

Alexey Butorin

Laivojen höyrykattiloiden huolto- ja korjaustyöt

Opinnäytetyö
Merialan koulutus

2019



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät Alexey Butorin	Tutkinto Insinööri (AMK)	Aika Kesäkuu 2019
Opinnäytetyön nimi Laivojen höyrykattiloiden huolto- ja korjaustyöt		43 sivua 6 liitesivua
Toimeksiantaja XAMK		
Ohjaaja Alexander Shaub		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia laivojen höyrykattiloiden toimintaperiaatteet selvittää kattiloiden tyypit ja kirjoittaa tiivis opastus, joka käsittelee yleiset pakolliset huollot, viat ja mahdolliset korjausmenetelmät. Työn tavoitteena on auttaa uutta tai aloitteleva konemestaria.</p> <p>Kattilat ovat aluksen energialaitoksen tärkeitä osia. Tämän takia ne vaativat henkilöstön erityistä huomiota, sekä tarkkaa kattilan toimintaperiaatteisiin, ylläpitoon ja huoltoon liittyvää tietämystä. Ja ennen kaikkea kykyä suorittaa vaurioituneiden elementtien korjausta meriolosuhteissa.</p> <p>Tästä aiheesta on suuri määrä opetusmateriaalia, mutta mielestäni jotkut asiat on selvitetty hankalasti. Työssäni yritin kerätä tietoa tärkeimmistä asioista, joihin kannattaa kiinnittää erityisesti huomioita, jotta voi taata laatu- ja turvallisen tuotannon.</p>		
Asiasanat Höyry, höyrykattilat, viat, huolto, korjaus		

Author (authors)	Degree	Time
Alexey Butorin	Engineer	Juni 2016
Thesis Title		
Maintenance and repair of steam boilers for ships		43 pages 6 pages of appendices
Commissioned by		
XAMK		
Supervisor		
Alexander Shaub		
Abstract		
<p>The thesis was designed to investigate the ships ' steam boilers operating principles, boiler type and write a concise guide that deals with general compulsory con-lot, faults and possible repair methods. Work is the aim to help new students-share, or an aspiring engineer.</p> <p>The Boilers are important parts of the ship's energy plant. This is why they require substandard housing special attention, as well as the exact boiler operating principles, maintenance and maintenance-related knowledge. And, above all, the ability to perform the damaged elements of the boiler operation in sea conditions.</p> <p>There is a great deal of teaching material on this subject, but I think some things have been clarified with difficulty. In my work trying to collect information about exact things, what on my mind be worth it to draw particular attention, in order to guarantee the quality of the steam smooth and safe production.</p> <p>Keywords Steam, boilers, faults, maintenance, repair</p>		

Sisällys

1	JOHDANTO.....	5
2	HÖYRYKATTILAN PERUSTEET	5
	2.1 Höyrykattilan toimintaperiaate	6
	2.1.1 Aluksien höyrykattiloiden tarkoitus ja luokittelu	10
	2.1.2 Kattiloiden tyypit.....	13
3	PERUSVAATIMUKSET	16
	3.1 Kattilan apulaitteet.....	16
	3.2 Vesiputkikattilan apulaitteet	23
	3.3 Polttoaineen polttoprosessi	24
	3.4 Ilman syöttö tulipesään.....	25
	3.5 Polttoaineen syöttö tulipesään.....	25
	3.6 Polttoaineen palamisprosessi.....	27
4	SYÖTTÖVEDEN ESIKÄSITTELY	29
5	PÄÄASIALLISET VIAT	31
6	KORJAUKSEN-, HUOLLON- JA KUNNOSSAPITOON TOIMENPITEET	34
	6.1 Kattilan puhdistus ja tarkastus.....	34
	6.2 Korjauksen- ja kunnossapidon toimenpiteet.....	35
7	KATTILAN KÄYNNISTÄMINEN JA KÄYTTÖ.	38
8	PERUSTURVALLISUUSTOIMENPITEET KATTILAN KÄYTÖN JA HUOLLON AIKANA 40	
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	43
	LÄHTEET:.....	47
	KUVALUETTELO:.....	50

1 JOHDANTO

Suurin osa maailman merialuksista on varustettu höyrykattiloilla. Höyrykattilassa oleva höyry muodostuu sisällä olevan veden lämmittämisestä. Lämmönlähteenä ovat yleensä nestemäisen tai kaasumaisen polttoaineen polttopolutteet sekä savukaasut.

Aiheesta on suuri määrä opetusmateriaalia. Jokainen kirja täydentää tai ylittää toista. Käytännössä tämä kirjojen määrä ei kuitenkaan ole kovin kätevää oppiaineen opiskeluprosessissa. Jotkin kirjat olettavat, että konemestarilla on jo jotakin vaadittua perustietoa. Toiset taas kertovat höyrykattiloiden vikojen ja vaurioiden korjauksen teollisista menetelmistä. Mutta aloittelevalle konemestarille, kuten joskus ennen minullekin, tämä tieto osoittautui pitkälti hyödyttömäksi. Omasta puolestani olenkin sitä mieltä, että nuorelle asiantuntijalle paras tapa saada tietoa alusten kattiloiden huolto- ja korjaustoimissa on työkennellä huoltohenkilöstön kanssa. Tämä johtikin kyseisen opinnäytetyön aiheen valintaan.

Tutkimukseni kohteena ovat höyrykattilat - lämmönvaihtolaitteet, joissa fossiilisia polttoaineita poltettaessa vesi muuttuu höyryksi, joka on pakollista aluksen toimintatarpeiden täyttämiseksi.

Opinnäytetyön aiheena ovat höyrykattilan tärkeimmät ja yleisimmät ongelmat, sekä niiden korjaus ja huolto.

2 HÖYRYKATTILAN PERUSTEET

Aluksen höyrykattila on rakenteellisesti integroitu kompleksi, joka on suunniteltu höyryn jatkuvaan tuotantoon muuttamalla mikä tahansa muu energia lämpöenergiaksi. Saatua vesihöyryä käytetään eri kohteiden lämmitykseen: polttoaineet, öljyt, koneet, lastitankit ja erilaiset lämmönvaihtimet. (Sherstnev 2017, 8.)

Nestemäiset polttoaineet ovat nykyinen yleisin lämpöenergian lähde aluksilla. Höyrykattiloiden toiminnan pääperiaatteena on höyryn muodostuminen lämmön siirtyessä työaineeseen. Lämpö vapautuu kattilan pesän polttoaineen palamisen aikana. Työaineena on vesi.

Höyrykattilassa jatkuvaa höyrytuotantoa varten tapahtuvat prosessit ovat seuraavat:

- polttoprosessi – nestemäisen tai kaasun polttoaineen palaminen kattilan tulipesässä;
- aerodynaaminen prosessi – tulipesään syötetään ilmaa paremman palamisen aikaansaamiseksi, jonka jälkeen polttoaineen palamistuotteet poistetaan kattilan kaasukanavien kautta;
- lämmönsiirtoprosessi – lämmityspinnan läpi tapahtuva lämmönsiirto palokaasuista veteen;
- hydrodynaaminen prosessi – kattilan lämmityspintaa pitkin tapahtuva veden ja höyryn kierto. (Denisenko & Kostylev ym. 2005.)

Nämä prosessit liittyvät tiivisti toisiinsa ja niistä aiheutuvat sivuvaikutukset, kuten esim. saostumien muodostuminen, metallikorroosio ja kattilan elementtien lujuuden muutokset vaikuttavat sekä höyrykattiloiden pitkän aikavälin toiminnan taloudellisuuteen että turvallisuuteen. Nykyään käytetään kolmen tyyppisiä höyrykattiloita: vesiputkelliset, tuliputkelliset ja yhdistetyt höyrykattilat (Denisenko & Kostylev ym. 2005).

2.1 Höyrykattilan toimintaperiaate

Aluksen kattilahuoneen kokoonpanoon sisältyy yleensä kaksi höyrykattilaa. Niistä yhtä pidetään ensisijaisena ja toista lisänä tai varalla. Itse asiassa molemmat kattilat ovat käyttövalmiina ja yksi niistä tuottaa höyryä suoraan, ja toinen on valmiustilassa ja käynnistyy aika ajoin, kun höyrynpaine laskee alle asetetun rajan. Saavutettuaan asetetun paineen ylärajan, kattila katkaisee toiminnan. Joillakin aluksilla on oma vakiintunut, kirjoittamaton menettelytapa kattiloiden käytöstä. Esimerkiksi samaa kattilaa ei käytetä pääkattilana koko ajan, vaan roolia vaihdetaan vaikkapa kerran kuukaudessa.

Tämä tehdään siksi, että varmistetaan kattilan moitteeton toiminta, eli ettei pumpuissa ole vuotoja. Voidellaan kaikki voitelua tarvitsevat yksiköt ja tehdään mahdollinen kattilaveden vaihto. Ja tehdään edellisen pääkattilan tekni-

Kuva 1. Vesiputkikattila jossa

B on ilmavirta; T on polttoaineen syöttö; Γ on pakokaasut; 1 – tulipesä; 2 – vesilieriö; 3 – veden lämmitysputket (höyrystin); 4 – ilmanakana; 5 – kaasukanavat; 6 – tulistin; 7 – ilmanlämmitin; 8 – syöttöveden esilämmitin (ekonomaiseri); 9 – painemittari; 10 – höyryn pääventtiili; 11 – varoventtiili; 12 – syöttöventtiili; 13 – vedenmittauslaitteet; 14 – höyry/vesi lieriö; 15 – poltin; 16 – perusta. (Lopintsev ym. 2014.)

Höyrykattilan yksinkertainen kaavio on esitetty kuvassa 1.

Tämä kattila toimii nestemäisellä polttoaineella, jossa on ekonomaiseri, ilmanlämmitin ja tulistin. Höyrykattila koostuu kahdesta pääelementistä, höyry/vesi (14) ja vesilieriöstä (2), jotka ovat yhdistetty keskenään höyrystimellä (3). Polttoaine(T) poltetaan kattilan tulipesässä 1, mihin myös puhaltuu ilma (B). Kaasujen lämmön siirto veteen tapahtuu tulipesässä ja kaasukanavissa (5), joita myös käytetään kaasuvirran ohjauksessa savupiipun. Se sijaitsee lämmityspintojen jälkeen ja savupiipun kautta kaasut (Γ) päästetään ilmakehään.

Kattilan korkeampi hyötysuhde voidaan saavuttaa ilmanlämmitin ja ekonomaiserin avulla. Ne myös mahdollistavat pakokaasujen lämmön täydellisemmän hyödyntämisen, laskemalla pakokaasujen lämpötilaa.

On myös huomionarvoista, että ekonomaiserin tai ilmanlämmittimen asentaminen laskee ulostulevien kaasujen lämpötilaa 150 °C:seen ja poikkeustapauksissa 125 °C:seen, minkä takia ilmanlämmittimen ja ekonomaiserin lämmityspinta toimii olosuhteissa, joissa savukaasujen lämpötilat ovat suhteellisen alhaiset.

Ilmanlämmittintä (7) käytetään lämmittämään ilmaa (B), jota käytetään polttoaineen polttamiseen. Polttimeen (15) johdetaan lämmitettyä ilmaa ilmanakanan (4) kautta. Höyryn pääventtiili (10) poistaa höyryä jatkuvasti kattilan käytön aikana. Syöttöventtiili (12) hoitaa jatkuvan veden syötön tietylle vesitasolle. Jos vedenpinta laskee sallitun tason alapuolelle, hätätilanteet ovat väistämättömiä. Kaksi kappaletta vedenmittauslasia (13) valvovat kattilan vesitasoa ja ne asennetaan kattilan etuosaan näkyville.

Höyrykattilassa on kaksi polkua: ilma-kaasu ja höyry-vesi. Höyrystymispinta on veden ja höyryn välillä kattilassa oleva veden pinta. Yksi höyrykattilan hätätilanteista on paineen nouseminen yli sallitun rajan. Ylipaineen kuormittumiseen liittyvien onnettomuuksien välttämiseksi kattiloihin asennetaan kaksi kappaletta varoventtiileitä (11). Painemittari (9) mahdollistaa kattilan höyrynpaineen tarkkailemisen/säätämisen. Edellä mainittu luettelo kattilan osista on välttämätön minimi kattilan normaalia, ja ennen kaikkea turvallista, toimintaa varten.

Tulistimeksi kutsutaan sellaisia kattilan lämmityspintoja, jossa tapahtuu kuivan kyllästetyn höyryn ylikuumennus haluttuun lämpötilaan. Aluksen kattilan kaasuputkeen asennetaan tulistin (6), joka varmistaa ylikuumennetun vesihöyryn saannin. Ylikuumennetun höyryn muodostumiseksi kattilaan tuleva syöttövesi lämmitetään aluksi ekonomaisierissa (5), joka myöskin asennetaan kattilan kaasuputkeen. Vettä voidaan esilämmittää myös vesilämmittimissä, joissa käytetään laivan ylläpitomekanismeissa kulutetun höyryn lämpöä. Kyseinen vesi päätyy vesilämmittimestä ekonomaiseriin vesiputkia pitkin, missä tapahtuu jatkolämmityksen prosessi. Haluttuun lämpötilaan lämmitetty vesi syötetään edelleen kattilaan. Itse laivan höyrykattila asennetaan suoraan perustalle (16). (Lopintsev ym. 2014.)

Toisin kuin vesiputkikattilassa, tuliputkikattilassa kaasut kulkevat putkien läpi, ja vesi sijaitsee niiden ympärillä. Putkilla on huomattavan pieni halkaisija. Aluksesta riippuen on olemassa erilaisia malleja ja järjestelyjä. Melko usein aluksilla näkee tuliputki höyrykattiloita, joissa on vain yksikaasujohto, joka on pystyasennossa. Niiden toimintaperiaate on melko yksinkertainen. Polttoaineen palamisen jälkeen syntyvät kaasut pyrkivät tuliputkea pitkin ylös. Samalla ne lämmittävät putkea ympäröivää vettä. Veden lämpenemisen seurauksena rungon yläosaan muodostuu höyryä. Tällaisten kattiloiden laajamittainen käyttö 1900-2000-luvuilla selittyy ylläpidon helppoudella, ylläpidettävyydellä, sekä kyvyllä toimia, kun paine kaasujohtimessa ylitti ilmakehän paineen (puhallettaessa). (Sherstnev 2017, 31-32.)

2.1.1 Aluksien höyrykattiloiden tarkoitus ja luokittelu

Tähän mennessä höyrykattilat ovat löytäneet menestyksekkäästi sovelluksensa säiliöaluksilla ensisijaisesti öljytuotteiden vaaditun lämpötilan ylläpitämiseksi niin matkustaja-aluksilla kuin myös kuivalastialuksilla. Höyrykattiloita on käytetty koneiden ja raskaspolttoaineiden lämmityksessä ja ne myös tarjoavat oleskelutilojen lämmityksen ja lämpimän käyttöveden. Tällä hetkellä käytössä olevan laivaston huomattava ikä puolestaan määrittelee turvallisuuden arvioinnin asianmukaisuuden ja höyrykattilan mekanismien toiminnan nykyaikaisten vaatimusten mukaan. Aluksilla olevien kattiloiden polttimot eroavat pienellä koolla tavallisista kattiloista, minkä takia alusten kattiloilla on korkeammat lämpöjännitykset, jotka määräävät polttolaitteille korkeat vaatimukset.

Höyrykattiloiden käyttöalgoritmi perustuu veden kuumentamiseen kiehumispisteeseen ja myöhemmin muuttaminen höyryfaasiin halutuilla ominaisuuksilla. Tämä prosessi toteutetaan asettamalla säädely vesitaso kattilaan, mistä edelleen muodostuu höyrystymispinta. (Enin, Denisenko & Kostylev 1993, 10.)

Höyrykattilassa tunnetaan kaksi lämmönlähdettä:

1. Tärkein tapa on fossiilisten polttoaineiden polttaminen kattilan tulispesässä. Tämän prosessin aikana muodostuu suuria määriä kuumia palamistuotteita (savukaasuja), jotka puolestaan toimivat lämmönsiirtoaineena, jonka avulla tapahtuu veden lämmitys, ja höyrystyminen sekä höyryn lämmitysprosessi.
2. Toissijainen tapa. Muista lämpömoottoreista, kaasuturbiineista tai dieselmooottoreista saadun hukkalämmön käyttö.

Alusten höyrykattiloiden tarkoituksena on siten tarjota laivan kuluttajille tarvittava määrä ja laatu höyryä. Tietyn aluksen höyrynkuluttajien ryhmä riippuu aluksen käyttötarkoituksesta, toiminta-alueesta ja pääkoneen tyypistä ja tehosta, sekä muista tekijöistä. (Evtushenko & Kosenko 2010, 130 – 136.)

Aluksilla on suuri määrä erilaisia kattiloiden ja niiden rakenteiden asetteluja. Jotta ne voitaisiin systematisoida jotenkin yleistä luokittelua varten, kattilat jaetaan seuraavien kriteerien mukaisesti:

1. Käyttötarkoituksen mukaan:

- autonomiset - niillä on oma polttoaine- ja ilmansyöttöjärjestelmä.
- hyödyntävät - nämä höyrykattilat käyttävät lämpömoottorien pakokaasujen lämpöä
- yhdistetyt – näissä höyrykattiloissa veden lämmittäminen ja sen haihduttaminen voidaan suorittaa sekä omasta polttoaine- ja ilmansyöttöjärjestelmästä että käyttäen muun tyyppisten lämpölaitosten palamistuotteiden lämpöä.

2. Käyttökohteen mukaan:

- pääkattilat, jotka tuottavat höyryä höyryturbiinille (pääkoneisto) ja kaikille koneille, jotka tarvitsevat höyryä aluksen liikkumisen aikana.
- apukattilat, jotka tarjoavat höyryä kaikille aluksen pakollisille mekanismeille, erityisesti satama-aikana, kun pääkattilat eivät ole toiminnassa. Niitä käytetään myös pääkattiloiden käynnistämiseen.
- Aluksilla, joilla on kaasuturbiinipääkoneisto tai dieselgeneraattorit tai sähköpropulsiomootorit, käytetään apukattiloita myös aluksen liikkussa, jotta varmistetaan höyryn tuotto kaikille aluksella oleville höyrynkuluttajille. (Sudovye katelnye ustanovki ym. 1993.)

3. Höyry-vesiseoksen ja veden liikkumisen järjestämisperiaatteen mukaan:

- kattilat, joissa on luonnollinen kierto. Näissä höyrykattiloissa höyry-vesiseoksen ja veden liikkuminen kiertopiiriä pitkin johtuu tiheyseroista, jotka muodostuvat, kun vesi ja höyry-vesiseos haihtuvat. Veden ja höyry-vesiseoksen kierto täyttää höyryä tuottavia putkia vedellä ja varmistaa niiden jäähtymisen. Erittäin tärkeänä tekijänä on vesikierron häiriö, jossa putken sisäpinnalla olevan vesikalvon sijasta muodostuu seisova kerros höyryä. Tämän seurauksena lämpötila alkaa kohota nopeasti. Tämä ei voi olla vaikuttamatta putkien kuntoon. Korkeissa lämpötiloissa putkimateriaali hapettuu, vaurioituu ja tuhoutuu.

- kattilat, joissa on pakkokierto. Näissä kattiloissa veden ja höyry-vesiseoksen liikettä säätelee kiertopumppu. (Badanina 2014, 139 -142.)

Lisäksi voidaan luokitella pakkokierrolla toimivien aluksien höyrykattilat:

- suora virtaus
- pieni määrä pakkovirtauksia
- moninkertainen pakkovirtaus

4. Rakenteen mukaan kattilat ovat:

- tuliputki - näissä kattiloissa vesi kiertää pakokaasuputkien ympärillä, jotka kuljettavat kuumia pakokaasuja.
- vesiputki - näissä kattiloissa vesi ja höyry-vesiseos kulkee putkien sisällä, joita ulkoapäin ympäröi kuumat pakokaasut.
- yhdistelmäkattilat - näissä kattiloissa on sisäänrakennettu sekä tuli-, että vesiputkelliset osiot. (Badanina 2014, 143.)

5. Ilmankierron järjestämisperusteen mukaan:

- kattilat, joissa on avoin ja suljettu puhallus. Näissä ilma syötetään kattilanpolttimen tuulettimen avulla. Polttoaine palaa paineen alla, joka ei ole merkittävästi korkeampi, kuin ilmakehän paine.
- korkeapainekattilat, joiden toimintaperiaatteena on pakottaa ilma erityisellä kompressorilaitteella. Polttoaine palaa 0,2 - 0,4 MPa:n ($2 - 4 \text{ kg/cm}^2$) paineessa, joka ylittää ilmakehän paineen huomattavasti.

6. Käytettävän polttoaineen mukaan:

- kiinteä - toimivat hiilipölyllä ja hiilellä
- nestemäinen - toimivat dieselillä ja polttoöljyllä
- kaasumainen - toimivat synteettisillä kaasuilla ja biopolttoaineella

Yleisin alusten höyrykattiloissa käytettävä polttoaine on nestemäinen polttoaine, joko raskas tai kevyt polttoöljy. Harvinaisissa tapauksissa käytetään kaasukattiloita. Tämä tapahtuu yleensä kaasua kuljettavissa aluksissa, joissa on höyryputkiasennukset, koska ne käyttävät kaasua, jota kuljettavat.

7. Kattilanpolttimen sijainnin mukaan:

- poltin sijaitsee kattilan etuosassa. Näitä kutsutaan kattiloiksi, joissa on yksi etulämmitysosio.
- polttimet sijaitsevat kattilan etu- ja takaosassa. Näitä kutsutaan kattiloiksi, joissa on kaksipuolinen lämmitysosio.
- poltin sijaitsee katossa (katto konfiguraatio)
- polttimet sijaitsevat kattilan sivuilla (sivukonfiguraatio)

Jotkut tutkijat, erityisesti Tihonov ja Ageev, jakavat kattilat niiden rakenteellisten erojen perusteella:

- haihdutusputkien tyyppin mukaan, joita käytetään lämmityspinnoissa, ilmanlämmittimissä, ekonomaiserissa ja tulistimessa
- loppupään lämmityspintojen (ilmanlämmittimen ja ekonomaiserin) puuttuminen tai läsnäolo
- lämmityspintojen asettelu
- kollektorien lukumäärä
- polttoprosessin järjestelyn mukaan
- sekä monia muita
-

Edellä esitetystä voidaan päätellä, että nykypäivän kattiloissa on olemassa lukuisia erilaisia tuntomerkkejä, ominaisuuksia ja rakenteellisiä erikoisuuksia, joiden mukaan niitä voidaan luokitella. (Tihonov & Ageev 2011, 32.)

2.1.2 Kattiloiden tyypit

Höyrykattiloiden toimintaa voidaan luonnehtia seuraavasti: höyryn lämpötila ja paine, höyryn tuottomäärä, kattilan lämmityspinta, sekä sen osat, hyödyllisen työn kerroin ja kattilan massa.

Massiivista määrää höyryä, jonka kattila tuottaa aikayksikköä kohden pitkäaikaisen kattilan käytön aikana, kutsutaan höyryntuotannoksi (D). Yksikkönä on t/h ja pienitehoisilla kattiloilla se on kg/h. (Buznik 1970, 479.)

Laivojen höyrykattilat voivat samanaikaisesti tuottaa kyllästettyä, jäähdytettyä ja ylikuumennettua höyryä. Se riippuu apumekanismeista ja pääkoneista, joi-

den varusteena kattila on, sekä höyryn tarpeesta taloudellisiin ja teknisiin tarpeisiin. Tässä toimintatilassa höyrynpaine pysyy samana, vain sen lämpökapasiteetti muuttuu, joka lasketaan kaavalla (1):

$$D = D_{\text{yliik.}} + D_{\text{kylm.}} + D_{\text{kyl.}} \quad (1)$$

jossa:

$D_{\text{yliik.}}$ – kattilan tuottaman ylikuumennettu höyryn määrä, kg/h

$D_{\text{kylm.}}$ – kattilan tuottaman jäähdetytyn höyryn määrä, kg/h

$D_{\text{kyl.}}$ – kattilan tuottaman kyllästetyn höyryn määrä, kg/h

Kattilan lämmitysteho (Q) on ominaisuus, jota käytetään määrittämään kattilan lämpökuorma tarkemmin ja oikeammin se kuvaa veden haihtumiseen ja kuumentamiseen käytettyä lämpöä jouleina sekä höyryn ylikuumenemista aikayksikköä kohden.

Kattilan lämmitystehoa lasketaan kaavalla:

$$Q = D_{\text{yliik.}} (l_{\text{yliik.}} - l_{\text{s.v.}}) + D_{\text{kylm.}} (l_{\text{kylm.}} - l_{\text{yliik.}}) + D_{\text{kyl.}} (l_{\text{kyl.}} - l_{\text{s.v.}}) \quad (2)$$

jossa:

$l_{\text{yliik.}}$ – ylikuumennetun höyryn lämpökapasiteetti, j/kg

$l_{\text{kylm.}}$ – jäähdetytyn höyryn lämpökapasiteetti, j/kg

$l_{\text{kyl.}}$ – kyllästetyn höyryn lämpökapasiteetti, j/kg

$l_{\text{s.v.}}$ – syöttöveden lämpökapasiteetti, j/kg

$$I = X + (1 + X) * I_1, \quad (3)$$

jossa:

X – höyryn kuivuusaste

$(1 + X)$ – höyryn kosteusaste

I – kuivan kyllästetyn höyryn lämpöpitoisuus käyttöpaineessa, j/kg

I_1 – veden lämpökapasiteetti kyllästymislämpötilassa, j/kg

Kun kattilatoiminnan tuotteena on pelkästään ylikuumennettua höyryä, erittäin tärkeä arvo on höyryn kuivuusaste. Yleensä se lasketaan prosenteissa.

Lämpötila ja paine ovat tuotettavan höyryn tärkeimpiä parametreja. Höyrypaineen mittaustapa tapahtuu painemittarin avulla ja tällaista höyryä kutsutaan manometriseksi tai ylimääräiseksi höyryksi. Absoluuttinen paine on todellinen paine, joka on manometrissa painetta korkeampi barometrisen paineen jälkeen. Tekninen ilmanpaine on suure, jota käytetään tekniikassa. Se on yhtä suuri 0,1 MPa:n (1kg/cm^2) kanssa. Tavallisissa mittauksissa vesihöyryn lämpötilaa mitataan Celsius-asteina ($^{\circ}\text{C}$).

Lämmitykseen, ylikuumenemiseen ja höyrystymiseen käytetyn hyötylämmön suhde polttoaineen vapauttamaan lämmön kokonaismäärään (palaessaan ilman häviötä), jota käytetään muodostamaan tarvittu määrä höyryä, kutsutaan kattilan tehokkuusasteeksi. Tämä arvo mitataan prosentteina ja se ilmaisee kattilan tekemän työn teknis - taloudellisen indikaattorin. Kattilan tehokkuusasteen suuruus riippuu kattilan tyypistä, käyttötarkoituksesta, kattilarakenteiden tyypistä, käyttötavoista jne. Korkeapaineisissa polttoöljykattiloissa kattilan tehokkuusaste voi liikkua 77–83 % välillä, ja matalapaineisissa kattiloissa 88–93 % välillä. (Mochana 1977, 255.)

Kattilan seinämien pintaa, jonka toisella puolella on kuumia kaasuja ja toisella vettä, kutsutaan "kattilan lämmityspinnaksi". Palamisprosessin aikana syntyvä lämpö siirtyy tämän pinnan läpi. Yksikkönä käytetään m^2 ja mittaus tapahtuu siltä puolelta, jossa kaasut liikkuvat. Höyrystymispinnaksi kutsutaan sitä kattilan osaa, jossa muodostuu höyry. Tätä pintaa nimitetään joskus myös höyrymuodostumispinnaksi. Jos kattilassa on kehikkoja/ritilöitä, ne otetaan myös huomioon höyrystymispinnan arvioinnissa.

Kattilan massa määritetään kattilan avulla, joka on täytetty vedellä vesimittarin näyttämään keskitasoon asennetuilla vakiovarusteilla, laitteilla ja kalustuksella. Kattilaan täytetyn veden tilavuutta mittarin näyttämällä keskitasolla kutsutaan kattilassa olevan veden massaksi.

Yhdentyypisten kattiloiden vertailuun käytetään myös muita kattiloiden ominaisuuksia, kuten esimerkiksi suhteellinen massa, erityinen höyryloukku, polttolaitteen tilavuuden erityinen lämpökuorma, suhteellinen tilavuus jne.

(Mochana 1977, 256.)

Kattiloiden tyypit vaihtelevat tuotetun höyryn paineen mukaan. Tämän kriteerin mukaan erotellaan seuraavia kattilatyyppejä: korkea, kohotettu, keski- ja matalapaineinen kattila

Matalapaineekattilat ovat kattiloita, joiden paine on 1,5-2,2 MPa: keskipaineekattilat 2,2-3,2 MPa. Kohotetun paineen kattilat tuottavat höyryä paineella 3,2-6,4 MPa:n ja korkeapaineekattiloiksi lasketaan kattilat, joiden höyrynpaine on yli 6,4 MPa:n. Tämä mittakaava on hyvin ehdollinen ja muuttuu kattilarakentamisen kehityksen myötä. (Kazarinov, Shnaider & Kinash 2010, 81 – 85.)

3 PERUSVAATIMUKSET

Tässä osassa tarkastellaan kattilan apulaitteita koskevia perusvaatimuksia, mukaan lukien polttoaine, syöttövesi, syöttöveden kemialliset lisäaineet, sekä hätäturvallisuus.

3.1 Kattilan apulaitteet

Kattilan varusteeksi kutsutaan laitteita, jotka asennetaan kattilan yksiköiden turvallisen käytön varmistamiseksi. Näihin laitteisiin lasketaan seuraavat:

1. Päällelaskuventtiili (päähöyryventtiili) (kuva 2). Tämä venttiili asennetaan päähöyrylinjaan. Tavallisesti se on takaiskuventtiili tyyppinen.



Kuva 2. Päällelaskuventtiili (Butorin ym. 2018)

2. Varoventtiili (kuva 3.) Useimmiten kattiloissa käytetään kahta varoventtiiliä, joiden tehtävänä on estää paineen liiallista nousua yksikössä. Venttiilin tiivistys tapahtuu vasta sen jälkeen, kun sen toiminta on tarkistettu vastuuhenkilön läsnä ollessa ja laukeamispaineen asettamisen jälkeen. Venttiilin laukeamispaineen itsenäinen säätö on kielletty. Varoventtiili aktivoituu automaattisesti, kun kattilan paine saavuttaa tietty arvon. Varoventtiilit ovat suunniteltu päästämään kaiken höyryn kattilasta. Ne on valittava ja säädettävä siten, ettei paine kattilassa ylitä työpainetta 10 % enempää.

Kuvassa 2 on esitetty tavanomainen varoventtiili. Venttiilien parempaa suorituskykyä varten keinahtelun aikana ne esikuormitetaan putkistolla, joka sijaitsee höyrykammiossa höyrytilan alueella. Poistoputken kautta höyry pääsee savupiippuun ja siitä suoraan ilmakehään.



Kuva 3. Varoventtiilit (Butorin ym. 2018)

3. Syöttöventtiili. Katsotuimmat venttiilit asennetaan kaksin kappalein: apu- tai valmiusventtiili ja pääventtiili. Tämän tyyppisissä venttiileissä käytetään suuntaventtiilejä ja niissä on oltava merkinnät "suljettu" ja "avoin".

4. Painemittarit (kuva 4). Ne asennetaan paineen hallitsemiseksi koko höyrykattilamekanismissa, tulistimessa ja muissa osioissa. Tässä tapauksessa kuvassa näkyy kattilan paineanturin vieressä itse painemittari jonka lukemat lähetetään keskusohjauspaneeliin.



Kuva 4. Painemittari (Butorin ym. 2018)

5. Vesilasit (kuva 5). Vesilasin tyyppi ja rakenne valitaan suunnitellun kattilapaineen mukaan. Niiden avulla seurataan visuaalisesti vesitasoa, koska jyrkästi nousevalla tai laskevalla vesitasolla voi olla pahoja seurauksia, jotka voivat johtaa kattilan rikkoutumiseen. Yleisimmin käytetään kahta vesilasia kattilan molemmin puolin, koska väärä lukema aluksen keinahtelusta johtuen voi esiintyä vain yhdellä puolella.
- Paineesta riippuen on olemassa kahdenlaisia vesilaseja. Normaalipaineessa (yli 1,7 MPa:n) käytetään vedenmittausputkea. Tämä lasiputkea kiinnitetään kattilan runkoon liittimien avulla. Vuotojen estämiseksi asennetaan tiivisterenkaat, jotka suojaavat vaurioilta ja ne asennetaan suojakoteloon.
 - Jos paine ylittää 1,7 MPa:n, käytetään laitteita litteällä lasilla. Putken sijasta käytetään litteän lasin kokoonpanoa, joka asennetaan metalliseen koteloon (kuva 5). Metallilevyt asennetaan eteen ja taakse, jonka jälkeen asennetaan lasilevyt. Lasilevyjen väliin asennetaan vielä yksi metallilevy. Kaikkien levyjen välissä käytetään tiivisteitä ja lasilevyn pintaan, joka tulee kosketuksiin

veden ja höyryn kanssa, laitetaan kerros kiillettä. Kiille on yksi luotettavimmista eristeistä, joka suojaa lasia rikkoutumiselta korkean höyrypaineen vallitessa. (Teilor ym. 1987.)

- Vesilasin tarkkuuden parantamiseksi se on puhdistettava (puhallettava) väliajoin. Kuvassa 5 näkyvän vesilasin kohdalla sulkemalla tyhjennysventtiilin ja avaamalla höyryventtiilin, tulee siitä höyryä voimakkaalla paineella. Jos suljetaan höyryventtiili ja avataan vesiventtiili, siitä virtaa voimakas vesisuihku. Jos vesisuihku ei ole, niin kanava, josta vesihana on auki, on tukossa.



Kuva 5. M/t Futura. Vesilasi (Butorin ym. 2018)

6. Veden näytteenottoa varten syöttöputkeen on asennettu hana jäähdytyslementillä (kuva 6.), veden ottamiseksi järjestelmästä analysoimista varten. Tarvittaessa hanan rakenteeseen voidaan sisällyttää kemiallisten lisäaineiden lisäämismahdollisuus syöttövesijohtoon. Tilanteissa, joissa jäähdytysyksikkö ei toimi kunnolla, otetaan vesinäyte, joka jäähdytetään erikseen noin 30 C°:seen.



Kuva 6. M/t Futura. Kattilaveden jäähdyttiin (Butorin ym. 2018)

7. Ilmaushanat. (kuva 7.) Ilmaushanoja käytetään laskemaan ilmaa yksikön ontelosta kattilan ensimmäisen käynnistyksen aikana, sekä silloin kun kattilaa täytetään vedellä. Nämä hanat asennetaan höyryjakoputkiin, ja tarvittaessa myös ne voidaan asentaa kattilan muihin osiin.



Kuva 7. Ilmausventtiili (Butorin ym. 2018)

8. Kattilan tyhjennysventtiili (pohjapuhallusventtiili) (kuva 8). Tätä venttiiliä tarvitaan veden tyhjentämisen tai kattilan puhalluksen aikana. Sitä käytetään sijainnista riippuen kokonaan tai osittain veden poistamiseksi järjestelmästä.



Kuva 8. M/t Futura. Pohjapuhallusventtiili (Butorin ym. 2018)

Pohjapuhallusta käytetään kiinteiden suolajäännösten puhdistamiseen, jotka laskeutuvat tiheydensä takia kattilan pohjalle. Suurella ulostuloaukolla varustetun pohjapuhallusventtiilin avaaminen aiheuttaa paine-eron, jonka ansioista suurin osa laskeutuneesta suolasta imeytyy pois.

9. Pintapuhalluksen tehtävänä on ylläpitää korkealaatuista höyryä, jolle on ominaista puhtaus ja kuivuusaste, jota mitataan syöttöveden suolapitoisuudella. Pintapuhallusta kutsutaan joskus myös jatkuvaksi puhallukseksi. Se voi olla automaattinen tai manuaalinen. Luotettavin on kuitenkin jatkuva automaattipuhallus
10. Lisäksi höyrykattilassa on oltava manusluukut (kuva 10), eli sisäänpääsy-
luukku tulipesän ja kaasukanavien tarkastusta varten korjausten aikana.



Kuva 10. Manusluukku. (Butorin ym. 2018)

11. Tulipesäntarkastuslasi (kuva 11) tulipesän tarkastusta varten sen käytön aikana. (Boldyrev 2004, 187.)



Kuva 11. Tulipesäntarkastuslasi (Butorin ym. 2018)

3.2 Vesiputkikattilan apulaitteet

Vesiputkikattiloille on ominaista, että niissä on pienempi määrä vettä suhteessa tuotettavaan höyryn määrään. Tämän takia tarvitaan lisälaitteita:

1. Automaattinen syöttöveden säädin. Tämän venttiilin asennus tehdään ennen pääsyöttöventtiiliä. Höyrynkulutuksesta riippumatta tämä venttiili takaa tasaisen veden määrän kattilassa.
2. Alarajahälytin. Tämä laite ilmaisee, että vesitaso on laskeutunut minimitasolle.
3. Tulistimen ylivuotoventtiili. Välttämätön höyryn päästämiseksi sytytyksen aikana, sekä paineen nousun aikana.

Nuohouspuhallin. Tämän paineilmalla tai höyryllä toimivan laitteen avulla poistetaan nokea ja palamistuotteita putkien pinnoilta. Nuohouspuhallin asennetaan kattilan tärkeimpiin osiin ensisijaisesti puhdistusta varten. Käytön jälkeen nämä laitteet poistetaan. (Pushkin & Dementjev 1977, 505.)

3.3 Polttoaineen polttoprosessi

Polttoaineen palaminen on prosessi, joka tapahtuu korkeissa lämpötiloissa ja johon liittyy lämmöntuotto sekä polttoaineen hapettuminen. Tämän prosessin jatkuvaa ylläpitoa varten uuniin pitää syöttää polttoainetta ja ilmaa suhteessa noin 1:15 -16 massan mukaan. Itse seos on sekoitettava huolellisesti. Polttoaineen täydellisen palamisen kannalta ja ennen kaikkea laskentavirheiden eliminoimisen vuoksi on tärkeää syöttää enemmän ilmaa kuin vaadittu. Laskentavirheen tai vajaan ilmansyötön takia aiheutuu polttoaineen epätäydellinen palaminen ja ulostuleviin kaasuihin voi päästä polttoaineen hiukkasia, jotka myöhemmin muuttuvat mustiksi.

Polttoaineen polttaminen kattilalaitoksessa tehdään soihutoprosessina polttolaitteen avulla. Optimaalisen eli oikeaoppisen palamisprosessin avulla pystymme minimoimaan polttoaineen epätäydellisen palamisen määrän, joka voi vaikuttaa haitallisesti kattilan toimintaan, ja erityisesti saastuttaisi sekä kattilan pintoja että ilmakehää. Lisäksi maksimoidaan lämmönsiirto työympäristöön. (Gostev 2008, 972.)

3.4 Ilman syöttö tulipesään

Ilmaveto on painevaihtelua ilman kulkiessa tulipesän läpi. Aluksilla käytetään pakotettua ilmanvetoa, joka luodaan tulipesän puhaltimen avulla. On olemassa monenlaisia tulipesänrakennelmia, joissa on pakotettu ilmaveto. Standardirakennelma edellyttää ilmakehää, jonka kautta ilmaa syötetään järjestelmään tuulettimen avulla (kuva 14).



Kuva 12. M/t Mastera. Tuulettin (Butorin ym. 2019)

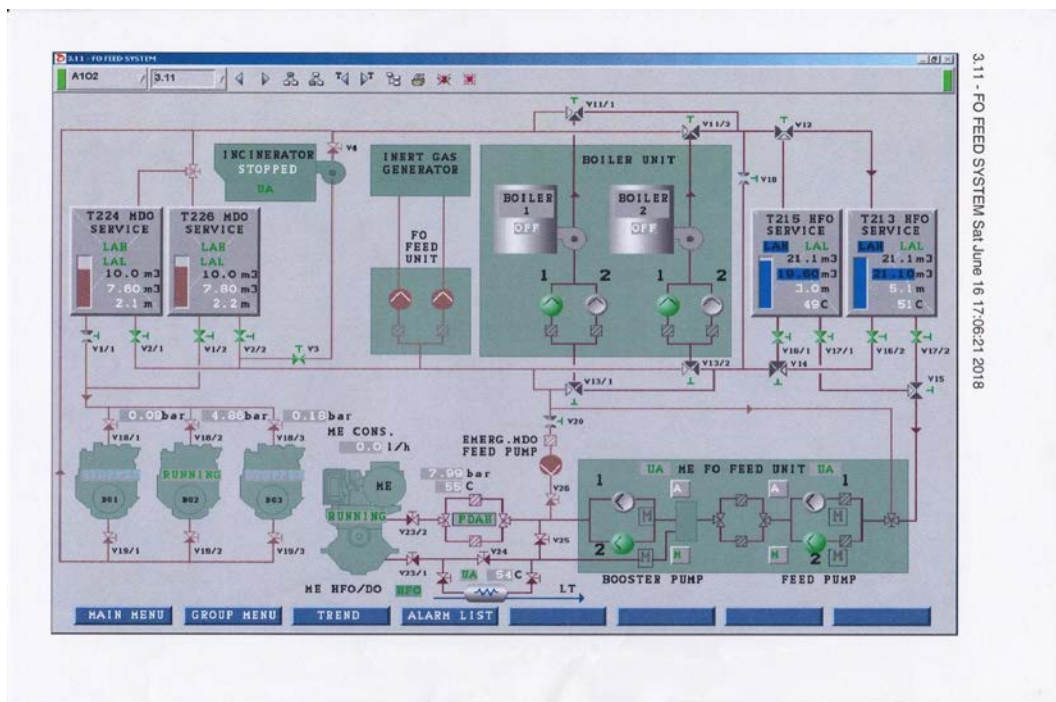
3.5 Polttoaineen syöttö tulipesään

Palavaa ainetta, jota poltetaan lämmönsaannin vuoksi, kutsutaan polttoaineeksi. On tavallista erottaa luonnollinen ja keinotekoinen polttoaine toisistaan. Luonnollista polttoainetta käytetään useimmiten sellaisena kuin se on kerätty. Keinotekoinen polttoaine läpäisee tietyn käsittelyn ennen polttamista. Keinotekoisiin polttoaineisiin lasketaan mm. diesel, polttoöljy, bensiini, koksi yms (Frid ym. 1998) .

Fyysisten ominaisuuksien perusteella polttoaineet, joita poltetaan alusten höyrökattiloissa, on jaettava nestemäisiin ja kaasupolttoaineisiin.

Höyrykattiloissa käytetään matalalaatuista nestemäistä polttoainetta (raskasöljyä).

Euroopassa raskaanöljyn käyttö satamissa ja rannikon läheisyydessä on kielletty. Nykyään jopa päämoottori toimi yksinomaan dieselillä. Raskasöljyyn voi siirtyä esimerkiksi ylittettäessä valtamerä tai Venäjän federaation alueella. Raskaanöljyn käyttö ei ole vielä kielletty Venäjän federaation alueella. Raskasöljy on säilytettävä säiliöissä, jotka sijaitsevat kaksoispohjan välissä. Tämä polttoaine pumpataan selkeytys säiliöihin (kuva 15.), joissa polttoaineesta erotetaan vesi ja epäpuhtaudet, jotka sitten lasketaan pois.



Kuva 13. M/t "Futura". P/A syöttökaavio (Butorin ym.2018)

Kaksoispohjan tilasta polttoainepumput pumpaavat polttoainetta suodattimien läpi. Pumpun läpi kulkeva polttoaine jatkaa polttoaineen lämmittimiin, jonka jälkeen polttoaine puhdistetaan hienommilla suodattimilla.

Tärkeä etappi on polttoaineen lämmityksen hallinta, koska polttoaineen lämpötilan kohottaminen yli vaaditun voi aiheuttaa öljymolekyylien hajoamisen tai ilmataskujen muodostumisen höyrystymisen takia. Höyrykattilat on yleensä suunniteltu käyttämään dieselpolttoainetta sytyttämistä ja matalatehoista toimintaa varten. (Morskoi Registr sudohodstva 2000, 834.)

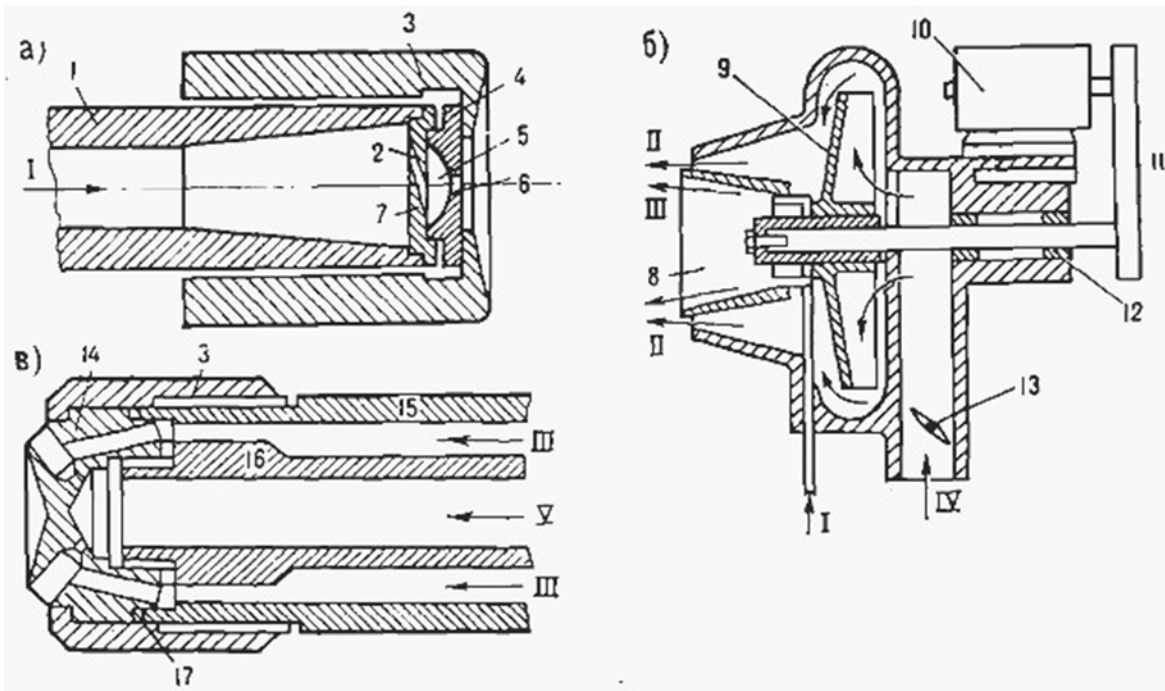
3.6 Polttoaineen palamisprosessi

Polttoaineen polttaminen kattilan tulipesässä tapahtuu suuren lämpömäärän vapautumisen yhteydessä, josta osa menetetään hyödyttömästi. Esimerkiksi lämpö, joka pakenee palamiskaasujen mukana tai siirtyy kattilan ympäristöön kattilan lämpenevistä alueista ja savupiipuista jne. Tämän yhteydessä käytetään kaikkia mahdollisia keinoja lämpöhukan vähentämiseksi, mutta sitä ei pystytä estämään kokonaan. On olemassa myös muitakin menetyksiä, jotka liittyvät polttoprosessiin, polttoaineen täydelliseen palamiseen ja tehokkaan palamistuotteiden lämmön hyödyntämiseen.

Tarkastellaan seuraavaksi itse polttoaineen polttoprosessia. Polttoaineen suihku muodostaa pyörivän homogeenisen kartion, joka on optimaalinen muoto polttoaineen syöttämiseksi. Polttoaine sekoittuu kunnolla ilman kanssa ja palaa täydellisesti.

Itse suuttimet voivat olla rakenteeltaan monenlaisia, (kuva 16) Kuvassa näkyvää a suutinta kutsutaan mekaaniseksi. Polttoaine syötetään suuttimeen 1–4 MPa:n paineella, mikä on välttämätöntä hienon suihkun muodostumiseksi ulostulossa. Polttoaine alkaa pyöriä itse keskipakovoimien takia. Keskipakovoima syntyy suuttimen tangentialisen kanaalin muotoon ja korkeapolttoaineen paineen avulla. Suutin "b" kuvassa, on suutin pyörivällä päällä, jossa polttoaine, saavuttaessaan pyörivän kartiomaisen pään reunalle, hajoaa ja keskipakovoiman vaikutuksen alaisena kiertyy edellä mainittuun muotoon. Suuttimen pää pyöri ilma- tai höyryturbiinin tai sähkömoottorin avulla. Polttoaineen paine voi laskea 0,12-0,13 Mpa:iin asti koska pään pyörimisnopeus pitää olla 5000-7000 kierrosta minuutissa.

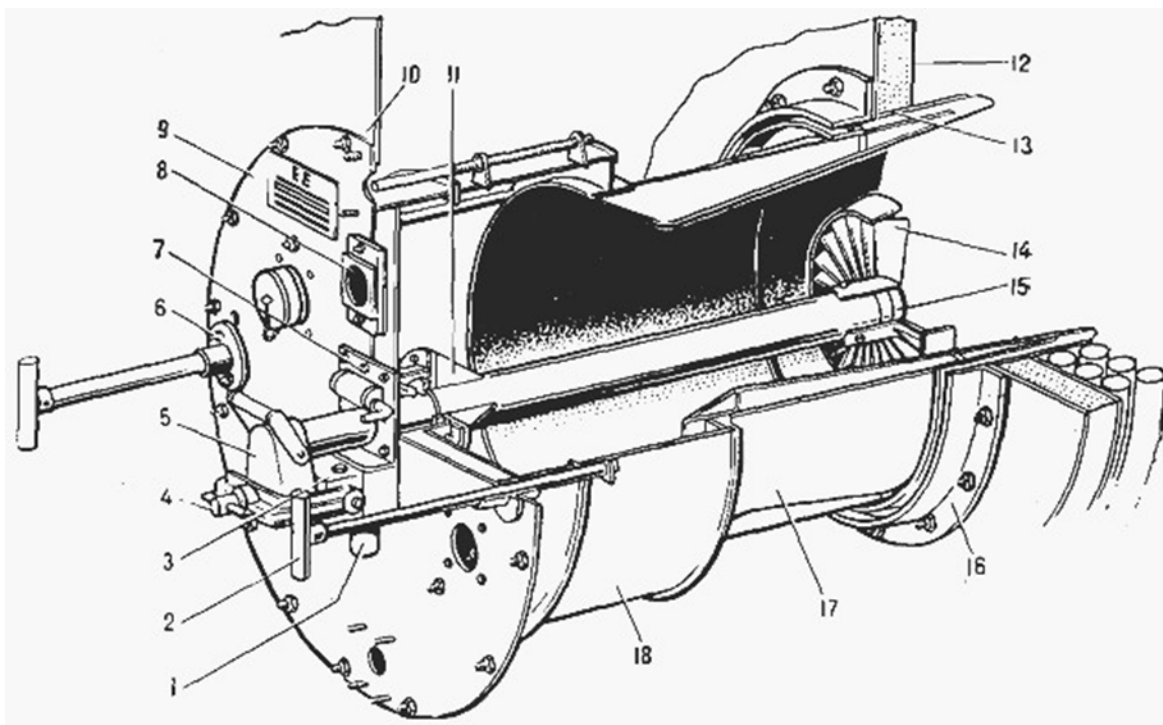
Suutin c kuvassa, on höyrysuutin, jossa höyrysuihku suihkuttaa ja pyörittää polttoainetta suurella nopeudella. Suuttimeen tuleva höyry tehdään keskiholkin läpi. Höyryn paine 0,4-2,5 Mpa:n, polttoaineen paine 0,4-0,5 Mpa:n. Höyry myös parantaa palamineen prosessi.



kuva 14. Pääpolttimen suuttimet

Kuvassa 16 on "a" — mekaaninen; "b" — pyörivällä suuttimella; "b" — höyryhajotteinen ; 1 — suuttimen runko; 2 — pyörrekanavat; 3 — umpimutteri; 4 — välikalvo; 5 - pyörrekammio; 6 — reikä; 7 — pyörivä levy; 8 — pyörivä kartio; 9 — tuuletin; 10 — sähkömoottori; 11 — pyörivän kartion voimansiirto; 12 — laakeri; 13 — rikastin; 14 — suihkusuutin; 15 — ulompi kotelo; 16 — sisempi kotelo; 17 — tiivisteet; I — polttoaineen syöttö; II — ilman ulostulo; III — polttoaineen ulostulo; IV — ilman syöttö; V — höyryn syöttö. (Teilor 1987, 82.)

Kattilan kotelon välisessä tilassa suuttimen ympärillä sijaitsee ryhmä luukkuja, jota kutsutaan ilmarekisteriksi. Tämän laitteen avulla kontrolloidaan syöttöaukon kokoa ilmakehän tulevalle ilmalle.



Kuva 15. ilma rekisteri

Kuvassa 17 on 1 — höyryn syöttöputki; 2 — T-muotoinen kahva; 3 — ohjauksyksikkö; 4 — paineruuvi; 5 — sumutinlaite; 6 — T-muotoisen kahvan ohjain; 7 — pieni luukku; 8 — kurkistusikkuna; 9 — suuttimen ulompi levy; 10 — ulkokotelo; 11 — diffusorin tukiputki; 12 — sisäkotelo; 13 — vaihdettava kärki; 14 — diffusori tai pyörre; 15 — suuttimen kärki; 16 — ohjainrenas; 17 — Venturi-putki; 18 — pyörivä holkki. (Teilor 1987, 83.)

Nykyaikaisissa höyrykattiloissa on olennaista korkea veden puhtausaste, ennen kaikkea maksimaalisen tehokkuuden varmistamiseksi. Kiehuessaan liian kova vesi erittää suoloja, jotka muodostavat kerrostumia laitteiston pinnoille, mikä heikentää lämmönsiirtoa sekä aiheuttaa kattilan ylikuumentumista. Jotkut suolat vedessä muodostavat happoja veden kiehumisen aikana, mikä on taas aggressiivinen ympäristö ja edistää kattilan tuhoutumista (Mochana 1977, 255).

4 SYÖTTÖVEDEN ESIKÄSITTELY

Aluksen voimalaitoksen pitkä käyttöikä ja sen luotettavuus riippuvat pitkälti kattilan käyttämän veden laadusta. Höyrykattiloiden vedenkäsittely on proses-

si, jonka pääperiaatteena on, että ennen veden syöttämistä kattilalaitokseen se esikäsitellään (Enin , Denisenko & Kostylev 1993, 216).

Vesi jaetaan: kattilaveteen, joka sijaitsee kattilassa ja sen kaikissa elementeissä, sekä syöttöveteen, joka sijaitsee suoraan ”hotwell feed water” tankissa ja jota syötetään kattilaan tarpeen mukaan. Lisäksi on olemassa lisävettä, joka on oikeastaan kondensaatiota, toisin sanoen jo käsiteltyä, jäähdytettyä vesihöyryä, joka palaa kattilaan kondensaationa hotwell tankin kautta. Hotwell tankissa vesi lämmitetään 85 – 90 °C.

Aluksen voimalaitoksen veden kiertoa pidetään suljettuna systeeminä. Häviöiden, kuten höyryvuotojen, kompensoimiseksi käytetään tislattua lisävettä, jota saadaan merivedestä tislauksen avulla. Tisla voi sisältää mineraali- ja orgaanisia seoksia, sekä erinäisiä kaasuja. Osa suoloista tulee kerääntymään kattilassa sen mukaan kun vettä haihtuu ja höyryä käytetään. Erilaiset kerrostumat kattilan eri paikoissa aiheuttavat erilaisia ongelmia. Happojen muodostumisen vähentämiseksi ja siitä aiheutuvan metalleille aggressiivisen ympäristön hillitsemiseksi vesi on syytä alkaloida.

Käytännössä kaikki prosessit ilmenevät syöttämällä kemikaaleja veteen. Lisäksi näihin prosesseihin aina liittyy myös veden käyttäytymisen seuranta järjestelmässä erityisesti näytteenoton ja veden kemiallisen analyysin avulla. (Enin, Denisenko & Kostylev 1993, 216.)

Näin ollen riittämätön veden laatu aiheuttaa korroosiota, kalkin kerääntymistä ja mineraalikerrostumia höyrykattiloiden laitteiden pinnoilla. Tällaisten negatiivisten ilmiöiden ehkäisemiseen tähtäävien toimenpiteiden yleiskäsitteenä käytetään ”veden käsittely”. Käytännössä kattilaveden testaustiheys on noin 2 kertaa viikossa. Testin aikana saadut lukemat määrittävät kemiallisten lisäaineiden koostumuksen ja määrän, ja määräävät myös uudelleentestaamisen tarpeen, joka toistetaan niin kauan, kunnes tulokset täyttävät tietyn kattilan valmistajan asettamat vaatimukset.

Kuvassa 17 näkyy säiliö, jota käytetään kemiallisten lisäaineiden syöttämiseksi veteen. Säiliöön on asennettu annostelulaite, jonka avulla voidaan määrittää

tarkat parametrit liuoksen syöttömäärälle ja -nopeudelle, joilla kemikaaleja annostellaan hotwell-tankkiin.



Kuva 16. M/t Futura. Kemikaalisäiliö (Butorin ym. 2019)

5 PÄÄASIAALLISET VIAT

Seuraavat viat ovat mahdollisia kattiloiden käytön aikana: veden vuotaminen kattilasta, meriveden pääsy kattilaan, veden kiehuminen höyryvesilaitteessa ja sen pääseminen päähöyryjohtoon. Höyryjohdon ulostulon kohdalla voi olla tapahtua höyryn lämpötilan ja paineen nousua tai laskua, tulipesässä voi olla liikaa tai liian vähän ilmaa, vesitaso voi nousta tai laskea, vesilämmitysputkien purkautuminen, polttoöljyn ylikuumeneminen tai veden pääsy polttoöljyyn, kattilan merkittävä värinä, lämmityspintojen ylikuumeneminen, höyryn purkautuminen laippaliitosten ja venttiililiittimien välistä, kaasujen mahdollinen räjähtäminen tulipesässä, noen syttyminen, vika kattilan automaattisessa hallintajärjestelmässä, vettä mittaavien välineiden hajoaminen (Sherstev ym. 2014).

Kuitenkin kattiloiden vahinkojen ja onnettomuuksien pääasiallinen lähde on inhimillinen tekijä, joka aiheutuu erityisesti vedenkäsittelyjärjestelmän asianmukaisen valvonnan puutteesta, kun järjestelmästä vuotaa vettä. Vesivuotoja voi tapahtua myös monista muista syistä: automaattisten vesitason ylläpitojär-

jestelmien tai syöttöpumppujen toimintahäiriöt, keskeytykset vesikierrossa, halkeamien muodostumiset lämmityspinnoilla. Havaittaessa laitteen toimintahäiriön tai kattilan vaurion, kattilan toiminta pysäytetään ja se otetaan pois käytöstä.

Veden ylikiehumisen syynä on yleensä sen korkea suolapitoisuus, joka johtaa kalkin muodostumiseen ja laskeutumiseen. Tämä ongelma ilmenee vesijärjestelmän puutteellisesta valvonnasta. Tässä tilanteessa lasketaan kattilan painetta, puhalletaan kattila ja vesi analysoidaan. Kattiloiden yksi tuhoavista tekijöistä on kalkki, joka johtuu kattilaveden huonosta laadusta ja johtaa epätasaiseen lämpökuormitukseen putkien lämmitetyille pinnoille. Kattilassa oleva kalkki on myös yksi syy, joka lisää kattilan työkuormitusta, joka voi ylittää normatiivisen kuormitustason. (Sherstev ym 2014.)

Kulutushöyryn voimakas kasvu voi johtaa veden ruiskumiseen höyryn putkistoon, mikäli voi rikottua höyry linjat. Tässä tilanteessa joudutaan vähentämään höyryn kulutusta, osittain sulkemalla osittain päähöyryn venttiilin.

Kulutushöyryn voimakas kasvu voi myös johtaa paineen voimakkaaseen laskuun järjestelmässä. Syynä on, että höyryputkien, kammioiden ja kollektorien saumat vuotaa. Tässä tilanteessa kattila pysäytetään, suoritetaan kattilan jäähdytys, ja sitten korjataan havaittu vika.

Muissakin vikatapauksissa, kuten myös täydellinen tai osittainen lämpösäätölaitteiden rikkoutuminen tai veden kemiallisen koostumuksen häiriöt (liiallinen emäksisyys tai öljyn läsnäolo vedessä). Kattila pysäytetään ja odotetaan sen jäähtymistä, jotta voidaan suorittaa korjaukset.

Suurimpia vikoja ovat myös: tulistimen ja erotuslaitteiden rikkoutumiset, polttoaineen tai ilman sumutuksen laadun heikkeneminen ja lämmityspintojen saastuminen. Nämä viat esiintyvät tapauksissa, joissa ylikuumentuneen höyryn lämpötila muuttuu huomattavasti.

Vikoihin kuuluu myös kattilan etuosan tärinä, joka aiheutuu, kun vedellä saastunut polttoöljy pääsee tulipesään, minkä takia tapahtuu räjähtävää palamista usean kattilan uudelleenkäynnistyksen yhteydessä. Tämä johtaa polttoaineen kerääntymiseen suuttimen ympärille, mikä myöhemmin onnistuneella käynnis-

tyksellä aiheuttaa vakavan liekin poksahduksella tai jopa polttoaineen räjähdyksellä.

Seuraava vika on kattilan eristyksen ja vuorauksen tuhoutuminen. Tämä toimintahäiriö voi ilmetä, kun lämmityspaneelit ylikuumenevat. Tämän vian kohdalla kattila otetaan pois käytöstä ja havaitut viat korjataan.

Kattilan tarkastus aina on suoritettava kokonaan ohjeiden mukaisesti, sillä kattilan huoleton, "pinnallinen", tarkastus ennen kattilan käyttöönottoa voi johtaa ongelmiin, kuten vuorauksen tuhoutumiseen tai kaasujen räjähtelyyn uunissa. Jos höyry pääsee tiivisteiden läpi, korjataan tämä ongelma vaihtamalla vuotava tiiviste tai kiristämällä sitä.

Korjausta varten on tarpeellista laskea järjestelmän höyrynpainetta ainakin 0,5 MPa:iin ja odottaa jäähtymisestä.

Noen syttyminen savupiipussa johtuu pitkäaikaisesta kattilan toiminnasta alhaisella kuormituksella ja noen kertymisestä polttoaineen puutteellisen palamisen takia. Tässä tilanteessa lopetetaan polttoaineen ja ilman syöttö, pysähtyä kattila, jonka jälkeen käynnistetään noen puhallus.

Kattilan käyttösääntöjen mukaan kattilan toiminta on kielletty viallisten varoventtiileiden tai vesitasomittareiden, öljynerottimien tai syöttöveden suodattimien, pohja- ja yläpuhallusjärjestelmien, tai varalaitteiden puuttuessa tai niiden ollessa viallisia. Kattilan käyttö edellä mainittujen rikkomusten kanssa voi johtaa räjähdykseen tai tulipaloon kattilahuoneessa (Pravila tehnichekoj ekspluatacii morskih i rechnyh sudov 1997, 56).

Näin ollen kattilan vioista voi sanoa, että aluksien kattilat toimivat haasteellisissa olosuhteissa korkeiden lämpötilojen, mekaanisten, termisten ja syklisten kuormitusten alaisena, mitkä aiheutuvat toimintatilojen epätasaisuudesta johtuen alusten yksilöllisistä toiminnan ominaisuuksista. Kattiloiden rakenneosat ovat sähkökemiallisen, kaasu- ja höyrykorroosion aktiivisen vaikutuksen alaisina. Yleisimpiä laivan höyrykattiloiden vaurioita ja kulumisia ovat: korroosio - syöpymis- ja eroosiovauriot; liitosten höyry- ja vesivuodot; halkeamat ja repeämät yksittäisissä kattilan osissa; jäljellä olevat muodonmuutokset.

6 KORJAUKSEN-, HUOLLON- JA KUNNOSSAPITOON TOIMENPITEET

6.1 Kattilan puhdistus ja tarkastus.

Kattilassa tapahtuu monimutkaisia fysikaalisia ja kemiallisia prosesseja, jotka voivat aiheuttaa työvälineiden käyttöolosuhteiden pääparametrien poikkeamia niiden normaaleista arvoista, ja siksi kattiloiden korjaus on suoritettava erityisen huolellisesti.

Kattilan perusteellisen puhdistuksen jälkeen suoritetaan virheiden havaitsemisen, joka koostuu:

- Kattilan ulkoisesta tarkastuksesta höyryn vaikutuksen alaisena (ei sisällä osien purkamista)
- kattilan sisäisten osien tarkastuksesta
- metallin paksuuden määrittelyn ultraäänen avulla
- hydraulisen testauksen

Ennen virhetarkastelun suorittamista on tarpeen odota tarpeeksi, kattilan jäähtymisestä, ei missä tapauksessa saa jäähtyä kattila pumpaamalla kylmällä vedellä, sen voi johtua kattilan osien rikiontuminen iso lämpötilan eron vuoksi. Jäähtymiseen jälkeen voidaan poistaa vesi kattilasta, avata kaikki venttiilit ja aukot, puhdistaa metalli aukkojen-, liitosten-, venttiilien- ja laippojen läheisyydestä ja irrottaa eristys.

Puhdistusmenetelmiä on kolme: mekaaninen, kemiallinen ja ultraääni. (Ljubimova, Zavorin, Tashlykov & Artamoncev 2016, 56 – 63.)

Kattilan mekaaninen puhdistus laskeumista ja kalkista tapahtuu teräsharjojen, kaavinterien, kattilan poraterien ja hiomaterien avulla. Kattilan mekaanisen puhdistusprosessin helpottamiseksi, kattila käsitellään 1 %:n natriumkarbonaattiliuoksella. Käsittelyä varten kattila on täytettävä liuoksella 10 – 20 mm yli maksimitason ja keitetävä liuosta 20 - 40 tuntia. Sitten kattila tulee jäähdyttää 40 – 50 °C: seen, laskea liuos ja siirtyä välittömästi mekaaniseen puhdistukseen. (Pravila klassifikatsii i postroiki morskih 1985, 928.)

Vesilämmityspotket puhdistetaan erikoisemmilla hiomaterillä, joissa on joustava kaapeli, joka kiinnittyy sähkö- tai pneumaattiseen toimintalaitteeseen. Sa-

malla vesilämmitysputket pestään lietteestä. Mekaaninen puhdistus lopetetaan pesemällä kattila 0,2 - 0,3 MPa:n vesisuihkulla (Senkov 1983, 54).

Tehokkain ja usein käytetty tapa puhdistaa kattila on kemiallinen puhdistus. Teollisuudessa käytetään tuotetta, joka ovat esimerkiksi: Scalebreak MP Descaler, tai 12 % suolahappoa ja 0,8 % puhdistustuotetta Unikol PB-4. Näiden vaikuttavien aineiden vaikutuksesta kalkki tuhoutuu, jonka jälkeen se on helppo poistaa kattilasta (Senkov 1983, 77).

Kattiloiden kemiallinen ja ultraäänipuhdistus ovat progressiivisia kalkinpoistomenetelmiä. Ultraäänipuhdistuksessa käytetään tärinää, jonka taajuus on yli 1600 Hz (Senkov 1983, 55).

Uusi menetelmä teollisuuden kattilan puhdistamiseen on räjäytyspuhdistus. Räjäytyspuhdistuksessa tuotetaan räjähdäaineella useita räjähdyksiä, joissa syntyvä paineaalto irrottaa kohteeseen kiinnittynyttä tuhkaa tai muuta epäpuhtautta, joka vähentää prosessin tehokkuutta. (Lassila ja Tikanoja Oy internet sivut.)

Kattilaelementtien metalliosissa, joissa kulumista ei voida määrittää visuaalisesti, käytetään ultraäänilaitetta seinämän paksuuden mittaamiseen. Jos metallin paksuus on ohentunut yli 20 – 30 % nimellispaksuudesta, kattila lähetetään korjaukseen. Poikkeuksellisesti voidaan tehdä testiporaus metallin paksuuden mittaamiseksi, kun tarvittavia välineitä ei ole saatavilla (Senkov 1983, 98).

6.2 Korjauksen- ja kunnossapidon toimenpiteet.

Kaasuputki- ja vesiputkikattiloiden metallielementtien korjausmenetelmät ovat sähköhitsaus ja sähköjuotos.

Putkien hitsaus ja kattilan elementtien vaihto tehdään sähköhitsauksen avulla (Senkov 1983, 33 - 44).

Vesiputkellisissa kattiloissa kollektorin alueiden ja vesiputkilevyjen uudelleenrakennus tehdään sähköjuottamisen avulla (Senkov 1983, 22).

Ennen halkeamia korjaavien hitsaustöiden ja sähköjuottotöiden aloitusta kattilalaitoksissa on tarpeen saada lupa luokituslaitokselta. Ennen hitsausta halkeamien päät on porattava ja halkeamat ovat jaettava. Alueilla, jotka vaativat juottamista, on tarpeen suorittaa perusteellinen pintakäsittely paljaalle metallille asti ja jakaa se 100 - 150 mm neliöihin. Metallin juottaminen suoritetaan neliöiden mukaan shakkijärjestyksessä (joka toinen). Tällä pinnoitusmenetelmällä vältetään liialliset kutistumisjännitykset. Juotettujen putkilevyjen käsittely tapahtuu sisäympärysmittan mukaan senkkausterien avulla, sekä päissä juotokset hiotaan perusmetallin tasolle (Senkov 1983, 44).

Vuotojen ja höyrystymisen ehkäisemiseksi putkilevyjen ja putkien yhdistyskohdissa käytetään valssausta tai sähköhitsausta. Muutosten avulla putkilevyjen ja muiden paikkojen pullistumat poistetaan. Putket poistetaan vaurioituneen alueen ympäriltä, epämuodostunut paikka lämmitetään kaasupolttimilla 900 – 1000 °C: seen, jonka jälkeen se suoritetaan hitsaamalla vahvike tai käyttämällä hydraulisen tunkin avulla.

Vahvike pitää olla tehty samasta materiaalista, kuin korjattava osa. Normaalisti paineen alaisena olevien kattilan osien valmistuksessa käytetään korkealaa-tuista hiiliteräslevyä. Korkeassa paineessa toimivissa kattiloissa käytetään erikoisvalssattua kevytmetalliterästä, sekä keski-mangaaniterästä. (Senkov 1983, 54-55.)

Korjauksen jälkeen kattilalle suoritetaan visuaalinen tarkastus, hydrauliset testit, tehdään röntgenin ja ultraäänin tarkastus. Kattilan osien vaihtaminen tapahtuu tapauksissa, joissa niiden kuluminen ja vaurioituminen ovat merkittäviä, eikä vianmääritys edellä esitetyillä tavoilla ole sopivaa. Kattilassa vaihdetaan sen yksittäisiä osia, kuten putkilevyt, kuumavesiputket jne (Senkov 1983, 56).

Kuumavesiputkien vaihtamisessa on noudatettava seuraavia vaiheita:

- viallisten putkien poisto
- putkien pesien valmistelu
- uusien putkien asentaminen paikalleen
- työn laadun tarkastaminen

Putkilevyjen asennussuunnittelu vaikuttaa siihen, miten vesiputket poistetaan. Vesilämmityspotket poistetaan ja leikataan aina tulipesän puolelta. Jäljelle jääneet valssatut putkin päät poistetaan erityisellä taltalla tai tylpällä putkien pesien vahingoittumisen välttämiseksi. Putket, jotka ovat kiinnitetty putkilevyyn hitsaamalla, käytetään erikoislaitteita, joissa on leikkureita saumojen leikkaukseen. (Sherstev 2014, 19.)

Putkien mallit, joita käytetään tuotannossa, tehdään paikan päällä tai merkin-
töjen mukaan kuten ne on merkitty suunnittelupiirroksessa. Mallia varten teh-
dään teräslangasta, jonka halkaisija on 4 - 6 mm. Putket leikataan sorvilla tai
putkileikkurilla, kaasupolttimella tai sirkkelillä. Metallityöpajoissa telineillä ta-
pahtuu putken päiden sovitusprosessi ennalta määrättyyn kokoon. Putkien
taivutuskoneita käytetään taivuttamaan putkia, putkien päät hehkutetaan. Put-
kien valmistuksen loppuvaiheessa niille tehdään hydrauliset testit.

Seuraava vaihe on prosessi, jossa putki asennetaan keräysputken levyyn.
Putki valssataan kartionmuotoisella telalla mekaanisella tai käsikäyttöisellä
vedolla, mikä takaa reunojen muodostuksen ja valssauksen 15 asteen kul-
massa. Kulmavalssausta käytetään pienen halkaisijan omaavien putkien vals-
saukseen. (Senkov 1983, 57.)

Seuraavaksi tarkastellaan kattilan rungon ja tulipesän korjauksia.

Vesiputkikattilan runkoon kiinnitetty metallirakenne, kotelo ja itse runko, altis-
tavat käytön aikana palamiselle, epämuodostumiselle ja korroosiolle. Rungon,
sen viallisten osien tai sen kuoren korjaamiseksi on tarpeen tehdä uusi osa
hiiliteräksestä ja teräslevystä (Senkov 1983, 58).

Vähäiset vauriot palomuurissa ja vuorauksessa, kuten tiilien paikoittainen hau-
rastuminen tai yksittäiset halkeamat, kostutetaan vedellä, harjataan teräshar-
jalla ja pinnoitetaan erityisellä pinnoitteella, joka koostuu 35 % hiekasta, 35 %
samottijauheesta, 15% jauhetusta grafiitista, sekä 15 % tulenkestävästä sa-
vesta. Päällysteen suurin sallittu paksuus on 15 mm (Pravila klassifikacii i
postroi ki morskih 1981, 960).

Vuoraus vaihdetaan kokonaan suurten vaurioiden yhteydessä tai kuoren ja
kattilarungon korjauksen yhteydessä. Tämä tapahtuu poistamalla vanha muu-

raus, puhdistamalla pinta perusteellisesti ja asettamalla uusia tiiliä. Muuraus tehdään sideaineliuoksesta, joka koostuu 30-40 % shamottirouheesta, joka on liuotettu raikkaaseen veteen. Muurauksen seinämiin kiinnitetään etukäteen pienillä pulteilla 10 mm paksuiset asbestilevyt, jotka ovat päällystetty shamottisavella.

Liekin kanssa yhteydessä oleva kattilan tulipesän pinta on vuorattu palonkestävillä tulenkestävillä shamottitiileillä, joiden sulamispiste on 1800°C. Tätä tiiltä valmistetaan erilaisissa muodoissa, jotka ovat välttämättömiä mukavimman kiinnittämisen kattilan koteloon ja tulipesän muodostamiseen.

Shamottisavella täytetään kaikki kiinnityspulttien päiden alla olevat urat ja tiilien välit. Sitten tiilet peitetään tulenkestävällä pinnoitteella (65 % samottijauhetta, 25 % tulenkestävää savea, 10 % grafiittijauhetta) ja kerroksella neste-
mäistä lasia. (Pravila klassifikacii i postroi ki morskih sudov 1981, 960.)

7 KATTILAN KÄYNNISTÄMINEN JA KÄYTTÖ.

Kattilan eri malleissa esiintyy erilaisia prosesseja sytytyksen aikana. Kattilan teknistä huoltoa varten tuotantofirmassa kuhunkin kattilaan liitetään ohjeet, joita pitää noudattaa sen tiimin, joka tulee käyttämään kattilaa. Mutta on olemassa joitakin prosesseja, joita voidaan yleistää kaikille kattiloille. Tarkastellaan seuraavaksi näitä prosesseja tarkemmin (Deinego 2008, 149).

Ensimmäinen askel on valmistautua kattilan sytytykseen. Tämä on sarja tarkastuksia, joihin lasketaan mukaan savupiipun tarkistus (onko se avoin vai suljettu) ja tarkistus, että pellit ovat kunnossa. Seuraavaksi avataan kaikki mittarin venttiilit ja ilmanpoistoveniilit. Päähöyryn venttiili ja puhallusventtiilien on oltava suljetussa asennossa. Kattila täytetään kuumalla vedellä hieman käyttötason alapuolelle.

Seuraavaksi tarkistetaan ekonomaiseri täyttämällä se vedellä ja tyhjentämällä se ilmasta. Seuraavaksi tarkistetaan kaikki polttoainejärjestelmän venttiilit sekä sen muut osat. Tuulettimen tarkistuksen jälkeen tapahtuu polttoainejärjestelmän lämmitys ja polttoaineen kierron käynnistys. (Hrjapchenkov 1979, 280.)

Tulipesän tuuletetaan jonkin aikaa puhtaalla ilmalla ilman polttoainetta. Ensinnäkin on tarpeen puhdistaa tulipesän noesta ja polttoöljyhöyryistä. Sytytinsuuttimien ilmapellit on oltava avoimessa tilassa ja muissa suuttimissa ilmapeltien on oltava suljetussa tilassa. Seuraavaksi avataan polttoainesyöttö sytytykselle, joka sytytetään ja muodostetaan tällä tavoin poltin, jotta kaikki polttoaine palaisi mutta polttimen soihtu ei olisi liian suuri. Kun liekki on asetettu, säädetään polttoaineen painetta ja ilmavirran syöttöä, jotta liekki olisi tasainen.

Höyryn muodostuessa tulistimen kollektorin hanasta, ne suljetaan. Kun saavutetaan vaadittu paine höyrykattilassa (0.21 MPa), kattilan ilmahana suljetaan. Höyrypaine on saatettava työpaineeseen hitaasti, mikä on välttämätöntä koko järjestelmän tasaiseen lämpenemiseen, jotta vältetään kattilajärjestelmän epätasainen lämpölaajeneminen. Näin vältetään myös tulenkestävän muurauksen vaurioituminen ja yksittäisten elementtien ylikuumeneminen. (Hrjapchenkov 1989, 296.)

Kattilan käsikirjassa on graafinen kaavio höyrykattilan paineen noususta käynnistyksestä täyteen toimintatehoon saakka. Kattilan käynnistyshetken alusta aina käyttötilan saavuttamiseen saakka on välttämätöntä noudattaa tätä järjestelmää vaurioiden välttämiseksi.

Tämän jälkeen apu- ja pääputkilinjat lämmitetään, sekä suljetaan puhalluksen hanat. Tämän lisäksi on syytä puhdistaa vesimittarit puhalluksen avulla, sekä tarkistaa niiden toimintatarkkuus. Kun höyrynpaine on alle työpaineen (0,3 Mpa), vähän avataan pääventtiili ja osa höyrystä purkautuu. Sen jälkeen kun työpaine on saavutettu, myös kuormitus nostetaan vaaditulle työtasolle ja tulistimessa suljetaan ohitusventtiilit. Kattilan käytön aikana on välttämätöntä seurata huolellisesti veden syöttölaitteiden automaattista säädintä sekä vesimäärää kattilassa. (Simonenko 1986, 175.)

Ensimmäisellä käynnistyskerralla on syytä kytkeä pois automaattinen vedensyöttö ja syöttää vettä manuaalisesti. Tämä tehdään sen takia, koska vesi- ja painesäätölaitteet yrittävät automaattisesti kompensoida paineen ja vedentason laskua. Vesi laajenee kuumennettaessa, mikä voi aiheuttaa kattilan ylivuotoa.

Edellä esitetystä voidaan näin ollen päätellä, että kattilan ylläpito koostuu tiukasti määriteltyjen säädettävien tilojen ylläpitämisestä, mikä määräytyy seuraavien indikaattorien läsnäolon perusteella: ylikuumennetun, kyllästetyn ja jäähdytetyn höyryn paine; ylikuumennetun höyry ja syöttöveden lämpötila; kattilan höyryntuotannon teho; ilman paine ja lämpötila ennen uuniin syöttöä; nestemäisen polttoaineen paine ja lämpötila ennen suutinta; polttoaineen kulutus; alipaine (tai paine) uunissa, sekä kattilan takana.

8 PERUSTURVALLISUUSTOIMENPITEET KATTILAN KÄYTÖN JA HUOLLON AIKANA

Kattilan käytön aikana on valvottava kaikkien höyryjohtojen ja kattilalaitteiden anturijärjestelmien oikeellista toimintaa. On myös tarpeen valvoa ja havaita höyryvuotoja tiivisteistä ja laippaliitoksista. Sivu- ja päähöyrylinjoilla on syytä tarkistaa sulkuventtiilien oikeellinen toiminta. Niiden on oltava täysin suljettuna, eikä niistä pitäisi vuotaa lainkaan höyryä. (Kazimirov, Bashkova & Slazheva 2015, 44 - 49.)

Aluksen vahtikonemestarin ja hänen avustajien työnkuvauksen mukaan kattilan toiminta on lopetettava välittömästi seuraavissa tilanteissa:

- yhden varoventtiili meni rikki
- vesitaso laskee alle sallitun
- vesitaso ylittää sallitun
- höyryn paino on kasvanut 10 % yli sallitun ja ei laskea, sen huolimatta, että kuormitus oli laskenut
- kaikki veden syöttöpumput menivät rikki
- kaikki vedentason mittarit eivät toimi
- yhden poltin sammui
- savupiipussa tai tulipesässä tapahtui kaasujen räjähdys
- kattilan kuumennuspintojen ylikuumenemisesta johtuvan pullistuman esiintyminen
- havaittu vuoto niittisaumassa, putkessa tai niiden liitoksissa
- tapahtui höyryputken räjähdys
- tapahtui tulistimen rikkoutuminen
- tulipalo

- aluksen uppoamisen vaara (Deinego ym.2008).

Toimintajärjestys kattilan välitöntä pysäytystä varten on seuraava: sulkea polttoaineen syöttö suuttimeen ja pysäyttää puhaltimet. Höyryn poisto tapahtuu ilmapiiriin sulkemalla kattila pois höyryn käyttäjästä. On myös tarpeellista suorittaa kattilan ja lasimittareiden puhallus säännöllisesti.

Hydraulisten iskujen estämiseksi kattilan alapuhalluksen yhteydessä kattilan veden syöttöventtiili on avattava kokonaan, jonka jälkeen alapuhallusventtiili on avattava hitaasti. Venttiilit suljetaan päinvastaisessa järjestyksessä kattilan pohjapuhalluksen jälkeen: ensinnäkin kattilan alapuhallusventtiili on suljettava nopeasti, jonka jälkeen suljetaan vedensyöttöventtiili. (Sherstnev 2017 94-107.)

Öljyn ja vaahdon poistamiseksi veden pinnalta, kattila puhalletaan yläpuhallusventtiilin kautta. Puhdistuksen aloitus on lykättävä, kunnes veden taso kattilassa ylittää ylemmän puhalluksen suppilon tason. Puhdistuksen lopetus tapahtuu, kun vesitaso on suppilon tason kohdalla.

Hätätilanteita voi ilmetä, jos vedenpinta laskee alle sallitun tason, joten on välttämätöntä varmistaa kattilalaitoksen vesitason jatkuva seuranta. Turvallisuusmääräyksissä on määrätty pakolliset vesimittarilaitteistot, joiden tulisi olla hyvin valaistuja, ja niiden sijainti tulisi olla sellainen, että niistä on kätevää seurata. Niiden on oltava jatkuvasti hyvässä kunnossa - tämä on ensisijaisesti välttämätöntä tarkan vesitason arviointiin kattilassa.

Kattilaan on oltava sijoitettuna ilmaisoin matalimman sallitun vesitason kohdalle. Vesipatsaassa on myös tarpeen asettaa osoitin tai merkintä, joka on matalimman sallitun vesitason kohdalla. Veden osoittavien mittarien normaalille toiminnalle on tunnusomaista vesipatsaan pieni jatkuva vaihtelu. Jos mittarin taso pysyy samana, se on selvä merkki vesimittarin toimintahäiriöstä. (Pravila klassifikacii i postroiki morskih sudov ym. 1985.)

Jos havaitaan vedenmittauslaitteiden toimintahäiriöitä, niiden osoitustarkkuuden tarkistamiseen ja kattilan vesitason määrittämiseen käytetään lasimittarin

venttiileitä. Jos havaitaan höyryä alemmasta venttiilistä, eikä vettä, kattila on välittömästi pysäytettävä, koska vesitaso on laskeutunut alle sallitun tason. Lisäveden pumppaaminen kattilaan on ehdottomasti kielletty, sillä se voi aiheuttaa räjähdyksen (Teplovoi raschet kotlov 1998, 256).

Kanavien tukkeutuminen on yleisin syy vedenmittauslaitteiden toimintahäiriöihin. Tällaisten tilanteiden välttämiseksi vuoron alussa ja lopussa suoritetaan lasivesimittarin höyry- ja vesiventtiileiden puhallus (Spravochnik po kotelnim ustanovkam maloi proizvoditelnosti 1989, 488).

Höyryn venttiilin puhallusprosessi suoritetaan suljetun vesiventtiilin kanssa, ja höyryn täytyy virrata puhallusputkesta. Samoin veden puhallus suoritetaan suljetun höyrykanavan kanssa, ja ulostulosta pitää tulla vettä. Palovammojen välttämiseksi lasimittarilla venttiilien puhalluksen yhteydessä, lasimittarin venttiilillä on oltava poistoputket (Sherstnev 2017, 104).

Tilanteissa, joissa laitteissa on sylinterin muotoiset vedenmittauslasit niiden päälle asennetaan suojat, jotka suojaavat henkilöitä rikkoutuneen lasin pirstaleilta. Suojien ei pitäisi haitata vesitason seuranta.

Hanojen ja venttiilien avaaminen ja sulkeminen pidennetyillä jakoavaimilla, vääntöputkella tai sorkkaraudalla on ehdottomasti kiellettyä. (Eenin 1978, 232.)

Myös kattilan sisäisen puhdistuksen prosessissa on noudatettava turvallisuusmääräyksiä, joita ovat:

- Ennen puhdistusta kattila on jäähdytettävä 60 – 70 °C: seen asti
- Vesi on poistettava kattilasta ja kattila tuuletettava, sekä avattava varoventtiilit. Tämän jälkeen höyrykattilan luukut voidaan avata puhdistusta ja tarkastusta varten
- Jos ihmiset menevät tulipesään, pitää noudattaa suljettuihin tiloihin pääsyn vaatimuksia ja tehdä kirjallinen työlupa.
- Ehdottomasti suoritettava ilmanlaadun mittaus, ennen ihmisen menon tulipesään. Happipitoisuus ei saa olla ala 21 %
- Silmäsuojaimia on käytettävä aina irtoilevan kalkin takia.

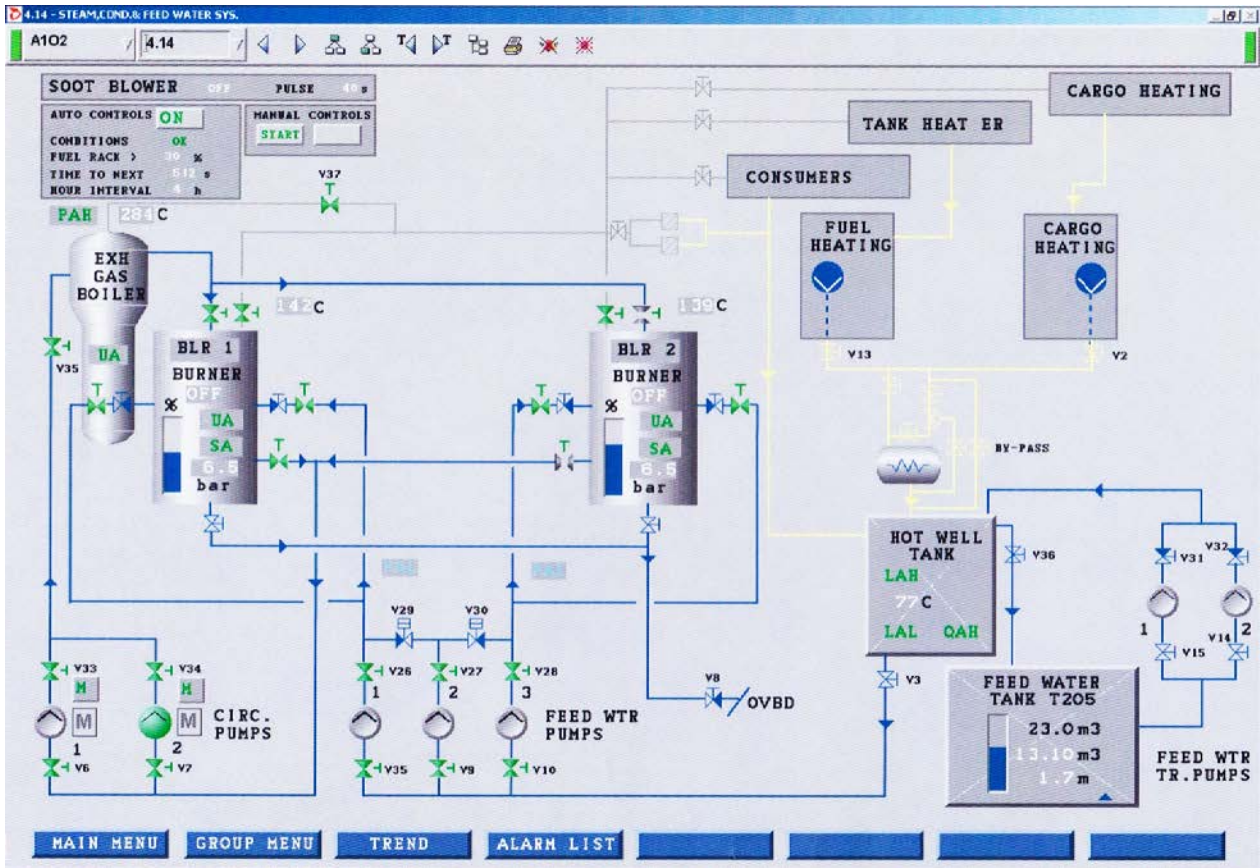
- Jos käytössä on mekaanisia laitteita kalkin poistoa varten, on käytettävä sekä pölynimuria että hengityssuojaimia. (Pushkin, Volkov & Dementjev 1977, 520.)

Turvallisuuden kannalta alusten kattiloiden huollossa on kiinnitettävä erityistä huomiota asetelman erityispiirteisiin, kuten esimerkiksi tilan ahtaus, erinäisten mekanismien läsnäolo, korkea lämpötila ja korkea ilman kaasupitoisuus. Tällaiset tilan olosuhteet edellyttävät hyvän tuuletuksen järjestämistä, asianmukaista kattilahuoneen valaistusta ja useita muita toimenpiteitä, jotka tulevat kattiloiden toiminnan erikoisuuksista aluksien olosuhteissa.

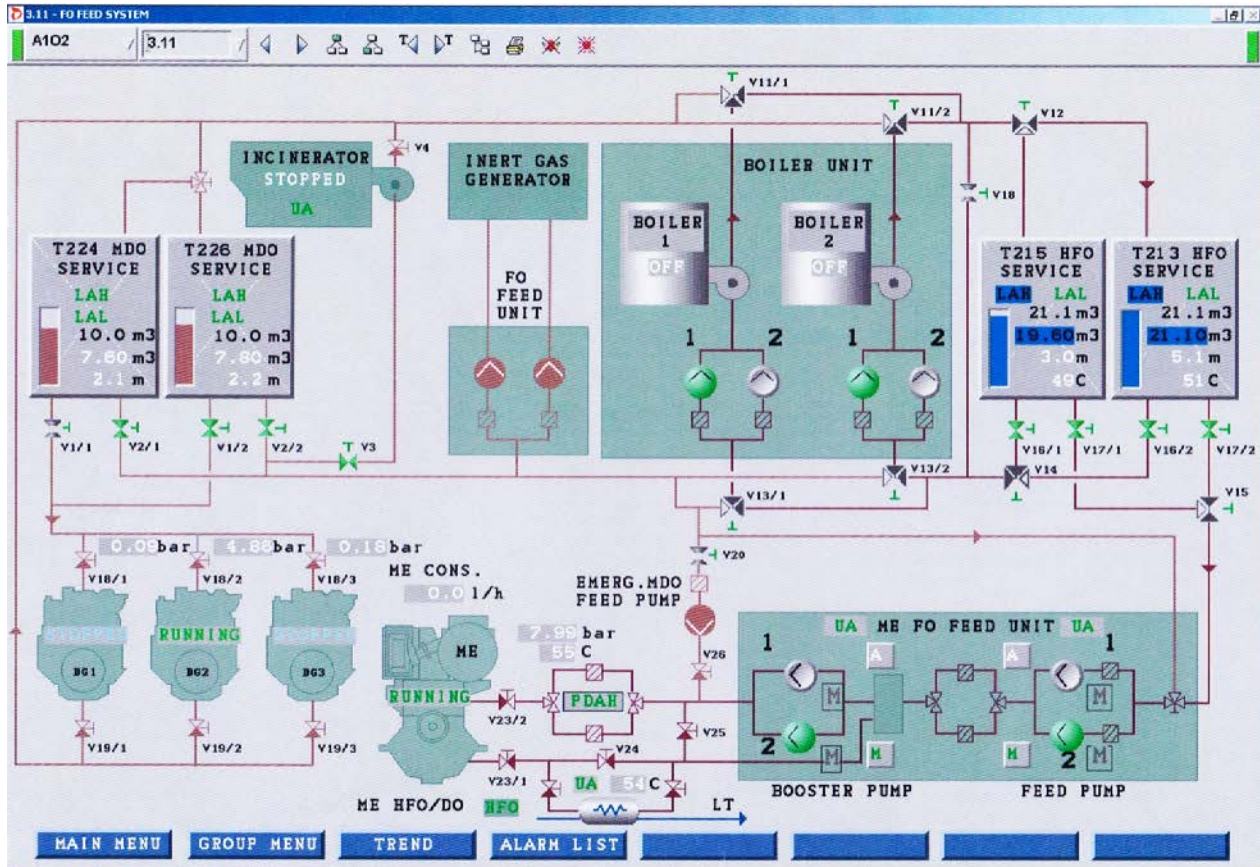
Kattiloiden käytön turvallisuus riippuu suoraan tiettyjen vaatimusten täyttymisestä kattilan rakentamisesta alkaen, sekä sen asianmukaisesta teknisestä toiminnasta ja oikea-aikaisesta huollosta aluksella.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

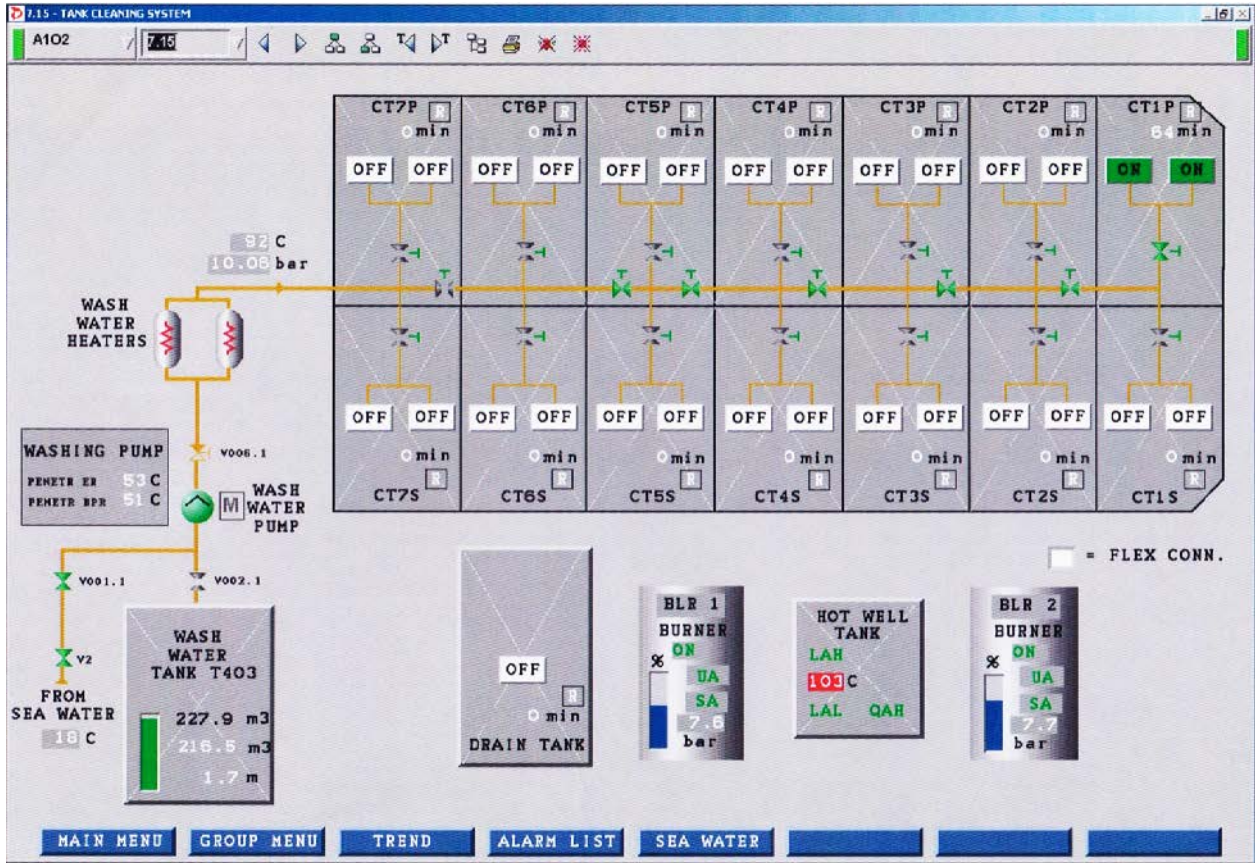
Höyrykattilan toiminnan periaate määräytyy olemuksellisesti sen sisällä tapahtuvien työprosessien mukaan. Aluksen höyrykattilan käyttö, huolto ja kunnossapito sisältävät joukon toimenpiteitä ja käytöstapoja, joilla kattila pidetään hyvässä kunnossa ja yksikön toimintakyvyn ylläpito sen käytön aikana. Nämä toimintatavat pitää olla säänneltyjä, asianmukaisten valmistajan ohjeiden ja hyvän merimiestavan mukaisesti.



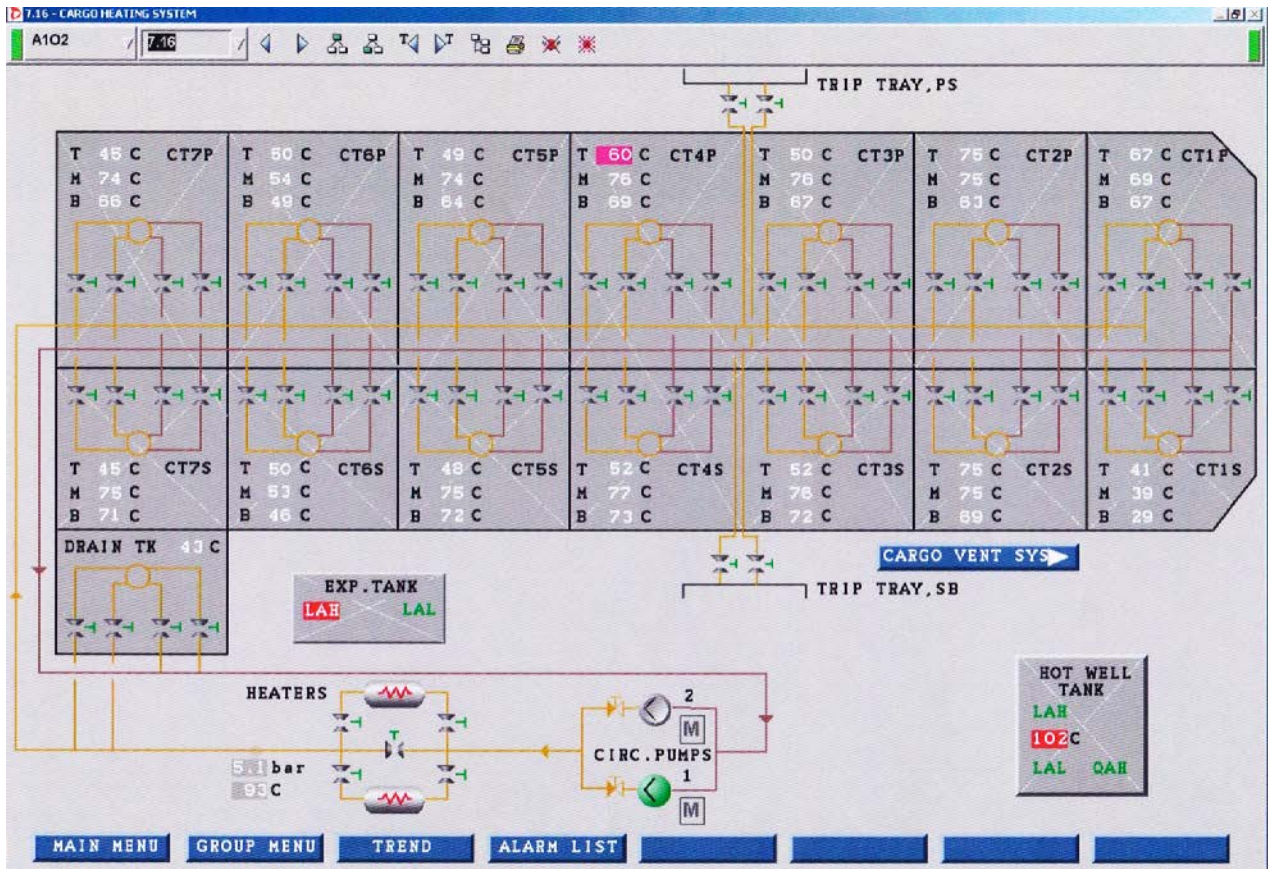
Kuva 17. Steam. cond & feed water system



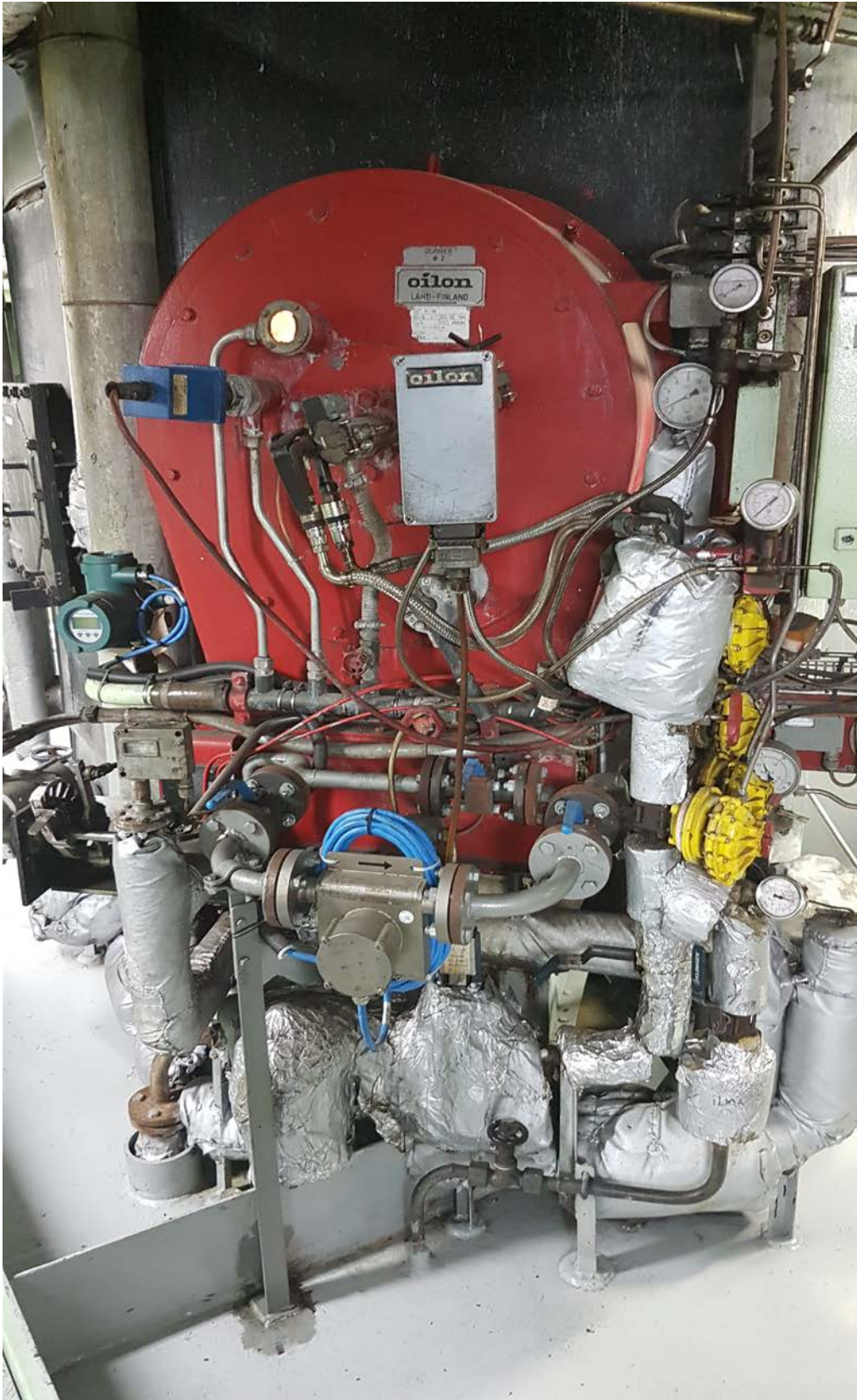
Kuva 18. fo feed system



Kuva 19. Tank cleaning system



Kuva 20. Cargo heating system.



Kuva 21. M/t Futura. Tulipesä ja apulaitteet

LÄHTEET:

Boldyrev. 2004. Sudovye energeticheskie ustanovki. Sankt-Peterburg [Viitattu 17.9.2018].

Buznik.1970. Sudovie parogeneratory. Moskva [Viitattu 3.9.2018].

Denisenko & Kostylev. 2005. Sudovie kotelnye ustanovki. Spb [Viitattu 4.7.2018].

Deinego. 2008. Ekspluatacija sudovyh mehanizmov i sistem. Moskva [Viitattu 15.1.2019].

Evtushenko & Kosenko. 2010. Nechetkaja model upravlenia parovim kotlom.Taganrog 130 –136 [Viitattu 8.8.2018].

Enin, Denisenko & Kostylev. 1993. Sudovye Kotelnye Ustanovki. Moskva [Viitattu 20.01.2019].

Frid. 1989. Ustroistvo Sudna. Sudostroenie. Leningrad [Viitattu 29.9.2018].

Hrjapchenkov.1979. Sudovye vspomogatelnye i utilizatsionnye parovye kotly. Odessa [Viitattu 4.01.2019].

Hrjapchenkov. 1989. Sudovie vspomogatelnie i utilizacionnie parogeneratori. Odessa [Viitattu 6.1.2019].

Kazimirov, Bashkova & Slazhneva.2015. Analiz vozmozhnostei oborudovanija vihrevymi topkami deisvujushih kotelnih agregatov maloi i srednei moshnosti. Spb [Viitattu 11.1.2019].

Kazarinov, Shnaider & Kinash. 2010. Korreljacionno ekstrimalnaja sistema upravlenija energeticheskoi effektivnostju parovyh kotlov. Cheljabinsk [Viitattu 10.9.2018].

Ministerstvo transporta RF. Kotly parovye vodogreinye. 1997. Pravila tehnikeskoi ekspluatatsii morskikh i rechnyh sudov. Moskva [Viitattu 16.8.2018].

Ljubimova, Zavorin, Tashlykov & Artamoncev. 2016. Eksperimentalnoe issledovanie strukturnoi stabilnosti stenok kotelnih trub. Tomsk [Viitattu 18.10.2018]

Lopintsev. 2014. Sudoremont ot a do ja. Saatavissa:

<http://sudoremont.blogspot.com/2014/04/vodotrubnie-kotli.html>

[Viitattu 3.8.2018].

Lassila ja Tikanoja Oy. S.a. Saatavissa:

<https://www.lt.fi/fi/yritysasiakkaat/palvelut/prosessipuhdistus/rajaytyspuhdistukset> [Viitattu 17.5.2019].

Mochan. 1977. Aerodinamicheski raschet kotelnyh ustanovok. Sankt-Peterburg [Viitattu 7.9.2018].

Morskoi Registr sudohodstva. 2000. Moskva [Viitattu 20.9.2018].

Morskoi Registr sudohodstva. 2000. Pravila klassifikatsii i postroiiki morskikh sudov. Moskva [Viitattu 2.10.2018].

Naznachenie i klasifikatsija sudovyh parovyh kotlov. S.a. Saatavissa:

<http://msd.com.ua/sudovye-paroproizvodyashhie-ustanovki/naznachenie-i-klassifikaciya-sudovyx-parovyx-kotlov/> [Viitattu 16.9.2018].

Pravila tehnikeskoi ekspluatatsii morskikh i rechnyh sudov. 1997. Moskva [Viitattu 15.10.2018].

Pushkin, Volkov & Dementjev. 1977. Sudostroenie. Leningrad [Viitattu 24.1.2019].

Rossijskij Morskoy registr sudohodstva. 1985. Pravila klassifikacii i postroiki morskikh sudov. Sankt-Peterburg [Viitattu 17.1.2019].

Roddatis 1989. Spravochnik po kotelnym ustanovkam maloi proizvoditelnosty. Moskva [Viitattu 4.11.2018].

Sherstev, 2014. Obsluzhivanie i remont sudovyh truboprovodov armatury i filtrov. Sevastopol [Viitattu 5.11.2018].

Shesternev 2017. Obsluzhivanie i remont sudovih kotlov, Sevastopol [Viitattu 2.7.2018].

Simonenko. 1986. Sudovye ustroistva. Leningrad [Viitattu 9.1.2019].

Senkov. 1989. Sudovye enehgeticheskie ustanovki, ih ekspluatacia i remont. Sankt-Peterburg [Viitattu 27.10.2018].

Tihonov & Ageev. 2011. Tehnologija obratnoosmoticheskogo obessolivaniija vody dlja parovyh kotlov nizekogo i srednego davlenija. Sankt-Peterburg [Viitattu 20.8.2018].

Teplovoi raschet kotlov. 1998. Uchebnoe posobie 3 chast. Sankt-Peterburg [Viitattu 20.1.2019].

KUVALUETTELO:

Kuva 1. Vesiputkikattila. Lopintsev. 2014. Sudoremont ot a do ja. Saatavissa:
<http://sudoremont.blogspot.com/2014/04/vodotrubnie-kotli.html>

[Viitattu 7.4.2019].

Kuva 2. M/T Futura. Päällelaskuventtiili. Butorin. 2018 [Viitattu 10.4.2019].

Kuva 3. M/T Futura. Varoventtiilit. Butorin. 2018 [Viitattu 10.4.2019].

Kuva 4. M/T Futura. Painemittari. Butorin. 2018 [Viitattu 10.4.2019].

Kuva 5. M/T Futura. Vesilasi. Butorin. 2018 [Viitattu 7.5.2019].

Kuva 6. M/T Futura. Kattilaveden jäähdyttiin. Butorin. 2018 [Viitattu 7.5.2019].

Kuva 7. M/T Futura. Ilmausventtiili .Butorin ym. 2018 [Viitattu 8.5.2019].

Kuva 8. M/T Futura. Pohjapuhallusventtiili. Butorin. 2018 [Viitattu 9.5.2019].

Kuva 10. M/T Futura. Manusluukku. Butorin. 2018 [Viitattu 13.5.2019].

Kuva 11. M/T Futura. Tulipesäntarkastuslasi. Butorin. 2018
[Viitattu 13.5.2019].

Kuva 12. M/T Mastera. Tuulettin. Butorin. 2019 [Viitattu 1.6.2019].

Kuva 13. M/t Futura P/A syöttökaavio Butorin ym.2018 [Viitattu 1.6.2019].

Kuva 14. Pääpolttimen suuttimet. Teilor. S.a. Saatavissa :

<http://library.bsma.edu.ge/BOOKS/%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B%20%D1%81%D1%83%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%201989.pdf> [Viitattu 3.6.2019].

Kuva 15. ilma rekisteri. Teilor. S.a. Saatavissa :

<http://library.bsma.edu.ge/BOOKS/%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B%20%D1%81%D1%83%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%201989.pdf> [Viitattu 3.6.2016].

Kuva 16. M/t Futura. Kemikaalisäiliö. Butorin ym. 2019 [Viitattu 3.6.2019].

Kuva 17. M/t Furura. (Kaavio) Steam. cond & feed water system. Butorin ym. 2019 [Viitattu 10.6.2019].

Kuva 18. M/t Futura. (Kaavio) Fo feed system. Butorin ym. 2019 [Viitattu 10.6.2019].

Kuva 19. M/t Futura.(Kaavio) Tank cleaning system. Butorin ym. 2019 [Viitattu 10.6.2019].

Kuva 20. M/t Futura (Kaavio) Cargo heating system. Butorin ym. 2019 [Viitattu 10.6.2019].

Kuva 21. M/t Futura. Tulipesä ja apulaitteet. Butorin ym.2019 [Viitattu 10.06.2019]