

**KMH programmi Lisa 3.** Ülevaade kavandatavast tehnoloogiast

Tegemist on adapteeritud tõlkega arendaja esitatud venekeelsest tehnoloogilise protsessi ülevaatest.

Kõik järgnevalt esitatud andmed võivad täpsustusa edasisel projekteerimisel.

## **SILLAMÄE RASKE SÜSIVESINIKTOORME TÖÖTLEMISE TEHASE TEHNOLOOGIA ÜLEVAADE**

**Tellijaja Investor:**

STK Group OÜ

Liivamäe, 3-32, 10132, Tallinn, Eesti, Reg. nr 12225891

**Tehnoloogilise põhiprojekti koostaja:**

PVÜ „Neftezavodprojekt“ (ОГРН 1090200000417,)

Juriidiline aadress: 450000 Baškorotostani Vabariik, Ufa linn, Dorožnaja tänav 2Я, 1

e-mail: [extreman2@mail.ru](mailto:extreman2@mail.ru) Tel/faks. (347) 237-82-47. +7-917-34-388-67, +347-545-159-20

## SISUKORD

1. Sissejuhatus .....	3
2. Tehase kirjeldus ja struktuur.....	4
2.1. Tehase üldisloomustus .....	4
2.2. Tootmisvõimsus.....	4
2.3. Tehnilised põhilahendused .....	6
2.4. Tehase toimimiseks vajalik taristu.....	9
3. Süsivesiniktoorme töötlemise tehnoloogia.....	11
3.1. Süsivesiniktoorme puhastamise plokk.....	11
3.2. Puhastatud süsivesiniktoorme töötlemise plokk.....	13
3.2.1. Fraktsioneerimine ja nafta stabiliseerimine (C-200) .	13
3.2.2. Raskete fraktsioonide termiline krakkimine (C-300) .	15
3.2.3. Naftafraktsioonide vesinikpuhastus (C-400).....	16
3.2.4. Vesiniku tootmine (C-500) .....	19
3.2.5. Süsivesinikgaasi puhastamine (C-600).....	19
3.2.6. Väävli tootmine, degaseerimine, granuleerimine (C-700)	21
3.2.7. Tehnoloogilised ahjud (C-800) .....	22
3.3. Täiendavad tehnoloogilised protsessid süsivesiniktoorme töötlemisel tehase II etapis .....	23
3.4. Tehnoloogilised abiprotsessid .....	24
3.5. Avariide ennetamise süsteem .....	26
3.6. Automatiseeritud juhtimissüsteem .....	27
4. Tehase projekteerimis- ja ehitusnõuded .....	28
4.1. Tehnoloogiaseadmed.....	28
4.2. Aparatuuri ja torustike ühendamine .....	32
5. Tehase ressursivajadus .....	35
5.1. Tooraine ja abimaterjalid .....	35
5.2. Energiavarustus.....	36
5.3. Veevarustus .....	37
5.4. Inertgaasiga varustamine .....	39

## 1. SISSEJUHATUS

Käesoleva projekti eesmärk on raske süsivesiniktoorme ümbertöötlemise tehase rajamine Sillamäe sadamasse, mille juures on sobiva suurusega ja taristuga tootmisala (aadress Kesk tn 2d). Tehase ehitamiseks planeeritud maaüksus pindalaga ligikaudu 19 ha asub ~2 km kaugusel Sillamäe linna keskusest. Ligikaudne tehase töötajate arv on 350 inimest.

Tehase tööks planeeritakse süsivesiniktoorme (nafta, masuut) tarnimist, mida hoitakse Balti- ja Põhjamere akvatooriumi riikide sadamates, võimalusel sadama lähedal asuvates terminalides. Toormaterjali ümbertöötlemine on planeeritud kas *tolling*-skeemi järgi, kui süsivesiniktoorme omandiõiguse üleminek ei toimu, või toorme omandiõiguse ülemineku tehasele (ostu-müügi lepingute alusel – müük koos tarnega kooskõlastatud graafiku alusel).

Planeeritav tehas rajatakse kahes etapis. Esimesel arendusetapil on kavandatud võimsus tooraine ümbertöötlemisel 1 000 000 tonni aastas ja teisel etapil lisaks 1 000 000 tonni aastas. Peamiselt toodetakse laevakütust (margid DMA, DMF, DMX väävlisisaldusega kuni 0,1 %), EURO 5 nõuetele vastavat diiselmootorkütust, aga ka küttegaasi, stabiliseeritud naftat (kasutatav autobensiinide komponendina ja naftakeemiatööstuse toorainena), madala viskoossusega jääkkütust (saab kasutada rasket kütteenõuna), tee- ja ehitusbituumeni ,granuleeritud väävlit puhtusastmega kuni 99,9%, soojus- ja elektrienergiat.

Käesolev tehnoloogia kirjeldus on osaks tehase rajamisega seotud avalike väljapanekute ja arutelude materjalidest. Selle alusel hinnatakse tehase ehitamise otstarbekust ja võimalikkust Sillamäe sadama tööstusalal, samuti saab seda kasutada ehitus-arhitektuurse lähteülesande koostamisel ning projekteerimistingimuste taotlemisel.

## **2. TEHASE KIRJELDUS JA STRUKTUUR**

### **2.1. Tehase üldisloomustus**

Raske süsivesiniktoorme sügavtöötlemise tehase tehnoloogia ja projektlahenduse väljatöötamisel on lähtunud toodangule esitatavate kõrgete kvaliteedinõuete tagamisest, töötuse käigus tekkivate jäätmete maksimaalsest kohapealsest ümbertöötlemisest, minimaalsest kahjulike ainete heitest välisõhku, pinnavette ja pinnasesse.

Tooraine sügavtöötlemisel on põhiprotsessiks termilise konversiooni tehnoloogia, mida on täiendatud patenteeritud meetoditega tavapärasel naftatöötlemise protsessis esinevate probleemide kõrvaldamiseks. Saadud raske fraktsioon (masuut) allutatakse termolüüsile, mille jääk polükondenseeritakse ja saadakse raske kütteõli kvaliteedinõuetele vastav produkt. Kasutatakse patenteeritud meetodit tehnoloogilise gaasi väävlitustamiseks (vesiniksulfiidi otseoksüdatsioon elementaarse kaubaväevli saamiseks puhtusastmega kuni 99,9 %), väävlitustatud tehnoloogilise gaasi katalüütilisel aromatiseerimisel vesiniku tootmist ning diislifraktsioonide hüdropuhastamist ja hüdrostabiliseerimist, saamaks madala väävlisisaldusega laevakütust ja diislikütust Euro 5. Tehase tehnoloogiliste protsesside juhtimine toimub automatiseeritud kontroll- ja juhtimissüsteemiga, mis tagab kõrgetasemelise tööstus-, tule- ja keskkonnaohutuse.

Sellise tehase loomine võimaldab tagada Eesti Vabariigis vajadused kvaliteetse teebituumeni ja bituumenemulsioonide järgi.

Tehase ressursikulu on madal - töötatakse vee, elektrienergia ja soojuse tarbimise autonoomses režiimis (st tehakse käivitamise järgselt neid ressursse ei vajata) ning omatarbest üle jääv elektrienergia ja soojus müüakse teistele tarbijatele.

### **2.2. Tootmisvõimsus**

Tehas hakkab ümber töötlema rasket naftat ja masuuti 350 päeva aastas. Tehase esimesel arendusetapil kasutatakse 1 mljn tonni toormaterjali aastas ja lisaks 1 mljn tonni aastas teisel arendusetapil, planeeritav koguvõimsus 2 mljn tonni aastas. Plaaniline seiskamine jooksvate remondi- ja hooldustööde teostamiseks on 15-18 päeva aastas.

Väljalastava toodangu bilanss määratakse raske süsivesiniktoorme liigi ja fraktsioonilise koostise ning valitud tehnoloogiliste režiimide järgi. Põhitoodanguna on ette nähtud madala viskoossusega laevakütused ja EURO 5 diiselküte (kogus 55...60 % töödeldud süsivesiniktoorme kogusest). Tabelis 2.1 on toodud toodangu eeldatavad kogused 1 mln tonni tooraine kohta, kui kasutatakse Araabia naftat mark QJ-1 (seejuures ei ole arvestatud kadusid ja koostoomisjaama kütusevajadust). Tabelis toodud kaupadele lisaks on võimalik toota:

- ahjukütust, tumedat mootoriõli keskmiste ja madalate pööretega diislitele, termodestruktiivsete protsesside süsivesinikfraktsioone, gaasiõli fraktsioone jne madala viskoossusega diisel- või laevaküttele asemel;
- erinevaid marke tumedaid mootori- või katlakütteid, ehitusbituumeni, kiudmoodustavat-, siduvat-, elektrood- ja vedelkoksi teebituumeni asemel.

Kõik toodetavad materjalid vastavad rahvusvahelistele või riiklikele standarditele ja tehnilistele tingimustele (TY).

Tabel 2.1

Tehase toormaterjalid ja kaubatoodang, kui tooraineks kasutatakse Araabia naftat QJ-1

Toode	Normatiiv	Kogus*, tuhat t/a
<b>Tooraine</b>		
Raske, kõrge parafiinsaldusega süsivesiniktoore: raske nafta ja otsedestillatsiooni masuut	Vastavalt standarditele ja tehnilistele tingimustele.	1 000,0
<b>Põhitoodang</b>		
EURO diiselküte	EN-590:2004 (ISO 8217-2010)	291
Laevaküte DMF	ISO 8217-2010	283
Stabiliseeritud nafta (H <sub>2</sub> S-vaba bensiinifraktsioon)	Ettevõtte standard	151
Krakkimisjääk	Ettevõtte standardi järgi	~175
Süsivesinikgaas (vesiniku tootmiseks)	Ettevõtte standardi järgi	25,8
Olefiiniderikas küttegaas		76,6**
<b>Kaasnev toodang</b>		
Granuleeritud väävel	GOST 127.1-93	3,3...13,5
Tee-ehitusmaterjalid	Ettevõtte standard	kuni 60,0

\* arvestamata kadusid ja koostoomisjaama kütusevajadust

\*\* - kasutatakse koostootmisjaamas kütuseks, teisel arendusetapil võidakse tarnida ettevõttevälistele tarbijatele lisaks energiale ka küttegaasi

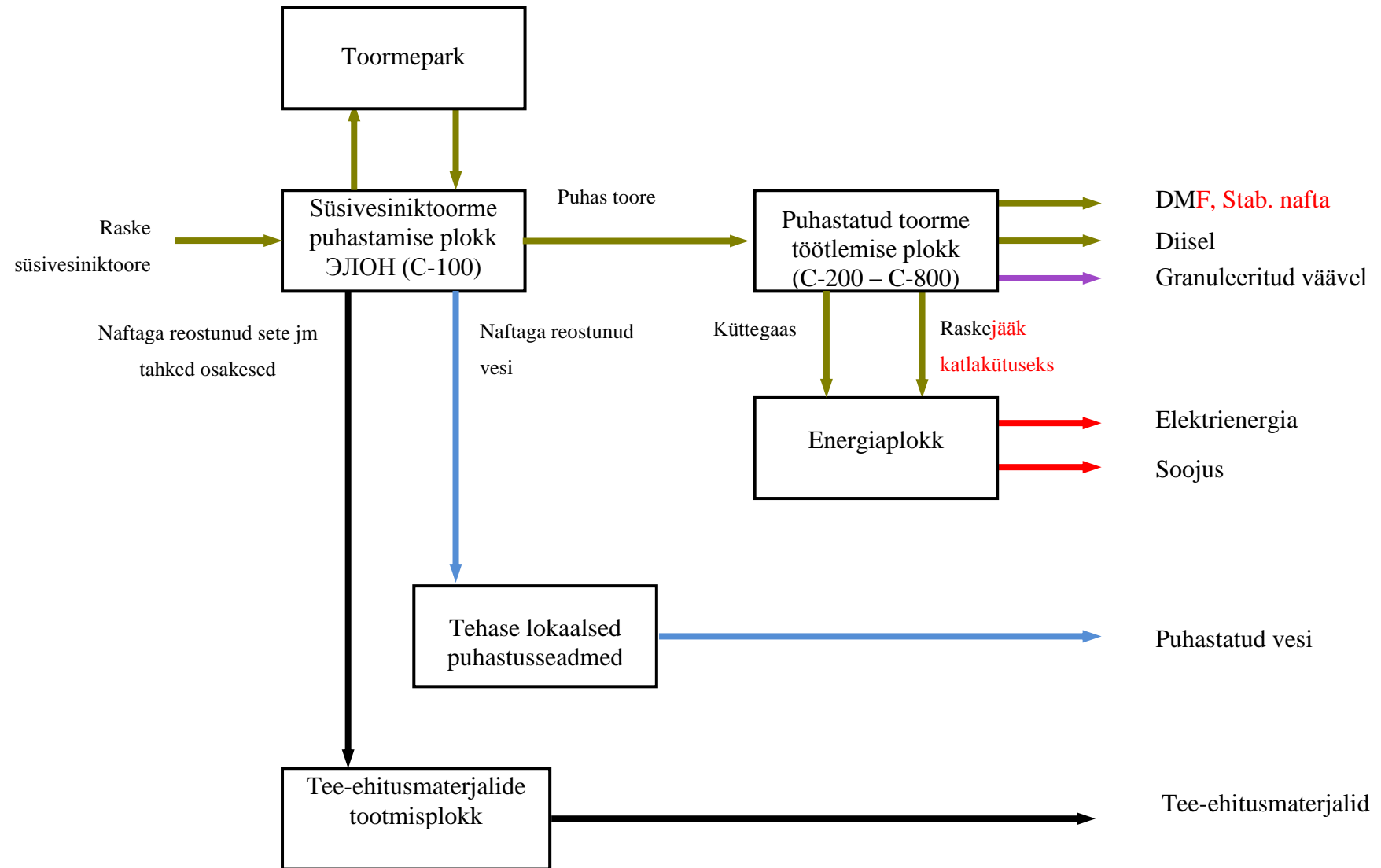
### 2.3. Tehnilised põhilahendused

Raske süsivesiniktoorme töötlemistehase (võimsus 1 mln t/a) põhilahenduse plokkskeem on esitatud joonisel 2.1. Selles kuulub keskne koht süsivesinike töötlemise seadmetele, millest sõltub kui suur osa toormest töödeldakse kaubatoodanguks. Tehase põhitootmine koosneb veel toorme puhastamise plokist, energiaplokist, vee puhastuse ja ettevalmistamise plokist ning tee-ehitusmaterjalide tootmisplokist. Põhilahendus on välja töötatud negatiivse mõju vältimise ja minimeerimise põhimõtet silmas pidades, sh arvestades saasteainete heidet välisõhku, pinnavette ja pinnasesse, samuti soojuse eraldumine keskkonda.

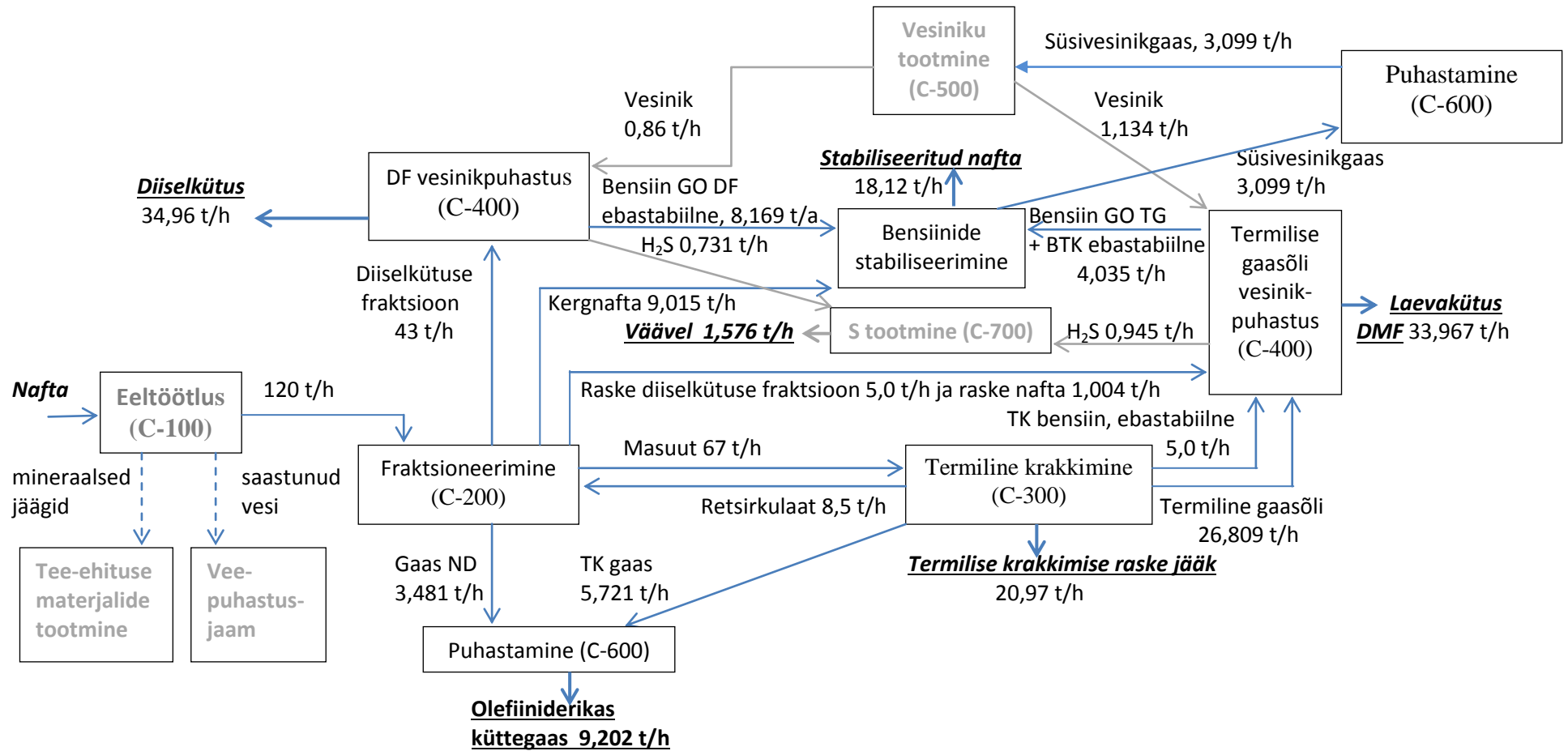
Tehases plaanitakse toorme vastuvõtmist vastavalt kvaliteedile ja kogusele, selle puhastamist-ettevalmistamist ning ajutist säilitamist toormepargis järgnevas töötlemiseks. Puhastamisel-ettevalmistamisel kasutatakse elektrilist dehüdreerimist-soolaärastust (plokk C-100), mille käigus eraldatakse vesi, soolad ja tahked osakesed. Sellele järgneb ettevalmistatud raske süsivesiniktoorme ümbertöötlemine toodanguks. Ettevalmistamisel jm tekkinud naftaga reostunud vesi puhastatakse kuni normideni, mis võimaldavad selle kasutamist tehnoloogilise veena, juhtimist piirkonna ühiskanaliseerimise või oma heitvee väljalasude kaudu veekogudesse. Naftaga reostunud setted jms töödeldakse ümber tee-ehitusmaterjalideks.

Puhastatud raske süsivesiniktoorme töötlemise voodiagramm, kui käideldakse naftat QJ-1 on esitatud Joonisel 2.2. Esmalt toimub nafta fraktsioneerimine atmosfäärirõhul (plokk C-200, võimsus 120 t/h), kus eraldatakse olefiiniderikas gaasifraktsioon (segatakse krakkimisel tekkiva gaasiga ja saadakse **küttegaas**, kokku 9,2 t/h), kergnafta (~9 t/h), diiselkütuse fraktsioon (43 t/h), masuut (67 t/h) ja muud rasked fraktsioonid (6 t/h).

Masuut suunatakse termilisse krakkimisse (TK, plokk C-300), kus tekib **raske TK jääk** (~21 t/h, kasutatakse tehase energiaplokis kütusena), edasisse vesiniktöötlemisse (plokk C-400) suunatakse termilise gaasõli (26,8 t/h) koos TK stabiliseerimata bensiinifraktsiooniga (5,0 t/h) ja fraktsioneerimise raskete diiselkütuse ja nafta fraktsioonidega (kokku 6 t/h). Saadakse madala väävlisisaldusega **laevakütus DMF** (~34 t/h), kerged bensiinifraktsioonid (~4 t/h) suunatakse bensiinide stabiliseerimisse koos fraktsioneerimisel tekkinud kergnaftaga ja diiselkütuse fraktsiooni vesiniktöötlemisel eraldatud bensiiniga (8,17 t/a). Vesiniktöötlemisel tekkinud väävelvesinik ( $H_2S$ , kokku 2,52 t/h) suunatakse väävli tootmisse (plokk C-700).



**Joonis 2.1.** Raske süsivesiniktoorme töötlemiskompleksi põhilahenduse plokk skeem



**Joonis 2.2.** Raske süivesiniktoorme töötlemise voodiagramm, kui käideldakse Araabia naftat QJ-1 1 miljon tonni aastas



Diiselfraktsiooni vesiniktöötlemisel saadakse toodanguna ~35 t/h **diiselkütust**, bensiinifraktsioonide stabiliseerimisest ~18 t/h **stabiliseeritud naftat**. Vesiniktöötlemiseks vajalik vesinik toodetakse plokis C-500 bensiinifraktsioonide stabiliseerimisest tekkivast puhastatud süsivesinikgaasist (~3,1 t/h, puhastamine plokis C-600). Tootmisprotsessi soojusenergiaga varustamiseks kasutatakse lisaks koostootmisjaamas toodetavale aurule tehnoloogilisi ahje (plokk C-800).

Kõikide tehnoloogiliste üksuste, sh abitegevuste täpsemad kirjeldused on esitatud ptk 3.

## 2.4. Tehase toimimiseks vajalik taristu

Tehase toimimiseks vajalik taristu koosneb objektidest, insenerivõrkudest ja -kommunikatsioonidest, mis tagavad põhitootmise funktsioneerimise, samuti kogu tehase tule-, tööstus- ja keskkonnaohutuse. Kogu taristu ehitatakse tehase rajamise esimeses järgus. Objektide ja seadmete täpsem koosseis ja parameetrid täpsustatakse tehase projektis, alljärgnevalt on toodud nende loetelu (nende paiknemine on esitatud asendiplaanil programmi Lisas 4).

### Toorme jm materjalide käitlemisega seotud objektid.

- Naftasaaduste mahutipargid
  - Raske süsivesiniktoorme mahutipark,
  - Heledate ja tumedate naftasaaduste mahutipark.
- Toorme- ja kaubalaod koosseisus:
  - Granuleeritud väävli ladu,
  - Kustutamata lubja ladu,
  - Tuletõrjevahu tekiti ladu,
  - Reagentide ladu.
- Automatiseeritud ülalt- ja altlaadimisestakaadid:
  - Raudtee laadimisestakaad, soojendussõlme ja kerge fraktsioonide püüdmise süsteemiga raske süsivesiniktoorme mahalaadimiseks ning heledate ja tumedate naftasaaduste vagunitesse laadimiseks,
  - Veoautode laadimisestakaad, soojendussõlme ja kerge fraktsioonide püüdmise süsteemiga raske süsivesiniktoorme, muude vedelkemikaalide ja -reagentide mahalaadimiseks ning heledate naftasaaduste autodele laadimiseks.
- Pumbajaamad:
  - Toome pumbajaam,
  - Heledate naftasaaduste pumbajaam,
  - Tumedate naftasaaduste pumbajaam.

### Hooldus- ja remonttöödega seotud objektid

- Õlide ja kemikaalide ning nende taara laod.
- Reagentide doseerimise-segamise üksused
- Remondimajand, sh laod.

### **Tootmise juhtimine, kontroll ja olmeruumid**

- Operaatoriruum.
- Tehase laboratoorium.
- Administratiiv- ja olmekorpus koos tervishoiupunkti, söökla ja olmeruumidega.

### **Tule-, tööstus- ja keskkonnaohutuse tagamise süsteemid.**

- Avariitõrвик
- Tuletõrjedepoo-päästeteenistus
- Tuletõrje veevõtukoht, mahutid ja pumbajaam.
- Vahukustutuse pumbajaam.
- Tulekustutussüsteem:
  - Statsionaarsed vahugeneraatorid ja pulberkustutussüsteemid
  - Lafett-joatorud tuletõrjevee ringtorustikul,
  - Statsionaarsete vahugeneraatorite täitmisestakaadid,
  - Põhitootmise statsionaarsed vee lafett-joatorud,
  - Tuletõrjevee torustikud,
  - Inertse gaasi jaotustorustik elektriseadmete kustutamiseks.
- Puhastusseadmed:
  - Olmereovee eelpuhastuse mooduljaam (kui see on vajalik lähtuvalt ühiskanalisatsiooniga liitumise tingimustest),
  - Tööstus- ja sadevete puhastusseadmed.
- Jäätmekäitluse vahendid, sh
  - tavajäätmete konteinerid
  - ohtlike jäätmete ajutise hoidmise ruumid.

### **Energia jm ressurssidega varustamine**

- Energiavarustus:
  - Energia tootmise plokk,
  - Pingemadaldus-alajaam,
  - Varu-elektrigeneraator, 25 kW, diiselmootoriga
  - elektri jaotusseadmed ja -võrk.
- Soojusvarustus:
  - Katlamaja
- Kütusevarustus:
  - Varukütuse mahutid,
  - Vedel- ja gaasikütuse torustikud.
- Veevarustus:
  - Joogi-, tehnilise- ja katlavee ettevalmistusjaam
  - Tehnilise- ja joogivee torustikud,
- Inertsgaasiga varustamine:
  - Inertse gaasi tootmise seadmed ja kompressorijaam
  - Inertgaasi jaotustorustik
- Suruõhuvarustus:
  - Kompressorijaam koos õhu ettevalmistamise seadmete ja kontrollmõõteriistadega
  - Suruõhu jaotustorustik

- Insenerivõrgud (eelnevalt nimetamata):
  - Toorme ja saaduste torustikud,
  - Soojavee trassid,
  - Auru ja kondensaadi torustikud,
  - Tööstusreovee kanalisatsioonivõrgud,
  - Sadevee kanalisatsioonivõrgud,
  - Olmereovee kanalisatsioonivõrgud,
  - Kontrollmõõteriistade ja -automaatika ning arvutite võrgud,
  - Signalisatsiooni, raadio- ja telefoniside-ning teavitussüsteemid.

### **Turvasüsteemid**

- Peapääsala turustusosakonna ja tehase turvateenistuse ruumidega.
- Kaupade ja transpordivahendite pääsala ja kontroll-läbipääsu punkt.
- Perimeetri kaitseala videovalve, valvesignalisatsiooni ja –valgustusega.
- Automaatne tuletõrjesignalisatsiooni (nii heli kui valgus), mis tehnoloogilistel seadmetel ja laadimisestakaadidel on dubleeritud käsitsi tuletõrjeteavitusega.
- Automaatne riketest teavitamise süsteem.

### **Transport:**

- Tehasesisesed autoteed, kõnniteed ja tuletõrje läbisõidukohad
- Parkla ametitranspordi jaoks
- Platsisisesed raudteed
- Autoteede ja platside välisvalgustus,

## **3. SÜSIVESINIKTOORME TÖÖTLEMISE TEHNOLOOGIA**

**Järgnevat esitatakse ülevaade põhitehnoloogiast ja -parameetritest. Eraldi ei tooda välja regentide doseerimispumpasid jms abiseadmeid, samuti tehnoloogiliste seadmete juhtimis- ja kontrollandurite kompleksust, abiseadmete tööparameetreid jne. Vastav teave on esitatud venekeelses versioonis.**

### **3.1. Süsivesiniktoorme puhastamise plokk**

Toorme vastuvõtul tehase mahutiparki toimub selle laboratoorne kontroll, et kindlaks teha selle omadused ja koostis töötlemise tehnoloogilise režiimi täpsustamiseks, samuti kontrollida toorme omaduste vastavust tehnoloogilistele protsessidele (tagada tehase stabiilne töö).

Nafta võib sisaldada mitmesuguseid lisandeid, mis võivad nafta töötlemisel põhjustada erinevaid probleeme: vesi ja selles lahustunud soolad, kloori ja väävli ühendid, jms. Näiteks nafta kuumutamisel kloriidid hüdrolüüsivad ja moodustavad soolhappe, millel on tehase seadmetele ja torustikele tugev korrodeeriv mõju. Vee aurustamiseks kulub 8 korda rohkem soojusenergiat kui

sama koguse süsivesinike aurustamiseks, samuti moodustab vesi naftaga raskesti lagundatavaid emulsioone. Naftas võib märkimisväärses koguses esineda kaltsiumi ja magneesiumi vesinikkarbonaate, mis kuumutamisel üle 60 °C muutuvad lahustumatuteks karbonaatideks ja tekitavad soojusvahetite jm torustike seintele katlakivi. Seetõttu ei tohi töötlemisele suunatav nafta sisaldada vett rohkem kui 0,1 – 0,2 % ning peab olema puhastatud sooladest ( $\leq 3$  mg/l) ja mehhaanilistest lisanditest ( $\leq 0,005$  %).

Puhastamise tehnoloogiline skeem plokis ЭЛОН (С-100):

- Toormemahutitest pumbatakse nafta filtritele Ф-101/1,2, kus eemaldatakse mehhaanilised lisandid 0,2-0,5 mm (kogu järgnevas skeemis nafta pumbad Н-101/1,2, mille kiirust saab reguleerida sagedusmuunduriga FT-101).
- Filtreeritud nafta pumbatakse 1,6-1,8 MPa rõhul hüdrotsüklonilisse protsessorisse ПП-101, kus tsentrifugaaljõu toimel lenduvad kerged merkaptaanid, väävelvesinik ja osa kergeid süsivesinikke, mis satuvad läbi õhkjahuti АВО-201 ja jahuti Х-201 separaatorisse С-201 (vt p 3.2-1).
- ПП-101 põhjaosast väljapumpamisel segatakse nafta de-emulgaatoritega (kulu 20-100 g tonni nafta kohta), veega (4 % nafta kogusest, kasutatakse teistest dehüdraatorist saadavat vähesoolast vett), naatriumhüdroksiidi vesilahusega (kui naftas on happelisi ühendeid, et pH tase oleks 7,0...7,5) ning jagatakse neljaks paralleelvooks.
- Nafta kuumutatakse temperatuurile 140 °C neljas soojusvahetis Т-101, 102, 103 ja 104, mida köetakse erinevatest kolonnidest-reaktoritest lähtuvate produktidega: Т-101 stabiilse diiselmootoriga kolonnilt К-401, Т-102 stabiilse laevakütusega kolonnilt К-402, Т-103 diiselfraktsiooniga reaktorist Р-402, Т-104 laevakütuse fraktsiooniga reaktorist Р-404.
- Kuumutatud nafta suunatakse rõhul 1,4 MPa horisontaalsesse altlaadimisega elektri-dehüdraatorisse ЭДГ-101, kus toimub osakeste settimine ning vee ja soolade eraldamine. Elektrodehüdraatori alumises osas toimub suhteliselt nõrgas elektriväljas suuremate veetiljade koalestseerumine ja sadenemine seadme põhja. Nafta liigub laminaarse voolamisega (lineaarkiirus 2,7 m/h) seadme ülaossa, kus järjest tugevnevas elektriväljas koalestseeruvad ja sadenevad järjest väiksemad veetiljad. Eraldatud soolane vesi suunatakse avarii-drenaaži-mahutisse ДЕ-101.
- Võimalikult suure puhastusastme saavutamiseks kasutatakse veel ühte elektrodehüdraatorit, kus toimub puhastamine kõrgepingeväljas. Enne ЭДГ-102 suunamist segatakse naftasse uuesti vett (aurukondensaati) ja de-emulgaatorit. Eraldatud vesi lisatakse kas esimesse dehüdraatorisse suunatavale naftale (kaalutakse ka võimalust enne naftaga segamist lisada vette de-emulgaatorit, mis võimaldab veeslahustuvate de-emulgaatorite kasutamist) või mahutisse ДЕ-101.

Töö tavapärasest erineval režiimil:

- Tehase käivitamisel kasutatakse soojusvahetites tehase koostootmisjaamas toodetud küllastunud auru (rõhk 4, 0 MPa);
- Juhul kui elektrodehüdraatorites langeb nafta tase alla kriitilise nivoo ja tekib „gaasipadi“, käivitub automaatselt blokeering mis lülitab elektroodidel pinge välja.

### 3.2. Puhastatud süsivesiniktoorme töötlemise plokk

Joonisel 2.1 toodud puhastatud süsivesiniktoorme töötlemise tehnoloogiline skeem koosneb erinevatest etappidest (nendevahelised seosed on esitatud Joonisel 2.2):

#### Põhiprotsessid

1. Fraktsioneerimine ja nafta stabiliseerimine (C-200). Selles etapis jagatakse nafta normaalrõhu destillatsioonil edasiseks töötlemiseks sobivatesse fraktsioonidesse. Lisaks kogutakse kokku nii fraktsioneerimisel kui teistes protsessides tekkivad bensiinifraktsioonid ja neist eraldatakse gaasilised komponendid, sh väävelvesinik. Saadakse stabiliseeritud bensiin (nafta), mille küllastunud auru rõhk on sobilik ohutuks ladustamiseks ja transpordiks ning mis ei tekita kvaliteedi kontrollil vaskplaadi korrosiooni.
2. Raskete fraktsioonide termiline krakkimine (C-300) – fraktsioneerimisel saadud raske jääk (keemistemperatuur > 360 °C) allutatakse aeglustatud termilisele konversioonile, mille tulemusena saadakse väiksema molekulmassiga destillaadid, gaasilised süsivesinikud ja raske krakkimisjääk. Termolüüsil tekkinud aurudest eraldatakse diiselfraktsioon (termiline gaasiõli), mis on puhastamise ja stabiliseerimise järel laevakütuste peamine komponent. Gaase kasutatakse väävelvesinikust puhastamise järgselt küttegaasina. Rasket jääki on võimalik kasutada raske kütteõlina katlamajades või laevakütusena.
3. Termilise gaasiõli fraktsiooni ja diiselfraktsiooni vesinikpuhastus (C-400) väävliühenditest toimub eraldi voogudena. Koos termilise gaasiõliga puhastatakse ka krakkimisel tekkiv bensiinifraktsioon. Saadakse madala väävliisisaldusega laevakütuseid ja EURO-5 nõuetele vastavat diiselkütust. Väävliühendid eralduvad väävelvesinikuna.

#### Abiprotsessid:

4. Vesiniku tootmine (C-500): vesinikpuhastuseks vajalik vesinik saadakse süsivesinikgaasist ja esmase fraktsioneerimise bensiinifraktsioonist.
5. Tehnoloogilise süsivesinikgaasi amiinpuhastus (C-600) väävliühenditest, mille tulemusena saadakse küttegaas ja vesiniku tootmisel kasutatav süsivesinikgaas.
6. Väävli tootmine, degaseerimine ja granuleerimine (C-700): plokkidest C-400 ja C-600 tekkivast väävelvesinikust toodetakse vedelväävel, mis granuleeritakse.
7. Tehnoloogilised ahjud (C-800) - erinevate protsesside teenindamiseks vajalikud kuumutus- ja reaktorahjud on koondatud kompaktses üksuses. Kõik ahjud on vertikaalsete spiraalitorudega soojusvahetitega ja universaalpõletitega nii gaasilise kui vedelkütuse jaoks.

#### **3.2.1. Fraktsioneerimine ja nafta stabiliseerimine (C-200)**

Fraktsioneerimisel jagatakse puhastatud nafta normaalrõhu destillatsioonil edasiseks töötlemiseks sobivatesse fraktsioonidesse. Protsess on järgmine:

- Elektrodehüdraatorist ЭДГ-102 väljapumbatav nafta jagatakse edasiseks kuumutamiseks nelja soojusvaheti vahel, mida köetakse eri kolonnidest lähtuvate kuumade produktidega: T-201 K-302 külgmise vooga, T-202 K-301 külgmise vooga, T-203 K-202 ringlusvooga ja T-204 K-301 alumise vooga.

- Pärast soojusvahetite läbimist temperatuurini 280 °C kuumutatud nafta vood liidetakse ja suunatakse kergete fraktsioonide eraldamise kolonnile K-201 (H = 12 m, D = 1,0 m, V = 10 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 1,2 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 59 m<sup>3</sup>, p = 0,7 MPa, t<sup>o</sup> = 295 °C;), kus toornaftast eraldatakse vee jäägid ja enamuse bensiinifraktsiooni kerget sivesinikke. See vähendab oluliselt fraktsioneerimise põhikolonna K-202 (H = 18 m, D = 2,4 m, V = 89 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 6,8 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 134 m<sup>3</sup>, p = 0,2 MPa, t<sup>o</sup> = 375 °C) ja kuumutusahju П-201 koormust.
- Kolonna K-201 ülaosast väljuvad aurud satuvad õhkjahutusega kondensaatorisse ABO-201, kondenseeruvad produktid kogutakse separaatorisse C-201 (H = 2,6 m, D = 1,4 m, V = 4 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 2,3 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 12 m<sup>3</sup>, p = 0,92 MPa, t<sup>o</sup> = 125 °C), mille allosast juhitakse veekondensaat mahutisse ДЕ-101. Kondenseerumata tehnoloogiline gaas, mis sisaldab väävelvesinikku, suunatakse separaatorisse C-601 ja seejärel kasutatakse vesiniku tootmises.
- Osa separaatorisse C-201 kogunenud bensiinifraktsioonist pumbatakse kolonna K-201 ülemisele taldrikule kolonna niisutamiseks (temperatuuri reguleerimiseks kolonnil). Selleks, et vältida K-201 ülemiste taldrikute ja jahuti ABO-201 korrodeerumist, lisatakse K-201 ülaossa ka 5-7 % ammoniaagi vesilahust, millesse on segatud korrosiooniinhibiitorit ИКБ-1 (lämmastik- ja väävliühendite segu). Inhibiitorit lisatakse ca 0,005 % käideldava bensiinifraktsiooni kogusest. Täiendavalt pumbatakse kolonna ülaosa torustikku ka inhibiitori ИКБ-2 3-5 % lahust vees või õlis (0,001 % käideldava bensiinifraktsiooni kogusest).
- Kolonna K-201 alaosast pumbatakse raske fraktsioon ahju П-201 kaudu atmosfäärirõhul fraktsioneerimise kolonnile K-202. Ahjus kuumutatakse bensiinivaba nafta temperatuurini 370 °C, mis annab heledate destillaatide optimaalse saagise (sel temperatuuril on termiline lagunemine veel suhteliselt madal). Kolonna kuubi juhitakse krakkimise hüdrotsüklonist C-301 kuum olefiine sisaldav aurufaas, mis võimaldab destillaatide maksimaalset aurustumist.
- Kolonna ülaosast suunatakse aurugaasi õhkjahutisse ABO-202, kus kondenseerub bensiinifraktsioon (jäägid kolonnilt K-201 ja krakkimisel tekkinud bensiin separaatori C-301 kuumadest aurudest).
- Edasi satub segu separaatorisse C-202 (H = 1,6 m, D = 2 m, V = 5 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 4,7 m<sup>3</sup>, p = 0,13 MPa, t<sup>o</sup> = 120 °C), mis üheaegselt toimib kolonna K-202 niisutusmahutina ja teistes protsessides tekkivate madala rõhuga gaaside kogujana. Kogutud gaas komprimeeritakse ja suunatakse separaatorisse C-603 väävelvesinikust puhastamiseks.
- Keskmise destillatsiooni ehk diiselkütuse fraktsioon (väävlisisaldus kuni 1,5 %, leektäpp ≥70 °C) kogutakse K-202 15. taldrikult ja suunatakse vesinikpuhastusse. Kolonna tööparameetrite reguleerimiseks kasutatakse tsirkuleerivat niisutamist. 20. taldrikult pumbatakse vedelik re-boilerisse T-205 kolonna K-203 alaosas ja läbi soojusvaheti T-203. Jahutatud vedelik tagastatakse kolonna 16. taldrikule.
- K-202 alaosast juhitakse raske gaasiõli fraktsioon ehk masuut ahju П-301 termilisele krakkimisele (plokk C-300).
- Osa bensiinifraktsiooni segatakse vesinikpuhastusse suunatava laevakütusega enne soojusvahetit T-402.
- Enamik bensiinifraktsiooni läheb koos teistest protsessidest tekkivate kergete fraktsioonidega stabiliseerimise ehk edasisele fraktsioneerimisele kolonnil K-203 (H = 16 m, D = 1,0 m, V = 89 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 1,2 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 105 m<sup>3</sup>, p = 0,88 MPa, t<sup>o</sup> = 153 °C). Enne soojusvahetit T-206 juhitakse kokku bensiinid separaatoritest C-201, C-407, C-408 ja C-601. Kolonna alumises osas tekitatakse auruvoog re-boileris T-205, mida kuumutatakse kolonna K-202 keskosast tsirkuleeritava vedelikuga. Kolonna ülaosa gaasid ja aurud osaliselt kondenseeruvad õhkjahutis ABO-203. Segu läheb separaatorile C-203 (H = 1,9 m, D = 1,4 m, V = 3 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 2,3 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 6 m<sup>3</sup>, p = 0,92 MPa, t<sup>o</sup> = 60 °C), kust gaasid suunatakse separaatorisse C-601, aga vedelik pumbatakse kolonna K-203 niisutamiseks tagasi selle ülemisele taldrikule.

Töö tavapärasest erineval režiimil:

- Tehase käivitamisel juhitakse kolonni K-202 kuubi hüdrotsükloni C-301 aurufaasi asemel veeauru (kulu 1,5 % kolonni läbivast naftast).

### 3.2.2. Raskete fraktsioonide termiline krakkimine (C-300).

Raskete süsivesinike fraktsioonide termilisel konversioonil toimub pika ahelaga süsivesinike termiline destruktsioon  $R'CH_2CH_2R'' \rightarrow R'CH=CH_2 + R''H$ . Protsess on optimeeritud selliselt, et minimaalse gaasikeskkonna moodustumise ja bensiinifraktsioonide (nafta) vähendatud tekke juures on heledate keskmiste destillatsioonifraktsioonide saagis maksimaalne. See saavutatakse toorme reaktsioonikambrites viibimise aja pikendamisega kuni 15 minutini ja täiendava soojusenergia andmisega tänu vaakumdestillaadi retsirkuleerimisele läbi ahju П-302. See põhjustab masuudis sisalduvate väävlühendite lagunemise tiol- ja süsivesinikradikaalideks, olefiinideks ja väävelvesinikuks. Sulfiidid lagunevad temperatuuril 330-360 °C, disulfiidid aga juba 250 – 300 °C.

Kasutatava termilise konversiooni tehnoloogia üheks eripäraks on tehnoloogiliste ahjude spiraaloru ja termolüüsi reaktorite reaktsioonikambrite seinte koksistumise võimaluste vähendamine. Produkti lagunemist ning sellega seotud koksi moodustumist torude sisepindadele ennetatakse kuumutuspinna soojuskoormuse ühtlase jaotamisega. Soojuskoormuse piirväärtus kehtestatakse sõltuvalt toorme liigist, töötlemistemperatuurist, kalduvusest lagunemisele ja liikumiskiirusest spiraalorus.

Termilise krakkimise ploki C-300 koosseisus on järgmised põhiseadmed:

- torudega ahi-reaktor П-301 (rõhk ahju sisenemisel kuni 2,8 MPa, väljumisel kuni 1,8 MPa);
- 3 reaktsioonikambrit P-301,302,303 ( $a' H = 8 \text{ m}$ ,  $D = 2 \text{ m}$ ,  $V = 25 \text{ m}^3$ ,  $V_v = 4,7 \text{ m}^3$ ,  $V_g = 345 \text{ m}^3$ ,  $p = 1,67 \text{ MPa}$ ,  $t^\circ = 450 \text{ }^\circ\text{C}$ );
- separaator-jagaja (hüdrotsüklon) ПЦ-301 ( $H = 1 \text{ m}$ ,  $D = 1 \text{ m}$ ,  $V = 1 \text{ m}^3$ ,  $V_v = 1,2 \text{ m}^3$ ,  $V_g = -3 \text{ m}^3$ ,  $p = 1,57 \text{ MPa}$ ,  $t^\circ = 280 \text{ }^\circ\text{C}$ );
- normaalrõhu destillatsioonikolonni K-302 ( $H = 12 \text{ m}$ ,  $D = 1,5 \text{ m}$ ,  $V = 23 \text{ m}^3$ ,  $V_v = 2,6 \text{ m}^3$ ,  $V_g = 152 \text{ m}^3$ ,  $p = 0,78 \text{ MPa}$ ,  $t^\circ = 303 \text{ }^\circ\text{C}$ );
- vaakumdestillatsioonikolonni K-301 ( $H = 8 \text{ m}$ ,  $D = 1,8 \text{ m}$ ,  $V = 23 \text{ m}^3$ ,  $V_v = 3,86 \text{ m}^3$ ,  $V_g = 2 \text{ m}^3$ ,  $p = 0$ ,  $t^\circ = 412 \text{ }^\circ\text{C}$ );
- separaator C-303 ( $H = 1,5 \text{ m}$ ,  $D = 1,6 \text{ m}$ ,  $V = 3 \text{ m}^3$ ,  $V_v = 3,0 \text{ m}^3$ ,  $p = 0,1 \text{ MPa}$ ,  $t^\circ = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ )
- retsirkulaadi kuumutamise toruahi П-302 (rõhk ahju sisenemisel 2,5-2,6 MPa, ahjust väljumisel 1,7-1,9 MPa);
- pumbad ja torustikud.

Krakkimise protsess on järgmine:

- Kolonni K-202 kuubist väljapumbatav masuut kuumutatakse ahi-reaktoris 445 °C (ahju temperatuuri reguleeritakse küttegaasi etteandmiskiirusega) ja sisestatakse järjestikku

reaktsioonikambritesse P-301, 302, 303. Kõikidesse reaktioonikambritesse toimub auru-vedelikvoo pumpamine reaktori allosast 2 tangentsiaalselt paikneva seadme kaudu, mis tekitavad reaktoris keerise. Lisatakse ka kolonnilt K-301 tekkivat vaakumgaasiõli retsirkulaati.

- Reaktorist P-301 väljuv reaktioonisegu satub hüdrotsüklonseparaatorisse ПЦ-301, mis eraldab auru- ja vedelfaasi produktid. Vedelfaasis sisaldub ka reageerimata toore, aurufaasis on teatud osa ka raskemaid komponente. Osa auru suunatakse kolonnile K-202 destillaatide naftast väljaaurutamiseks.
- Separatori ülaosast väljuvad aurud fraktsioneeritakse kolonnil K-302. Nad kondenseeritakse termilise gaasiõlina kolonni ülaosas, mis jahutatakse soojusvahetis T-202 ja juhitakse tagasi kolonni ülemisele taldrikule. Sealt pumbatakse diiselkütuse fraktsioon vesinikpuhastusse. Mittekondenseerunud gaasid ja bensiniaurud suunatakse jahutile X-601 edasiseks jahutamiseks ja kondensatsiooniks.
- Separatori alumisse ossa jääv vedelik pumbatakse koos kolonni K-302 alumise osa jäägiga vaakumkolonnile K-301. Aurustuvast osast saadakse vaakumgaasiõli, mida esmalt kasutatakse kolonnil K-302 alumises osas aurude pesemiseks ja seejärel suunatakse läbi soojusvaheti T-201 täiendavale jahutamisele õhkjahutis ABO-301. Sealt suunatakse see tagasi kolonni ülaossa selle külmiisutamiseks. Osa vaakumgaasiõli kasutatakse reaktorites P-301 - 303 soojuskandjana – pumbatakse ahju П-302, kus kuumutatakse sõltuvalt valitud režiimist kuni 530 °C ning seejärel jaotatakse reaktoritesse.
- K-301 allosa koguneb vedelik, mis moodustab krakkimisjäägi. See juhitakse soojusvaheti T-204 kaudu mahutiparki ja seda saab kasutada raske kütteõlina.
- K-301 mittekondenseerunud gaasid ja aurud kasutatakse ära vaakumi tekitamiseks joapumbas CH-301 ja suunatakse separaator-setitesse C-303. Sellest suunatakse gaasid separaatorisse C-202, vedelosa jahutatakse jahutis X-301 ja kasutatakse samuti vaakumi tekitamiseks.

Raskete süsivesinikfraktsioonide krakkimisel saadakse:

- termilise gaasiõli fraktsioon (väävlisisaldus kuni 2 %, leektäpp  $\geq 70$  °C), mis suunatakse vesinikpuhastusse;
- olefiiniderikas gaasifraktsioon, mis liidetakse fraktsioneerimisel tekkiva olefiiniderikka fraktsiooniga ja kasutatakse puhastamise järgselt küttegaasina;
- raske vaakumjääk, mida saab kasutada raske kütteõlina.

### **3.2.3. Naftafraktsioonide vesinikpuhastus (C-400)**

Vesinikpuhastuse eesmärgiks on produktides sisalduvate ühendite hüdrogeenimine, millel on kalduvus oksüdeerivaks kondensatsiooniks õhu juuresolekul (dieenid,  $\alpha$ -asendis kaksiksidemega küllastumata aromaatsed süsivesinikud). See tagab kütuste oksüdatsioonikindluse ja hoiustamisel värvuse stabiliseerimise ja setete moodustumise vähenemise. Katalüütiline hüdrogeenimine viiakse läbi reaktsiooniga  $R-CH=CH-CH=CH_2 + 2H_2 = R-(CH_2)_3-CH_3$ , kasutatakse katalüsaatorit.

Lisaks lagunevad vesiniktöötlemisel väävlit, hapnikku ja lämmastikku sisaldavad orgaanilised ühendid moodustades vastavalt väävelvesiniku, vee ja ammoniaagi. Produktis sisalduvad raskemetallid seonduvad katalüsaatoriga, st väheneb ka nende sisaldus produktis.



Konkreetsed protsessi tingimused (temperatuur, rõhk, töödeldava produkti mahtkiirus, retsirkuleerimistsüklite arv) sõltuvad toorme keemilisest ja fraktsioonkoostisest, kui suurt puhastusastet soovitakse saavutada ja kasutatavast katalüsaatorist. Mida suurem on katalüsaatori aktiivsus, seda suurem võib olla protsessi kiirus ja eeldatav puhastusaste. Samas katalüsaatori aktiivsus koksistumise tõttu langeb, mistõttu vajab katalüsaator perioodilist regenererimist. Kord aastas tehakse katalüsaatori oksüdatiivne regenererimine, mille käigus põletatakse välja pindkihti sadestunud koks ja aktiivsus üldiselt taastub. Siiski pikema aja vältel toimuvad katalüsaatori pinnal struktuursed muutused ja ka aktiivtsentrite blokeerimine metallorgaaniliste jt ühendite pöördumatu adsorptsiooni tõttu, mistõttu aeg-ajalt on vaja katalüsaatorit vahetada.

Kavandatavas tehases on vesiniktöötlemise plokk C-400 kaheosaline, mis võimaldab eraldi töödelda diiselkütust ja laevakütuseid. Mõlemal osal on ühine tsirkuleeriva vesinikku sisaldava gaasi puhastamine (see toimub plokis C-600), samuti abiseadmed nagu kompressorid, separaator C-202, separaator C-603. Kasutatakse alumonikkemolübdaat- (margid КГШ-08, ТК-743) ja alumokoobaltmolübdaatkatalüsaatoreid (margid ИК-ГО-1, НК-233), samuti ülemise kihina alumomagneesiumkatalüsaatorit ТК-10.

### Diiselfraktsiooni vesinikpuhastus ja stabiliseerimine

- Kolonni K-202 keskfraktsioon temperatuuriga 223 °C ja rõhul 7 MPa suunatakse torustikuga läbi soojusvaheti T-401 (ühendatud reaktoriga P-402) ahju П-401, millest väljumisel on produkti temperatuur 390 °C.
- Samasse torustikku lisatakse kompressoriga vesinikku sisaldavat gaasi, osa gaasi suunatakse temperatuuri alandamiseks otse reaktoritesse P-401, 402 (mõlemal H = 16 m, D = 2 m, V = 50 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 4,7 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 2763 m<sup>3</sup>, p = 6 MPa, t<sup>o</sup> = 390 °C). Kuumutatud produkti ja vesinikgaasi segu läbib järjestikku mõlemad reaktorid, kus katalüsaatoril toimub küllastumata süsivesinike ja väävli-, lämmastik- ja hapnikühendite hüdroomine. Kuna reaktsioon on eksotermiline, võib temperatuur reaktorites mõnevõrra tõusta – jahutamine toimub vesinikgaasi otsejuhtimisega reaktorisse.
- Reaktoritest väljapumbatav produkt jahutatakse soojusvahetis T-401 reaktorisse siseneva produktiga temperatuurini 220 °C. Soojusvahetis T-103 kuni 160 °C jahutatud produkt (sellega soojendatakse puhastamisele minevat toornaftat) suunatakse kõrgrõhuseparaatorisse C-401 (H = 1,9 m, D = 1,4 m, V = 3 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 2,3 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 41 m<sup>3</sup>, p = 5,8 MPa, t<sup>o</sup> = 160 °C), kus toimub gaasilise ja vedelfaasi eraldamine.
- Separatori ülaosast suunatakse vesinikgaasi ja kergete süsivesinike segu soojusvahetile X-401 ja sealt teise kõrgrõhu separaatorisse C-402 (H = 1,9 m, D = 1,4 m, V = 3 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 2,3 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 41 m<sup>3</sup>, p = 5,8 MPa, t<sup>o</sup> = 50 °C).
- Separatori C-401 alumise osa stabiliseerimata hüdroomisaat ja C-402 alumise osa vedelfaas segatakse ning suunatakse madalrõhu separaatorisse C-403 (H = 1,9 m, D = 1,4 m, V = 3 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 2,3 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 5 m<sup>3</sup>, p = 0,7 MPa, t<sup>o</sup> = 154 °C), kus toimub jagunemine süsivesinikgaasiks ja hüdroomisaadiks.
- Süsivesinikgaas suunatakse amiinpuhastuse plokki (C-600).

- Separaaloril C-403 tekkiv hüdronenisaat suunatakse soojusvahetisse T-405, kus see soojendatakse vesinikpuhastatud diiselfraktsiooniga temperatuurini 232 °C ja sealt edasi stabilisatsioonikolonni K-401 (H = 12 m, D = 1,5 m, V = 23 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 2,6 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 74 m<sup>3</sup>, p = 0,4 MPa, t° = 280 °C). Kolonni alumisest osast saadakse vesinikpuhastatud diiselfraktsioon (leektäpp ≥ 55 °C, S ≤ 0,001 %), mis pumbatakse läbi soojusvahetite mahutiparki. Osa hüdronenisaadist suunatakse kolonni alumisest osast ahju II-403, kus see kuumutatakse ja suunatakse kolonni K-401 alumisse ossa tagasi kergete süsivesinike väljaaurutamiseks.
- Kolonni K-401 ülaosast väljuvad bensiiniaurud, veeaur ja väävelvesinikku sisaldav süsivesinikgaas satuvad õhkjahutile ABO-403, kust jahutatuna 45 °C lähevad separaalorisse C-407 (H = 1,5 m, D = 1,6 m, V = 3 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 3 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 0 m<sup>3</sup>, p = 0,3 MPa, t° = 85 °C). Selle ülaosast suunatakse süsivesinikgaas väävelvesinikust puhastamiseks separaalorile C-202.
- C-407 bensiinifraktsioon kasutatakse osaliselt kolonni K-401 niisutamiseks, ülejääv kogus suunatakse kolonnile K-203. Vesi eraldatakse separaalorist kas automaatrežiimis või perioodiliselt käsitsijuhtimisega mahutisse E-101.

### Laevakütuse fraktsiooni vesinikpuhastus ja stabiliseerimine

- Termilisel krakkimisel kolonnist K-302 saadud gaasiõli ja separaalori C-603 raske naftafraktsiooni segule lisatakse kompressorist ГK-401 vesinikku sisaldav gaas ning pumbatakse läbi soojusvaheti T-402 ahju II-402. Segu temperatuur enne ahju on 358 °C ja rõhk 7 MPa.
- Ahjus kuumutatakse segu 390 °C ja suunatakse reaktoritele P-403, 404 (mõlemal H = 13 m, D = 2 m, V = 40 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 4,7 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 2153 m<sup>3</sup>, p = 6 MPa, t° = 390 °C). Kuumutatud produkti ja vesinikgaasi segu läbib järjestikku mõlemad reaktorid, kus katalüsaatoril toimub küllastumata süsivesinike ja vääveli-, lämmastik- ja hapnikühendite hüdronenimine. Kuna reaktsioon on eksotermiline, võib temperatuur reaktorites mõnevõrra tõusta – jahutamine toimub vesinikgaasi otsejuhtimisega reaktorisse.
- Reaktorist pumbatakse produkt soojusvahetisse T-402, kus jahutatakse 225 °C. Sealt pumbatakse produkt soojusvahetisse T-104 (t° = 160 °C) ja edasi kõrgrõhu separaalorile C-404 (H = 1,9 m, D = 1,4 m, V = 3 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 2,3 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 41 m<sup>3</sup>, p = 5,8 MPa, t° = 160 °C).
- Saadud gaasifaas jahutatakse temperatuurini 50 °C jahutil X-402 ja suunatakse teise kõrgrõhu separaalorisse C-405 (H = 1,9 m, D = 1,4 m, V = 3 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 2,3 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 41 m<sup>3</sup>, p = 5,8 MPa, t° = 50 °C), sealt edasi absorberisse A-401 tsirkuleeriva vesinikgaasi amiinpuhastusele.
- Separaalorite C-404 ja 405 allosast saadud stabiliseerimata hüdronenisaat segatakse ja suunatakse madalrõhu separaalorile C-406 (H = 1,9 m, D = 1,4 m, V = 3 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 2,3 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 5 m<sup>3</sup>, p = 0,7 MPa, t° = 148 °C). Selle ülaosast saadakse süsivesinikgaas, mis temperatuuril 148 °C suunatakse soojusvahetile X-603 ja edasi amiinpuhastusse.
- Separaalori C-406 allosast saadud hüdronendensaat kuumutatakse soojusvahetis T-404 kuni 223 °C ja suunatakse stabilisatsioonikolonnile K-402 (H = 16 m, D = 1,2 m, V = 14 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 1,7 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 36 m<sup>3</sup>, p = 0,3 MPa, t° = 320 °C).
- Kolonni ülaosast väljuvad bensiiniaurud, veeaur ja väävelvesinikku sisaldav süsivesinikgaas satuvad õhkjahutile ABO-404, kust jahutatuna 45 °C lähevad separaalorisse C-408 (H = 1,9 m, D = 1,4 m, V = 3 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 2,3 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 1 m<sup>3</sup>, p = 0,2 MPa, t° = 65 °C). Selle ülaosast suunatakse süsivesinikgaas väävelvesinikust puhastamiseks separaalorile C-202 (H<sub>2</sub>S sisaldus gaasis kuni 0,5 mahu%).
- Bensiinifraktsioon suunatakse kolonnile K-203.
- Kolonni K-402 alaosast pumbatakse stabiliseeritud laevakütus (leektäpp ≥ 62 °C, S ≤ 0,1 %) läbi soojusvaheti T-102 mahutiparki. Osa hüdronenisaadist suunatakse kolonni alumisest osast ahju II-404, kus see kuumutatakse ja suunatakse kolonni K-402 alumisse ossa tagasi kergete süsivesinike väljaaurutamiseks.

### Tsirkuleeriva vesinikgaasi puhastamine

- Kõrgrõhuseparaaroritest C-402 ja C-405 suunatakse vesinikku sisaldav gaas absorberi A-401 ( $t^{\circ}$  kuni  $60^{\circ}\text{C}$ , rõhk kuni  $4\text{ MPa}$ , MDEA lahuse kulu vähemalt  $65\text{ m}^3/\text{h}$ ) allosa. Absorberi ülaossa antakse metüüldietanoolamiini (MDEA) regenereeritud lahust mahutist E-602.
- Absorberist pumbatakse puhastatud vesinikku sisaldav gaas (sisaldab  $\text{H}_2$  min  $70\text{ mahu}\%$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  kuni  $0,1\text{ mahu}\%$ ) separaatorisse C-411 ( $t^{\circ}$  kuni  $45^{\circ}\text{C}$ , rõhk kuni  $1,5\text{ MPa}$ ) ja edasi tsirkulatsioonikompressorile ГК-401.
- Kui peaks tekkima gaasi liig, puhutakse see süsivesinikgaasi süsteemi – seguneb absorberi A-602 väljuva puhastatud gaasiga, mida kasutatakse vesiniku tootmiseks plokis C-500.
- Kompressori ГК-401 väljundil läbib vesinikku sisaldav gaas separaatori, kus puhastatakse kompressoriõlist ja jagatakse kahte ossa – segamiseks diiselkütuse ja laevakütuse fraktsioonidega.
- A-401 allosast suunatakse väävelvesinikuga küllastunud lahus separaatorisse C-409 ( $H = 1,5\text{ m}$ ,  $D = 1,6\text{ m}$ ,  $V = 3,0\text{ m}^3$ ,  $V_v = 3,0\text{ m}^3$ ,  $V_g = 0\text{ m}^3$ ,  $p = 0,6\text{ MPa}$ ,  $t^{\circ} = 63^{\circ}\text{C}$ ) ja sealt läbi soojusvaheti T-406 desorberisse Д-401 ( $H = 13\text{ m}$ ,  $D = 1,2\text{ m}$ ,  $V = 15\text{ m}^3$ ,  $V_v = 1,7\text{ m}^3$ ,  $V_g = 25\text{ m}^3$ ,  $p = 0,2\text{ MPa}$ ,  $t^{\circ} = 120^{\circ}\text{C}$ ), mille allosas on väävelvesiniku väljaaurutamiseks reboiler T-405 (kõetakse keskrõhu üle-kuumendatud auruga).
- Regenereeritud MDEA lahus pumbatakse läbi soojusvaheti T-406 absorberisse A-401.
- Desorberil eraldunud väävelvesinik jahutatakse õhkjahutil ABO-402 ja suunatakse separaatorile C-410 ( $H = 1,5\text{ m}$ ,  $D = 1,6\text{ m}$ ,  $V = 3\text{ m}^3$ ,  $V_v = 3,0\text{ m}^3$ ,  $V_g = 0\text{ m}^3$ ,  $p = 0,1\text{ MPa}$ ,  $t^{\circ} = 45^{\circ}\text{C}$ ). Kondenseeruv happeline vesi suunatakse desorberi Д-401 ülemise taldriku niisutamiseks, gaasiline väävelvesinik suunatakse väävli tootmiseks plokki C-700.

#### **3.2.4. Vesiniku tootmine (C-500)**

Raskete fraktsioonide töötlemisel kasutatavat vesinikku toodetakse väävliühenditest puhastatud süsivesinikgaasist aurukonversiooni teel. Toimub  $\text{C}_1\text{-C}_4$  süsivesinike katalüütiline hüdrokonversioon, näitena propaani reaktsioonivõrrand:  $\text{C}_3\text{H}_8 + 3\text{H}_2\text{O} = 3\text{CO}_2 + 7\text{H}_2$ . Osa gaasist moodustab CO:  $\text{C}_n\text{H}_m + n\text{H}_2\text{O} = n\text{CO} + (n+m/2)\text{H}_2$ . Selle konversioon toimub teises reaktoris:  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$ . Vesinik ja  $\text{CO}_2$  eraldatakse separatsioonikolonnil. Vesiniku tootmiseks soetatakse täiskomplektne konteinermodul võimsusega  $2\text{ t/h}$ .

#### **3.2.5. Süsivesinikgaasi puhastamine (C-600)**

Bensiinifraktsioonide stabiliseerimisel tekkinud süsivesinikgaas ja fraktsioneerimisel-krakkimisel tekkinud olefiiniderikkad gaasifraktsioonid puhastatakse väävelvesinikust.

Süsivesinikgaasid, milles olefiine ei sisaldu, kogutakse järgmistelt seadmetelt:

- nafta stabiliseerimise separaatorilt C-201;
- bensiniifraktsiooni stabiliseerimise separaatorilt C-203;
- diiselkütuse vesinikpuhastuse separaatorilt C-403;

- laevakütuse vesinikpuhastuse separaatorilt C-406;
- vesinikpuhastuse plokist vesinikku sisaldava gaasi liig.

Puhastusprotsess on järgmine:

- Separaatortelt kogutud gaasid liituvad enne jahutit X-603. Ühine voog jahutatakse 45 °C ja satub separaatorile C-601 (H = 2 m, D = 1,6 m, V = 4 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 3 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 1 m<sup>3</sup>, p = 0,1 MPa, t<sup>o</sup> = 45 °C). Bensiinifraktsioon kondenseerub ja pumbatakse bensinifraktsiooni stabilisatsioonikolonnile K-203.
- Gaasifaas suunatakse absorberi A-602 allosa (H = 13 m, D = 1,2 m, V = 15 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 1,7 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 90 m<sup>3</sup>, p = 0,68 MPa, t<sup>o</sup> = 45 °C). Selle tööpõhimõte on sama, mis tsirkuleeriva vesinikku sisaldava gaasi puhastamisel – seadme ülaossa juhitakse metüüldietanoolamiini (MDEA) lahust. Absorbendina kasutatakse MDEA vesilahust 1 : 1, mis on regenereerimise järgselt ringluses (mahutist E-602). Selleks et vältida süsivesinike kondenseerumist, ei tohi absorbendi temperatuur olla madalam kui puhastataval gaasil.
- Puhastatud süsivesinikgaasile lisatakse vesinikku sisaldava gaasi liig vesinikpuhastuse plokist ja rõhul 0,68 MPa suunatakse vesiniku tootmisesse plokis C-500.
- A-602 alaosast pumbatakse väävelvesinikuga küllastunud absorbent separaatorile C-604 (H = 2 m, D = 1,6 m, V = 4 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 3 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 1 m<sup>3</sup>, p = 0,1 MPa, t<sup>o</sup> = 45 °C) ja sealt läbi soojusvaheti T-601 desorberisse Д-601 (H = 13 m, D = 1,2 m, V = 15 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 1,7 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 25 m<sup>3</sup>, p = 0,2 MPa, t<sup>o</sup> = 120 °C), millesse on ühendatud ka vee, auru ja inertgaasi dosaatorid.
- Д-601 allosa juhitakse läbi soojusvaheti T-602 kuum absorbent süsivesinike ja väävelvesiniku väljaaurutamiseks. Regenereeritud MDEA lahus pumbatakse läbi soojusvaheti T-601 absorberitesse A-601 ja A-602.
- Desorberis Д-601 tekkinud gaasid jahutatakse õhkjahutis ABO-601 ja juhitakse separaatorile C-605 (H = 2 m, D = 1,6 m, V = 4 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 3 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 1 m<sup>3</sup>, p = 0,1 MPa, t<sup>o</sup> = 45 °C). Selles tekkinud vedelik kasutatakse Д-601 ülemise osa niisutamiseks, gaasiline väävelvesinik juhitakse vääveli tootmisesse plokki C-700.

Olefiiniderikast gaasi kogutakse järgmistelt seadmetelt:

- nafta fraktsioneerimisest;
- separaatori C-303 vaakumsüsteemist;
- diiselkütuse stabiliseerimise separaatorilt C-407;
- laevakütuse stabiliseerimise separaatorilt C-408;
- amiinsete lahuste kogujate C-409 ja C-604 gaasifaas.

Puhastusprotsessi kirjeldus on järgmine:

- Kogumiseks kasutatakse separaatorit C-202, mis ühtlasi on kolonni K-202 niisutusmahutiks.
- Kogutud gaasid komprimeeritakse kompressoril ГК-601. Kompressorist väljuvad gaasid ühendatakse kolonni K-302 aurufaasiga ja suunatakse jahutile X-601. Kondensaat, mis peamiselt koosneb termilise krakkimise bensinist, kogutakse separaatorisse C-603 (H = 2 m, D = 1,6 m, V = 4 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 3 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 1 m<sup>3</sup>, p = 0,1 MPa, t<sup>o</sup> = 45 °C) ja pumbatakse vesinikpuhastamisele suunatava laevakütuse fraktsiooni hulka.
- C-603 ülaosast suunatakse gaas absorberisse A-601, kus väävelvesinik neeldub MDEA lahuses. Puhastatud olefiiniderikast gaasi kasutatakse energiaplokis ja tehnoloogilistes

ahjudes küttegaasina. A-601 alumisest osast suunatakse väävelvesinikuga küllastunud MDEA lahus separaatorile C-409 (tsirkuleeriva vesinikku sisaldava gaasi puhastussüsteemi).

- Amiinpuhastuse läbinud gaasidest niiskuse eemaldamiseks kasutatakse tsüklon-tüüpi tilgapüüdjaid CQB. Protsessi ohutuse tagamiseks ei täideta absorbereid rohkem kui 70 % nominaalväärtusest, temperatuur peab jääma vahemikku 35-55 °C, gaaside lineaarkiirus vahemikku 10-15 m/s. Juhul kui need parameetrid peaksid etteantud vahemikust väljuma, peatatakse automaatselt gaasi ja regenereerimislahuse andmine süsteemi.

### 3.2.6. Väävli tootmine, degaseerimine ja granuleerimine (C-700)

Amiinpuhastusel eraldatud väävelvesinik muudetakse Klausil meetodil väävliks (sõltuvalt toormena kasutatava nafta väävliisisaldusest on H<sub>2</sub>S teke 9 – 18 kg/h ja väävliit tekib 8,9 – 17,8 kg/h).

- Väävelvesinikku sisaldav gaas plokkidest C-400 ja C-600 suunatakse separaatorile C-701, kus eraldatakse kondenseeruv osa. Gaasifaas suunatakse termilisele reaktorile P-701 (H = 1,6 m, D = 2 m, V = 5 m<sup>3</sup>; V<sub>v</sub> = 4,7 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 0 m<sup>3</sup>, p = 0,02 MPa), kuhu puhutakse juurde õhku ja toimub osaline põlemine ( $H_2S + \frac{1}{2} O_2 = S + H_2O$ ).
- Reaktorisse P-701 suunatakse ka vääveldioksiidi sisaldavad gaasid energiaploki suitsugaaside puhastamisest ja väävli degaseerimis- ja laadimissõlmest. Reaktori kõrgrõhukatla osas toimub gaasi soojusvahetus katlaveega, mille tulemusena saadakse kõrgrõhu aur.
- Jahutatud gaas läbib kondensaatori KC-701 (jahutatakse katlaveega; saadud väävel suunatakse degaseerimata väävli mahutitesse 2 – 120 m<sup>3</sup>) ja seejärel kuumutatakse T-701 kõrgrõhu auru kondensatsioonisoojuse arvelt (saadud kondensaat juhitakse kogujasse E-703 ja sealt vee ettevalmistussõlme).
- Kuumutatud tehnoloogiline gaas suunatakse katalüütilisse reaktorisse P-702 (kõikidel C-700 reaktoritel parameetrid samad, mis P-701), kus toimub Klausil reaktsioon ( $2H_2S + SO_2 = 3S + 2H_2O$ ). Gaas läbib kondensaatori KC-702 (jahutatakse katlaveega), saadud väävel suunatakse degaseerimata väävli mahutitesse.
- Seejärel gaas uuesti soojendatakse T-702 ja reaktoris P-703 (parameetrid samad, mis P-702) toimub täiendav katalüütiline etapp, milles tekkinud väävel eraldatakse kondensaatoris KC-703. Kondenseerumata jäänud väävel püütakse kinni väävli püüduris E-701, täiendavalt toimub gaasifaasi kuumutamine T-703 ja suunamine reaktorisse P-704, et kõik väävliühendid katalüütiliselt põletada vääveldioksiidiks.
- Reaktoris P-704 tekkinud kuumad gaasid jahutatakse katel-utilisaatoris KY-701 ja suunatakse märgskraberisse K-701. Skraberis tsirkuleeriv vesi jahutatakse kõigepealt õhkjahutil ABO-701 ja seejärel jahutis T-704 tagastusveega. Tekkiv happeline vesi pumbatakse puhastamisse.
- Skraberis K-701 läbinud gaas suunatakse absorberile K-702 (H = 10 m, D = 1 m, V = 8 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 1,2 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 6 m<sup>3</sup>, p = 0,1 MPa, t° = 60 °C), kus SO<sub>2</sub> neeldub amiinses lahuses *CanSolv*. Väävliühenditest puhastatud gaas läbib kolonni, kus eraldatakse gaasiga kaasakandunud lahuse tilgad. Gaas põletatakse ahjus II-701, mille suitsugaasid suunatakse välisõhku.
- Väävliühenditega küllastunud *CanSolv* lahus pumbatakse absorberist K-702 läbi soojusvaheti T-705 desorberi K-703 (H = 10 m, D = 1 m, V = 8 m<sup>3</sup>, V<sub>v</sub> = 1,2 m<sup>3</sup>, V<sub>g</sub> = 6 m<sup>3</sup>, p = 0,1 MPa, t° = 60 °C) ülemisse ossa. Desorbeerimiseks vajalik soojusenergia saadakse soojusvahetist T-706, kus kondenseerun madal- või keskrõhu aur. K-703 ülaosast eralduvad SO<sub>2</sub> ja teatud määral CO<sub>2</sub> sisaldavad gaasid, mis juhitakse termilisse reaktorisse P-701.
- Regeneeritud *CanSolv* lahus pumbatakse läbi soojusvaheti T-705 mahutisse E-702 ja sealt läbi õhkjahuti ABO-702 ning vesijahuti T-707 uuesti absorberisse K-702. Mahutisse E-702 saab vajadusel lisada värsket *CanSolv* lahust.

Saadav vedelväävel seob väävelvesinikku vesinikpolüsulfiididena. Väävli isesüttimise ja personali väävlivesinikuga mürgituste vältimiseks on keemiliselt seotud väävelvesinik vaja eemaldada. Selleks ventileeritakse väävli kogumismahuteid õhu ja madal- või keskrõhu auru seguga, mis seejärel suunatakse ahju II-701 põletamisele.

Järgneb väävli granuleerimine, mille käigus saadakse väävli mittetolmavad väävligraanulid (laos ei teki tolmu süttimis- ja plahvatusohtu). Need sobivad pikaajaliseks hoiustamiseks, ümberlaadimiseks ja transportimiseks ilma et kvaliteet väheneks (graanulil tekkiv väävlikoorik ei oksüdeeru õhuhapniku toimel). Väävel realiseeritakse kaubana.

Tehases tekkiv väävliühendeid sisaldav happeline tehnoloogiline vesi (lisaks väävli tootmisele tekib seda nafta puhastamisel, kütuste vesiniktöötlemisel ja fraktsioneerimise madalrõhu kolonnil K-202) kogutakse ja puhastakse *stripping*-meetodil. Süsteemis kasutatakse korrosiooniinhibiitoreid. Eraldunud gaasid (väävelvesinik ja ka amiinpuhastusest pärinev ammoniaak) kasutatakse väävli tootmises. Puhastatud vesi on kasutuses ringlusveena, kuid süsteemi on vaja aurumis- ja väljakande kadude kompenseerimiseks vaja vett juurde lisada 200-370 liitrit ööpäevas.

### **3.2.7. Tehnoloogilised ahjud (C-800)**

Tehases kasutatakse täiendava soojusenergia allikana tehnoloogilisi ahje, kus kütusena põletatakse tehases tekkivat olefiiniderikast gaasi (küttegaasi rõhk 0,7 MPa, puhastamise järgselt väävliisaldus < 0,1 %). Plokkide 200, 300 ja 400 ahjud (4 tk) on koondatud kompaktselt üheks tehnoloogiliseks sõlmeks. Põletitena kasutatakse gaasi ja vedelkütuse universaalpõleteid, mille võimsust ja põlemisõhu juurdepumpamist saab reguleerida laias vahemikus. Kuumutatav produkt juhitakse ahjudest läbi eriterasest spiraalitorudes, mille konvektiivosa väljundile paigaldatakse automaatrežiimis juhitud turbulentsuse tekiti, et vältida torude koksistumist.

Ahjud on automaatjuhtimisega ja varustatud ohutuks tööks vajalike seadmetega. Küttegaas juhitakse enne põletamist läbi separaatori, eelsoojendi ja filtri. Kui kasutatakse vedelkütust (vajalik tehase käivitamisel), siis ka see eelsoojendatakse ja filtreeritakse.

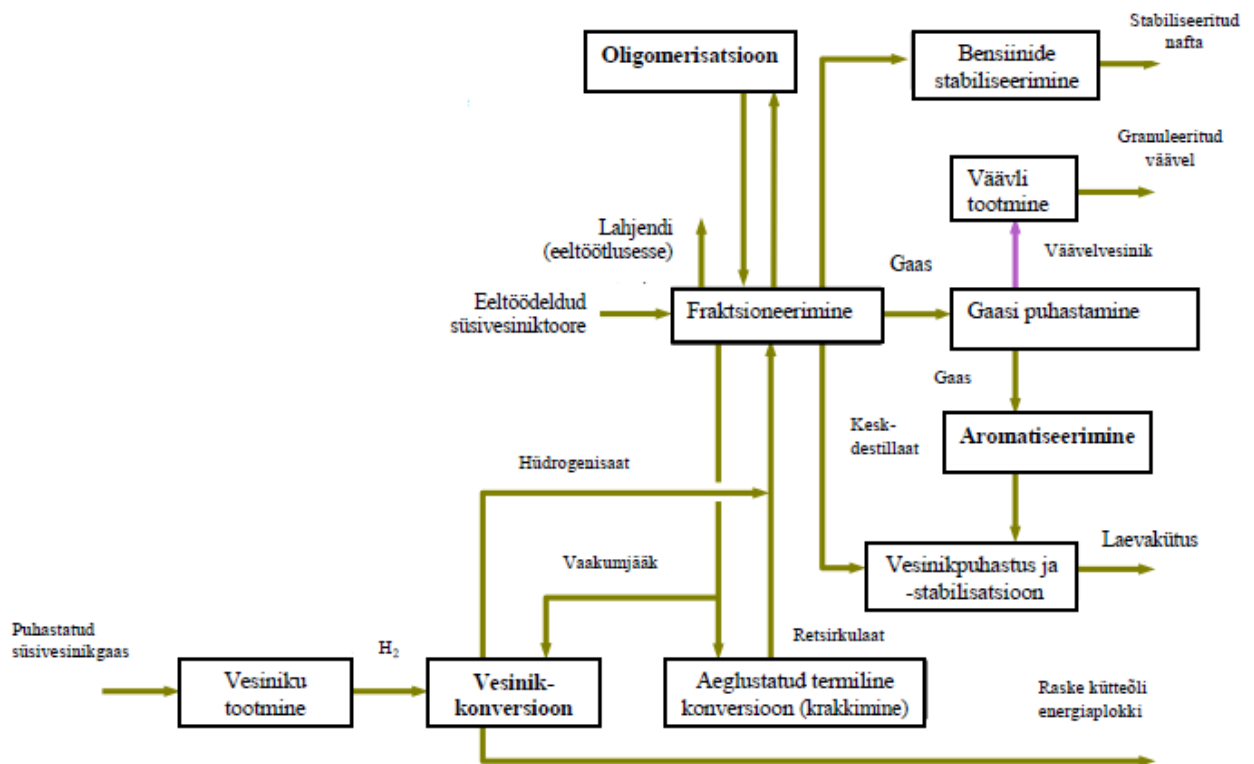
Nelja ahju suitsugaasid kogutakse ühisesse suitsukäiku ja suunatakse katel-utilisaatorisse.

### 3.3. Täiendavad tehnoloogilised protsessid süsivesiniktoorme töölemisel tehase II etapis

Tehase II ehitusjärgu projekteerimisel kaalutakse järgmiste protsesside lisamist süsivesiniktoorme ümbertöötlemise tehnoloogilisse tsükklisse, mis võimaldab keskdestillaadi fraktsiooni saagise suurendamist (vt Joonis 3.1.).

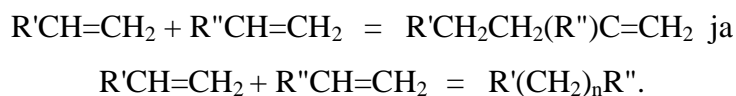
1. Krakkimise vaakumjäägi katalüütiline vesinikkonversioon, mille tulemusena suunatakse fraktsioneerimisele täiendav kogus kergemaid süsivesinikfraktsioone ja väheneb raske vaakumjäägi, mille ainuke kasutusvõimalus on kütteõlina, kogus kuni 50 000 t/a võrra. Selles protsessis lagundatakse vaakumjäägis olevate kõrgmolekulaarsete süsivesinike, vaikude ja asfaltenide C-C ja C-S tüüpi sidemeid reaktsioonis:  $R'-R'' + H_2 = R'H + R''H$ .

Katalüsaatori aktiivsuse suurendamise, protsessi rõhu ja temperatuuri vähendamise eesmärgil plaanitakse kasutada nanodispersiooni katalüsaatorit, mis saadakse prekursori *in situ* sisseviimisel reaktsioonmassi. Seoses katalüsaatori vähese doseerimisega (0,05%) ei ole tema regenererimist ette nähtud ja see jääb produkti.



**Joonis 3.1.** Tehase II arendusetapi keskdestillaadi saamise ja töötlemise lihtsustatud plokk-skeem, kui on kaasatud täiendavad protsessid (tumedas kirjas)

2. Bensiinifraktsioonide (nafta) katalüütiline oligomerisatsioon tseoliitkatalüsaatoritel võimaldab saada täiendava koguse (kuni 12 000 t/a) keskmist destillatsioonifraktsiooni bensinifraktsiooni vähemväärtuslike kergemate küllastumata süsivesinikke di- ja trimerisatsiooni arvel reaktsioonides:



3. Puhastatud süsivesinikgaasi katalüütiline aromatisatsioon tseoliitkatalüsaatoritel. Toimub dehüdrotsükloodimerisatsioon  $2C_3H_8 = C_6H_6 + 5H_2$ , mille tulemusena saadavat vesinikku sisaldavat gaasi saab kasutada keskmise destillatsioonifraktsiooni ehk laevakütuste vesiniktootluseks.

### 3.4. Tehnoloogilised abiprotsessid

Süsivesiniktoorme ümbertöötlemise tehnoloogiline põhitsükli toimimine kindlustatakse järgmiste tehnoloogiliste abiprotsessidega:

#### 1. Energia tootmise plokk koos suitsugaaside puhastamisega

Kavas on rajada elektri- ja soojusenergia koostootmisjaam, mis kasutab kütusena nafta töötlemisel tekkivat olefiiniderikast küttegaasi kuni 4 000 kg/h (gaasi arvestuslik kütteväärtus 45,97 MJ/kg). Sellest toodetakse 10 MW<sub>e</sub> ja 40 MW<sub>th</sub>. Ülejäänud vajamineva soojuse tootmine tagatakse tehnoloogiliste ahjudega.

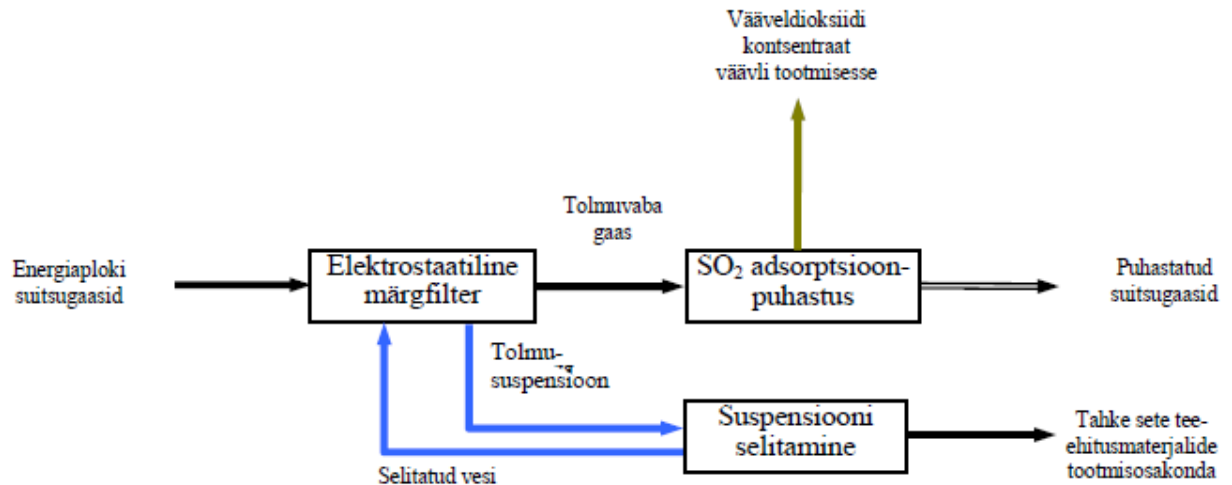
Energiaploki suitsugaaside puhastamise plokk-skeem on toodud Joonisel 3.2. Kasutatakse elektrostaatilist märgfiltrit ja seejärel suitsugaaside adsorbtsioonpuhastust vääveldioksiidist. Elektrifiltrist saadud tahkete osakeste veesuspensioon selitatakse, tahma jm tahkete osakeste sete suunatakse teehitusmaterjalide tootmise osakonda. Adsorbendi regenererimisel saadav vääveldioksiidi kontsentraat suunatakse väävli tootmisesse.

2. Naftaga saastunud reovee puhastamine tehase lokaalsetes puhastusseadmetes (funktsionaalskeem esitatud joonisel 3.3). Süsivesiniktoorme eeltöötlusel tekib naftaga saastunud vett, mida puhastatakse koos mahutipargist jm tekkida võiva saastunud sademeveega. Puhastamist vajav veekogus on arvestuslikult kuni 250 000 m<sup>3</sup>/a.

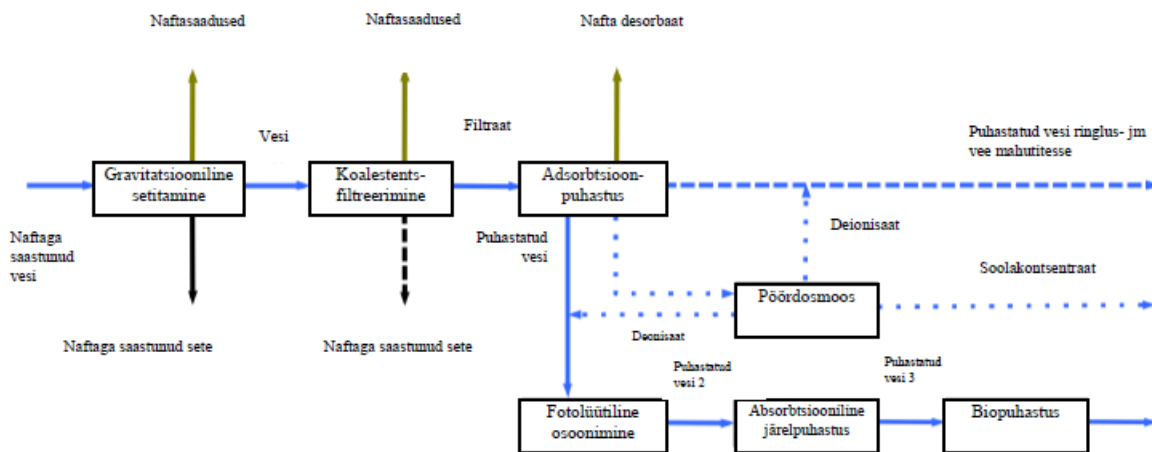
Puhastusprotsess koosneb järgmistest etappidest:

- a) gravitatsiooniline setitamine õlipüüdurites, mille väljunditeks on
- reostunud vesi (20-100 mg/l naftasaadusi),
  - pinnalt eemaldatud õlikiht, mis segatakse koos eeltöötlemise käigus eraldatud vahekihtidega toormega;





**Joonis 3.2.** Energiaploki suitsugaaside puhastamise funktsionaalskeem



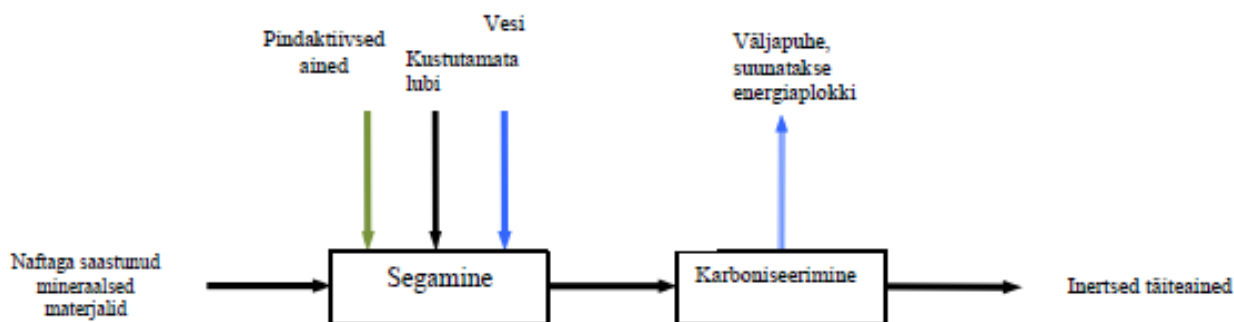
**Joonis 3.3.** Naftaga saastunud reovee puhastamise funktsionaalskeem

- naftaga saastunud sete (tekib õlipüüdurite puhastamisel), mis suunatakse tee-ehitusmaterjalide tootmise osakonda.
- b) koalestsents-filtreerimine, saades:
- 3-5 mg/l naftasaaduste sisaldusega filtraadi,
  - väljafiltreeritud naftasaadused, mis segatakse koos eeltöötlemise käigus eraldatud vahekihtidega toormega.
  - naftaga saastunud sete, mis suunatakse tee-ehitusmaterjalide tootmise osakonda;
- c) adsorptsioonpuhastus sünteetilisel süsinikku sisaldaval adsorbendil, saades:
- mitte üle 0,05 mg/l naftasaadusi sisaldavat vett,
  - adsorbendi perioodilisel veeauruga regenereerimisel tekkiv desorbaat, mis suunatakse tagasi koalestsents-filtreerimise etappi.

Sõltuvalt vee edasisest kasutamisest-vastavusse viimise vajadusest heitvee kanaliseerimise / keskkonda juhtimise tingimustega rakendatakse täiendavaid puhastusetappe:

- d) pöördosmoos, mille tulemusena saadakse deionisaat, mis vastab tehnoloogilisele veele, sh ringlusveele esitatavatele nõuetele; tekkiv soolakontsentraat suunatakse kas tee-ehitusmaterjalide tootmisele, põletamisele või sobivuse korral kanaliseeritakse.
- e) fotolüütiline osoonimine ultraviolettkiirgusega, eeldatav seadme töötlemisvõimsus 50 000 m<sup>3</sup>/a,
- f) bioloogiline järelpuhustus tiikides, mis on ühtlasi tuletõrje veehoidlaks.

3. Tee-ehitusmaterjalide tootmine (funktsionaalskeem esitatud Joonisel 3.4), milles kasutatakse toormena nafta töötlemise tehnoloogilistes protsessides tekkinud naftasaadustega saastunud jäätmeid, sh erinevad setted, filtrikoogid, läbitöötanud tseoliitkatalüsaatorid, lekete likvideerimisel kasutatud mineraalsed sorbentmaterjalid.



**Joonis 3.4.** Tee-ehitusmaterjalide tootmise funktsionaalskeem

Tehnoloogilise protsessi alguses erinevad toormaterjalid segatakse, mille käigus lisatakse kustutamata lubi ja pindaktiivsed ained. Seejärel lisatakse kustutamiseks vajalikus koguses vett ja segatakse mass läbi, saadakse pulbriline materjal. See karboniseeritakse trummelkuivatis suitsugaasidega. Reaktsioonil  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  saadakse inertne hüdrofoobne pulber, mida sõltuvalt tera suuruselt võib kasutada asfaltbetooni mineraaltäitena, tee muldkeha ehitusmaterjalina või tootmisalal teede-platsidele rajamiseks. Eeldatav tootmiskaht kuni 50 000 t/a. Karbonisatsioonil tekkivad gaasid segatakse õhuga ja suunatakse energiaploki kateldesse põletamiseks.

### 3.5. Avariide ennetamise süsteem

Kõikidel tehnoloogilistel seadmetel paigaldatakse rõhu kasvu vältimiseks üle lubatud piirväärtuse kaitseklapid. Need avanevad liigrõhu väljutamiseks avarii-torustikku, mis suubub avariitõrviku kondensatsioonimahutisse. Gaasikondensaadi taset mahutis jälgitakse nivooanduritega, mille näidud

on jälgitavad operaatoriruumis. Tavaolukorras pumbatakse mahutisse kogunenud gaasikondensaad aeg-ajalt toorme mahutiparki. Kui avariitõrvi mahutisse koguneb vedelikku üle 80% mahuti nominaalmahust, saabub signaal operaatoriruumi monitorile ja mahutisse suubuv gaas suunatakse mahuti ülaosast avariitõrvikusse. Tõrvik on automaatsüütamisega.

Seadmete seiskamise vajadusel talvisel ajal pumbatakse tehnoloogilisse süsteemi raskete fraktsioonide asemel diiselkütust, et vältida torude ummistumist.

### 3.6. Automatiseeritud juhtimissüsteem

Tehases hakkab olema täpselt väljatöötatud ühtne automatiseeritud juhtimissüsteem, mis kindlustab tehase, kui ühtse tööstuskompleksi efektiivse funktsioneerimise. Automatiseeritud juhtimis-kontrollisüsteem hõlmab nii põhitehnoloogia objektid kui kõiki abitegevusi (elektrivarustust, auruvarustust, veevarustust jne) ja haldusteenistust.

Tehase tehnoloogiline protsess kavandatakse täielikult automatiseerituna. Süsteemi funktsioonid on järgmised:

- tootmiseseadmete seisukorra tsentraliseeritud kontroll,
- tehnoloogiliste parameetrite hoidmine etteantud vahemikes;
- tehnoloogiliste parameetrite normist kõrvalekalde signalisatsioon ja registreerimine,
- eraldiseisvate tehnoloogiliste plokkide juhtimine spetsiaalselt etteantud tehnoloogiliste reglementide algoritmide järgi,
- protsessi käsitsi distantsjuhtimise võimaldamine,
- avariide automaatkaitse ja –blokeering koos heli- ja valgussignalisatsiooniga,
- seadme töö operatiivinfo kogumine ja arhiveerimine,
- tehnoloogilise protsessi operatiivinfo näitamine kuvaril.

Automatiseeritud kontrolliks, reguleerimiseks ja juhtimiseks ning avariivastaseks kaitseks kasutatakse kaasaegseid süsteeme. Seadmed valitakse vastavalt mõõdetava keskkonna iseloomule, sh plahvatusohtlikkusele ja muudele paigalduskohtades esitatavatele nõuetele. Kontrollmõõteriistade ja –automaatika seadmete tolmu- ja niiskusekaitse tase ning nende paigaldamine peavad vastama õigusaktide, rahvusvaheliste standarditele ning teiste kehtivate normide nõuetele.

Temperatuuri reguleerimiseks kasutatakse põhiliselt skaalata temperatuuriandureid, mis on ühendatud termopaaridega, vajadusel ka takistustermomeetritega. Rõhu kontrollimiseks seadmete

juures kasutatakse manomeetreid, juhtimispulti saadetakse digitaliseeritud andmed rõhu absoluut- ja suhtelistest väärtustest, samuti liigrõhu tekkest.

Tehnoloogilistes protsessides kasutatavate materjalide jm kulu operatiivseks mõõtmiseks ja reguleerimiseks kasutatakse standardseid düüsplaate, rotameetreid, ultraheli- ja muid spetsiaalseid kulumõõtureid vastavalt nende kasutamise tehnilise otstarbekusele. Aruandluses vajalikes mõõtmistes kasutada automaatseid intergraatoreid, mis kindlustavad seiratava keskkonna temperatuuride, tiheduse, rõhu mõõtetulemite registreerimise.

Signalisatsiooni ja blokeeringusüsteemide projekteerimisel ja valikul juhitudakse järgmistest üldnõuetest:

- nad peavad olema kõrge eksploatatsioonikindlusega, st peab olema tagatud nende töö aasta vältel (kuni järgmise korralise seisakuni),
- avariisüsteemid ei pea reeglina omama täiendavaid protsessi kontrolli- või juhtimisfunktsioone, selleks on ette nähtud eraldi seadmed ja automaatika-vahendid,
- kõik avariisüsteemid peavad olema dubleeritud sõltumatute teavitussüsteemidega, mis signaliseeriks avariiolukorra tekkimisest.

Tehases on ette nähtud oma kontrollmõõteriistade ja -automaatika teenistus, mis peab tagama uute skeemide ja kontrollvahendite ja automaatika eksploatatsiooni, remondi, juurutamise ja kasutuselevõtmise ning metrooloogilise teenindamise. Selle koosseisus on talitused: kvaliteedi, arvutustehnika ja elektroonika, telemehaanika, suruõhuhüdraulika, püromeetriaanalüsaatorite, kulumõõturite, arvestite jm mõõteriistade taatlemiseks.

## **4. TEHASE SEADMETE PROJEKTEERIMIS- JA EHDITUSNÕUDED**

### **4.1. Tehnoloogiaseadmed**

Materjalid seadmete, torustike, mõõteriistade jm valmistamiseks ja omavaheliseks ühendamiseks valitakse selliselt, et tagada nende normatiivne kasutusiga arvestades töökeskkonna korrosiivsust:

- reaktorite tehnoloogilised torustikud vähemalt 5-7 aastat,
- rektifikatsioonikolonnid ja -reaktorid, soojusvahetid jm seadmed vähemalt 15 aastat.

Teras külmaskindluse klass lähtuvalt viie külmima päeva keskmisest temperatuurist peab valdavalt olema vähemalt  $-31...-40$  °C, kriitilisematel sõlmedel, kus kasutatakse terasemarke 09Г2С-8, 10Г2С1-8:  $-41...-60$  °C.

Materjalide vastavus projektis ja tehnilistes tingimustes esitatud andmetele peab enne tootmisse laskmist olema kontrollitud. Sertifikaatide koopiad ja vajadusel koostetüksuste ja detailide katsetuste tulemused peavad olema lisatud seadme passile<sup>1</sup>.

Tehase tehnoloogiaseadmetega komplekteerimine ja seadmete valmistamine põhineb aparaatide maksimaalse lihtsuse ja kindluse põhimõtetel vastavalt GOST 26 291-94. Seadmete ja aparatuuride valikul võetakse maksimaalselt kasutusele seeriaviisiliselt valmistatud unifitseeritud sõlmedega standardseadmeid. Mittestandardsete aparaatide ja seadmete väljatöötamisel arvestatakse:

- a) standardiseeritud ja normaliseeritud sõlmede ja detailide maksimaalset kasutamist;
- b) nende parameetrite ja mõõtmete vastavusse viimine unifitseeritud tehnoloogiliste sõlmede parameetritega ja mõõtmetega;
- c) lõplikul montaažil võimalust kasutada varasemalt monteeritud tugistruktuure (nt sidumine metall- armatuuri ja -torustikega, soojusisolatsiooniga sisedetailide montaažiga);
- d) aparaatidele luukide ja toruliitmike paigutamisel teenindusplatside olemasolu ja paigutusega selles sektoris;
- e) võimalust kasutada aparaatide korpuseid kandekonstruktsioonidena treppide, platside, torustike ja automatiseerimisvahendite kinnitamiseks.

Kasutakse tehnoloogiliselt ja konstruktsiooniliselt töökindlaid reaktorite ja aparaatide järjestusi, mis tagavad eksploatatsioonilise ohutuse tehnilise dokumentatsiooniga ettenähtud tööea vältel ning võimalused ülevaatusse, puhastusse, läbipesuks, läbipuhkeks ja remondiks.

Seadmete komplekteerimisel standardite, normide, spetsialiseeritud ettevõtete kataloogide ja tehniliste projektide kogumike järgi on vajalik:

- a) aparatuur ja seadmed valida rangelt tööparameetrite järgi, muuhulgas arvestades töökeskkonna iseloomu (korrodeeriv, plahvatusohtlik, toksiline jne) ja keemilist koostist, seinte temperatuuri ja rõhku (nii minimaalseid kui maksimaalseid väärtusi).
- b) võimalusel vältida toruliitmike ja luukide asukohta arvestades aparatuurides mittetöötavate tsoonide tekkevõimalusi, vajadusel projekteerida muudatusi;
- c) kriitiliselt hinnata seadmete valmistajate väljatöötatud standardeid, norme, tootekatalooge ja muid dokumente, mitte kasutada aparatuuri ja seadmeid, mis jäävad a tehniliselt tasemelt, sh ka metallimahukuse poolest alla parimatele analoogilistele lahendustele.

Aparatuuri projekteerimist teostada vastavalt surveseadmetele kehtiva standardi „Teraskeevituse anumad ja aparatuur. Tehnilised nõuded“ ja juhendi “Rõhu all töötavate anumate ehituse ja ohutu eksploatatsiooni eeskirjad“ nõuetele, samuti nafta- ja keemiatööstuse aparatuuri valmistamise,

<sup>1</sup> Siin ja edaspidi arvestatakse vaikumisi, et tehase tehnoloogiliste seadmete projekteerimisel ja ehitamisel tuleb lähtuda majandus- ja kommunikatsiooniministri määruse 07.05.2004 määrusest nr 129 „Nõuded surveseadmele ning selle nõuetele vastavuse hindamise ja tõendamise kord“, mis põhineb Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivil 97/23/EÜ. Säilitatud on viited Vene Föderatsiooni riiklikele standarditele (GOST jm), kuid see ei tähenda automaatset vastavust EL liikmesriikides tunnustatud hea inseneritava tasemega. – selle peab tagama tehase projekti koostaja.

vastuvõtmise, montaaži ja tarnele kehtivate GOST-ide, normide ja tehniliste juhendite tingimustele. Seadmete arvestuslikku rõhu määramisel lähtuda reeglina maksimaalse töö rõhu väärtusest (arvestamata keskkonna hüdrostaatilist rõhku ja lühiajalist rõhu tõusu, mis tingib kaitseklappide ja muude kaitseseadmete käivitumise) vastavalt GOST 14249-80 „Anumad ja aparaadid. Vastupidavuse arvutamise meetodid ja normid“. Töö rõhu maksimaalne suuruse valikut tuleb igal konkreetsel juhul põhjendada., seejuures tuleb maksimaalse töö rõhu leidmiseks tehnoloogiliste arvutustega saadud optimaalset rõhku suurendada:

- 5 % võrra, kuid mitte vähem kui 0,1 MPa – neutraalseidprodukte (aineid) sisaldavate seadmete puhul;
- 10% võrra, kuid mitte vähem kui 0,3 MPa – plahvatusohtlikke, plahvatus-tuleohtlikke ja 1, 2, 3 ohuklassi kahjulikke aineid sisaldavate seadmete puhul.

Juhul, kui seadmete arvestuslik maksimaalse töö rõhu väärtus satub rõhu normaalvalimis kahe väärtuse vahele, siis tuleb maksimaalne töö rõhk lugeda võrdseks valimi suurema väärtusega.

Tüüpseadmete vastupidavuse ja seismilise kindluse arvutamine teostada vastavalt „Tööstusehituse tüüpprojekteerimise juhendiga“. Kõikide seadmete projekteerimisel ja hangetes tuleb ette näha, et tootjatehased tarniksid toruliitmikud koos vastuäärikutega, tihenditega ja kinnitustarvikutega vastavalt kehtivate tehnilistele tingimustele, samuti et isolatsioonimaterjalide kinnitamiseks vajalikud detailid oleks külge keevitatud vastavalt kehtivatele normatiivdokumentidele.

**Kolonn-tüüpi seadmete** kompleksus tehasest väljastamisel projekteeritakse lähtudes nende transportimise võimalusest raudtee, veeteede või autotranspordiga, reeglina kokkupandud kujul varustatuna kõikide produktvoogude sisestamise ja väljastamise seadmetega jm seadeldistega ja vahenditega (joasummutid, jaoturid, keermestatud ühendused jne), mis tagavad nii seadmete enda kui ka muude aparaatide töökindluse. Vertikaalsete aparaatide aluspõhjad on toruliitmikud viiakse läbi tugilaagrite äärikliiteid kasutamata.

**Hüdraulikasüsteemid** projekteeritakse seadmete rikkeid arvestava varuga, mille väärtused varieeruvad järgmises vahemikes:

- nominaalrõhu languse rikkevaruks arvestatakse soojusvahetitel 20% , tehnoloogiliste ahjude torustikel saastumisvõimaluse tõttu kuni 40%;
- reaktorite jõudlus +50 % kuni -150%;
- Rektifikatsioonikolonnid tuleb projekteerida vähemalt 70% varuga nominaalkoormusest.

Selline praktika tagab, et pumbad ja kompressorid kindlustavad seadme maksimaalse tootlikkuse.

**Reservuaaride ja mahutite** mahud valitakse arvestades võimalikke maksimaalseid vedel- ja aurufaasi vooge nii normaalsetel kui ka ebasoodsatel tingimustel. Süsivesinikgaase sisaldavate mahutite puhul arvestatakse maksimaalse tööõhu määramisel temperatuuriga 50°C. Mahutid ja reservuaarid varustatakse seadmetega, mis tõstavad nende töökindlust ja tõhusust (joasummutid, sülfoonid jms) ning vähendavad kadusid nii laadimisel kui produktide säilitamisel (nt ujuvkatustega, ning kergefraktsioonide püüde- ja tagastussüsteemidega).

**Soojusvahetusaparatuurina** kasutatakse uue põlvkonna soojusvaheteid, mis on madala hüdraulilise takistusega, võimaldavad soojusvahetusprotsesse laias temperatuuridiapsoonis ja süvavaakumis ning tagavad soojusenergia kõrge ülekandekoefitsiendi ka suurte temperatuuri- ja rõhukõikumiste korral.

**Reaktorid** süsivesiniktoorme kuumutamiseks, aurustamiseks ja reaktsioonide läbiviimiseks on katalüütilised ahi-reaktorid, kus soojusvahetuspinnad on paigutatud katalüsaatorikihti. Neil on madal NO<sub>x</sub> heide ning spiraalitorude pikem tööiga ja ühtlasem temperatuurijaotus toru kogupikkuses kui lekkuumutusega ahjude spiraalitorudel.

**Pumbad** valitakse standardtoodete hulgast kataloogide järgi. Eelistatakse magnetmuhvidega hermeetilisi tsentrifugaalpumpasid, mis on varustatud kaitse- ja blokeerimisseadmetega, kui pumbale ei satu piisavad kogused vedelikku, pump kiilub kinni jms juhtudeks. Pumpade paigutus peab tagama, et oleks välistatud vedelike sattumine pumpamisseadmetele. Pumbad paigaldatakse avatud platsidel varikatuse alla lükandseintega moodulkonteineritena. Pumbaseadmete ruumi põrandaid soojendatakse ringluses oleva kondensaatveega, et tagada ka maksimaalselt külma ilma korral põranda pinna temperatuur +5 °C. Madalamatel temperatuuridel hanguvate vedelike pumplatel nähakse täiendavalt ette pumpade ja torude elektriline soojendus, soojusisolatsioon ning läbipuhke ja –pesu võimalused.

Kergestisüttivate vedelike ja gaaside pumpade korpused ja nende alusraamid on maandatud. Kui pumbatavatele vedelikele on plahvatusohu vältimiseks määratud gaasiliste komponentide sisalduse piirväärtused, paigaldatakse pumpadele automaatsed gaasianalüsaatorid, mis signaliseerivad ohust.

**Kompressorid** tarnitakse suletud konteinermodulitena. Nad on varustatud nii lokaalsete kui distantsilt juhtimise ja kontrolli süsteemidega. Kompressoriruumis on ka kaks puhvermahutit.

## 4.2. Aparatuuri, seadmete ja torustike ühendamine

Aparatuuri ja seadmete montaažilahendus peab tagama tehnoloogiliste seadmete normaalse töö. Tehnilise projektiga pakutakse välja võimalikult lühikesed kontuurid, et kindlustada torustike madalaim takistus ja väike kapitalimahukus. Montaažilahendus peab tagama:

- a) aparatuuri, seadmete ja torustike kiire ja täieliku tühjendamise võimaluse,
- b) sulgurarmatuuride ning kontrollmõõteriistade ja -automaatika seadmete teenindamise mugavuse ja ohutuse,
- c) kiire ülemineku ühelt töörežiimilt teisele,
- d) aparatuuri, seadmete ja torustike läbipuhke, -aurutamise, -pesu ja puhastamise võimaluse,
- e) süsteemide hermeetilisuse ning sulgurite paigaldamise võimaluse kõikidele ventileerimisavadele ja äravoolutorudele,
- f) torustike vibratsiooni puudumise,
- g) torustike maksimaalse isekompensatsiooni,
- h) suuremahuliste tööde mehhaniseerimise võimaluse,
- i) torude ja seadmete montaaži- ja demontaažitööde mugavuse ja lihtsuse,
- j) ehitamist tehnoloogiliste sõlmede kaupa ja eelkomplekteeritud moodulite montaaži.

Pöördklappide paigaldamisel tuleb arvestada võimalusega, et nende väljalülitamisega kaasneb süsteemis rõhu langus ja produktist tühjenemine. Seetõttu tuleb pöördklapi väljutusliinile paigaldada sulgurarmatuur.

Projekteerimisel tuleb arvestada järgmiste normide ja reeglitega, sh järgitakse nendes toodud torustike jagamist rühmadesse ja kategooriatesse (sulgudes on tehnoloogilises projektis viidatud juhendi või normatiivdokumendi number):

- kuni 10 MPa rõhuga tehnoloogiliste terastorustike projekteerimine (nt *CH 527-80*);
- Põlev-, toksiliste- ja vedelgaaside torustike ehitus ja ohutu ekspluatatsioon (nt *IIVT-69*);
- Auru- ja kuumaveetorustike ehitus ja ohutu ekspluatatsioon, sh;
- Plahvatusohtlike ja plahvatustuleohtlike keemiliste ja naftakeemiliste protsesside ohtus (nt *ПБВХП-74*);
- Naftatöötlemistehaste ohutu ekspluatatsioon (nt *ИТБ НП-73*);
- Naftakeemiatööstuse ja naftatöötlemise ettevõtete hoonete ja rajatiste tuleohutuse projekteerimine;
- Tööstusettevõtete torustike ja seadmete soojusisolatsiooni projekteerimine (nt *CH 542-81*);
- Auru- ja veesoojussõlmede abil soojendatavate torustike soojusisolatsiooni ja konstruktsioonide projekteerimine (nt *BCH 168-76*);
- 0 °C kõrgema temperatuuriga torustike ja pindade soojusisolatsioon (nt *BCH 354-75*);

Tehnoloogiliste torustike ja soojusvõrkude projekteerimisel on lubatud kasutada nii maapealset paigaldust – estakaadidel ja eraldiseisvatel madalatel või kõrgetel tugedel – kui ka maa-alust



paigaldust pool-maa-alustes ja maa-alustes kanalites. Torustike paigaldamisel vahetult pinnasesse tuleb arvestada õigusaktidest tulenevate piirangutega.

Maapealset paigaldamist estakaadidele kasutada ainult tehnoloogiliste seadmete piires. Torustikud tuleb projekteerida vähemalt 2,2 m kõrgusele, arvestatuna platside-tee pinnast kuni esimese korruse torude isolatsioonikihini või estakaadi konstruktsiooni põhjani. Torustike eri korruste vahel peab kõrgust olema vähemalt 1,2 m. Trasside ristumiskohtades teedega peab esimese korruse torude isolatsioonikihini või estakaadi konstruktsiooni põhjani olema kõrgust vähemalt 5 m.

Torustike madalad toed paigutatakse põhiliselt ühe reana. Kõrgus maapinnast kuni torude põhjani või nende isolatsiooni pinnani peab olema vähemalt 0,35 m ja arvestab asukoha reljeefi. Kogu trassi ulatuses peab olema projekteeritud sadevee kogumine ja selle ärajuhtimine, samuti tuleb rakendada meetmeid, mis väldivad trassi rohtukasvamist. Torustikest ülekäiguks näha ette sillad, samuti peavad olema platsid sulgurarmatuuri hoolduseks.

Hoones või ehitises olevad maapealsed torustikud paigutada tugelele ja rippkonstruktsioonidele mööda seinu ja sambaid, samuti võib neid kinnitada hoone kandekonstruktsioonidele ning täiendavatele riputusstruktsioonidele, arvestades tõstukite jm transpordivahendite vaba liikumist. Kõrgus põrandast kuni esimese korruse torude isolatsioonikihini peab olema vähemalt 2,2 m.

Torustikud, millega transporditakse põlevaid vedelikke ja gaase, kergestisüttivad vedelikke, veeldatud gaase, tehnoloogilist õhku, kontrollmõõteriistade ja -automaatika suruõhku ja kuuma vett, samuti ka vakumeeritud torustikud ühendada keevisliitega ja äärikliidendita. Äärikliidendeid kasutada ainult torustike ühendamiseks pumpade ja aparatuuri külge ning sulgurarmatuuri paigalduskohtades.

Tahkuvaid ja suure viskoossusega naftasaadusi transportivate torustike paigaldamisel näha ette äärikliidendid objektisisestel torustikel iga 10-15 m järel, üldtorustikel iga 20-25 m järel,. Tuleb ette näha võimalus suure viskoossusega produktide torustike läbipesuks tahkumatu produktiga.

Maapealsed ja maal-alused üldtorustikud tuleb paigaldada kaldega:

- a) Niiske keskkonnaga gaasi- ja õhutorustikel – 0,002 gaasi- või õhuvoolu suunas ja 0,003 vastassuunas;
- b) suure viskoossusega ja tahkumatel produktidel – 0,02;
- c) vedelikel – 0,002.

Lühemad torulõigud on lubatud paigaldada kaldeta, kui seda võimaldab vertikaalplaneering või piirkonna reljeef. Maapealsed ja maa-alused objektsisesed torustikud tuleb paigaldada kaldeta, välja arvatud aurutorustikud, tõrviku- ja dreanažtorustikud, mis peavad olema paigaldatud kaldega dreniava mahuti poole. Kalle peab olema vahemikus 0,002 – 0,005.

Soojatorustikud projekteerida vajadusel koos tehnoloogiliste torustikega arvestades nende torustike tüüpide paigaldus- ja eksploatatsiooninõudeid.

Tehnoloogiliste torustike ja seadmete soojusisolatsioon ja soojendamise vajadus näha ette sõltuvalt transporditavast produktist, ilmastikutingimustest ja torustike paigaldusviisidest. Soojusisolatsioon tuleb paigaldada:

- ruumides – kuumad seadmed ja torustikud temperatuuriga alates 45°C, samuti kõik külmad seadmed ja torustikud, mille temperatuur on võrdne või madalam arvutuslikust kastepunktist;
- väljaspool ruume – lähtudes tehnoloogilise protsessi ja ohutustehnika nõuetest.

Kui naftaproduktide on vaja kuumutada üle 50° C ja ka seda temperatuuri teatud perioodil hoida, tuleb selleks eelistatult kasutada kuuma vett tehase soojusvarustuse süsteemist. Veesoojenduse sõlmede lülitusskeemid tuleb projekteerida arvestades tehase soojusvarustuse üldskeemi, kütetorustike paigutust, sõlmede arvu, soojuskandja liiki, köetava pinna mõõtmeid jne. Soojussõlmede arv, parameetrid, isolatsiooni konstruktsioon ja paksus valida lõplikult tehnilis-majanduslike arvutuste alusel.

Tumedate naftasaaduste soojendamist vajavad tehnoloogilised torustikud varustada elektriküttesüsteemidega nagu küttegaablid ja -lindid.

Torustike projekteerimisel arvestada Tabelis 4.1 toodud soovituslike joonkiirustega:

Tabel 4.1.

Soovituslikud joonkiirused torustikes

<b>Liikuv keskkond</b>	<b>Joonkiirus m/s imi- / survetorustikes</b>
<b><i>Vedelik</i></b>	
Isevoolne liikumine (dreanaž, mahuti ühjendamine jms)	0,3-0,7
Alljärgneva viskoossusega (mm <sup>2</sup> /s) vedeliku pumpamine	
1-36	kuni 1,3 / kuni 2,0
36-74	kuni 1,2/ kuni 1,5
74-444,4	kuni 1,0/ kuni 1,1
> 444,4	kuni 0,8/ kuni 1,0
<b><i>Veeldatud gaas:</i></b> üldiselt	kuni 1,2/ kuni 3,0
Etteandel aurustisse	0,6-1,0

<b>Gaas</b> , rektifikatsioonikolonni aurutorustikus:	
atmosfäärirõhul ja rõhu all töötavad	kuni 15
vakumeeritud	kuni 10
Pumpamine tsentrifugaalkompressoriga	kuni 15/kuni 20
Pumpamine kolbkompressoriga	kuni 10/kuni 13
Madalrõhu gaasitorustikus 0,1-0,2 MPa	10-20
Gaasitorustikus rõhuga >0,2 MPa	20-35
<b>Aur</b> , küllastunud:	
Torustiku tinglähimõõdul kuni 200 mm	kuni 85
Torustiku tinglähimõõdul > 200 mm	kuni 80
Ülekuumendatud:	
Torustiku tinglähimõõdul kuni 200 mm	kuni 60
Torustiku tinglähimõõdul > 200 mm	kuni 60

## 5. TEHASE RESSURSIVAJADUS

### 5.1. Tooraine ja abimaterjalid

Tehase tööks planeeritakse süsivesiniktoorme (nafta, masuut) tarnimist, mida hoitakse Balti- ja Põhjamere akvatooriumi riikide sadamates, võimalusel sadama lähedal asuvates terminalides. Eelistatud on kõrge parafiinsaldusega nafta tihedusega kuni  $930\text{kg/m}^3$  ja otsedestillatsiooni masuudid kinemaatilise viskoossusega  $50^\circ\text{C}$  juures kuni 150 cSt. Toorme transport toimub meritsi tankeritega, osaliselt ka raudteega. Toorme ladustamiseks on kavandatud mahutipark  $80\,000\text{ m}^3$ .

Toorme töötlemiseks kasutakse mitmesuguseid abimaterjale – katalüsaatoreid, kemikaale, sorbente. Esialgne hinnang materjalide ja kemikaalide vajadusest on toodud tabelis 5.1. Abimaterjalid tuuakse kohale auto- ja raudretranspordiga ja hoitakse ladudes.

Tabel 5.1.

Esialgne hinnang materjalide ja kemikaalide vajalikkusest tehases 1 miljoni tonni toorme töötlemisel

Nr	Materjali nimetus	Kulu
Katalüsaatorid		
1.	Tehnilise gaasi aromatiseerimine	1 t/a
2.	Laevakütuse vesinikrikastamine	1 t/a
3.	Nafta oligomeriseerimine	1 t/a
4.	1-astme tehnilise gaasi väävli puhastus	1 t/a
5.	2-astme tehnilise gaasi väävli puhastus	1 t/a
6.	Energiaplokis kütuste põletamine	12 t/a
Sorbendid		
7.	Süeniit	20 t/a
8.	Sorbent lekete kõrvaldamiseks	10 t/a

2 Katalüsaatorite, reagentide ja materjalide liigid ning kulu täpsustub projekteerimise käigus

Reagendid		
9.	De-emulgaator	60 t/a
10.	Naatriumhüdroksiid, 40% lahus	20 t/a
11.	Korrosiooniinhibiitorid	10 t/a
<u>Tee-ehitusmaterjalide tootmises:</u>		
12.	Kustutamata tükklubi	kuni 20 000 t/a
13.	Inertne mineraalne materjal	kuni 20 000 t/a
14.	Pindaktiivsed ained (PAA)	kuni 1 000 t/a
15.	Vahutekitaja	10 t/a
16.	Määrdeõlid	1 t/a
17.	Hüdraulika vedelikud	20 t/a

## 5.2. Energiavarustus

Tehases kasutatavad energeetilised põhiressursid on elektrienergia, veeaur, soojus, vedel- ja gaasikütus. Kõik järgnevalt esitatud andmed on esialgsed ja täpsustatakse projekteerimisel.

Kogu tehase energiavajadus on kavas katta omatoodanguga. Selleks rajatakse elektri- ja soojusenergia koostootmisjaam, mis kasutab kütusena nafta töötlemisel tekkivat olefiiniderikast küttegaasi kuni 4 000 kg/h (gaasi arvestuslik kütteväärtus 45,97 MJ/kg). Sellest toodetakse 10 MW<sub>e</sub> ja 40 MW<sub>th</sub>. Ülejäänud vajamineva soojuse toodetakse tehnoloogiliste ahjudega.

Elektrienergia arvestuslik vajadus 1 miljoni t/a tooraine ümbertöötlemiseks (keskmise):

Põhitootmine	800 kWh,
Üldobjektid	1 000 kWh,
Valgustus	200 kWh,
Tulekustutussüsteemid (maksimaalne:))	300 kWh,

Tehase aasta keskmine tarbimisvõimsus on umbes 2 MWh. Koostootmisjaamas toodetud elektrienergia ülejäägid tarnitakse põhivõrgu kaudu välistarbijatele.

Reservtoiteallikana kavandatakse sadama olemasolev SEJ. Vastavalt tehnilistele tingimustele on esimese kategooria objektid ja tehnoloogiliste protsesside automaatjuhtimissüsteem varustatud katkematute toiteplokkidega ja neile on ette nähtud ka varugeneraator.

Energiaplokis kasutatakse kütusena tehases toodetud küttegaasi ja rasket kütteõli. Käikuandmise-seadistamistöde perioodil on kütuseks sisseostetud masuut, mida hoitakse toormepargi mahutites (eraldi mahuteid reservkütusele ette ei nähta, sest masuut on ka varutoormeks). Maagaasiga varustamist väljastpoolt ei ole ette nähtud.

Tehase auruvarustus põhineb omatoodetud auru kasutamisel. Energiaploki katelde nimitootlikkus moodustab umbes 100 t auru tunnis parameetritega kuni 4,0 MPa ja kuni 430 °C. Toodetud auru kasutatakse elektrienergia tootmiseks, samuti kasutatakse auru tehase pumbaseadmete ajamite töös (kuni 5 t/h). Põhitootmise aurujamid varustatakse kondenseerimissõlmedega. Kogu kondensaati kogutakse katlamajas asuvasse kondensaadi koguritesse ning peale degaseerimist ja õhu eemaldamist suunatakse uuesti aurukateldesse.

Auru kasutatakse ka tulekustutussüsteemides, koksi auruga välja põletamisel ahi-reaktorites. Samuti ka saastunud sadevee maa-aluste kogumismahutite, madala hangumistemperatuuriga tehnoloogiliste torustike (masuut, katlakütus), estakaadil tehnoloogilise vee ja tuletõrje maapealsete veetorustike, tehnoloogiliste mahutite soojuskandjate kuumutamiseks.

Kontori ja olmeruumide, labori ning operaatorruumi kütmiseks projekteeritakse tsentraalne soojasõlm, mille esimese kontuuri soojuskandjaks on katlast tulev auru ning teise kontuuri soojuskandjaks on keemiliselt puhastatud vesi. Teise kontuuri vesi suunatakse tsirkulatsioonipumpadega köetavatele objektidele.

Samuti on soojusenergia allikateks põhitootmise seadmete rekuperatsioonisüsteem. Soojuskandjana kavandatakse 135/90°C ringlusvee kasutamist. Tehase omatarbest ülejääv soojusenergia müüakse.

### **5.3. Veevarustus**

Tehases kavandatakse kasutada tehnilist vett põhitootmise protsessides, joogivett olme- ja majandamise tarbeks, ringlusvett tehase suletud soojusvarustussüsteemiks, katlavett energiaploki varustamiseks. Järgnevalt esitatud andmed on esialgsed ja täpsustatakse projekteerimisel.

Olme- ja joogivee varustuse allikaks kavandatakse ühisveevärki vastavalt veetarbimise tehnilistele tingimustele. Veetarbimise vähendamiseks nähakse ette suletud tsükliga ringlusveevarustus. Põhitootmises ja abitegevustes kasutatakse tehnilise veena tehase kohtpuhastusseadmetest saadud puhastatud vett. Tootmisvajadusteks vee lisavarustamist ei planeerita.

Katelde toitevee saamiseks töödeldakse katlavee ettevalmistamise jaamas tehnilist magevett kuni 80 m<sup>3</sup> ööpäevas. Aurukatelde läbipuhkevett kasutatakse soojusvahetussüsteemide täitmiseks. Soojusvahetites on veena võimalik kasutada eelnevalt ettevalmistatud veeauru kondensaati, mis tekib energiaploki suitsugaasi märgpuhastuse süsteemis.

Olme- ja joogivee kulud moodustavad kuni  $40 \text{ m}^3$  ööpäevas (tippkulu - kuni  $4\,220 \text{ l/h}$ , keskmine –  $1\,070 \text{ l/h}$ ), sh joogivee kuku kuni  $26 \text{ m}^3$  ööpäevas, sh:

- joogivee vajadused, lähtudes vahetuse maksimaalsest inimeste arvust  $122 \text{ inimest/vahetus} \times 25 \text{ l} = 3\,050 \text{ l/ööpäevas} = 130 \text{ l/tunnis}$ ,
- dušširuumi vajadused (tööstuse põhi- ja abipersonali jaoks), lähtudes arvestusest  $48 \text{ inimest vahetuses} \times 500 \text{ l/h} \times 0,75 \text{ h} / 5 \text{ inimest / dušširuumi kohta} = 3\,600 \text{ l/h}$  (tipp),
- söökla vajadused, lähtudes vahetuse maksimaalsest inimeste arvust  $122 \text{ inimest/vahetus} \times 16 \text{ l/toidukord} \times 2 \text{ toidukorda} \times 3 \text{ vahetust} = 11\,712 \text{ l/ööpäevas} = 490 \text{ l/h}$ .

Vajadusel kasutatakse joogivee kvaliteedi tõstmiseks selle ettevalmistamise jaama, võimsus täpsustatakse projekteerimisel.

Tulekustutusvee kulu määratud vastavalt ametijuhendi BYIII-88 pp. 8.20 ja 8.21. Arvestusliku kulu alusena võetakse veekulu kahe tulekahju kustutamiseks:

ühe tulekahju tootmispiirkonnas ja teise toorme- või tootereservuaarpargis.

Veekulu tootmispiirkonnas tulekahju kustutamiseks  $170 \text{ l/s}$  ( $612 \text{ m}^3/\text{h}$ ), reservuaarpargis –  $200 \text{ l/s}$  ( $720 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

Liikuva tuletõrjetehnika veekulu  $50 \text{ l/s}$  ( $180 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

Veekulu tsisternide ja auto/raudtee estakaadi jahutamiseks 2 lafett-joatoru abil lähtudes arvestusest  $20 \text{ l/s} \times 2 \text{ joatoru} = 40 \text{ l/s}$  ( $144 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

Kokku tulekahju kustutamiseks tuleb ette näha veekulu  $1656 \text{ m}^3/\text{h}$ . Tuletõrjevee varude täiendamiseks (96 tunni jooksul) on tarvis magevett  $1656 \text{ m}^3/\text{h} \times 1 \text{ h} / 96 \text{ h} = 17,2 \text{ m}^3/\text{h}$ . Nähakse tuletõrjereservuaarides ette veevaru täiendamine vähemalt  $5000 \text{ m}^3$  mahuga tuletõrjeveekogu kaudu.

Tuletõrjeveekogu täidetakse puhastatud reovee arvelt.

Veetarbimise balanss täpsustatakse projekti dokumentatsioonis.

#### 5.4. Inertgaasiga varustamine

Tehase suitsugaasist saadav inertgaas rõhuga 0,6MPa ja hapniku sisaldusega mitte rohkem kui 0,5 % plaanitakse tehases kasutada:

- toormeparkide reservuaarides lämmastikupadja moodustamiseks, toorme ja toodangu hoidmiseks, milliste puhul süsivesiniku ja õhuhapniku kontakt ei ole soovitatav ning süsivesinikke oksüdeerumise ja välisõhku aurustumise takistamiseks,
- laadimise läbiviimisel tehnoloogiliste ja dreanažmahutite, auto- ja raudteetsisternide lämmastikupadja moodustamiseks,
- remondi-ja reglementööde teostamise ajal tehnoloogiliste süsteemide ja seadmete perioodiliseks läbipuhkeks,
- tehnoloogilise gaasi aromatiseerimise ploki katalüsaatorite regenererimisel,
- elektriruumide kustutamiseks.

Hinnang inertsgaasi vajaduste järgi, mille saamist planeeritakse inertsgaasi saamise seadeldises, on kuni 150 m<sup>3</sup>/h (täpsustatakse projektdokumentatsioonis). Projektiga nähakse ette lämmastiku sisend rõhuga mitte üle 150 mm veesamba järgi ja kontsentratsiooniga mitte vähem kui 97 mahu%.