik

NSP – Nord Pool Spot

P_0 – primaarne aururõhk allavoolu katel

P_1 – absoluutne aururõhk kõrgrõhu tsilindrast taga

P_{nn} – absoluutne aururõhk keskmise rõhuga tsilindrast ülesvoolu

P_k – absoluutne aururõhk kondensaatoris

SEJ – Soojus Eelektri jam

T_1 – temperatuur pärast kõrgrõhu tsilindra

T_0 – auru primaartemperatuur allavoolu katel

T_{nn} – auru sekundaartemperatuur allavoolu katel

T_B – jahutusvee temperatuur kondensaatori sisselaskeava juures

SISSEJUHATUS

Jätkuv elektrienergiaturgude liberaliseerimine ja energiakandjate hoogne hinnatõus maailmaturul seavad karmid nõudmised soojuselektrijaamade manööverdusvõime suurendamisele ja nende säästva töötamise tagamisele. Soojuselektrijaamad on spetsiifilised elektrijaamad, mis teenivad soojus- ja elektrienergia tarbijate huve, olles sunnitud töötama karmis konkurentsivõimelises kondensatsiooni-tüüpi elektrijaamade ja katlamajadega. Kui varem valitses arvamus, et soojuselektrijaamad vajavad turutingimustes ellujäämiseks toetust, siis nüüdseks pole nad mitte ainult edukad mängurid energiaturul, vaid on ka üha sagedamini vaatluse all kui odavate manööverdusvõimsuste peamine ressurss.

Veel üheks oluliseks tendentsiks maailma energeetika arengus on viimase kümne-kahekümne aasta jooksul esile tõusnud aktiivne soojusakumulatsiooni kasutamine tsentraliseeritud soojusenergia tarnesüsteemides. Tänapäevaks on valdavas enamikus Euroopa riikide soojuselektrijaamades vasturõhu-turbiinidega soojuselektrijaamades ja väiksemates fikseeritud soojus- ja elektrienergia-võimsuse vahekorraga jaamades kasutusel soojusakumulaatorid. See on pideva võitluse otsene tagajärg, et tõsta SEJ-de manööverdusvõimsust elektrienergia tootmisel. [1]

Nii on Taanis kohe esimestel aastatel peale elektrienergia turu loomist hakatud aktiivselt realiseerima projekte suuremahuliste soojuse akumulatsioonide loomiseks. Praeguseks on selles riigis kõik kaugkütte baasil SEJ-d varustatud ühe või mitme võimsa akumulatsiooniga. Need akumulatsioonid mitte ainult võimaldavad kompenseerida öise vähema elektrinõudluse tagajärjel tekkivat soojuskoormuse ebaühtlust, vaid ka lubavad vähendada tippkoormuskatelde sisse- ja väljalülituste hulka.

1 EESMÄRGID

Me vaatleme akumulatsioonipaagi ehitamise ja paigaldamise võimalust Balti SEJ territooriumil koos energiaplokiga nr 11 ja turbiiniga K-200-130MT. Käesoleval ajal toimub Narva elamurajoonide tarbijate varustamine soojusenergiaga Balti SEJ soojusvõrgu kaudu.

Akumulatsioonipaagi kasutamine võimaldab elektrijaama ööpäevaste koormusgraafikute optimeerimist, järelikult ka suurendada Balti SEJ efektiivsust soojus- ja elektrienergia samaaegsel tootmisel (üldine tõhusustegur ja kasum). Akumulatsioonipaagi kasutamine suurendab võimalust tootmist ja toodangu väljastamise juhtimist paindlikumaks muuta, sest see osaliselt kaotab elektri- ja soojusenergia üheaegse tootmise otsese ajalise sõltuvuse tänu öö jooksul paaki akumulatsioonipaagi soojuse päevasel ajal kasutamisele.

Akumulatsioonipaak võimaldab samas energiaplokil nr 11 lõpetada soojusenergia tootmise päevasel ajal, kui elektri hind on kõige kõrgem ning lühiajalist soojusenergia tarnet saab tarbijale teostada akumulatsioonipaagi abil, mis võimaldab plokil nr 11 tõsta elektrienergia tootmist kuni 10-15%, tootjatehas annab selleks suuruseks 22,5 MW.

Antud töös selgitame Narva linna soojusenergia võrku akumulatsioonipaagi juurutamise tehnilist võimalikkust ning akumulatsioonipaagi optimaalset mahtu, arvestades soojusenergia tarbimise näituseid talveperioodil keskmiste temperatuurinäitude korral. Arvestusperioodiks võib võtta perioodi oktoobrist aprillini (ca 210 päeva), kuna soojuskooormuse 60-80 MW periood on küllaltki pikk.

Püüame leida vastavad tehnilised lahendused koos nende majandusliku põhjendusega akumulatsioonipaagi ehitamiseks Balti SEJ territooriumile ning selle lülitamiseks Narva linna soojusenergia tarnevõrku. Määrime kindlaks investeeringu mahu lähtudes akumulatsioonipaagi soojusmahtuvusest ning selle töötamise kasulikust ajast, et kindlustada tõrgeteta soojusenergia tarned Narva linna. Samuti koostame projekti hinnangulise mudeli, lähtudes akumulatsioonipaagi mahust ning selle täielikust täislaadimisest ja tühjenemisest (arvesse võttes elektrienergia hinnavahet miinimum- ja maksimumajal).

2 TEHNILISED ASPEKTID

Auru- ja kondensatsiooniturbini, ühe reguleeritud auruvõtuga küttesüsteem keskmise- ja madala rõhuga ühendustorustikuga, aurülekuumendiga, on ette nähtud vahetuks ühendamiseks generaatoriga, mis monteeritakse vahetult turbiiniga ühisele alusele.

Turbiini nimivõimsus on 215 MW. Turbiini pöörlemissagedus on 50 c-1 (3000 pööret/min)

Turbiini maksimaalne võimsus 220 MW tagatakse auru nominaalparameetrite, täielikult sisse lülitatud regeneratsiooniga, ilma täiendavate auruvõttudeta, teisese aurusoojendi välja lülitatud sissepihustusega, kondensaatori toite välja lülitamisega, puhta läbivoolu osaga ning jahutusvee temperatuuriga 8°C.

Turbiini auru läbilaskevõimsus on 648t/h.

Turbiini nimivõimsus 215 MW tagatakse järgmiste tabelis 1 toodud näitudega.

Tabel 2.1 Turbiini nimivõimsus 215 MW tagatakse järgmiste toodud näitudega

D₀ т/ч	T₀ °C	P₀ МПа	T₁ °C	P₁ МПа	T_{nn} °C	P_{nn} МПа	P_к кПа	T_в °C	D_в м³/ч
628,3	535	12,71	330,2	2,77	535	2,38	3,1	8	25000

Turbiini töörežiimis maksimaalse auruvõtuga küttesüsteemi 120 MW (103, 2 Gcal/h) on võimsus generaatori klemmidel 192, 5 MW.

Balti soojuselektrijaama energiablokk Nr 11 turbiiniga K-200-130MT töötab elektri- ja soojusenergia samaaegse tootmise režiimis. Täna sel päeval läheb toodetav soojus Narva linna soojusvarustuseks, mida teostatakse keskküttevõrgustiku kaudu. Edasi vaatleme olulisemaid soojusvarustuse puutuvaid tehnilisi aspekte:

1. Süsteemi maksimaalne võrguvee kulu süsteemi seadmete lubatud näitajate raames on 2800 – 3000 m³/h.
2. Suurem osa soojusvõimsusest kuni 120 MW saavutatakse auru abil, mida tarnitakse auruvõttude abil keskmise ja madala rõhuga silindrite vahelisest torustikust ning suunatakse aur-vesi tüüpi keskkütte soojusvahetisse. Keskkütteevee soojusvaheti maksimaalne soojusvõimsus on 120 MW maksimaalse väljumistemperatuuriga 110°C.
3. Võrguvee maksimaalne kulu läbi võrguveesoojendi moodustab 2000 m³/h, sealjuures on hüdrauliline takistus 2kg/cm².
4. Maksimaalse auruvõtuga keskküttesüsteemi töörežiimis (120 MW või 103,2 Gcal/h) on võimsus generaatori klemmidel kõigi teiste nominaalsete näitude korral 192,5 MW.
5. Nominaalvõimsus kondensatsioonirežiimis ilma auruvõtuta reduktsioon-jahutusseadmes on 215 MW (muude nominaalnäitude juures). Nominaalne elektrivõimsus vastab passis näidatud võimsusele 215 MW (faktiline brutovõimsus ~ 205 MW, faktiline netovõimsus ~ 180 MW).

6. Võrguvee temperatuuri tõusmise kiirus mitte üle $0,5^{\circ}\text{C}$ minutis.
7. Võrguvee temperatuurigraafik: otsemagistraali maksimaalne temperatuur talvisel ajal 130°C välisõhu temperatuuri -23°C korral, minimaalne otsemagistraali temperatuur 70°C .
8. Sissemineva võrguvee rõhk – 5, 5 bar.
9. Väljamineva võrguvee rõhk – 2, $0 \pm 0,2$ bar.
10. Täiendavalt on võimalik saavutada soojusvõimsus 40 MW (kuni 60 MW, kui ei kasutata tööstusauru) kasutades auru, mis saadakse reduktsiooniseadmete kaudu kahest auruülekuumendi auruvõtust, mis asub turbiini kõrge ja keskmise rõhu silindrite vahel pärast vahepealset aurülekuumendit. Auru rõhk ja temperatuur langevad peale reduktsiooniseadmeid. Auru rõhk enne reduktsiooniseadet on 24 bar temperatuuri 535°C juures, hiljem see langeb vastavalt 15 barini temperatuuri 300°C juures, maksimaalne kulu on 31,6kg/sek. Reduktsioon-jahutusseadme auru kasutatakse võrguvee lisakuumutamiseks reserv-tippkoormuskatlas, kui välisõhu temperatuur on alla -10°C .

3 SOOJUSE AKUMULATSIOONIPAAGID

Soojuse akumulatsioonipaake on kasutatud keskküttesüsteemides viimaste aastakümnete jooksul. Praktiliselt kõik vasturõhuturbiinidega soojuselektrijaamad, samuti ka väiksemad elektrijaamad, mis toodavad soojust ja energiat ainult teatud määral, on varustatud soojusakumulaatoritega. Varem olid soojuse akumulatsioonid ainult piiratud hulgal ekstraktsiooni-tüüpi soojuselektrijaamadel. [2]

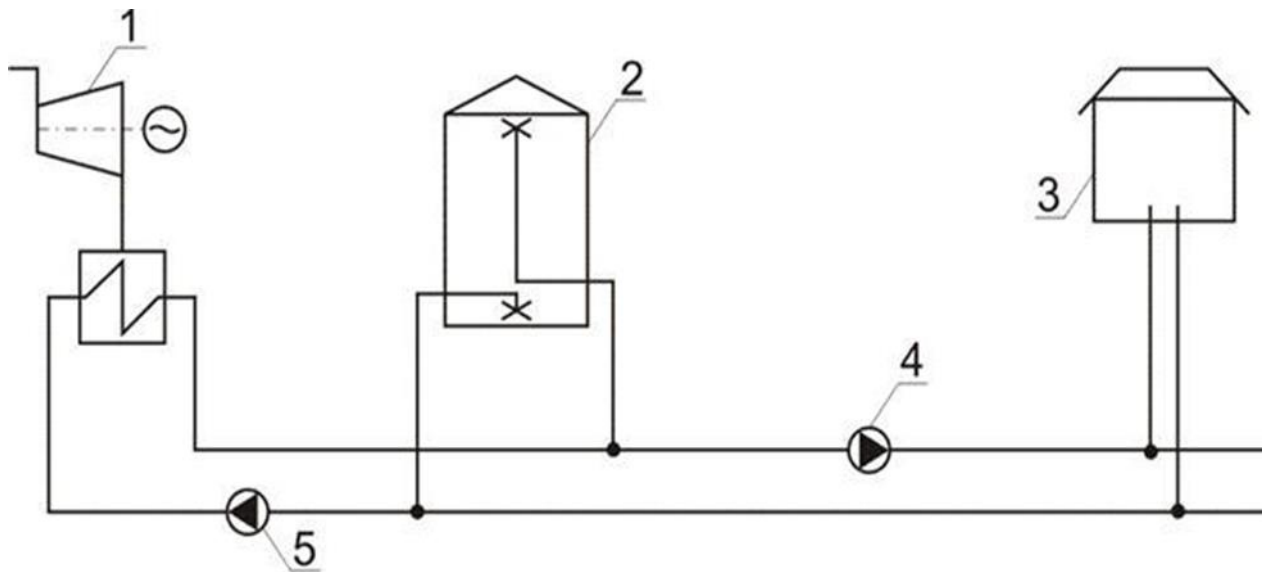
Elektrienergia turu liberaliseerimine on suurendanud vajadust kombineeritud soojuselektrijaamade suurema paindlikkuse järele kokkuhoidlikumas režiimis töötamiseks selleks, et teenindada nii küttestarbijaid kui elektrienergia turgu. [2]

Soojusakumulaatorit kasutatakse energia lühiajaliseks säilitamiseks veekeskkonnas. Vee hulk mahutis on kaalult püsiv ega sõltu energia sisaldusest. Akumulaatori laadimisel lisatakse ülevalt kuuma vett, samaaegselt vähendatakse mahuti allosast külma vee vastavat kogust. Külma ja kuum vesi on eraldatud ühe meetri paksuse kasutamata kihiga. Akumulaatori tühjendamisel eemaldatakse ülaosast kuuma vett, samaaegselt lisatakse allosast külma vett. [2]

3.1 Võrku ühendamine

Soojusakumulaator ühendatakse keskküttevõrku SEJ ja võrgu vahele (joon.1). Kui tootmine ületab tarbimise, toimub akumulatoori laadimine. See võimaldab kombineeritud tüüpi soojuselektrijaamal toota energiat keskküttevõrku ajal, mil see on elektrihindade vaatepunktist kõige soodsam. Sellesse paaki koguneb ühel perioodil

ööpäevas kuumutatud võrguvesi, teistel perioodidel tõrjub tagasivoolu magistraalst tulev külmem vesi selle soojusvõrgu otsemagistraali, et kompenseerida SEJ soojusvõimsuse defitsiiti. [2]



Joonis 3.1 Keskküttesüsteemi integreeritud soojusakumulaator, kus

1. Soojuselektrijaam
2. Akumulatsioonipaak
3. Soojusenergia tarbijad
4. Sissevoolu magistraalitoru pump
5. Tagasivoolu magistraalitoru pump

Soojusenergia akumulaatorite töötamise viisid erinevad mõningal määral vastavalt SEJ tüübile – kas ekstraktsioon-tüüpi (reguleeritud ringega) või siis vasturõhu-tüüpi (reguleerimata ringega). Meie vaatleme akumulatsioonipaagi kasutamist reguleeritud ringega soojuselektrijaamas, milline on ka plokk nr 11 Balti elektrijaamas.

Ekstraktsioonitüüpi SEJ võib toota elektrienergiat kondensatsioonirežiimis või toota elektri- ja soojusenergiat kombineeritult. Soojusenergia maksimaalsel tootmisel väheneb võrgusoojendis elektrienergia tootmine ligikaudu 15%. Seda vahet toodetava elektrienergia võimsuses kasutatakse soojusenergia tootmise välja lülitamiseks.

Soojusakumulaatori peamised funktsioonid seda tüüpi elektrijaamas on järgmised.

Perioodidel, kui elektri hind on kõrge, võib soojusenergia tootmise katkestada ja soojust saab jagada akumulaatori abil. [2]

SEJ saab töötada soojus- ja elektrienergia tootmise suhtes optimaalsetel režiimidel.

Perioodidel, kus elektrienergia hind on madalam, näiteks öösel soojusenergia tootmise suurendamise arvelt, vähendame elektrienergia tootmist ning soojusenergiat saab toota vähemate kuludega ning säilitada akumulaatoris. Seejärel, kui elektri hind tõuseb, näiteks hommikutundidel, saab soojusenergiat jagada akumulaatorist, selle tootmine kahaneb ja elektrienergia tootmine kasvab.

Kõigi SEJ tüüpide tööle on iseloomulik.

Soojusakumulaator aitab vähendada või vältida tootmiskadusid, kui elektrienergiat müüakse alla tootmise omahinda juhul, kui soojuselektrijaama kasutatakse ainult soojusenergia tootmiseks. [2]

Suured akumulaatorid lubavad jaama täielikult peatada puhkepäevade ajaks, mil elektri hind on madalam kui tööpäevadel.

Akumulaator kompenseerib soojuskoormuse igapäevast vahet (peamiselt öiste nihete tõttu), ning sel viisil vähendab sisse- ja väljalülituste arvu ning päevaste koormuste ajal kallima soojusenergia kasutamist.

Muuhulgas võib vähendada maksimaalset võimsust, kasutades akumulaatorit „kõige külmematel päevadel“.

Atmosfääri-soojusakumulaator võib hoida keskküttesüsteemi staatilist rõhku, samuti töötada kui laiendav hoidla.

Akumulaatori eeliseid uurides on oluline silmas pidada kõiki võimalikke eeliseid ning seda, kuidas saab neid kasutada erinevatel töörežiimidel teatud ajaperioodidel. Elektrijaama töös on samuti oluline, et akumulaatorit kasutatakse arvesse võttes soojus- ja elektrienergia eeliseid nende tootmise tunni-, päeva- ja nädalaplaanide koostamisel.

Õigete otsuste vastuvõtmiseks soojusakumulaatorite paigaldamisel on vajalik arvestada nii elektrienergia kui soojusenergia teguritega. Juhul, kui SEJ ja keskküttesüsteem on erinevate ettevõtete omandis, on oluline, et suhted nende ettevõtete vahel oleksid head ning et nad oleksid koostöövõimelised. See sisaldab majandusliku efekti analüüsi, nõusolekut investeringuid ja tulusid jagada, samuti ka akumulaatori töörežiimi kooskõlastamist. [2]

Soojusakumulaatori ehitus sõltub kasutatava vee temperatuurist, võrgu staatilisest rõhust, temperatuuri ja rõhu kombinatsioonist.

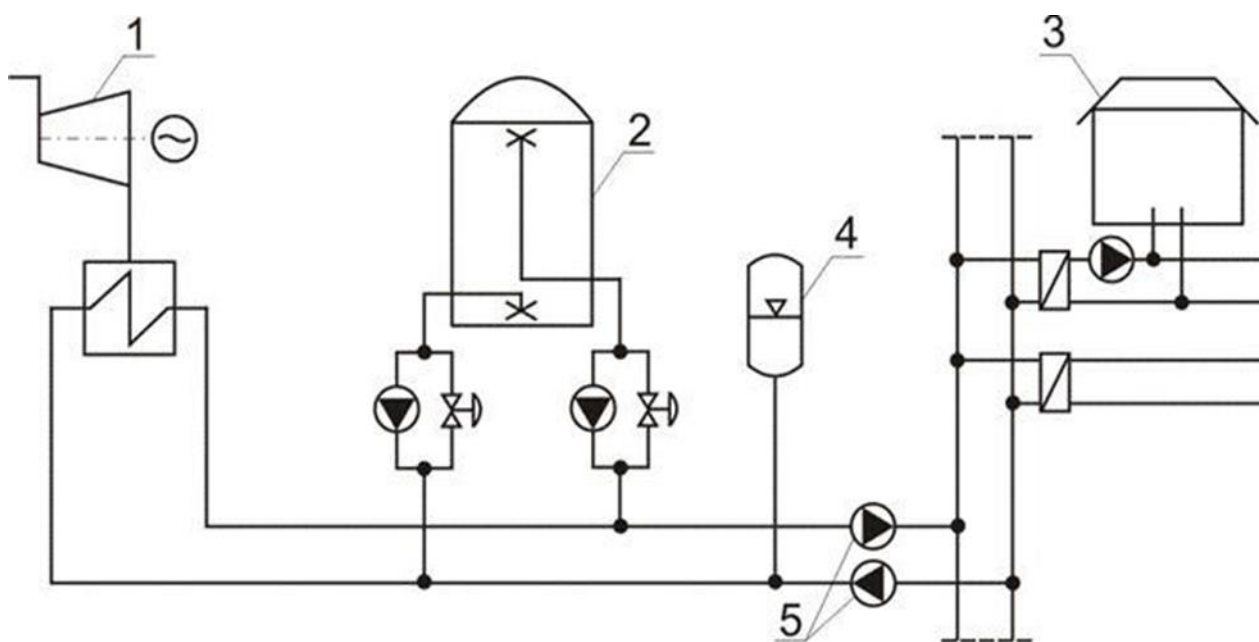
Kui antava vee temperatuur on alla 100°C, võib soojusakumulaatorid projekteerida kui rõhumahutid. Antava vee temperatuuri üle 100°C korral peavad soojusakumulaatorid olema projekteeritud kui rõhu all olevad mahutid. Nendes süsteemides, kus tuleb

töötada antava veega üle 100°C mõne tunniga piiratud talvisel ajaperioodil, on samuti võimalikud rõhu all olevad mahutid, kus kasutatakse ümbersuunavat torujuhet neil perioodidel või siis akumulaatorist tuleva vee lisasoojendust.

Ligi 7 atm staatilise rõhuga ja veetemperatuuriga alla 100°C süsteemides võib kasutada rõhumahuteid. [2]

Süsteemisese rõhuga soojusakumulaatorid projekteeritakse tavaliselt vastavuses nafta või vee hoidmiseks mõeldud vertikaalsete mahutitega. Rõhu all olevad soojusakumulaatorid projekteeritakse vastavuses rõhu all olevate mahutite standarditele.

Süsteemisese rõhuga soojusakumulaatorite mahutid paiknevad peamiselt tootmisseadmete ja võrgu vahemikus, nagu on näidatud (joon. 1.). Selline paigutus lubab tootmisseadmetel toota soojusenergiat selle tarbimisest sõltumatult. Kui staatiline rõhk ületab mahuti tehnilise kõrguse või kui kohalikud olud ei võimalda kõrgete mahutite paigaldamist, või kui rõhu all olevatel mahutitel on tarvis eraldada hüdraulilise rõhu all olevad mahutid kaheastmelistesse kontrollklappide ja pumpadega laadimis- ja tühjendussüsteemidesse (joon. 2). [2]



Joonis 3.2 Kaugküttest eraldamiseks mõeldud hüdraulilise süsteemiga soojusakumulaator, kus:

1. Soojuselektrijaam
2. Akumulatsioonipaak
3. Soojusenergia tarbijad

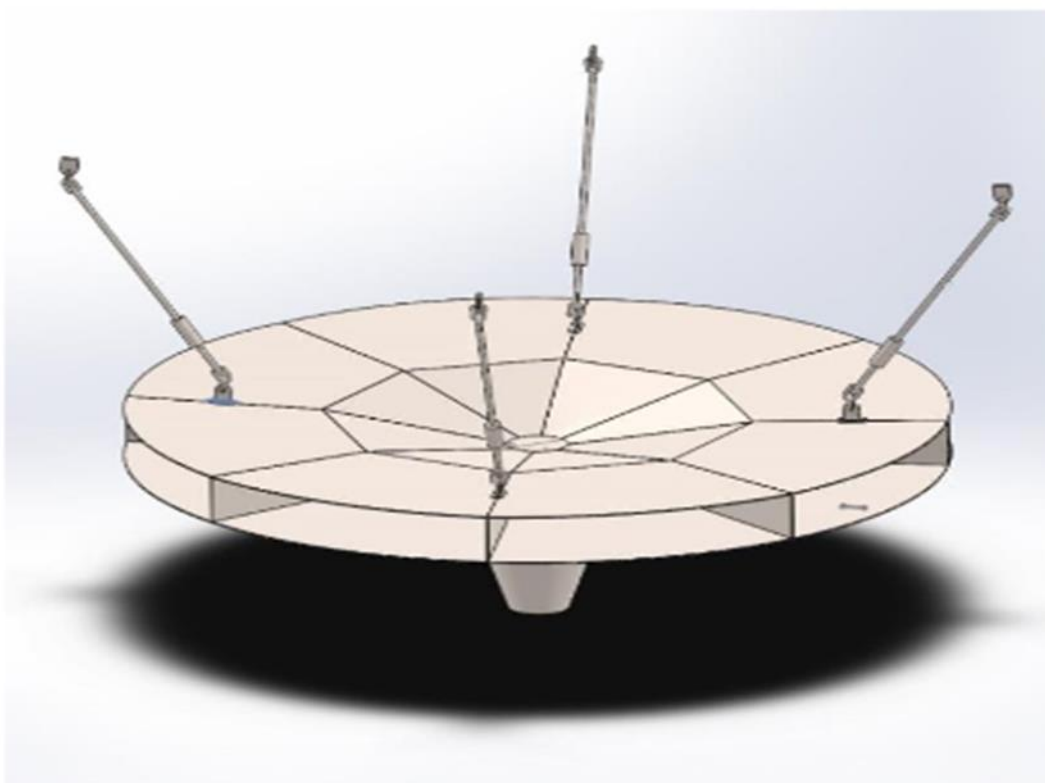
4. Laienduspaak

5. Sisse- ja väljavoolu magistrali pumbad

Selleks, et vähendada akumulaatori paagi vee eralduskihti, on tarvis kindlustada akumulaatori paagi sisenevate ja sealt väljuvate veevoogude minimaalne liikumiskiirus. Soovitava efekti saavutamiseks peab vee suunamine paaki olema laminaarne, mida kindlustatakse seesmiste jagamiseadeldiste – difuuserite abil. [2]

3.2 Difuusorid

Külma ja kuuma vee hea eraldamise kindlustamiseks kasutatakse difuusoreid, mis on ülesse ja alla paigutatud. Vee kiirus sisenemisel ja väljumisel võib muutuda 0,02-0,2m/s piires. Konstruktsioon sisaldab vastava piirkonna jaotus ja suunavaid elemente.



Joonis 3.3 Difuusor

3.3 Kaitse korrosiooni eest

Kui tsentraliseeritud keskküttesüsteemis vastab vesi nõuetele, eriti erilisel madala hapnikusisalduse suhtes, siis tavaliselt veega täidetud anumate osades ei ole korrosiooni. Selleks, et vältida korrosiooni korpuse ülemistes osades ja kaane konstruktsioonides peab hoidma auru või lämmastiku padja näol mitteaktiivset atmosfääri. Keemiliselt puhastatud vee õhuga kontakti ärahoidmiseks ja soojuse balansi hoidmiseks veepinnal paagi veepealse osas kasutatakse auru või inertset gaasi. Nagu reeglina kasutatakse tellijal olemasolevat auru. Sellise võimaluse puudumisel

kasutatakse elektrilist soojendajat. Tüüpiliste projektidega on ettenähtud paagi sisemiste pindade korrosiooni kaitse hermetiseeriva määrdega, mis vee vähenemise ja tõusuga moodustab sisemistele pindadele isetaastuva korrosiooni vastase määrde. Vee kaitse aeratsiooni eest kindlustab veepinnale tekkiva 20-40 mm hermetiseeriva määrde kihiga.

Hermetiseeriva määrde garantii aeg 70-80°C temperatuuril kasutamisel on 5 aastat, 95°C temperatuuril kasutamise korral 3 aastat. Hermetiseeriva määrde kasutamise kohustuslikud tingimused on:

- Vee maksimaalse ja minimaalse taseme automaatse kontrolli süsteem paagis;
- Spetsiaalne mehhaaniline seadeldis, mis hoiatab hermetiseeriva määrde laskmise eest soojussõlme ja ülevoolamise eest.

3.4 Soojustus ja isolatsioon

Standardne isolatsioon kuni 130°C on 300 mm kivivilla kiht. Soojustus võib varieeruda kõige odavamatest trapetsikujulistest alumiiniumi tükkidest kuni kalliste arhitektuuriliste lahendusteni. Soojustus kinnitub anuma korpuse külge standardse kerge konstruktsiooniga.

3.5 Arvestus

Energia sisalduse arvestus – see on hinna aluse analüüs kindlatel ja ebakindlate näitajate alusel. Näiteks ebakindel näitaja – see on elektrienergia turuhind. Kindel näitaja – see on näiteks investering anumasse.

Aktiivse mahu hoidmise arvestus difuusorite vahel põhineb energia olemasolu ja vee temperatuuri etteandmise ning tagasivoolu vahel. Vajalik on võtta arvesse, et mittekasutatav eralduskiht on tavaliselt ühe meetri paksune. Temperatuuri valik on väga tähtis sest, et temperatuur omab otsest mõju anuma mõõtmetele. Avatud anumate temperatuuri erinevus on tavaliselt 30-40 0C. Surveanumatel 50-55 0C. Tavaliselt eelistatakse kõrguse/läbimõõdu suhet üle 1,5 mitteaktiivse eraldus kihi mahu minimeerimiseks. Kuid kogemus näitab, et suhe alla 0,8 on võimalik kui difuusorid on jaotatud mitmeks üksuseks, näiteks vanade nafta saaduste anumate kasutamise korral. [2]

4 AKUPAAGI MAHU MÄÄRATLUS.

Käesoleval hetkel on keskküttesüsteemiga ühinenud 692 tarbijat. Projektijärgne tarbijate soojuskoormus on 333 MW, millest küttekoormus moodustab 186 MW, ventilatsioonikoormus 29 MW ja koormus kuumavee tarbimise osas 109 MW. Tegelik summaarne soojuskoormus ei ületa 185 MW. Suvel koormus tarvitatava kuumavee osas

moodustab alla 15 MW.

Narva soojusvõrgu inseneride hinnangul lähitulevikus tarbimise hüppelist kasvu ei oodata, võib prognoosida mõne MW lisandumist aastas. Keskküttesüsteemi tarbijad kasutavad säästmise meetodeid soojuse tarbimisel ning juba olemasolevate tarbijate seas on märgata suunda soojuse tarbimise vähenemisele. Soojuskoormust mõjutab samuti ka see, et tänu keskküttesüsteemi pidevale renoveerimisele soojuse kaod on tunduvalt vähenenud. Tänapäeva seisuga on peaaegu pool kogu keskküttesüsteemi trassist uuendatud, aga viimaste aastatega on võrgu suhteline soojuskadu vähenenud 18 protsendilt 12 protsendile.

Ööpäevase tsükliga töötava akupaagi mahuti asub vastavalt tänapäeval olemasoleva tegeliku soojuskoormusega ja temperatuuri graafikuga (elektrienergia madalate hindade korral laeb aga elektrienergia kõrgete hindade korral kasutab akumulatsioon soojust vastavalt tegelike elektrienergia börsi hindadega) 12000-14000 m³ piires. Tuginedes algandmetele ja soojusenergia võimalustele peatume kuldsel keskmisel 13000 m³. Kuid vaatame võrdluseks 14000 m³ akupaagi paigaldamise võimalust.

Kui paagi mahutavuseks võtame 13000 m³, siis sõltuvalt tagasituleva pealiini vee temperatuurist ning akupaagis vee kuumutamisel kuni 95°C on maksimaalne soojusmahutavus 52°C soojuskõikumise korral tagasituleva pealiini ja otsese pealiini vahel on 786 MW, aga minimaalne 32°C soojuskõikumise korral tagasituleva pealiini ja otsese pealiini vahel on 483 MW. Juhul kui mahutiks võtame akupaagi mahutavusega 14000 m³ siis on maksimaalne soojusmahutavus 844 MW, aga minimaalne 519 MW. Ülaltoodud andmed on arvutatud tulenevalt vee soojusmahuti katla puhvermahuti arvutamise valemist:

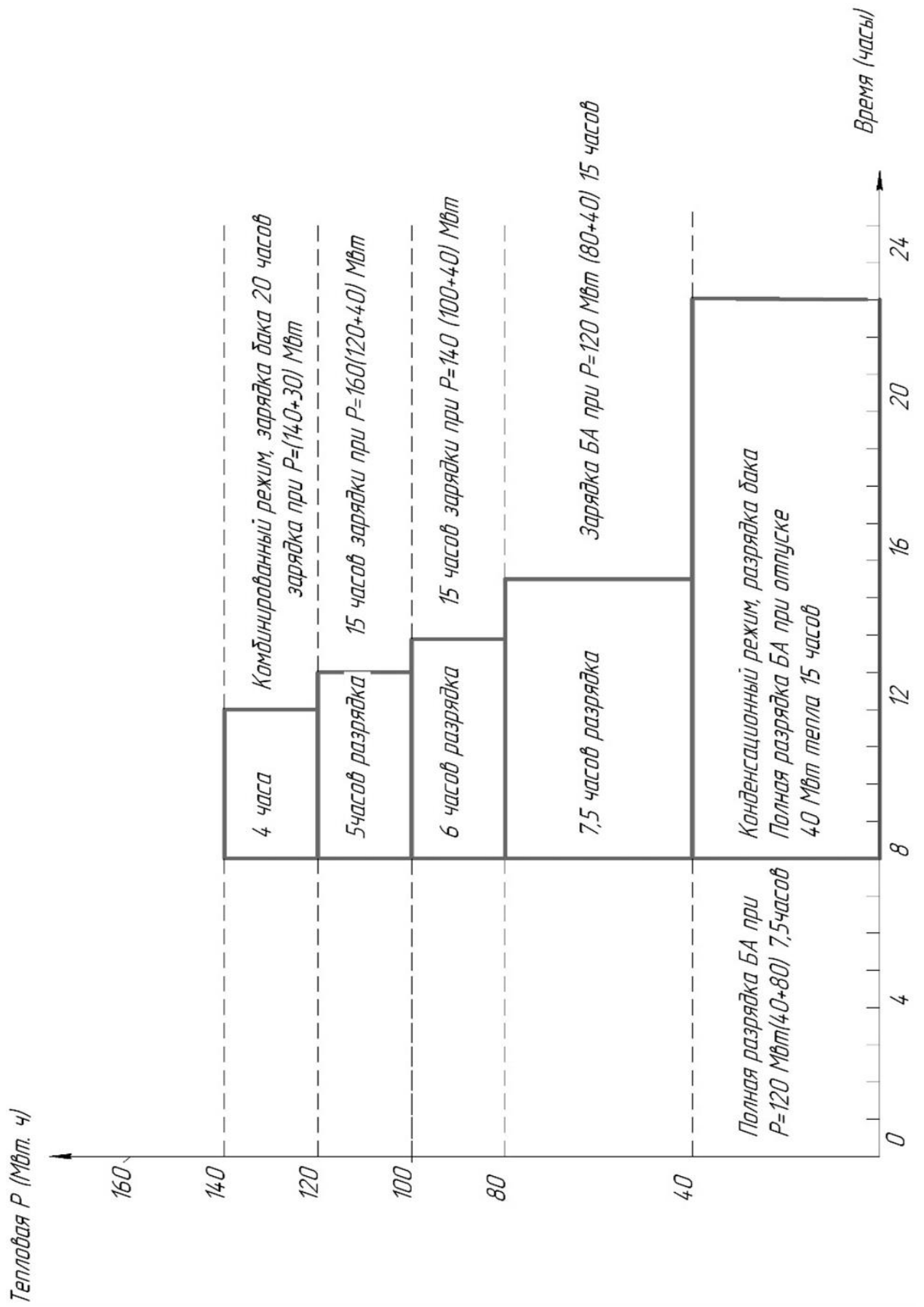
$$M=Q/ (cx\Delta t)$$

Kus:

- m – vee mass mahutis (kg);
- Q – soojuse hulk (W);
- ΔT – vee temperatuuri vahe pealiini ja tagasituleva pealiini torudes (°C);
- C – soojusmahtuvus, antud juhul 1,163 – vee erisoojusmahtuvus (W/kg°C)

Ligilähedasel arvestusel kasutatakse samuti lihtsat valemit, kus 1KW soojusvõimsuseks on vaja ≥ 25 liitri mahuga aku soojust. Tulenevalt soojusvõimsuse võimalustest ja tegelikust soojusvõimsusest omame akupaaki võimsusega 600 MW. Akupaagi mahu valikul me tuginesime vajadusest laadida ning tühjendada paaki ühe ööpäeva jooksul seejuures katkematult varustada tarbijaid soojusega ning kuuma veega. Kui me võtame suurema mahuga paagi siis saab rikutud ööpäevane tsüklilisus akupaagi laadimisel ning

tühjendamisel. Aga kui väiksem siis kaob majanduslik kasu, mille tagajärjel pikeneb tasuvusaeg ja akupaagi seadme rentaablus. Allpool on toodud tabel milles on skemaatiliselt esitatud 600 MW võimsusega paagi laadimise-tühjendamise ööpäevast tsüklilisust.



Joonis 4.1 Akupaagi laadimine ja tühjakslaadimine

Tabelist on näha, et tarbides termofikatsioonis tunnis 40MW tühjeneb paak 15 tunniga, aga selle täielik laadimine 80MW laadimisvõimsusega on 7,5 tundi. 120MW summaarne võimsus kasutatakse turbiini reguleeritud valikuga. 80MW tunnise tarbimisega termofikatsiooniks tühjeneb paak 7,5 tunniga ning selle täielik laadimine toimub 15 tunniga 40MW soojusvõimsuse juures. 120MW summaarne võimsus kasutatakse turbiini reguleeritud valikuga. 100MW tunnise tarbimisega termofikatsiooniks tühjeneb paak 6 tunniga aga selle täielik laadimine toimub 15 tunniga 40MW soojusvõimsuse juures. 140MW summaarne võimsus kasutatakse 120MW turbiini reguleeritud valikuga ja auru valikuga läbi 20MW võimsusega reduktsiooni seadeldise. 120MW tunnise tarbimisega termofikatsiooniks tühjeneb paak 5 tunniga aga selle laadimiseks on vaja 15 tundi 40MW soojusvõimsuse juures. 160MW summaarne võimsus kasutatakse 120MW turbiini reguleeritud valikuga ja auru valikuga läbi 40MW võimsusega reduktsiooni seadeldise. 140MW tunnise tarbimisega termofikatsiooniks tühjeneb paak 4 tunniga, selle laadimiseks on vaja 20 tundi 30MW soojusvõimsuse juures. 170MW summaarne võimsus kasutatakse 120MW turbiini reguleeritud valikuga ja auru valikuga läbi 50MW võimsusega reduktsiooni seadeldise.

Hüdrostaatiline surve tagamiseks peab paagi kõrgus olema 24 m aga läbimõõt 26 m 13000 m³ paagi mahu juures. Hüdrostaatiline surve – see on surve mille korral kõik veevarustuse süsteemi elemendid on täidetud veega. Narva linna soojusvõrgu hüdrostaatiline surve võrdub 2kg/m². Akupaagi suuruse väljaarvutamiseks me kasutasime silindri ruumala valemit:

$$V=\pi R^2h$$

Silindri ruumala on võrdne põhja pindala ja kõrguse korrutisega.

kus

V – Silindri ruumala,

R – Silindri raadius,

h – Silindri kõrgus,

π – 3,141592.

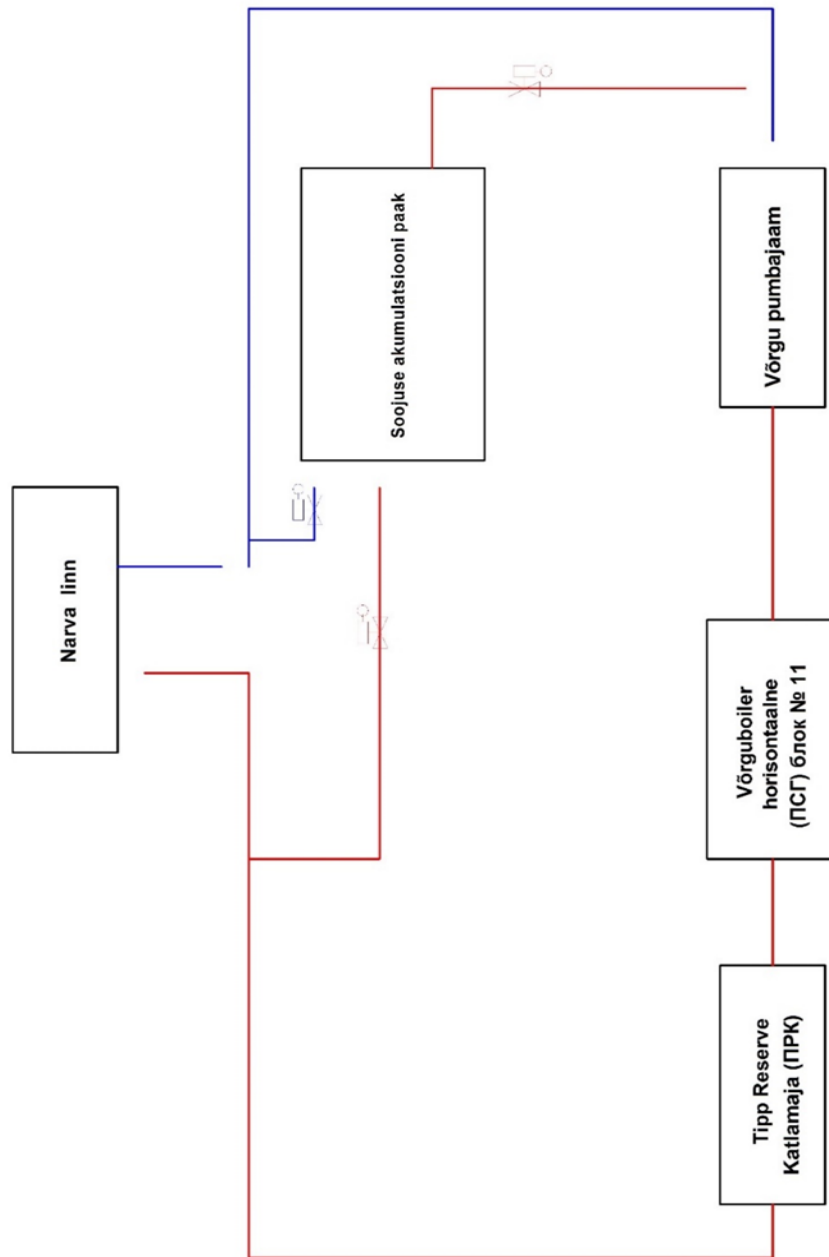
Paagi soojusisolatsiooni optimaalne paksus on 300 mm, soojusjuhtivuse koefitsient on 0,037 W/(mK) (kivivill).

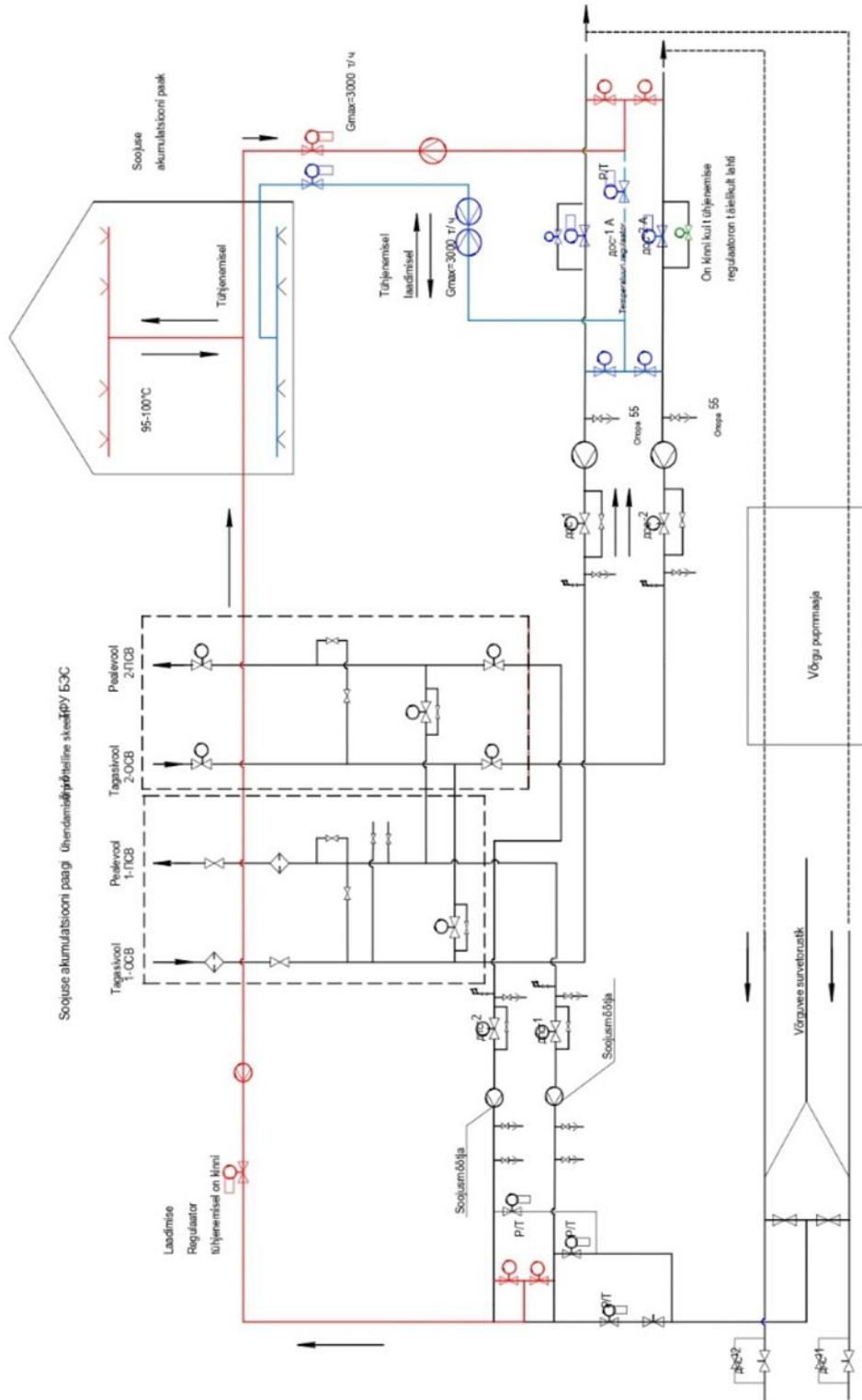
4.1 Akumulatsioonipaagi tehnilised nõuded

Edasi tuuakse enimtähtsad tehnilised aspektid mida on vaja võtta arvesse soojuse akupaagi projekteerimisel ja hõlmavad seda:

1. Soojus akupaak peab olema avatud tüüpi. [3]
2. Paagi paigaldamisel ja remondil peavad olema kasutatud metallid, mis omavad garanteeritud mehaanilisi omadusi ja keemilist koostist, kõrgele vastupidavusele madalatel temperatuuridel haprale purunemisele ja võimalus rullida toorikuid, kõrgendatud vastupidavust korrosioonile.
3. Laviinilise purunemise ennetamiseks kasutusse võetavatel ja kasutuses olevatel paakidel peab olema paigaldatud välised tugevdavad konstruktsioonid, mis koosneb horisontaalsetest ringvöönditest (bandaaž) ja vertikaalsetest tugedest. Bandaažide vahe kaugus määratakse projektiga sõltuvalt venitusjõudude väärtustest ja luukide asupaigast ning sisenevatest torustikest. [3]
4. Eraldiseisev paak, mis on paigutatud soojatootja territooriumile peab olema vähemalt 0,5 m kõrguse valliga ja ülemise laiusega vähemalt 0,5 m, aga ümber paagi peab olema tehtud sillutisriba.
5. Kõik torustikud, välja arvatud drenaaž, ühendatakse paagi vajumisega arvestavate kompenseerivate seadmete paigaldamisega paagi vertikaalsete seintega ning seinale surve välistamisega paagiga ühendatud torustike soenemisel toimuva paisumisega.
6. Paagil peab olema ettenähtud kaitse, et ennetada õhu sattumist vette ning kaitsta metalli korrosiooni eest, näiteks võib kasutada auru patja.
7. Soojuse akupaagi peab niiviisi süsteemiga integreerima, et oleks võimalus vastavalt temperatuuri graafikule reguleerida soojuskandja temperatuuri.
8. Aktiivse mahu, mis jääb paagi difuuserite vahele, säilitamise leidmine põhineb energia kogusel ning juurdevoolu ja äravoolu temperatuuri vahel. Peab arvestama ka seda, et eralduskiht on tavaliselt 1 m.
9. Taseme mõõtmiseks kontroll-mõõteseadmed (registreeriv seade), kõigi sissetulevate ja väljaminevate torustike surve (näitav seade), vee temperatuur paagis (näitav seade).
10. Standardne soojusisolatsioon kuni 130°C. See on 300 mm kivivilla kiht, mis on pealt kaetud tsingitud metalliga. [3]

Soojuse akumulaatsiooni paagi ühendamise põhimõtteline skeem





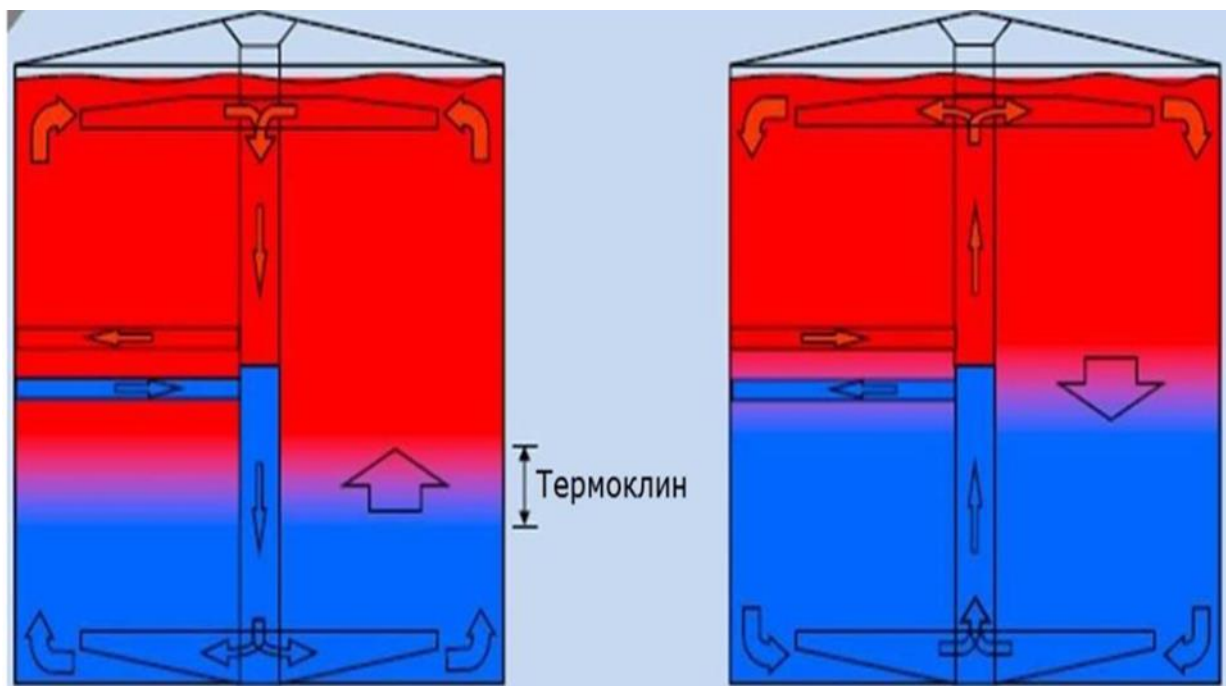
Joonis 4.3 Soojuse akumulatsiooni paagi ühendamise põhimõtteline skeem

4.2 Laadimine ja tühjakslaadimine

Lühike tehnoloogilise skeemi tutvustus on esitatud eelnevalt:

Nooled näitavad soojuskandja liikumise suunda soojus akupaagi laadimisel ja tühjakslaadimisel. Vaatame akupaagi laadimise varianti. Peale küttekeha horisontaalne osa kuumast veest suunatakse linna tarbijatele aga osa läbi laadimise regulaatori akupaagi laadimiseks tema ülemisse osasse. Laadimise regulaator reguleerib antava soojuskandja kogust Narva linnale vastavalt linnas kuumavee ja soojuse tarbimisele. Laadimise ajal akupaagis toimub tsirkulatsioon läbi laadimise-tühjaks laadimise senikaua kuni paak on täielikult täis laetud aga nimelt kuni 95-100°C temperatuurile. Kogu selle aja soojuskandja tsirkuleerib. Akupaagi tühjaks laadimisel laadimiseregulaator on kinni ning soojuskandja etteandmine toimub ainult akupaagist võimaldades sisse lülitada tipuhindade tundidel maksimaalseks elektri tootmiseks. Tarbimise antava kuumavee temperatuuri reguleerimine toimub läbi temperatuuri regulaatori soojusvõrgu tagasitulevast pealiinist külmemä vee lisamise teel. Linnast tagasituleva pealiinist tulev soojuskandja satub laadimis-tühjakslaadimise regulaatori kaudu paagi alumisse osasse. Sellisel juhul jääb akupaak töö käigus alati täidetuks.

- Laadimise ajal pumbad pumpavad külma vett välja paagi alumisest osast. 95-98°C temperatuuriga kuum vesi tuleb ülemisse osasse. Laadimise protsess lõppeb kui reservuaari töömaht on täidetud kuuma veega.
- Tühjakslaadimise ajal pumbavad pumbad kuuma vett paagi ülemisest osast. Tagastusvee temperatuuril külm vesi tuleb alumisse osasse. Tühjakslaadimine lõppeb kui paagi töömaht on täidetud külma veega.
- Sooja akupaagi põhi printsiip – kasutada ära kuuma ja külma vee tiheduse erinevust.



Joonis 4.4 Laadimine ja tühjakslaadimine

5 PROJEKTI MAJANDUSLIK KOMPONENT

Soojuse akupaagi töörežiim sõltub elektri turuhindadest ning antud ajahetke soojuskoormusest. Projekti majanduslike komponentide arvestamiseks on meil vaja järgmisi andmeid, mis on toodud allpool olevas tabelis. Aga nimelt Balti elektri jaama №11 ploki soojusenergia vabanemine ja elektri tipphinnad. Samuti me hakkame arvestama elektri tootmiskulu mis on 41 eurot megavatt tund. Vaatleme perioodi oktoobrist 2020 kuni aprillini 2021 – Narva linna kütteperiood. Soojusenergiast vabanemine see on statistiliste andmete edastamine mida edastati tootmise projektijuhi poolt. Elektri hinnad on võetud Nord Pool Spot (NPS) ametlikult veebilehelt – elektrienergia börsilt mille vahendusel kauplevad omavahel põhjamaade elektrienergia tootjad ja ostjad. Arvestuse jaoks võtsin ma elektrienergia tipphinnad, sellel perioodil efektiivsus akupaagi kasutamisel on majanduslikult maksimaalse kasumlikusega. Minu poolt olid läbi töötatud perioodil oktoobrist kuni aprillini 210 päeva igapäevased tipphinnad. Arvutamise lihtsustamiseks leidsin ma iga kuu jaoks keskmise tiphinna. Samuti arvutasin ma välja iga kuu jaoks keskmise soojusenergia tarbimise. Lähme arvutuste juurde:

Tabel 5.1 Soojavarustus sooja veevarustuseks

	Soojavarustus sooja veevarustuseks							
Kuupäev	Juuli	Oktoober	November	Detsember	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill
1		682	1504	1679	1845	2181	1654	1527
2		680	1484	1893	1852	2191	1747	1515
3		613	1129	1965	1977	2292	1666	1550
4		707	1158	1825	2002	2726	2065	1536
5		532	1214	1657	2073	2999	2155	1548
6		567	1103	1766	2034	2850	2035	1667
7		623	1027	2111	2073	2476	2357	1513
8		625	1327	2395	2331	2814	2479	1585
9		667	1383	2359	2838	3245	2794	1581
10		829	1540	2404	2977	3145	2998	1342
11		840	1417	2126	2601	3078	2380	1273
12	277	825	1411	2229	2419	3102	1999	861
13	283	918	1660	2201	2854	2633	1667	1205
14	289	1085	1886	2075	2998	2615	1715	1530
15	292	1161	1753	1967	3126	2730	1816	1245
16	290	1267	1646	1846	3087	2566	1818	1122
17	266	1268	1697	1786	2380	3017	1862	942
18	269	1382	1319	1837	2439	3326	1975	941
19		1562	1143	1598	2427	2867	2287	948
20		1529	1700	1756	2718	2478	2097	1017
21		1457	1653	1851	2656	2061	1728	999
22		1166	1553	1862	1891	2659	2051	970
23		992	1446	1923	1890	2932	1784	1263
24		1314	1541	1732	1778	1919	1453	1329
25		1204	1664	1917	1789	1623	1497	1389
26		1053	1357	2019	1803	1777	1591	1419
27		921	1723	2058	1842	1845	1282	1333
28		1075	1664	2044	1904	1829	1365	1390
29		1007	1861	1986	1961		1403	1248
30		1029	1775	1771	1913		1240	1165
31		1129		1872	2129		1441	
Summa	1966	30709	44738	60510	70607	71976	508401	38953
Keskmine päev MWh	280	990	1491	1951	2277	2570	1883	1298
Keskmine päev MWh	12	41	62	81	95	107	78	54
Keskmine tunnihind kõrg		50,1	57,57	67,45	66,36	70,27	52,27	50

Tabelist me näeme, et ööpäevane keskmine soojusenergia tarbimine oktoobris on 41MW aga omades täielikult laetud 600 MW paaki läheb meil tühjaks laadimisele $600 \div 41 \approx 14$ tundi. Sellel perioodil töötab №11 plokk kondensatsiooni režiimil. Vastavalt toodab blokk 22 MW elektrit rohkem – selle tulemuse edastas tootmis tehas. Kokkuvõttes tuleb meil välja, et oktoobri eest võime täiendavalt tiptunnil toota:

$14h \cdot 22MW = 308MWh$ – elektri päevane lisatootmine

$308MWh \cdot 31 = 9548MWh$ - kuus lisaks toodetud elekter

$9548MWh \cdot (50,1€ - 41€) = 86886,8€$

Oktoobri puhaskasum on 86886,8€

Sama printsiibi alusel arvutame välja ülejäänud kuud.

November.

$600MW \div 62MWh = 9$ tundi akupaagi tühjaks laadimiseks 62MW tunnis tarbimise korral

$9h \cdot 22MW = 198MWh$ – elektri päevane lisatootmine

$198MWh \cdot 30 = 5940MWh$ - kuus lisaks toodetud elekter

$5940MWh \cdot (57,57€ - 41€) = 98425,8€$ - puhas kasum

Detsember.

$600MW \div 81MWh = 7$ tundi akupaagi tühjaks laadimiseks 81MW tunnis tarbimise korral

$7h \cdot 22MW = 154MWh$ – elektri päevane lisatootmine

$154MWh \cdot 31 = 4774MWh$ - kuus lisaks toodetud elekter

$4774MWh \cdot (67,45€ - 41€) = 12627,3€$ - puhas kasum

Jaanuar.

$600MW \div 95MWh = 6$ tundi akupaagi tühjaks laadimiseks 95MW tunnis tarbimise korral

$6h \cdot 22MW = 132MWh$ – elektri päevane lisatootmine

$132MWh \cdot 31 = 4092MWh$ - kuus lisaks toodetud elekter

$4092MWh \cdot (66,36€ - 41€) = 103773,12€$ - puhas kasum

Veebruar.

$600\text{MW} \div 107 \text{ h} \cdot 22\text{MW} = 110\text{MWh}$ – elektri päevane lisatootmine

$110\text{MWh} \cdot 28 = 3080\text{MWh}$ - kuus lisaks toodetud elekter

$3080\text{MWh} \cdot (70,27\text{€} - 41\text{€}) = 90151,6\text{€}$ - puhas kasum

MWh=5 tundi akupaagi tühjaks laadimiseks 107MW tunnis tarbimise korral

Märts.

$600\text{MW} \div 78\text{MWh} = 7$ tundi akupaagi tühjaks laadimiseks 78MW tunnis tarbimise korral

$7\text{h} \cdot 22\text{MW} = 154\text{MWh}$ – elektri päevane lisatootmine

$154\text{MWh} \cdot 31 = 4774\text{MWh}$ – kuus lisaks toodetud elekter

$4774\text{MWh} \cdot (52,27\text{€} - 41\text{€}) = 53802,98$ – puhas kasum

Aprill.

$600\text{MW} \div 54\text{MWh} = 11$ tundi akupaagi tühjaks laadimiseks 54MW tunnis tarbimise korral

$11\text{h} \cdot 22\text{MW} = 242\text{MWh}$ – elektri päevane lisatootmine

$242\text{MWh} \cdot 30 = 7260\text{MWh}$ – kuus lisaks toodetud elekter

$7260\text{MWh} \cdot (50\text{€} - 41\text{€}) = 65340\text{€}$ - puhas kasum

Kütteperioodil oktoobrist kuni aprillini paagi kasutamisest saadud kogu kasum

$\Sigma\text{kasum} = 98425,8\text{€} + 126272\text{€} + 103773,12\text{€} + 90151,6\text{€} + 53802,98\text{€} + 65340\text{€} = 537765.$

5€

5.1 Majandustulemus

Samuti on allpool tabelis välja toodud suvekuudel kasutatud soojusenergia. Selle perioodi keskmine tarbimine on 12MW tunnis. Reeglina on Balti elektrijaama N^o11 plokk suvisel perioodil jooksvas remondis. Sellel ajal soojusenergia väljalase toimub tipu reserv katlamajast. Aga gaasikatla NSTB-87-16-300 minimaalne koormus on 18MW selle tõttu aga nimelt kolmandik toodetavast soojusenergiast lastakse atmosfääri. 18MW soojuskoormuse tootmiseks gaasikatlas on vaja kulutada 2167 m³ gaasi. Ööpäevaga seega 52008 m³ gaasi. Balti elektrijaama N^o11 ploki jooksva remondi periood on ühest kuni kahe kuuni vastavalt tööde mahule ning omaniku poolt eraldatud vahenditele. Vaatleme jooksva remondi minimaalse perioodina ühte kuud. N^o11 ploki remondi 31 päevaga tarbib tipu reservi katlamaja 1664256 m³ gaasi. Aga tegelikult soojusenergia tarbimisele kulub 1045440 m³ gaasi. Siit tuleneb:

$$\Delta G = 1664256 - 1045440 = 618816 \text{ m}^3$$

Kahjumi arvutamiseks gaasi ületarbimisel võtsin ma viimase poolaasta gaasi keskmise hinna teenuse osutaja Eesti Energia ametlikult veebilehelt. Hind on 0,268€/m³. Teeme arvutuse ja saame, et:

$618816 \text{ m}^3 \cdot 0,268 \text{ €/m}^3 = 166255,2 \text{ €}$ kahjumit kuus suvisel perioodil gaasikatla kasutamisest.

Samuti tasub ära märkida, et akupaagi laadimine toimub öisel ajal, sellel perioodil elektrienergia minimaalsete hindadega blok laadib tühjaks kuni tehnilise miinimumini 130MW – ploki elektriline koormus. Sellel perioodil akupaagi laadimise arvelt võib vähendada mitterentaablilist elektri koormuse väljaandmist katla laadimisega soojusenergiaga mida läheb vaja akupaagi laadimiseks. Sellega vähendab kahjumit elektrienergia tootmisel.

Soojuse akupaak tuleb paigutada soojusvõrgu pumbajaama vahetusse lähedusse mis väljub Balti Elektri jaamast Narva linna poole ning ühendada süsteemiga ilma lisa pumpadeta kasutades olemasolevaid pumpasi ja paigaldama laadimise ja tühjaks laadimise regulaatorid.

Projekti analüüsist, Taanis (Kopenhaagenis) realiseeritud projektidest, lähtub, et soojuse akupaagi ehituseks vajalikud investeeringud võivad olla suurusjärgus 500-1000 €/GJ, mis antud juhul valides paagiks 13000 m³ mahuti (soojushoidmine suurusjärgus 2150-2250 GJ) on 1, 2-2, 5 miljonit eurot. Olemasolevate elektrienergia turuhindade ja CO₂ kvootide hinnad, mis mõjutab elektrienergia omahinda, mis 2020. aastal olid on esialgsel hinnangutel tasuvusaeg 4 kuni 5 aastat. Aga kui arvestada kadusi mida omanik kannab gaasikatla NSTB-87-16-300 tööga suvisel ajal siis projekti tasuvusaeg väheneb kuni 4 aastani. Arvestades selle projekti majanduslikke komponente olid minu poolt kasutatud soojusenergia tootmise keskmised arvud mis olid suunatud Narva linna ning keskmised 2020. – 2021. aasta elektrienergia tipuhinnad, seetõttu veelgi täpsema analüüsi jaoks on vajalik kaasata seadistuse ja tootmise efektiivsuse grupp. Aga samuti kaasata sõltumatud organisatsioonid majandusliku efektiivsuse arvestamiseks ja projekti realiseerimiseks. Samuti akupaagi veelgi efektiivsemaks kasutamiseks majandusliku vaatepunkti järgi tasub planeerida selle lülitamist tööse lähtudes Nord Pool Spot (NPS) börsihindade hinnagraafikutest.

KOKKUVÕTE

Toome tehtud töö tulemused ning toome kõige olulisemad eelised mida annavad soojuste akupaagi kasutamine.

- Avatud elektrituru tingimustes peab olema tagatud energiablokkide elektrienergia ja soojuste koostootmise suur paindlikkus, et töödada majanduslikult kasulikul režiimil. Maksimaalse soojuskoormuse korral plokki elektriline võimsus väheneb peaaegu 10-15%. Kui öisel ajal on elektrienergia väljalaske hind omahinnast madalam tuleb kasutada ka kesksurve auru soojuste genereerimiseks ning varudes seda akupaagi vähenevad üldkulud. Seda erinevust toodetava elektrienergia võimsuses võib kasutada soojatootmise väljalülitamisel.
- Elektrienergia madalate hindade mõju ajal töötab energiablokk sooja ja elektrienergia koostootmise režiimil maksimaalse soojuste väljumisega mis akumuleerub akupaagis. Kõrgete elektrihindade toimimise ajal töötab plokk kondenseerimise režiimil tootes ainult elektrit maksimaalse võimaliku võimsusega aga Narva linn kindlustada soojuste akupaagi töö arvelt.
- Soojuste akupaak võimaldab täielikult peatada koostootmisblokk ja tipu reserv katla varustuse näiteks laupäevaks ja pühapäevaks, et läbi viia torustiku armatuuri remonti, mis on väga päevakajaline probleem.
- Atmosfääri rõhul töötav soojuste akupaak võib hoida statistilist keskkütte rõhku ning töödada võrgu paisupaagina (praegult juhitakse kallid vesi mis on seotud paisumisega ning võrguvee temperatuuride muutumisega kanalisatsiooni).
- Energiablokk võib töötada vastavalt soojus- ja elektrienergia tootmisega optimaalse režiimiga.
- Paljud avarii hetked mis võivad tekkida võib lokaliseerida või kõrvaldada ilma soojavarustuse katkemiseta.
- Võimalus ilma soojuskoormuse muutumiseta soojusenergia tootmise suurendamise arvelt võtta ära elektri koormust ning selle tagajärjel vähendada kadusid madalatel hindadel elektri tootmisel.

Antud töös ei ole arvestatud kasu kadude vältimiseks öisel ajal elektri tootmisel kui elektrienergia on turul alla omahinna, selle tootmist plokis võib vähendada maksimaalse soojusenergia tootmise arvelt.

Samuti ei olnud vaatluse all elektri- ja soojusenergia koostootmise variant suvekuudel enne või pärast jooksvat remonti. Nagu reegliks №11 plokki remondi graafiku koostamisel omanik tugineb aja vahemikust millal naabruses olevates Skandinaavia riikides aatomi elektrijaamad jäävad remondiks või plaaniliseks hoolduseks seisma.

Nagu reeglilik sellisel ajal elektrienergia hinnad tugevalt tõusevad ja annavad võimaluse teenida majanduslikku kasu. Las olla see näitaja mitte nii kõrge tubli 2-3 MW tunnis päevasel ajal. Kuu ajaga see näitaja jõuab kuni 600-700 MW kuus. Aga arvestades häid tipu hindasi toob see omanikule lisa kasumi.

Sellviisil kui arvestada kõiki aspekte mis on seotud majandusliku kasuga akumulatuva soojuspaagi kasutamisega, aga nimelt:

- Arvestatud kasum ploki № 11 kasutamisel koos akupaagiga kütteperioodil oktoobrist kuni aprillini.
- Kahjumit suvisel ajal soojusenergia tootmisel gaasikatla kasutamisega.
- Aga samuti selles töös mitte arvestatud suvisel perioodil ploki töötamisel elektri ja soojuse koostootmise juhtumeid.

Selle projekti arvatavat tasuvusaega võib vähendada vähemaks 4 aastast.

SUMMARY

In this thesis, the technical possibility of using a storage tank in the heating network of the city of Narva and the optimal volume of the storage tank are researched, taking into account the indicators for heat consumption in winter at average temperatures. Viewed period can be taken from October to April (about 210 days), since the heat load period of 60-80MW is quite long.

Appropriate technical solutions should be found, but only with their economic justification for the construction of a battery tank on the territory of the Baltic Power Plant and its usability in the heating network of the city of Narva. We will determine the optimal cost of investments depending on the heat capacity of the storage tank and the useful time of the tank operation to ensure uninterrupted supply of heat. An estimated model of the project was compiled based on the capacity of the battery tank and the time of its full charging and discharging (taking into account the difference in the price of electricity sales during the hours of minimal and maximal). From the analysis of projects implemented in Denmark (Copenhagen), it follows that the investments necessary for the construction of a heat tank-accumulator can be in the range of 500-1000 €/GJ, which in this case, when choosing a tank, the capacity of 13000 m³ (heat content of the order of 2150-2250 GJ) will be 1.2-2.5 million euros. If exchange prices for electricity and prices for CO₂ quotas, which affect the cost of electricity, are considered, the payback period will be from four to five years according to preliminary estimates.

Next, the work was summarized and the most important advantages of a heat tank-battery were reviewed. In conditions of an open energy market, high flexibility of power units of joint electricity and heat production should be provided in order to operate in an economically profitable mode. During the operation of the low price of electricity, the power unit operates in the mode of combined production of heat and electricity with maximum heat output, which is accumulated in the battery tank. When the price of electricity is high, the unit operates in condensation mode, generating only electricity at the maximum possible power, and the city of Narva is supplied with heat due to the operation of the thermal storage tank. The atmospheric heat storage tank can maintain the statistical pressure of the central heating and operate as an expansion tank of the network. As well as the power unit can operate in optimal modes according to the ratio of heat and electricity production.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Оценка возможности создания теплоаккумуляционной установки на базе мазутных баков ТЭЦ Махотило, К.В. Харьков 2008 [Online] <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/3065> 24.05.21 (veebiaartikkel)
2. Могенс Кьер Петерсен, Йорген Огард, Тепловые аккумуляторы https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=844 20.04.21 (veebiaartikkel)
3. Типовая инструкция по технической эксплуатации баков-аккумуляторов горячей воды в системах коммунального теплоснабжения мдк 4-04.2002 разработана Российским акционерным обществом закрытого типа «Роскоммунэнерго» (Хиж Э.Б., Скольник Г.М., Саркисаева Л.К., Толмасов А.С.) при участии Российской ассоциации «Коммунальная энергетика» [Online] https://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=349 12.05.21 (veebiaartikkel)