

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Vilius Blauzdžiūnas

AMONIAKO SINTEZĖS AGREGATO TECHNOLOGINIS
ĮVERTINIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Prof. Saulius Kitrys

KAUNAS, 2018

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

AMONIAKO SINTEZĖS AGREGATO TECHNOLOGINIS
ĮVERTINIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Studijų programa 621H81004 Chemijos inžinerija

Konsultantai

Ekonominiai skaičiavimai

Lekt. V. Varaniūtė

Darbuotojų sauga ir sveikata

Doc. dr. D. Nizevičienė

Aplinkosauginis vertinimas

Doc. dr. I. Stasiulaitienė

Statybiniai ir techniniai sprendimai

Lekt. O. Viliūnienė

Vadovas

Prof. Saulius Kitrys

Recenzentas

Lekt. dr. Andrius Jaskūnas

Projektą atliko

Vilius Blauzdžiūnas

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Tvirtinu:
Cheminių technologijų fakulteto dekanas
Prof. E.Valatka

Suderinta:
Fizikinės ir neorganinės chemijos katedros vedėja
prof. dr. I. Ancutienė

Dekano įsakymas Nr. ST18-F-02-1
2018 m. balandžio mėn. 11 d.

2018 m. vasario mėn. 5 d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS

Išduota studentui **Viliui Blauzdžiūnui**

1. Darbo tema: „Amoniakos sintezės agregato technologinis įvertinimas”
2. Darbo tikslas – išanalizuoti amoniako sintezės technologinius rodiklius ir nustatyti šios technologijos tobulinimo galimybes.

Darbo uždaviniai:

- 2.1. Atlikti literatūros duomenų apžvalgą techniniais bei ekonominiais aspektais.
- 2.2. Parinkti technologijos inžinerinio vertinimo metodą, atlikti skaičiavimus ir aptarti jų rezultatus.
- 2.3. Skaičiavimais įrodyti technologijos tobulinimo galimybes ir pateikti technologinės schemos pakeitimus.
- 2.4. Pateikti gamybos aplinkosaugos, darbo saugos, statybinius ir ekonominius sprendimus bei rodiklius.

3. Darbo sudėtinės dalys:

- 3.1. Santrauka
- 3.2. Turinys
- 3.3. Įvadas
- 3.4. Literatūros apžvalga
- 3.5. Skaičiavimų metodikos
- 3.6. Inžinerinė dalis
- 3.7. Darbuotojų sauga ir sveikata
- 3.8. Aplinkosauginis vertinimas
- 3.9. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai
- 3.10. Statybiniai sprendimai
- 3.11. Išvados
- 3.12. Bibliografinių nuorodų sąrašas

Užduoties išdavimo data 2018 m. vasario mėn. 5 d.

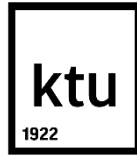
Užbaigto darbo pateikimo terminas 2018 m. gegužės 25 d.

Vadovas: prof. dr. Saulius Kitrys
(vardas, pavardė)

2018-02-05
(parašas, data)

Užduotį gavau: Vilius Blauzdžiūnas
(studento vardas, pavardė)

2018-02-05
(parašas, data)



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

Vilius Blauzdžiūnas

Studijų programa 621H81004 Chemijos inžinerija

„Amoniakos sintezės agregato technologinis įvertinimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

Patvirtinu, kad mano, Viliaus Blauzdžiūno, baigiamasis projektas tema „Amoniakos sintezės agregato technologinis įvertinimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

TURINYS

ĮVADAS	13
1. LITERATŪROS APŽVALGA	14
1.1. Fizikinės – cheminės savybės	14
1.2. Sintezė.....	15
1.3. Amoniako gamyba ir panaudojimas	16
1.4. Ekonomika	19
1.5. Aplinkosaugos pasvarstymai	19
2. BENDRAS DARBO APIBŪDINIMAS IR PAGRINDINIAI RODIKLIAI	21
2.1. Pradinė padėtis	22
2.2. Žaliavų zonos charakteristika ir materialinio aprūpinimo pagrindimas	22
2.3. Gamybinio pajėgumo ir gamybos programos pagrindimas	22
2.4. Statybos aikštelės charakteristika ir pagrindimas	23
3. TIRIAMOJI DALIS	24
3.1. Medžiagų balanso skaičiavimai vienai amoniako sintezės kolonai	24
3.2. Medžiagų balanso skaičiavimai dviem sintezės kolonomis.....	31
4. INŽINERINĖ DALIS	33
4.1. Amoniako sintezės technologinės schemos aprašymas	33
4.1.1. Metanavimas	33
4.1.2. Sintezės dujų kompresija	33
4.1.3. Amoniako sintezė	34
4.1.4. I kondensacijos laipsnis	35
4.1.5. II kondensacijos laipsnis	35
4.2. Technologiniai sprendimai.....	36
5. DARBUOTOJŲ SAUGA IR SVEIKATA	43
5.1. Projektuojamo objekto charakteristika	43
5.2. Profesinės rizikos vertinimas	43
5.3. Saugi gamyba.....	46
5.4. Elektrosauga.....	47
5.5. Darbo higiena.....	47
5.6. Gaisrinė sauga.....	48
6. STATYBINIAI SPRENDIMAI	50
6.1. Bendroji dalis	50
6.2. Bendrųjų pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai.....	50
7. FINANSINIAI IR EKONOMINIAI SKAIČIAVIMAI	52
7.1. Inovacijos projektavimo ir diegimo aplinkos analizė: ekonominių ir organizacinių problemų nustatymas.....	52
7.2. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai.....	53
7.2.1. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas	53
7.3. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinosios pajamos	54
7.3.1. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas.....	54
7.3.2. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas	56
7.4. Veiklos kaštai.....	58
7.5. Finansinės ir investicinės sąnaudos	58
7.6. Gaminio kainos skaičiavimas	59
7.7. Projekto pelnas ir grynąjų pinigų srautai	60
7.8. Grynąjų pinigų srautų ir pelno skaičiavimas rekonstrukcijos atveju.....	61
7.9. Investicijų efektyvumo vertinimas.....	63
7.9.1. Vidutinių svertinių kapitalo kaštų skaičiavimas	63

7.9.2. Vidinės pelno normos skaičiavimas	64
7.9.3. Pelningumo arba rentabilumo indekso skaičiavimas.....	64
7.9.4. Lūžio taško skaičiavimas	64
7.10. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai	65
8. APLINKOSAUGINIS VERTINIMAS.....	67
8.1. Bendroji dalis	67
8.2. Išmetimai į orą	68
8.3. Atliekos	70
IŠVADOS.....	71
LITERATŪROS SĄRAŠAS	72
PRIEDAI.....	74

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Procentinis amoniako panaudojimas [11].....	15
1.2 pav. Pasaulinė NH ₃ produkcija 2014 metais tūkstantyje tonų.....	15
3.1 pav. Amoniako sintezės skaičiavimo blokinė schema.....	22
3.2 pav. Amoniako koncentracijos priklausomybė nuo temperatūros ir tūrinio greičio.....	23
4.1 pav. Sumodeliuota amoniako sintezės technologinė linija.....	35
4.2 pav. Sumodeliuota sintezės technologinė schema su dviem kolonomis.....	37
4.3 pav. Amoniako koncentracijos priklausomybė nuo slėgio.....	39
5.1 pav. Kompresorinės evakuacijos planas.....	47

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Amoniaکو fizikinės – cheminės savybės.....	12
1.2 lentelė. Amoniaکو procentinė tūrio dalis esant skirtingiems slėgiams ir temperatūroms [8].....	14
1.3 lentelė. Pasaulinė NH ₃ produkcija pagal žemynus [12].....	16
2.1 lentelė. Projekto pagrindiniai rodikliai.....	19
3.1 lentelė. Sintezės dujų sudėtis vienai sintezės kolonai.....	24
3.2 lentelė. Dujų sudėtis po vienos sintezės kolonos.....	24
3.3 lentelė. Ištirpusios dujos amoniake ir likęs jų tūris.....	26
3.4 lentelė. Dujų – skysčio sudėtis po pirmo laipsnio kondensacijos.....	26
3.5 lentelė. Sintezės dujų sudėtis vienai iš dviejų sintezės kolonai.....	29
3.6 lentelė. Dujų sudėtis po dviejų sintezės kolonų.....	30
4.1 lentelė. Medžiagų balansas vienai sintezės kolonai.....	35
4.2 lentelė. Gaunamo produkto kiekiai, esant vienai sintezės kolonai, skysto amoniako rinktuve.....	36
4.3 lentelė. Medžiagų balansas dviem sintezės kolonomis.....	37
4.4 lentelė. Gaunamo produkto kiekiai, esant dviem sintezės kolonomis, skysto amoniako rinktuve.....	38
4.5 lentelė. Susidariusio amoniako priklausomybė nuo slėgio, esant dviem sintezės kolonomis, skysto amoniako rinktuve.....	38
4.6 lentelė. Medžiagų balansas su dviem sintezės kolonomis esant 18 MPa slėgiui.....	39
4.7 lentelė. Gaunamo produkto kiekiai su dviem sintezės kolonomis esant 18 MPa slėgiui.....	40
5.1 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas.....	42
5.2 lentelė. Pastatų ir išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonas.....	43
6.1 lentelė. Bendrieji sklypo techniniai rodikliai.....	48
7.1 lentelė. Projekto kaštai ir finansavimo šaltiniai.....	51
7.2 lentelė. Ilgalaikis turtas.....	51
7.3 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinosios pajamos.....	52

7.4 lentelė. Išlaidos gamtinėms dujoms.....	53
7.5 lentelė. Pagrindinių darbininkų darbo užmokestis.....	53
7.6 lentelė. Išlaidos šiluminei energijai.....	54
7.7 lentelė. Netiesioginiai gamybos kaštai.....	55
7.8 lentelė. Amortizaciniai atskaitymai.....	55
7.9 lentelė. Gamybos kaštai.....	55
7.10 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas.....	57
7.11 lentelė. Gaminio kaina.....	57
7.12 lentelė. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai.....	58
7.13 lentelė. Sąnaudų pasikeitimas, įgyvendinus projektą.....	59
7.14 lentelė. Projekto grynujų pinigų srautų skaičiavimas.....	60
7.15 lentelė. Vidutinių svertinių kapitalo kaštų skaičiavimo rezultatai.....	61
7.16 lentelė. Lūžio taško skaičiavimas.....	62
7.17 lentelė. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai.....	63
8.1 lentelė. Sunaudojamos žaliavos ir energija.....	66
8.2 lentelė. Tarša į aplinkos orą.....	66
8.3 lentelė. Aplinkos oro taršos šaltinių fiziniai duomenys.....	67
8.4 lentelė. Katalizatoriaus atliekos.....	68

Vilius Blauzdžiūnas. Amoniako sintezės agregato technologinis įvertinimas. Baigiamasis magistro projektas / vadovas Prof. Saulius Kitrys; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): 621H81004 Chemijos inžinerija

Reikšminiai žodžiai: Amoniakas, sintezė, technologija

Kaunas, 2018. 73 p.

SANTRAUKA

Amoniakas – plačiai taikomas cheminis junginys. Jo panaudojimo galimybės taikomos ne tik chemijos, bet ir agrokultūros pramonėje. Dėl išaugusio amoniako poreikio, siekiama surasti būdų kaip jį išgauti, naudojant mažesnius gamybos kaštus. Magistro baigiamajame darbe atlikti technologiniai tyrimai leido nustatyti, jog renovuojama amoniako sintezės technologinė linija su dviem sintezės kolonomis, naudojant mažesnius gamybos kaštus, gali pagaminti, tokį patį amoniako kiekį kaip su viena sintezės kolona.

Renovuojama amoniako sintezės technologinė linija, esanti Jonavos rajone, Jonalaukio kaime. Renovuojamo objekto teritorijos plotas 33,48 arai. Teritorijoje išdėstyti gamybai reikalingi įrengimai. Renovuojama veikianti amoniako sintezės technologinė linija, įsigyjant ir sumontavus naują antrąjį amoniako sintezės reaktorių.

Atlikus profesinės rizikos vertinimą, įvertinus darbo higieną, saugumą ir priešgaisrinę apsaugą, atlikta darbuotojų saugos ir sveikatos analizė. Pagal sprogimą ir gaisrą sukeliančius pavojus, nustatytos sprogios ir degios zonos.

Įvertinus finansinius ir ekonominius skaičiavimus, nustatyta skysto amoniako kaina. Atlikus skaičiavimus buvo įvertinta projekto grynoji esamoji vertė, investicijų efektyvumas, pelningumas. Įvertinus skaičiavimus rekonstrukcijai, gaunamas papildomas 6,72 mln. Eur pelnas per metus. Daroma išvada, jog rekonstruota amoniako sintezės technologija su dviem sintezės reaktoriais neša didesnę pelną.

Atlikus aplinkosauginį renovuojamos technologijos vertinimą, nustatytas daromas poveikis aplinkai. Pagrindines taršos problemas sukelia neatitiktiniai išmetai į orą ir susidarancios katalizatoriaus atliekos, kurios vėliau utilizuojamos.

Vilius Blauzdžiūnas. Technological assessment of ammonia synthesis unit. Master's Final Degree Project / supervisor Prof. Saulius Kitrys; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): 621H81004 Chemical engineering

Keywords: Ammonia, synthesis, technology

Kaunas, 2018. 73 pages.

SUMMARY

Ammonia is a widely used chemical compound. Its possibilities of use apply not only to the chemical industry, but also to the agro – culture industry. Due to the increased demand for ammonia, it seeks to find ways to produce it using lower production costs. The technological research carried out in the master's thesis allowed to determine that the refurbished ammonia synthesis technological line, using lower production costs, can produce the same amount of ammonia.

Renovated ammonia synthesis technological line located in Jonava district, Jonalaukis village. Area of the area under renovation is 33,48 ara. The equipment necessary for production is located in the territory. The existing ammonia synthesis technological line is being renovated, by acquiring and installing a new second ammonia synthesis reactor.

The occupational safety and health analysis has been carried out on the basis of occupational risk assessment, assessment of job hygiene, safety and anti – piracy protection. Explosive and fire hazardous areas have been identified as explosive and flammable.

Estimating financial and economical calculations provides the price of liquid ammonia. The calculations assessed the net present value of the project, investment efficiency, profitability. After calculating the reconstruction, there are an additional 6,72 mln. profit of Eur in a year. In conclusion, reconstructed ammonia synthesis technology with two synthesis reactors produce higher profits.

An environmental assessment of the refurbished technology has identified environmental impacts. The main pollution problems are caused by non – confirming air emissions and the resulting catalyst wastes, which are subsequently disposed of.

IVADAS

Kietos ar skystos būsenos amoniako druskos ir tirpalai yra pagrindiniai komponentai sintetinėms trąšoms išgauti. Jos sunaudoja 83 procentus pasaulyje pagaminamo amoniako ir šis poreikis didėja [1].

Pagrindinis pramoninis amoniako sintezės metodas yra Haber – Bosch procesas. Amoniako sintezės procesas yra reakcija tarp molekulinio azoto ir vandenilio, naudojant geležies katalizatorių didelių gabaritų uždareme reaktoriuje, veikiant temperatūrai ir slėgiui. Haber – Bosch procesas, kiekvienais metais pagamindamas apie 150 milijonų tonų amoniako, leido žemei išmaitinti penkis kartus daugiau žmonių nei anksčiau. [2].

Žinoma, kad gamtinių dujų gavyba ir pramoninis naudojimas prisideda didele dalimi prie anglies dioksido emisijos bei vandens užterštumo, tačiau ir šiais, didelių pasiekimų laikais Jungtinėse Amerikos Valstijose 59 procentai gamtinių dujų yra sunaudojama vandeniliui išgauti dėl amoniako sintezės proceso poreikio [3].

Paprastai augalams reikia dirvožemio, turtingo savo sudėtyje makroelementais, azotu, fosforu ir kaliu bei mikroelementais [4].

Kaip ir sintetinės trąšos taip ir organinės gali būti naudojamos subalansuotam augalų augimui, tačiau pastebėta jog sintetinės trąšos linkusios geriau būti pasisavinamos. Taigi, dėl šių priežasčių pasaulinė azotinių trąšų paklausa pasiekė naujas aukštumas, 2012 metais rinka siekė 98,6 mlrd dolerių, o iki 2018 metų net 114 mlrd [5].

Atsižvelgiant į tai, jog 2012 metais Amerikos Valstijų amoniako pramonės gamyba buvo susijusi su 9,4 mlrd. tonų anglies dvideginio išmetimu, akivaizdu jog šie procesai turi būti stebimi ir reorganizuojami. Tačiau, norint atlikti būtinus šių pramonės šakų pakeitimus, reikia įvertinti ir įvairias amoniako sintezės technologines galimybes, aplinkosaugos ir ekonominius padarinius, kurie gali atsirasti dėl šių priežasčių.

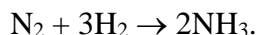
Darbo tikslas – išanalizuoti amoniako sintezės technologinius rodiklius ir nustatyti šios technologijos tobulinimo galimybes.

Darbo uždaviniai:

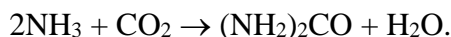
- 2.1. Atlikti literatūros duomenų apžvalgą techniniais bei ekonominiais aspektais.
- 2.2. Parinkti technologijos inžinerinio vertinimo metodą, atlikti skaičiavimus ir aptarti jų rezultatus.
- 2.3. Skaičiavimais įrodyti technologijos tobulinimo galimybes ir pateikti technologinės schemos pakeitimus.
- 2.4. Pateikti gamybos aplinkosaugos, darbo saugos, statybinius ir ekonominius sprendimus bei rodiklius.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

Procesas, kuriuo vykdoma amoniako sintezė, gali būti užrašytas stechiometrine lygtimi:



Nors šis projektas skirtas amoniako gamybai, verta paminėti, jog 80 % pagaminamo amoniako yra sunaudojama kaip žaliava karbamido gamybai, kuri kaip trąša yra daug efektyvesnė:



Tačiau, reikia įvertinti šiuolaikinės amoniako ir karbamido gamybos technologijų efektyvumą, poveikį pramonei bei aplinkai, norint pasiekti didžiausią pelną [6].

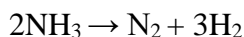
1.1. Fizikinės – cheminės savybės

Pasigaminęs amoniakas – bespalvės, skaidrios, aštraus kvapo, lengvesnės už orą dujos. -78°C temperatūroje kietėja, sudarydamos kubo formos kristalus. Skysto amoniako tankis $681,7 \text{ kg/m}^3$.

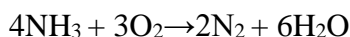
1.1.lentelė. Amoniako fizikinės – cheminės savybės [7]

Specifinė dujų konstanta R	$0,48818 \text{ kPa m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Skysto tankis	$0,6817 \text{ g/cm}^3$
Dujinio tankis	$0,7714 \text{ g/L}$
Kritinis slėgis	$11,28 \text{ MPa}$
Kritinė temperatūra	$132,4 \text{ }^\circ\text{C}$
Kritinis tankis	$0,235 \text{ g/cm}^3$
Kritinis šiluminis laidumas	$0,22 \text{ kJK}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ m}^{-1}$
Kritinė klampa	$23,90 \times 10^{-3} \text{ mPa} \cdot \text{s}$
Lydimosi temperatūra	$-77,71 \text{ }^\circ\text{C}$
Virimo temperatūra	$-33,43 \text{ }^\circ\text{C}$

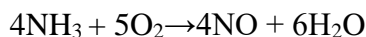
Amoniakas – termiškai atsparus, tačiau jį galima išskirti iš vandenilį ir azotą, naudojant aukštoje temperatūroje metalinį katalizatorių:



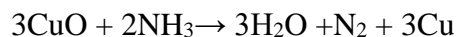
Taip pat jis deguonies atmosferoje:



Norint gauti azoto oksidą, amoniako ir oro mišinys turi praeiti platinos – rodžio katalizatorių $800 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūroje:



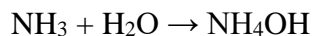
Kai amoniakas pereina šiltus metalo oksidus, jis su jais reaguoja iki elementinio azoto:



200 °C temperatūroje ir esant 100 atm slėgiui amoniakas reaguoja su CO₂ suformuodamas karbamidą:



Taip pat amoniakas reaguoja su vandeniu sudarydamas amonio hidroksidą:



1.2. Sintezė

Haber – Bosch procesas yra vienas veiksmingiausių ir dažniausiai naudojamas amoniako gamybos būdas, kuris pasaulyje lyderiauja beveik visą amžių. Šis procesas reikalauja aukštos temperatūros ir slėgio, didelių gabaritų reaktoriaus bei nepertraukiamo debito, kas lemia didelius kiekius pagaminamo amoniako. Procesui tobulinti daug įtakos turėjo aukšto slėgio technologijų pasiekimai, todėl šiandien, naudojant šį arba panašų modifikuotą procesą, kasmet pagaminama apie 150 milijonų tonų amoniako [8].

Stechiometriškai, norint gauti 2 molius amoniako, turi sureaguoti 1 molis azoto ir 3 moliai vandenilio. Reakcija egzoterminė. Tačiau ši reakcija nėra savarankiška ir gali būti pasiekta tik manipuliuojant jos fizinius veiksnius. Siekiant sumažinti reakcijos aktyvacijos energiją, abu komponentai (vandenilis ir azotas), būdami dujinės fazės, yra pervedami per geležies katalizatorių. Reakcija yra grįžtamojo pobūdžio. Tai yra palanku gaminant amoniaką, nes galima naudotis Le Šateljė principu (jei pusiausvyrą sistemą veikia išorinis veiksnys, tai nuo jo priklauso tik ta, iš dviejų priešingų reakcijų, kuri susilpnina šį poveikį). Taip, padidinus slėgį, galima gauti daugiau produkto, tačiau pasiekti didelį slėgį ir naudoti stambiatonažėje gamyboje yra labai brangu, dėl to įprasta naudoti apie 200 atm slėgį. Nors pagal Le Šateljė principą žema reakcijos temperatūra didina pagaminamo amoniako kiekį, ji taip pat ir sulėtina reakciją, sumažindama ir proceso praktiškumą. Dažniausiai naudojama 400 – 450 °C temperatūra.

Kiekvieną kartą reagentams sureagavus, šiame procese susidaro apie 10 – 18 % amoniako. Tačiau tai nereiškia, kad reagentai yra prarandami. Likusios nesureagavusios dujos yra vis papildomos šviežiomis ir naudojant reciklą sunaudojama 97 % komponentų. Taigi didžiausias amoniako kiekis susidaro naudojant vidutinę temperatūrą, aukštą slėgį ir katalizatorius. Amoniako procentinė dalis, esant skirtingiems slėgiams ir temperatūroms, pateikta 1.2. lentelėje [9].

1.2. lentelė. Amoniako procentinė tūrio dalis esant skirtingiems slėgiams ir temperatūroms [9]

Slėgis, atm	Procentinė amoniako koncentracija skirtingose temperatūrose					
	373 K	473 K	573 K	673 K	773 K	973 K
10	-	50,7	14,7	3,9	1,2	0,2
25	91,7	63,6	27,4	8,7	2,9	-
50	94,5	74,0	39,5	15,3	5,6	1,1
100	96,7	81,7	52,5	25,2	10,6	2,2
200	98,4	89,0	66,7	38,8	18,3	-
400	99,4	94,6	79,7	55,4	31,9	-
1000	-	98,3	92,6	79,8	57,5	12,9

Azotas gaunamas iš oro, o vandenilio dujoms gauti, vykdoma katalizinė garų reformingą 700 – 1100 °C temperatūroje, naudojamos gamtinės dujos. Šiuo metu apie 98 % amoniako gaminama naudojant gamtines dujas kaip žaliavą ir tik 2 % sudaro gaminamo vandenilio naudojant anglį ar naudojant naftos reformingą [6].

Haber – Bosch procesas, nuo atsiradimo pradžios, išliko labiausiai paplitęs pramoninis amoniako gamybos būdas. Nors labiausiai paplitusių komercinių trąšų sudėtyje yra amonio sulfato, amonio fosfato ar karbamido, šios visos trąšos yra perdirbamos iš amoniako. Iš 150 milijonų tonų pagaminamo amoniako kiekvienais metais, beveik 83 % atiduodama žemės ūkiui pramonei [2].

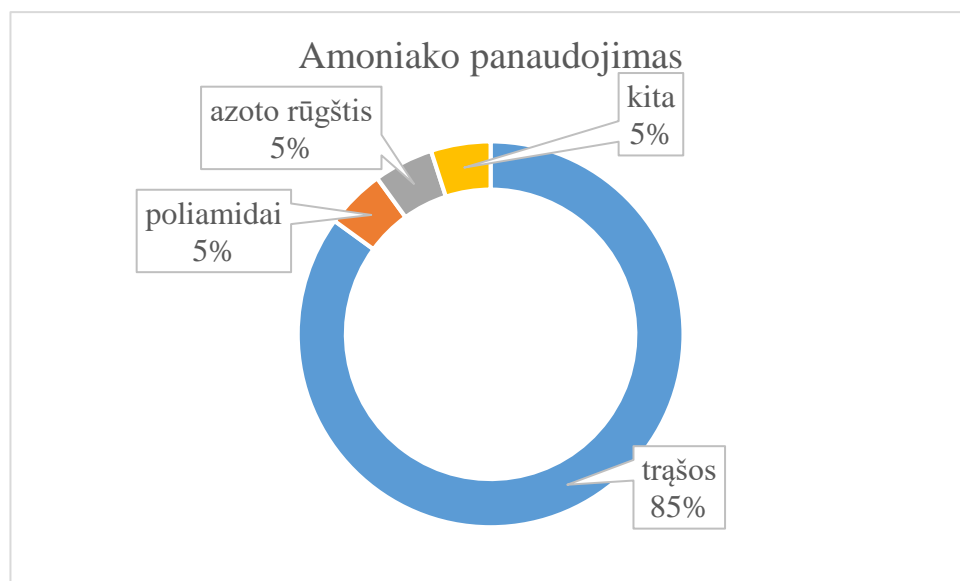
1.3. Amoniako gamyba ir panaudojimas

Amoniakas dažniausiai naudojamas žemės ūkiui pramonėje dėl savyje esančio azoto šaltinio, kuris yra būtinas augalams augti. Be to, amoniakas naudojamas ir skystų trąšų gamyboje, kurių sudėtyje yra amoniako, amonio nitrato, karbamido ar amoniakinio vandens. Jis taip pat naudojamas trąšų pramonėje gaminant amonio ir nitrato druskas. Kita vertus, amoniakas naudojamas azoto rūgšties gamybai, tam tikroms šarmingoms medžiagoms, dažikliams, vaistams, vitaminams, plastikams, kosmetikai ar sintetiniams pluoštams, tokiems kaip nailonas ar viskozė.

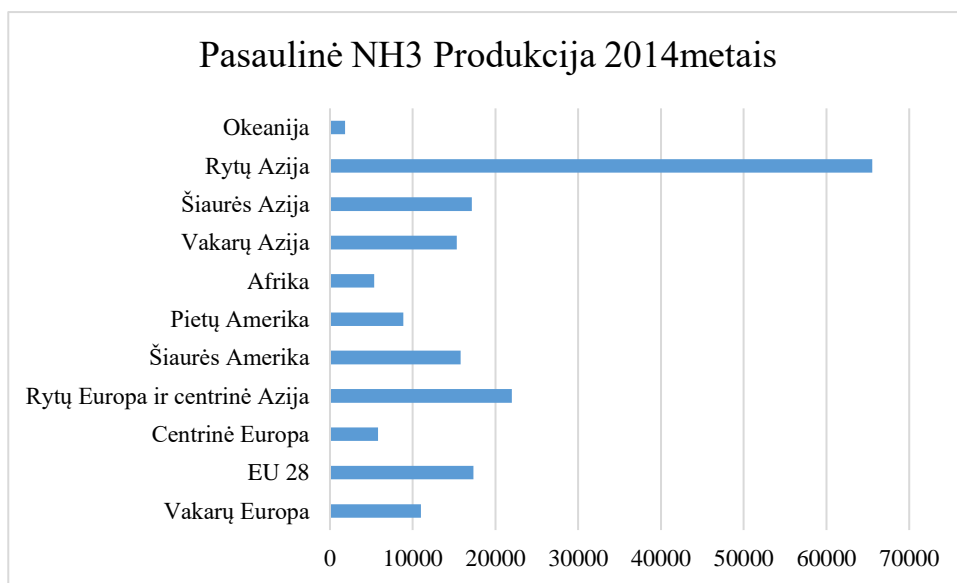
Amoniakas taip pat plačiai naudojamas kaip šaldantysis agentas maisto, gėrimų ir naftos perdirbimo pramonėse. Naudojamas gumos pramonėje, siekiant stabilizuoti natūralų ar sintetinį lateksą ir išvengti ankstyvos koaguliacijos. Amoniakas naudojamas maisto ir gėrimų pramonėje kaip azoto šaltinis reikalingas mielėms ir mikroorganizmams, taip pat naudojamas odos pramonėje kaip

kietinanti medžiaga, kaip skysčių ir pelėsio prevencinė priemonė, kaip apsauginis odos ir kailių agentas.

Silpni amoniako tirpalai plačiai naudojami komerciniams ir buitiniams valikliams bei plovikliams. Amoniako panaudojimas pavaizduotas 1.1. pav.



1.1. pav. Procentinis amoniako panaudojimas [12]



1.2. pav. Pasaulinė NH3 produkcija 2014 metais tūkstantyje tonų.

Iš 1.1. ir 1.2. pav., sudarytų pagal 1.3. lentelę, matyti, jog didžiausias pagaminamo amoniako kiekis priklauso rytų Azijai. Per 2003 – 2014 metų laikotarpį daugiausiai amoniako pagamino Kinija ~ 30 %. Nuo jos neatsiliko tokios šalys kaip Rusija 9 % ir Indija 6,5 %.

1.3. lentelė. Pasaulinė NH₃ produkcija pagal žemynus [13]

Regionai	NH ₃ produkcija tūkst. tonų											
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Vakarų Europa	11788	11924	12026	10505	11100	10970	9763	11097	10721	11151	11303	10972
EU 28	17298	17776	18433	16403	17837	16926	14627	16276	17330	17693	17292	17315
Centrinė Europa	5390	5851	6163	5658	5865	5313	4727	5172	6100	5990	5604	5820
Rytų Europa ir centrinė Azija	18756	19789	20926	21640	22446	21690	19463	21000	23367	23072	22658	21958
Šiaurės Amerika	14735	15935	14193	13759	14198	14432	13871	14687	15458	15163	15718	15795
Pietų Amerika	7941	8933	9002	9526	9284	9203	9483	9924	9930	9549	9058	8858
Afrika	4251	4017	4036	4066	5110	5054	5807	6331	5850	5692	5267	5338
Vakarų Azija	6884	7070	8579	9115	10349	10928	11056	12699	14193	14601	15145	15321
Šiaurės Azija	16780	17592	16776	16846	16553	16376	16840	17138	17104	16635	17204	17138
Rytų Azija	43612	48063	52312	54873	58108	57620	59624	57445	58749	62950	65853	65526
Okeanija	1112	1112	1158	1618	1941	1299	1799	1917	1508	1781	1876	1802
Iš viso žemėje	131248	140284	145171	147605	154953	152886	152431	157410	162979	166584	169685	168527

1.4. Ekonomika

Amoniakas yra vienas iš svarbiausių mūsų civilizacijos sukurtų chemikalų. Žinant šios medžiagos svarbą trąšų, dažų, plastiko ar karinėms pramonėms, medžiagos poreikis tampa būtinybe, o inžinieriams ir mokslininkams kyla klausimas kaip patenkinti žmonijos poreikius turint mažiausius kaštus. Haber – Bosch procese azotas lengvai išgaunamas iš oro, o vandenilis iš gamtinių dujų. Pagal reakcijos lygtį, pagaminamo amoniako kiekis yra mažesnis už sunaudojamų žaliavų (amoniako ir vandenilio) kiekį, todėl, jei slėgis padidėja, remiantis Le Chatelier principu, padidėja ir produkto išeiga. Tačiau pasiekti didelį slėgį yra brangu:

- norint, jog būtų atlaikytas didelis slėgis, vamzdžiai ir slėginiai indai turi būti itin tvirti, kas didina kapitalo išlaidas statant gamyklą
- sukelti ir palaikyti labai didelį slėgį reiškia, kad eksploatacinės išlaidos taip pat didelės.

Taigi, sudaromo slėgio kaina galima gauti papildomai pagaminamo amoniako. Kita vertus, taip pat galima sumažinti temperatūrą, dėl kurios, reakcijos pusiausvyros padėtis pasislenka į produkto pusę, nes reakcija yra egzoterminė. Nors sumažinus temperatūrą ir gaminama daugiau amoniako, reakcija tampa lėtesnė, o norint ją pagreitinti, naudojamas geležies katalizatorius, kuris sumažina ekonomines ir laiko sąnaudas.

Daroma prielaida, kad bet kokios kapitalo sąnaudos, susijusios su gamyklos statyba, turi būti mokamos tik vieną kartą, nes tikimasi, jog dauguma įrenginių išliks funkcionalūs 15 – 20 metų. Vertinama ir tai, jog dėl nelaimingų atsitikimų ir aparatūros problemų gali prireikti pakeisti ar atnaujinti tam tikrus elementus, kad produkcija būtų ir toliau efektyvi. Be įrangos kainos, kapitalo kainą sudaro ir žemės kaina (jei įsigyjama žemė), darbo sąnaudos statant gamyklą ir mokesčiai, susiję su gamyba ir eksploatavimu. Tokios sąnaudos kaip vandens, elektros energijos ir darbo sąnaudos yra atsietos nuo kapitalo sąnaudų ir apskaičiuojamos remiantis gamyklos gamybos apimtimi. Vandens ar energijos išteklių naudojimas priklauso nuo gaminamo amoniako kiekio [10, 11].

1.5. Aplinkosaugos pasvarstymai

Norint pasiekti didesnę apsaugą aplinkai, inžinieriai dažnai ieško naujų technologijos būdų ar senosios technologijos patobulinimų.

Vandens – dujų reakcijos naudojimas vietoj garų reformingo parodo, kad bet kokios šiltnamio dujos, kurias pagamina ar išmeta dabartinės gamyklos, nebus pagamintos naudojant šį metodą. Dabartinės gamyklos išskiria CO₂ naudodamos gamtines dujas. Nauji gamyklų modeliai naudoja perdirtą vandenį tarp šilumokaičių, tad nebereikia tiek išorinio kaitinimo. Viso to dėka tokia gamykla ne tik, kad turėtų kasmet pagaminti didelius kiekius amoniako išskirdama daug mažiau CO₂, bet naujo proceso metu taip pat būtų naudojamos šiltnamio dujų atliekos karbamido sintezės proceso

metu (kur turėtų būti sunaudojamas visas gamykloje pagamintas amoniakas). Šiltnamio dujų surinkimas ir perdirbimas tarp gamyklų ir procesų sumažina naujų žaliavų rinkimo ir gamybos reikmes ir tuo pačiu praktiškai panaikina tikimybę, kad šios dujos bus išskirtos į atmosferą kur jos galėtų daryti žalą aplinkai. Šio proceso tikrieji ekonominiai ir aplinkosaugos poveikiai paaiškės tik tada, kai jie bus pritaikyti ir naudojami. Praktiškai gali būti mažiau efektyvūs nei apskaičiuota. Nepaisant viso to, proceso dizainas rodo, kad jo pasaulinis pritaikymas drastiškai sumažintų šiltnamio dujų taršą palyginus su dabartiniais gamybos procesais.

Mašinos naudojamos perdirbtų atliekų transportavimui tarp gamyklų ir toliau terš aplinką, tačiau dauguma dabartinių amoniako gamyklų yra pastatytos šalia gamtinių dujų gręžinių. Kadangi žaliavos dabar yra daug lengviau pasiekiamos ir mažiau centralizuotos, gamyklos yra daug mažiau geografiškai suvaržytos ir dėl to amoniako gaminimas yra ekonomiškai stabilesnis. Azoto trąšų (amoniako, karbamido ir jų darinių) gamyba yra atsakinga už maždaug 7 % iš visų 9,9 milijardo tonų CO₂ išskirto kiekvienais metais. Tai daro prielaidą, kad jei šis procesas būtų išvystytas pasauliniam naudojimui ir sėkmingai sumažintų CO ir CO₂ taršą kaip planuota, toks amoniako gamybos perversmas galėtų potencialiai sumažinti šiltnamio dujų taršą visame pasaulyje net 7 % [14].

2. BENDRAS DARBO APIBŪDINIMAS IR PAGRINDINIAI RODIKLIAI

Renovuojamas objektas – amoniako sintezės linija amoniako ceche. Kadangi cechas jau suprojektuotas ir tik renovuojamas, nereikia galvoti apie žaliavų priėmimą, produkcijos tiekimą.

Amoniako sintezės technologijos paskirtis - gaminti skystą amoniaką. Produktas pasižymi dideliu pritaikymu agrokultūroje ir chemijos pramonėje. Didžiausias amoniako kiekis suvartojamas karbamido gamybai, tačiau dalis amoniako naudojama ir skystų trąšų gamyboje, kurių sudėtyje yra amoniako, amonio nitrato, amoniakinio vandens. Kita vertus, iš jo gaminamos tokios trąšos kaip amonio ir nitrato druskos, azoto rūgštis. Pagrindinė žaliava amoniakui gauti yra gamtinės dujos. Gamtinių dujų dėka gaunamas vandenilis, kuris reikalingas sintezės procesui. Didelis gamtinių dujų kiekis sunaudojamas ir šiluminei energijai išgauti.

Amoniako gamybos technologija renovuojama remiantis eksperimentiniais duomenimis ir tyrimais. Modernizuojant technologiją buvo remiamasi ir aplinkosauginiais aspektais, nes siekta sumažinti žaliavų panaudojimą. Atlikus renovaciją, darbas įvertintas finansiniais aspektais, pagrindžiant projekto efektyvumą. Projekto pagrindiniai rodikliai pateikti 16 lentelėje.

2.1. lentelė. Projekto pagrindiniai rodikliai

Rodikliai	<i>Prieš rekonstrukciją</i>	<i>Po rekonstrukcijos</i>	Pokytis
Produkcijos pardavimo apimtis, tonomis brandos stadijoje	584000	584000	-
Gautinosios pajamos, mln.Eur	247,3	247,3	-
Įmonės personalas, žmonėmis:			
Iš to skaičiaus darbininkai	10	10	-
Darbo našumas, mln. Eur:			
Darbininko	0,613	0,613	-
Vidutinis metinis darbo užmokestis, Eur:			
Darbininko	0,0613	0,0613	-
Gamybos kaštai, mln. Eur	192,78	186,18	6,6
Gaminio pilnoji savikaina, Eur.	800,95	799,88	1,07
Grynasis pelnas, mln.Eur	21,78	28,39	6,61
Papildomas pelnas, gautas įgyvendinus projektinius sprendimus	-	6,72	6,72

Investicijų apimtis, mln.Eur	-	1,8	1,8
Produkcijos rentabilumas, %	11	18	7
Apyvartos rentabilumas, %	10	10	-
Kapitalo rentabilumas, %			
Projekto investicijų atsipirkimo trukmė, metais	-	1,62	1,62
Projekto grynoji esamoji vertė, mln.Eur	-	780	780
Kapitalo kaštai, %	-	5,8	5,8
Vidinė pelno norma, %	-	82,33	82,33

2.1. Pradinė padėtis

Projektuojamas veikiančio objekto – amoniako sintezės technologinės linijos pertvarkymas.

Pagrindinė priežastis renovuoti šią technologiją yra sumažinti panaudojamų žaliavų kiekį, sumažinti gamybos kaštus. Norint atlikti renovaciją reikalinga nauja įranga – amoniako sintezės reaktorius. Perkama identiška sintezės kolona, kaip ir suprojektuotoje technologinėje linijoje. Turint dvi sintezės kolonas ir dvigubai daugiau katalizatoriaus, tikimasi padidinti sintezės dujų kontakto laiką ir taip pasiekti didesnę gamybos našumą, kurį vėliau taip pritaikyti, jog našumas liktų nepakitęs kaip prieš renovaciją, tačiau gamyba vyktų su mažesniais eksploataciniais kaštais.

2.2. Žaliavų zonos charakteristika ir materialinio aprūpinimo pagrindimas

Amoniako gamyboje naudojamos žaliavos: gamtinės dujos, iš kurių išgaunamas vandenilis ir oras, iš kurio išgaunamas azotas. Vėliau azotas ir vandenilis naudojami sintezės procese. Dalis gamtinių dujų panaudojama dėl reikalingos šiluminės energijos. Oras imamas gamyklos teritorijoje, o gamtinės dujos tiekiamos iš didžiausios gamtinių dujų tiekėjos pasaulyje AB „Gazprom“.

2.3. Gamybinio pajėgumo ir gamybos programos pagrindimas

Atsižvelgiant į renovuotą technologiją, gamybinis našumas lieka nepakitęs. Modernizacijos tikslas – sumažinti gamtinių dujų vartojimą šiluminei energijai išgauti. Dėl šių priežasčių neplanuojamas kasmetis prieaugis, o planuojama žaliavų ekonomija. Po technologijos pakeitimų, darbininkų darbo imlumas išlieka nepakitęs, nes neatsiranda jokio papildomo darbo, nėra poreikio didinti darbuotojų skaičių. Planuojama ir toliau dirbti 12 val. per dieną ir 365 dienas per metus.

2.4. Statybos aikštelės charakteristika ir pagrindimas

Amoniakos sintezės technologinė linija įsikūrusi palankioje vietoje. Sklypas yra atitolęs nuo miesto apie 10 km, vyraujančių vėjų kryptis priešinga gyvenvietės atžvilgiu, o tai labai palanku gyvenvietei, kadangi, esant neatitiktiniams teršalų išmetimams į orą, šie gyvenvietės nepasiekia.

Kadangi gamyklos teritorijoje yra daugiau cechų, dėl to palanku kooperuotis su kitomis gamybos linijomis. Pvz.: amoniakas ir anglies dioksidas tiekiami vamzdiniais į karbamido cechą, kur toliau vyksta karbamido sintezė. Palanki įmonės infrastruktūra leidžia patogiai eksportuoti produktus į kitas Lietuvos vietas ar į Europos šalis. Įmonė įsikūrusi Jonavos mieste, galima sakyti Lietuvos centre.

3. TIRIAMOJI DALIS

Norint apskaičiuoti amoniako sintezės proceso medžiagų balansą, reikia žinoti nemažai duomenų. Skaičiavimai atlikti pasinaudojus duomenimis iš AB „Achema“.

3.1. Medžiagų balanso skaičiavimai vienai amoniako sintezės kolonai

Duomenys

Našumas: 1600 t/parą

Slėgis: 220 atm

Temperatūra: 500 °C

Kofeliratoriaus tūris: 44,72 m³

I laipsnio kondensacijos temperatūra: 19 °C

II laipsnio kondensacijos temperatūra: -2,6 °C

I laipsnio kondensacijos slėgis: 193 atm

II laipsnio kondensacijos slėgis: 199 atm

Debitas: 600 000 m³/h

Ar koncentracija kolonoje: 5,8 %

CH₄ koncentracija kolonoje: 8,8 %

Sintezės dujų sudėtis

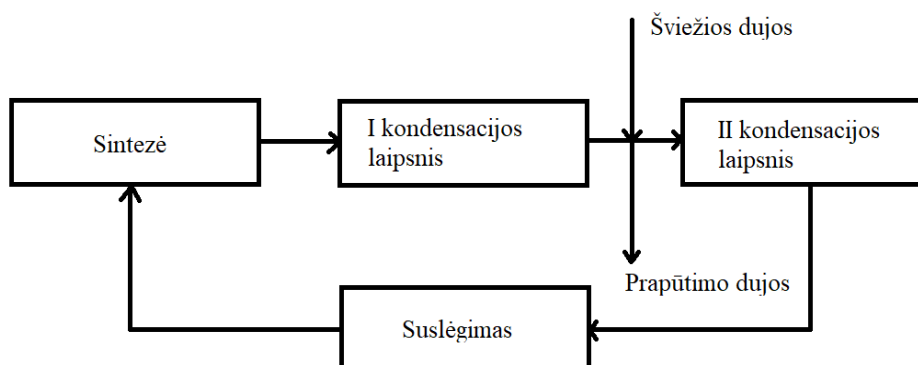
N₂: 25,12 %

H₂: 73,15 %

Ar: 0,31 %

CH₄: 0,55 %

Skaičiavimai atliekami pagal blokinę schemą:



3.1. pav. Amoniako sintezės skaičiavimo blokinė schema

Apskaičiuojamas agregato našumas per valandą:

$$\frac{1600000}{24} = 66666,67 \text{ kg/h}$$

Į sintezės koloną dujos ateina po antrinės kondensacijos, todėl amoniako koncentraciją apskaičiuojam pagal Larsono – Bleko formulę:

$$\lg C_1 = 4,1856 + \frac{5,98788}{\sqrt{P}} - \frac{1099,544}{T} = 4,1856 + \frac{5,98788}{\sqrt{199}} - \frac{1099,544}{273 - 2,6} = 0,5437$$

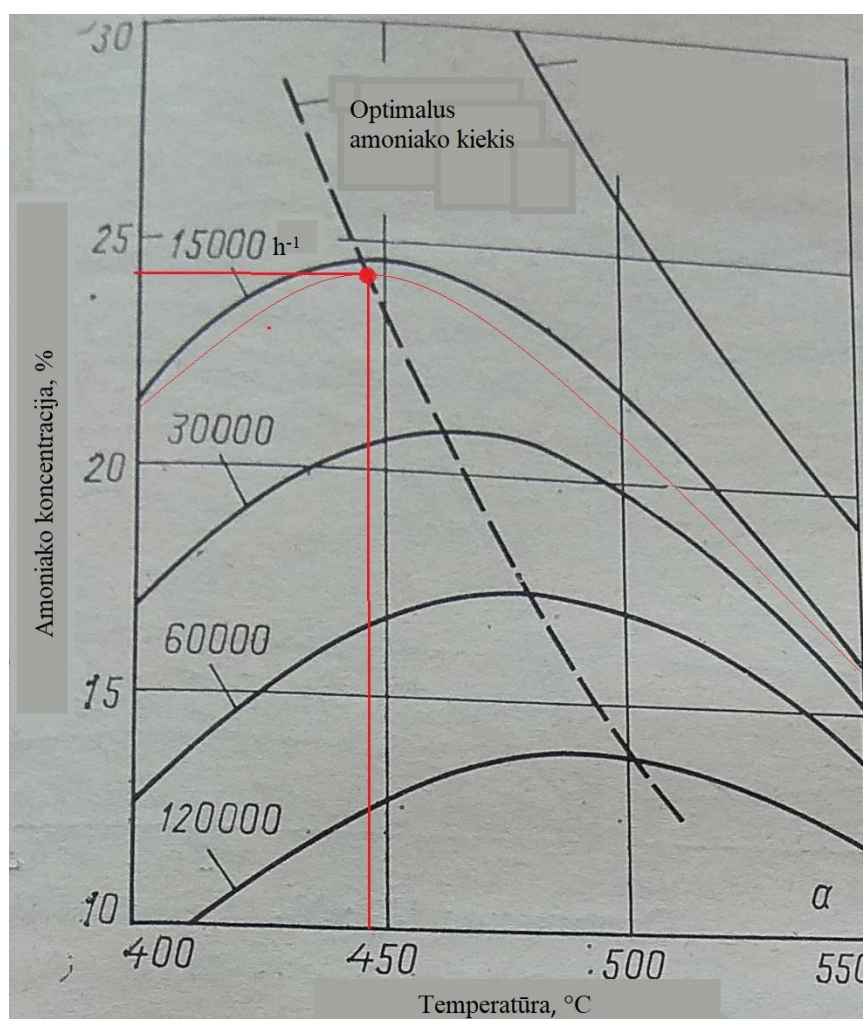
$$C_1 = 3,49 \%$$

Norint apskaičiuoti amoniako koncentraciją po sintezės, galime naudoti empirinę formulę, kuriai reikalingas tūrinis greitis

$$\frac{600000}{44,72} = 13416 \text{ h}^{-1}$$

$$C_2 = 302 * w^{-0.278} = 302 * 13416^{-0.278} = 21,50 \%$$

Kita vertus tokie duomenys yra nepatikimi, tokia koncentracija gaunama tik teorinėmis sąlygomis. Amoniako koncentracija nustatyta trimis būdais: empirine formule, nomogramų grafiku ir pasinaudojant Aspen HYSYS programą. Pasinaudojus žinynais, temperatūros ir tūrinio greičio priklausomybe nuo koncentracijos, buvo nustatyta 24 % amoniako koncentracija.



3.2. pav. Amoniako koncentracijos priklausomybė nuo temperatūros ir tūrinio greičio.

Tačiau reikia suprasti, kad ne visada empiriniai duomenys pateikiami esant toms pačioms sąlygoms kaip reikalauja skaičiavimas. Grafikas ir formulė sudaryti ekperimentiniais duomenimis.

Tam, kad surasti realaus pobūdžio amoniako koncentraciją po sintezės buvo pasinaudota programiniu paketu Aspen HYSYS V8.6. Suprojektavus identišką procesą su tais pačiais duomenimis, buvo nustatyta 18 % koncentracija.

Reikalingas sintezės dujų tūris (kartu su NH₃, Ar, CH₄):

$$V = \frac{66666,67 \cdot 22,4 \cdot (100 + 18)}{17(18 - 3,4971)} = 714718,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

Azoto ir vandenilio suma sintezės dujose. Priimame, kad N₂ ir H₂ santykis 1:3:

$$100 - (5,8 + 8,8 + 3,4971) = 81,902 \%$$

$$C_{N_2} = \frac{81,9029}{3+1} = 20,4527 \%$$

$$C_{H_2} = 81,9029 - 20,4572 = 61,427 \%$$

Apskaičiuojama sintezės dujų sudėtis.

3.1. lentelė. Sintezės dujų sudėtis vienai sintezės kolonai

Komponentai	C, %	V, m ³ /h	G, kg/h
NH ₃	3,4971	20728,4591	15712,17
H ₂	61,4271	364098,5302	32404,77
N ₂	20,4757	121366,1767	151707,7
Ar	5,8	34378,4585	61399,93
CH ₄	8,8	52160,4199	37242,54
Viso	100	592732,0446	298467,1

Sintezės kolonoje susidaro 66666,67 kg NH₃, tam sureaguoja:

$$G_{N_2} = \frac{66666,67 \cdot 28}{34} = 54901 \text{ kg/h arba } 43921,5686 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$G_{H_2} = \frac{66666,67 \cdot 6}{34} = 11764,71 \text{ kg/h arba } 132187,7065 \text{ m}^3/\text{h}$$

Apskaičiuojama dujų sudėtis (išeinančių iš kolonos).

3.2. lentelė. Dujų sudėtis po vienos sintezės kolonos

Komponentai	G, kg/h	V, m ³ /h
NH ₃	85612,47	112945,21
H ₂	27309,09	306843,76
N ₂	128027,8	102422,25
Ar	74036,28	41453,683

CH ₄	44907,20	62895,243
Viso	359892,9	626560,14

Vandens šaldytuve mišinys atšaldomas iki 19 °C. Įvertinus nuostolius, slėgis lygus 193 atm.

Pagal Larsono – Bleko formulę, dujinėje fazėje esančio amoniako koncentracija yra lygi:

$$\lg C_{NH_3} = 4,1856 + \frac{5,98788}{\sqrt{193}} - \frac{1099,544}{273 + 19} = 0,8510$$

$$C_{NH_3} = 7,09 \%$$

Pradžioje nevertinam dujų tirpumo amoniake.

Be amoniako dujų tūris yra lygus:

$$V_{beNH_3} = 626560,14 - 112945,20 = 513614,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tada po kondensacijos likęs amoniako tūris:

$$V_{NH_3} = \frac{513614,9 * 7,0966}{100 - 7,0966} = 39233,93 \text{ m}^3/\text{h}$$

Iš viso kondensuojasi amoniako:

$$V_{NH_3\text{kond.}} = 112945,2 - 39233,93 = 73711,28 \text{ m}^3/\text{h} \text{ arba } 55873,15 \text{ kg/h}$$

Bendras dujų tūris:

$$V = 513614,9 + 39233,93 = 552848,9 \text{ m}^3$$

Skaičiuojami daliniai komponentų slėgiai ir esant 19°C nustatomas jų tirpumas amoniake

$$P_{H_2}: 193 * \frac{306843,76}{552848,9} = 107,12 \text{ atm}$$

$$P_{N_2}: 35,76 \text{ atm}$$

$$P_{Ar}: 14,47 \text{ atm}$$

$$P_{CH_4}: 21,96 \text{ atm}$$

Tirpumas 1000 kg NH₃ esant 19 °C (duomenys parenkami iš žinyų):

$$H_2: 19,08 \text{ m}^3$$

$$N_2: 6,7 \text{ m}^3$$

$$Ar: 1,86 \text{ m}^3$$

$$CH_4: 5,7 \text{ m}^3$$

Apskaičiuojamas ištirpusių dujų kiekis amoniake ir jų likęs tūris

3.3. lentelė. Ištirpusios dujos amoniake ir likęs jų tūris

Komponentai	Ištirpusios dujos V, m ³ /h	Likęs tūris V, m ³ /h
H ₂	$55873,15 * \frac{19,08}{1000} = 1066,06$	$306843,76 - 1066,06 = 305777,7$
N ₂	374,35	102047,9
Ar	103,92	41349,76
CH ₄	318,48	62576,77
Viso	1862,81	511752,13

Pasikeitus dujų tūriui perskaičiuojam dujinėje fazėje esančio NH₃ koncentraciją:

$$V_{NH_3} = \frac{511752,13 * 7,0966}{100 - 7,0966} = 39091,63 \text{ m}^3/\text{h} \text{ arba } 29631,46 \text{ kg/h}$$

Daliniai slėgiai beveik nepasikeitė, todėl tirpumas išlieka nepakitęs.

Po pirmos kondensacijos, dujų – skysčio sudėtis:

3.4. lentelė. Dujų – skysčio sudėtis po pirmo laipsnio kondensacijos

Komponentai	Skysta fazė		Dujinė fazė		C, %
	G, kg/h	V, m ³ /h	G, kg/h	V, m ³ /h	
NH ₃	55873,15	73711,28	29631,46	39091,63	7,09
H ₂	94,88	1066,06	27214,22	305777,7	55,51
N ₂	467,94	374,35	127559,9	102047,9	18,53
Ar	185,61	103,92	73850,67	41349,76	7,50
CH ₄	227,39	318,48	44679,81	62576,77	11,36
Viso				550843,8	

Po vandens šaldytuvo, garų – skysčio mišinys patenka į separatorių, kur atskiriamas skystas amoniakas su jame ištirpusiomis priemaisomis. Likusios dujos dalinamos į du srautus. Vienas didelis srautas yra sumaišomas su šviežiu N₂/H₂ mišiniu, o kitas mažas srautas naudojamas kaip prapūtimo dujos, kurios naudojamos intertų palaikymui cirkuliacinėse dujose.

Iš viso šviežio reaguojančio mišinio reikės:

$$V_{\text{šv.m.}} = \frac{(43921,57 + 132187,7) * 100}{25,12 + 74,02} = 177637 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (N}_2/\text{H}_2)$$

Kadangi antrame kondensacijos laipsnyje ištirpusių dujų tūriai dar neskaičiuoti, priimame, kad jų ištirpsta:

$$V_{H_2}: 20 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{N_2}: 8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{Ar}: 2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{CH_4}: 4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dėl sintezės ir dviejų laipsnių kondensacijos yra prarandami tokie kiekiai komponentų:

$$V_{H_2}: 132187,7065 + 1066,06 + 20 = 133273,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{N_2}: 44303,92 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{Ar}: 105,92 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{CH_4}: 322,48 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sudarius lygčių sistemą nustatyta, kad prapūtimo dujose $6157,95 \text{ m}^3$ yra:

$$V_{NH_3}: 437,01 \text{ m}^3$$

$$V_{H_2}: 3418,33 \text{ m}^3$$

$$V_{N_2}: 1140,81 \text{ m}^3$$

$$V_{Ar}: 462,25 \text{ m}^3$$

$$V_{CH_4}: 699,55 \text{ m}^3$$

$$V_{iso}: 6157,95 \text{ m}^3$$

Cirkuliacinių dujų debitas (skirtumas tarp dujų debito po vandens šaldytuvo ir prapūtimo):

$$V_{circ.d.} = 550843,8 - 6157,95 = 544685,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{NH_3}: 38654,62 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{H_2}: 302359,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{N_2}: 100907,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{Ar}: 40887,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{CH_4}: 61877,21 \text{ m}^3/\text{h}$$

Reikalingas sintezės dujų tūris įvertinus komponentų tirpumą amoniake ir nuostolius prapūtimo metu:

$$V_{sint.d.} = 177637 + 6074,81 = 183711,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sintezės dujose yra komponentų:

$$V_{H_2}: 135983,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{N_2}: 46148,39 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{Ar}: 569,51 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{CH_4}: 1010,42 \text{ m}^3/\text{h}$$

Šitame dujų tūryje yra ir $1 \text{ kg H}_2\text{O}$ arba $3,7 \text{ m}^3$

Sumaišius sintezės dujas su cirkuliaciniu mišiniu, į kondensacinę koloną patenka tiek komponentų:

$$V_{NH_3}: 38654,62 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{H_2}: 302359,4 + 135983,4 = 438342,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{N_2}: 46148,39 + 100907,1 = 147055,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{Ar}: 40887,5 + 569,51 = 41457,01 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{CH_4}: 61877,21 + 1010,42 = 62887,63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{iso}: 728397,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Skaičiuojame susikondensavusį NH_3 pradžioje priimant, kad komponentai jame netirpsta. Po kondensacinės kolonos lieka 3,4971 % NH_3 dujinėje fazėje, o dujų tūris be amoniako:

$$V_{beNH_3} 728397,6 - 38654,62 = 689742,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

Likusio amoniako tūris:

$$V_{NH_3} \frac{689742,9 * 3,4971}{100 - 3,4971} = 24995,14 \text{ m}^3/\text{h}$$

Susikondensuoja amoniako:

$$V_{NH_{3kond.}} = 38654,62 - 24995,14 = 13659,49 \text{ m}^3/\text{h}$$

Likęs dujų tūris:

$$V = 728397,6 - 13659,49 = 714738,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Daliniai komponentų slėgiai:

$$P_{H_2}: 122,045 \text{ atm}$$

$$P_{N_2}: 40,944 \text{ atm}$$

$$P_{Ar}: 11,543 \text{ atm}$$

$$P_{CH_4}: 17,509 \text{ atm}$$

Dujų tūris be amoniako, įvertinus komponentų tirpumą:

$$V_{beNH_3} = 689742,9 - (20 + 8 + 2 + 4) = 689708,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dujinio amoniako tūris:

$$V_{NH_3} = \frac{689708,9 * 3,4971}{100 - 3,4971} = 24993,91 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kondensuojasi NH_3 :

$$V_{NH_{3kond.}} = 38654,62 - 24993,91 = 13660,72 \text{ m}^3/\text{h} \text{ arba } 10354,82 \text{ kg}$$

Daliniai slėgiai labai mažai pasikeitė, todėl tai neturės reikšmės ištirpusių medžiagų kiekiams.

Į sintezės koloną patenkančių dujų tūriai:

$$NH_3: 24993,91 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_2: 438322,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$N_2: 147047,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Ar: 41455,01 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$CH_4: 62883,63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Viso: 714702,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

Gamybos cikle amoniakas gaunamas trijose vietose:

Iš vandens šaldytuvo: 55873,15 kg/h,

Iš prapūtimo dujų: 331,25 kg/h,

Iš kondensacinės kolonos: 10354,82 kg/h,

Viso: 66559,23 kg/h.

3.2. Medžiagų balanso skaičiavimai dviem sintezės kolonomis

Norint apskaičiuoti medžiagų balansą dviem sintezės kolonomis, naudojama ta pati skaičiavimų metodika.

Skaičiavimai atliekami analogiškai su tam tikrais skaičiavimų pakeitimais.

Kadangi amoniako sintezės kolonos sujungtos lygiagrečiai, pagrindinis sintezės dujų srautas išdalinamas į dvi dalis.

Agregato našumas per valandą

$$\frac{800000}{24} = 33333,33 \text{ kg/h}$$

Skaičiuojant amoniako koncentraciją po sintezės, įvertinama ir antra sintezės kolona, dėl to tūrinis greitis apskaičiuojamas su dvigubai didesniu katalizatoriaus tūriu:

$$\frac{600000}{2 \cdot 44,72} = 6708,408 \text{ h}^{-1}$$

Pasinaudojus empirine formule amoniako koncentracija po sintezės:

$$C_2 = 302 * w^{-0.278} = 302 * 6708,408^{-0.278} = 26,074 \%$$

Gauti rezultatai nėra tikslūs. Naudojantis programine įranga Aspen HYSYS V8.6 ir sumodeliavus procesą su dviem sintezės kolonomis, gaunama amoniako koncentracija po sintezės 21 %. Tai reiškia, jog su dviem sintezės kolonomis, esant tam pačiam našumui, gaunama didesnė produkto išeiga. Toliau skaičiavimai atliekami analogiškai kaip ir vienai sintezės kolonai, turint omenyje, jog sintezės dujų sudėtis apskaičiuojama vienai kolonai pagal reikalingą sintezės dujų tūrį:

3.5. lentelė. Sinezės dujų sudėtis vienai iš dviejų sintezės kolonai

Komponentai	C, %	V, m ³ /h	G, kg/h
NH ₃	3,497105	10618,469	8048,8
H ₂	61,42717	186515,0289	16599,84
N ₂	20,47572	62171,6763	77714,6
Ar	5,8	17610,89	31453,05
CH ₄	8,8	26719,9711	19078,06
Viso		303636,0361	152894,3

Ištekančių dujų sudėtis apskaičiuojama ir padauginama iš dviejų, kadangi naudojami du sintezės reaktoriai.

3.6. lentelė. Dujų sudėtis po dviejų sintezės kolonų

Komponentai	V, m ³ /h	G, kg/h
NH ₃	109187,69	82764,27
H ₂	240842,35	21434,97
N ₂	80421,78	100527,2
Ar	35221,78	62906,1
CH ₄	53439,94	38156,12
Viso	519113,54	305788,7

Atlikus identiškus skaičiavimus kaip ir su viena sintezės kolona, gaunamas bendras amoniako kiekis: iš vandens šaldytuvo: 59028,75 kg/h; iš prapūtimo dujų: 98 kg/h; iš kondensacinės kolonos: 9845,19 kg/h; viso: 68971,95 kg/h.

Atlikus skaičiavimus, galima tvirtai teigti, jog procese panaudojus dvi sintezės kolonas pagaminame daugiau produkto. Amoniako koncentracija po sintezės padidėja 3 %, o produkto pagaminama 2412kg/h daugiau.

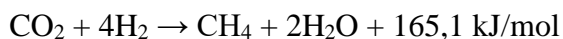
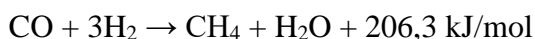
4. INŽINERINĖ DALIS

4.1. Amoniakos sintezės technologinės schemos aprašymas

Technologinė amoniako sintezės schema su technologiniais pakeitimais pateikta priede nr. 1 A1 formatu.

4.1.1. Metanavimas

Azoto ir vandenilio mišinys, po MDEA valymo, savo sudėtyje dar turi mažus kiekius CO ir CO₂, kurie turi būt pašalinti dėl galimo katalizatoriaus apnuodijimo. Dujose CO tūrinė dalis negali viršyti 0,5%. Metanavimo reakcijose, pasitelkus nikelio katalizatorių, vykdomas dujų mišinio valymas.



Reakcija vyksta negrižtamai jeigu yra vandenilio perteklius ir temperatūra žemesnė nei 400 °C. Kadangi proceso reakcija egzoterminė, padidėjus CO kiekiui vienu procentu, padidėja proceso temperatūra 74 °C, o padidėjus CO₂ vienu procentu, proceso temperatūra pakyla 60 °C.

280-320 °C temperatūros azoto – vandenilio mišinys nukreipiamas į metanatorių (1) 2,6 MPa slėgiu. Mišinys, praėjęs katalizatoriaus sluoksnį (kuriame sureaguoja anglies monoksidas ir anglies dioksidas su vandeniliu), išeina iš metanatoriaus ir jame turėtų būti anglies monoksido nedaugiau nei 10 ppm, o anglies dvideginio ne daugiau 5 ppm. Iš metanatoriaus (1) išeinančių dujų temperatūra ne didesnė kaip 380 °C. Ši šiluma panaudojama maitinimo vandens pašildytuve (2).

Sintezės dujų kompresoriaus įsiurbime, o tiksliau oriniame aušintuve (3), azoto vandenilio mišinys atvėsinamas iki 30 – 55 °C ir nukreipiamas į sintezės dujų kompresoriaus įsiurbime esantį separatorių (4), kad būtų atskirtas procesinis kondensatas. 2,2 – 2,5 MPa slėgiu iš separatoriaus azoto vandenilio mišinys patenka į sintezės dujų kompresoriaus (5) su cirkuliaciniu laipsniu įsiurbimą. Susidaręs procesinis kondensatas separatoriuje (4) išleidžiamas į užterštų vandenų kanalizaciją.

4.1.2. Sintezės dujų kompresija

Po metanavimo reakcijos, sintezės dujos iš separatoriaus (4) 2,2 – 2,5 MPa slėgiu ir ≤45 °C temperatūra tiekiamos į kompresoriaus (5) įsiurbimą. Dujos suspaustos 5,3 MPa slėgiu ir įkaitintos iki ≤145 °C temperatūros patenka į tarpinį sintezės dujų aušintuvą (6), kuriame ataušinamos iki 22 –

25 °C temperatūros, praeina I – o laipsnio separatorių (7) ir patenka į kompresoriaus (5) II – o laipsnio įsiurbimą.

Sintezės dujos, <9,2 MPa slėgiu ir <160 °C temperatūra, po II – o laipsnio kompresijos, patenka į orinį aušintuvą (8), kuriame dujos atšaldomos iki 55 °C temperatūros. Sintezės dujos, patekusios į amoniako tarplaisninį aušintuvą (9), atauštą iki 8 °C temperatūros. Ataušusios dujos patenka į separatorių (10), atskiriamas kondensatas, o dujos nukreipiamos į III – o laipsnio įsiurbimą.

Sintezės dujos su ≤17,5 MPa slėgiu ir ≤108 °C temperatūra nukreipiamos į orinį aušintuvą (11), kuriame dujos ataušinamos iki 30 – 50 °C temperatūros. Ataušintos sintezės dujos patenka į separatorių (12), vėl atskiriamas kondensatas, o dujos patenka į IV – o laipsnio įsiurbimą aukšto slėgio korpuse.

Technologiniui procesui veikiant įprastu režimu, po separatorių (7), (10) ir (12) susidaręs kondensatas nukreipiamas į atgarinimo įrenginį, o paleidimo metu, su nedidelėmis priemaišomis, nukreipiamas į chemiškai užterštą vandenų kanalizaciją.

IV – o laipsnio suspaudimo sintezės dujos su ≤26,8 MPa slėgiu ir ≤140 °C temperatūra keliauja į aušintuvą (13), ataušinamos iki ≤50 °C ir patenka į amoniako sintezę.

4.1.3. Amoniako sintezė

Esant azoto ir vandenilio santykiui 1/3, 500 °C temperatūrai ir slėgiui apie 20 MPa ant aktyvuotos geležies sluoksnio sintezės kolonose (18) ir (19) vyksta reakcija:



Suslėgtos iki ≤26,8MPa po kompresoriaus (5) IV – o laipsnio ir atšaldytos iki ≤50 °C temperatūros aušintuve (13), sintezės dujos patenka į sintezės ciklą.

Antriniame skysto amoniako separatoriuje (14) sumaišomos šviežios sintezės dujos su cirkuliacinėmis dujomis. Cirkuliacinės dujos į separatorių (14) ateina iš skysto amoniako išgarintuvo (15). Po separatoriaus (14) cirkuliacinės dujos, ne didesnės kaip -3 °C temperatūros, pašildomos nuosekliai veikiančiuose šilumokaičiuose (16) ir (17) . Šilumokaityje (16) cirkuliacinės dujos šildomos ateinančiomis po kompresoriaus (5) cirkuliacinėmis dujomis iki ≤45 °C temperatūros.

Naudojantis dujų temperatūra iš maitinimo vandens pašildytuvo (19), cirkuliacinės dujos šildomos išneštiniame šilumokaityje (17) iki 126 – 148 °C temperatūros ir nukreipiamos į sintezės kolonas (18) ir (19).

Pagrindinis cirkuliacinių dujų srautas padalinamas į du vienodus srautus ir <26 MPa slėgiu vienas jų nukreipiamas į sintezės kolonos (18), o kitas į sintezės kolonos (19) apatinę dalį ir kyla į viršų tarp karštos katalizatoriaus įkrovos ir kolonos korpuso. Esant ≤520 °C temperatūrai, katalizatoriaus sluoksnyje vyksta reakcija. Karštos dujos, kildamos į viršų iš sintezės kolonos (18) ir

(19) viršutiniame šilumokaityje įkaitina ateinančias dujas. Išeinančių ≤ 345 °C temperatūros dujų iš kolonų (18) ir (19) srautai vėl susijungia ir patenka į maitinimo vandens pašildytuvą (20), kuriame atiduodama šiluma vandeniui. Atvėšęs cirkuliacinių dujų srautas iki ≤ 230 °C temperatūros nukreipiamas į išneštinį šilumokaitį (17). Jame dėl priešpriešinio dujų srauto, cirkuliacinės dujos ataušta iki < 75 °C temperatūros ir vėliau nukreipiamos į orinio aušinimo bloką (21). Amoniakas išskiriamas kondensacijos būdu vykdant dviejų laipsnių kondensaciją.

4.1.4. I kondensacijos laipsnis

Cirkuliacinės dujos, atėjusios iš šilumokaičio (17), patenka į orinio aušinimo aparatų bloką (21), kuriame ataušinamos iki ≤ 45 °C temperatūros. Toliau dujos šaldomos amoniakiniame šaldytuve (22) ir atvėsta iki ≤ 16 °C temperatūros. Esant tokioms sąlygoms ir 26,5 MPa slėgiui, cirkuliacinių dujų srautas patenka į skysto amoniako separatorių (23), kurio apatinėje dalyje atskiriamas susikondensavęs amoniakas. Po separatoriaus (23) cirkuliacinės dujos, kurių sudėtyje lieka 9 – 13 % amoniako tūrio dalis, patenka į kompresoriaus (5) įsiuribimą.

4.1.5. II kondensacijos laipsnis

Iš kompresoriaus (5) $\leq 27,2$ MPa slėgiu cirkuliacinės dujos patenka į šaldytuvą (16). Jame dujos ataušta iki ≤ 25 °C temperatūros ir nukreipiamos į išgarintuvą (15). Šaldytuve (15) dujos šaldomos verdančiu amoniaku esant 1,75 MPa slėgiui iki minus 7 – 13 °C temperatūros.

Atšalusios cirkuliacinės dujos patenka į antrinį skysto amoniako separatorių (14), atskiriamas susikondensavęs skystas amoniakas, o likusios cirkuliacinės dujos sumaišomos su šviežiu azoto ir vandenilio mišiniu, kuris paduodamas iš kompresoriaus (5) IV – o laipsnio suspaudimo. Taip vis kartojamas amoniako sintezės ciklas.

Susikaupęs antrinio skysto amoniako separatoriaus (14) apatinėje dalyje skystas amoniakas išduodamas į skysto amoniako rinktuvą (24).

Šviežiose azoto ir vandenilio dujose yra argono ir metano, kurie nedalyvauja reakcijoje, tačiau mažina azoto ir vandenilio parcialinius slėgius. Dėl šios priežasties vykdomas nuolatinis sintezės ciklo prapūtimas. Įeinančių dujų į koloną sudėtyje negali būti daugiau nei 14% tūrio dalies inertinių dujų.

Sintezės ciklo prapūtimas vyksta po pirminio skysto amoniako separatoriaus (23). Dalis cirkuliacinės dujų išleidžiamos prapūtimo dujų pavidalu ir taip palaikomas inertinių dujų kiekis į koloną < 14 tūrio %..

Prapūtimo dujos patenka į kondensacinę koloną (25) ir vėliau nukreipiamos į šaldytuvą (26). Šiame šaldytuve dujos atšąla vamzdinėje ertmėje dėl šilumos mainų su skystu amoniaku.

Šaltos prapūtimo dujos vėl grįžta į prapūtimo dujų kondensacinę koloną (25) ir jos separavimo dalyje atskiriamas skystas amoniakas. Likusios prapūtimo dujos, kildamos į viršų kondensacinės kolonos (25) vidiniame šilumokaityje su 20 – 40 °C temperatūra bei $\leq 24,5$ MPa slėgiu išeina iš kondensacinės kolonos (25)

Visas susidaręs amoniakas iš pirminio (23), antrinio (14) skysto amoniako separatorių ir prapūtimo dujų kondensacinės kolonos (25) patenka į skysto amoniako rinktuvą (24).

Kai nukrenta slėgis skysto amoniako rinktuve (24), vyksta ištirpusių dujų desorbcija iš amoniako. Amoniako rinktuve (24) 1,4 MPa slėgis.

Tankinės dujos (azotas, vandenilis, metanas, argonas ir amoniakas) nukreipiamos į skysto amoniako išgarintuvą (27). Jame dujos atšaldomos iki -23 °C ir nukreipiamos į tankinių dujų separatorių (28). Jame atskiriamas skystas amoniakas, o likusios tankinės dujos patenka į valymo nuo amoniako įrenginį.

Norint paleisti agregatą naudojamas paleidimo pašildytuvas (29). Jame kaitinamos gamtinės dujos. Reguluojant jų padavimą į degiklius, keičiama cirkuliacinių dujų temperatūra.

4.2. Technologiniai sprendimai

Vienas svarbiausių dalykų, projektuojant cheminės inžinerijos procesus, yra tikslus medžiagų balanso sudarymas. Sudarius medžiagų balansą, galime apskaičiuoti produkto kiekį, reikalingą žaliavų kiekį, įrenginių našumus, technologijos srautus. Tai reiškia, jog medžiagų balansas apima visą procesą.

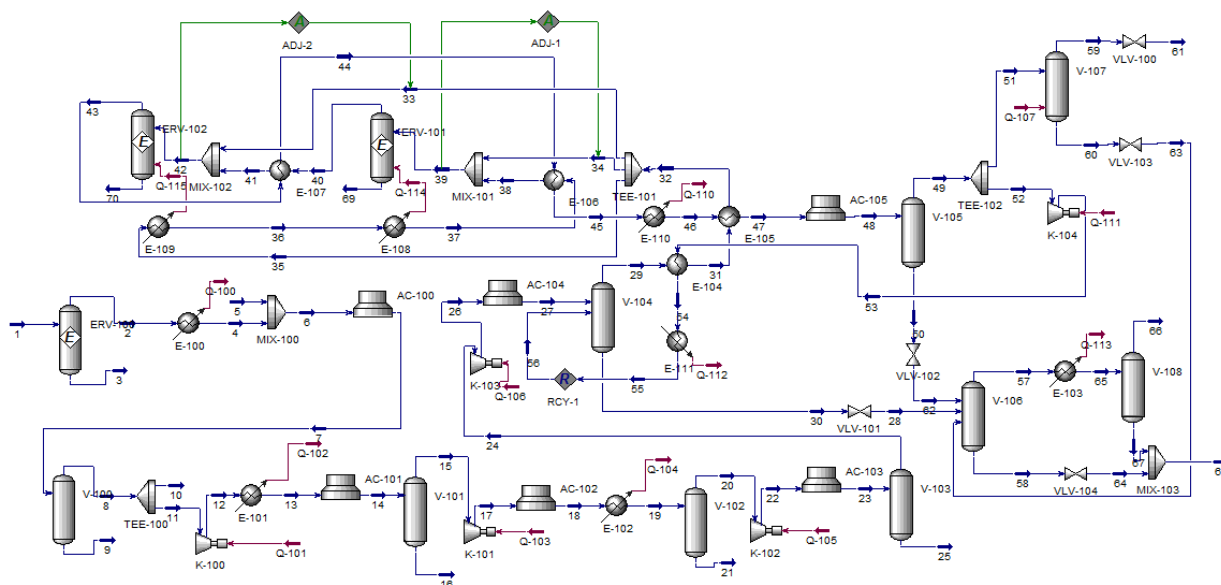
Žinome, kad medžiagų balansą galime apskaičiuoti patys, naudodamiesi empiriniais duomenimis ir kita literatūra, tačiau šiais technologijų laikais daug efektyviau, greičiau ir patogiau atlikti skaičiavimus pasinaudojus kompiuterio pagalba. Žinoma daug programų, kurių pagalba, sprendžiami ir modeliuojami chemijos inžinerijos procesai. Vienos populiariausios žinomos programos: Aspen HYSYS; UniSim Design ir CHEMCAD.

Norint suskaičiuoti amoniako sintezės medžiagų balansą, buvo pasinaudota Aspen HYSYS V8.6 programiniu paketu. Naudojantis Aspen HYSYS galima projektuoti ir optimizuoti procesus ne tik pusiausvyrinėmis, bet ir dinaminėmis sąlygomis. Programos modeliavimas pagrįstas programoje esančiais modeliais, kurie įvertinami technologinės linijos masės ir energijos srautų balansais.

Ieškant technologinių sprendimų buvo sumodeliuota identiška technologinė linija kaip AB „Achema“ amoniako ceche nr. 2. Naudojantis AB „Achema“ proceso duomenimis, buvo sumodeliuotas pagrindinis srautas. Technologinė schema, kaip ir pagrindinė schema, turi metanavimo koloną, kompresijos skyrių, sintezės skyrių, du kondensacijos laipsnius ir prapūtimo sistemą. Projektuojant sintezės koloną, buvo pasirinkta naudoti du atskirus reaktorius, kurie atspindėtų atskirus katalizatoriaus sluoksnius. Kaip ir tikroje sintezės kolonoje sumodeliuoti ir šilumokaičiai tarp

katalizatoriaus sluoksnių ir po jų. Aspen HYSYS programoje galima pasirinkti keletą modelių duomenų bazių. Dėl tinkamų termodinaminių savybių buvo parinkta Peng – Robinson modelių duomenų bazė.

Sumodeliuota technologinė linija:



4.1. pav. Sumodeliuota amoniako sintezės technologinė linija.

Programai atlikus ir susiteminus skaičiavimus, buvo gauti tokie medžiagų balanso rezultatai:

4.1. lentelė. Medžiagų balansas vienai sintezės kolonai

Komponentai	Konc. prieš koloną, masės %	Konc. po kolonos, masės %
CH ₄	5,2	5,97
H ₂ O	0,0	0,0
CO	0,0	0,0
CO ₂	0,0	0,0
H ₂	64,13	51,51
N ₂	19,93	15,51
NH ₃	3,31	18,49
Ar	7,43	8,52
Viso	100	100

Esant 22,55 MPa slėgiui gaunamas 18,49 % amoniako kiekis.

Žinant medžiagų balansą, galime suskaičiuoti kokie medžiagų kiekiai bus po dviejų kondensacijos laipsnių.

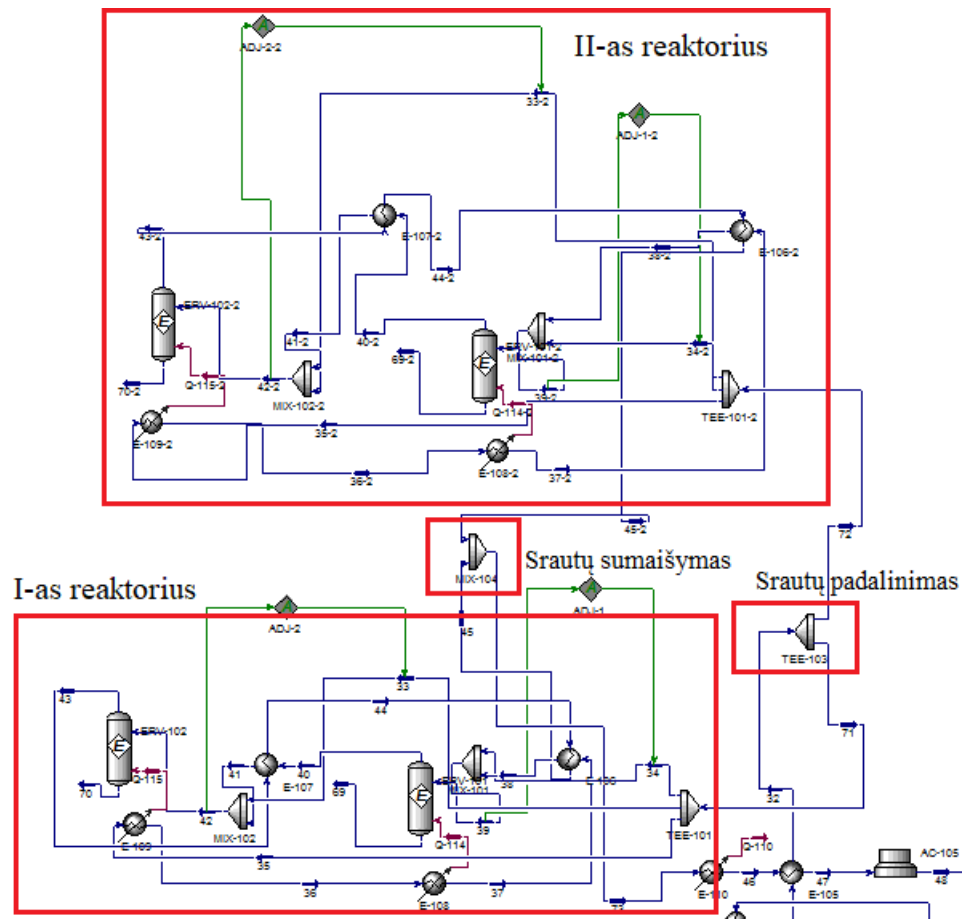
4.2. lentelė. Gaunamo produkto kiekiai, esant vienai sintezės kolonai, skysto amoniako rinktuve

Komponentai	Skysta fazė, kg/h	Dujinė fazė, kg/h
CH ₄	159,3327	32,1557
H ₂ O	27,6807	0,0
CO	0,0	0,0
CO ₂	0,0	0,0
H ₂	0,2816	1,0868
N ₂	4,8568	10,4329
NH ₃	63643,5543	124,1771
Ar	14,0700	16,9282

Palyginus susikondensavusį amoniako kiekį skaičiuojant ir pritaikant HYSYS modeliavimą, galima teigti jog skaičiavimai atlikti teisingai.

Iškelta hipotezė, kad dvi sintezės kolonos turėtų padidinti pagaminamo amoniako kiekį.

Projektuojant technologinę liniją su dviem sintezės kolonomis buvo naudotasi tais pačiais duomenimis iš AB „Achema“ ir duomenų paketu Peng – Robinson. Sumodeliavus procesą, gauname technologinę liniją:



4.2. pav. Sumodeliuota sintezės technologinė schema su dviem kolonomis.

Ši technologinė schema identiška pirmajai, išskyrus tai jog lygiagrečiai prijungta antra sintezės kolona. Pagrindinis srautas atitekęs į kolonas išdalinamas į lygias dvi dalis, o ištekęs iš kolonos srautai susijungia į vieną srautą. Apskaičiuotas medžiagų balansas surašomas į lentelę.

4.3. lentelė. Medžiagų balansas dviem sintezės kolonomis

Komponentai	Konc. prieš kolonas, masės %	Konc. po kolonų, masės %
CH ₄	5,2	3,16
H ₂ O	0,0	0,0
CO	0,0	0,0
CO ₂	0,0	0,0
H ₂	64,13	54,67
N ₂	19,93	17,51
NH ₃	3,31	21,48
Ar	7,43	8,52
Viso	100	100

Esant 22,55 MPa proceso slėgiui, skysto amoniako rinktuve (24), gaunama 21,48 % amoniako koncentracija.

Žinant medžiagų balansą, galime suskaičiuoti kokie medžiagų kiekiai bus po dviejų kondensacijos laipsnių.

4.4. lentelė. Gaunamo produkto kiekiai, esant dviem sintezės kolonomis, skysto amoniako rinktuve

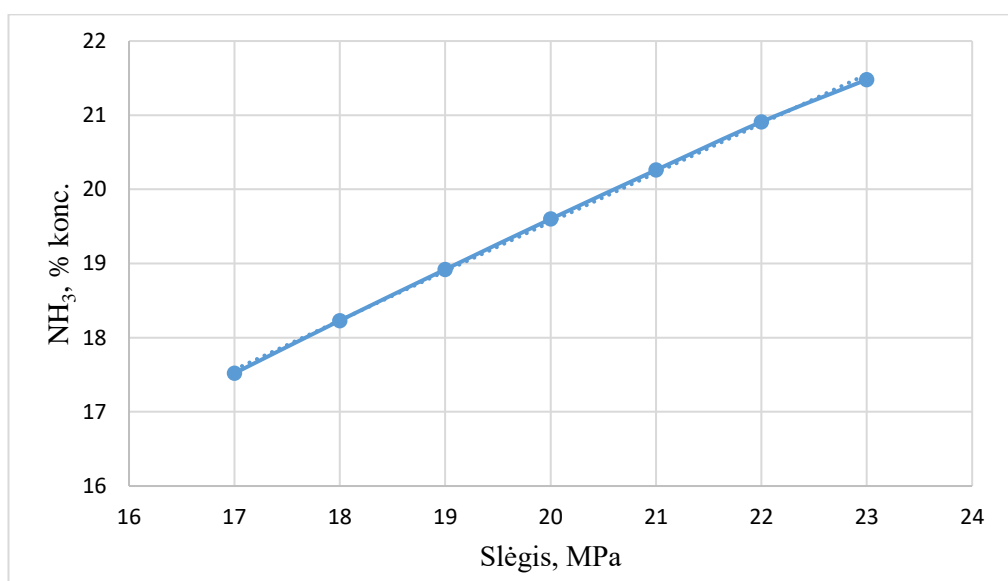
Komponentai	Skystis, kg/h	Dujos, kg/h
CH ₄	86,0515	18,6083
H ₂ O	27,6806	0,0
CO	0,0	0,0
CO ₂	0,0	0,0
H ₂	0,3270	1,2589
N ₂	6,0708	13,0352
NH ₃	61596,1569	150,9371
Ar	5,8312	7,1342

Palyginus medžiagų balansus ir gaunamo produkto kiekius tarp vienos sintezės kolonos proceso ir dviejų sintezės kolonų proceso, galime daryti išvadą, jog technologinė linija su dviem sintezės kolonomis yra našesnė nei su viena. Esant toms pačioms sąlygoms išsiskiria didesnis procentinis amoniako kiekis esant dviem sintezės kolonomis, tačiau per vieną darbo valandą, susikondensuoja pora tonų mažiau amoniako, kuris pasilikęs dujinėje fazėje.

Gavus tokius rezultatus buvo atliktas tyrimas. Keičiant kompresijos slėgį technologinėje linijoje su dviem sintezės kolonomis, buvo bandoma išgauti tokį pat procentinį amoniako kiekį kaip ir technologinėje linijoje su viena sintezės kolona. Modeliavimo rezultatai, kaip priklauso NH₃ koncentracija nuo slėgio, pateikiami lentelėje.

4.5. lentelė. Susidariusio amoniako priklausomybė nuo slėgio, esant dviem sintezės kolonomis, skysto amoniako rinktuve.

Slėgis, MPa	NH ₃ , % konc.
23	21,48
22	20,91
21	20,26
20	19,60
19	18,92
18	18,23



4.3. pav. Amoniaکو koncentracijos priklausomybė nuo slėgio

Įvertinus gautus rezultatus, priimame jog technologinė linija su dviem sintezės kolonomis, gali dirbti esant 5 MPa mažesniai slėgiui ir gaminti tokį pat kiekį produkto kaip ir technologinėje linijoje su viena sintezės kolona esant 23 MPa slėgiui. Kadangi naudojamas daug mažesnis slėgis, sumažiname kaštus kompresijos skyriuje, tačiau reikia vertinti ir tai, jog prie mažesnio slėgio galime rinktis ne tokius slėgiui atsparius vamzdinius ar įrenginius, kurie dar labiau sumažina investicijas ir aparatūros kainą.

Pakeitus slėgį kompresijos skyriuje, programa apskaičiuoja medžiagų balansą ir gaunamo produkto kiekius.

4.6. lentelė. Medžiagų balansas su dviem sintezės kolonomis esant 18 MPa slėgiui

Komponentai	Konc. prieš kolonas, masės %	Konc. po kolonų, masės %
CH ₄	5,2	3,0
H ₂ O	0,0	0,0
CO	0,0	0,0
CO ₂	0,0	0,0
H ₂	64,13	57,20
N ₂	19,93	18,41
NH ₃	3,31	18,42
Ar	7,43	2,97
Viso	100	100

4.7. lentelė. Gaunamo produkto kiekiai su dviem sintezės kolonomis esant 18 MPa slėgiui

Medžiaga	Skystis, kg/h	Dujos, kg/h
CH ₄	92,0128	14,4996
H ₂ O	27,6807	0,0
CO	0,0	0,0
CO ₂	0,0	0,0
H ₂	0,4388	1,2786
N ₂	7,9140	12,8402
NH ₃	61505,7861	101,1413
Ar	6,5767	6,0256

Įprastam technologijos procesui pasiekti 23 MPa slėgį, reikalingas 40 tonų/h garas, tačiau po rekonstrukcijos priimta išvada, jog proceso slėgis bus 18 MPa. Prie tokio slėgio sumažėja garų poreikis iki 31 tonos/h, o norint pagaminti 1 toną garų, mums reikia sudeginti 140 m³/h gamtinių dujų. Todėl prieš rekonstrukciją mums reikėjo 5600 m³/h gamtinių dujų, o po rekonstrukcijos 4340 m³/h.

5. DARBUOTOJŲ SAUGA IR SVEIKATA

Šiame skyriuje įvertinama projektuojamos technologinės linijos darbuotojų sauga, sveikata, darbo higiena ir gaisrinė sauga. Darbuotojų sauga ir sveikata – tai yra visos prevencinės priemonės, skirtos darbuotojų darbingumui ir sveikatai išsaugoti. Tai yra planuojama visuose įmonės veiklos etapuose.

5.1. Projektuojamo objekto charakteristika

Projektuojamas objektas – aukšto slėgio amoniako sintezės su dviem sintezės kolonomis technologinė linija. Technologinė linija statoma atviraime lauke, dažniausiai šalia žaliavų šaltinio, norint sumažinti išlaidas transportuojant žaliavas. Objekto paskirtis susintetinti amoniaką, naudojant azotą ir vandenilį, kurie gaunami iš oro ir gamtinių dujų.

Eksploatuojant amoniako sintezės technologinę liniją, susiduriama su šiais pagrindiniais pavojais:

- dideli kiekiai pavojingų dujų (gaisro bei sprogimo atžvilgiu);
- dideli kiekiai suslėgtų inertinių dujų;
- dideli suslėgtų dujų slėgiai (iki 24MPa);
- chemiškai aktyvios medžiagos;
- degūs, lakūs bei nuodingi skysčiai (amoniakas, benzinas ir t.t.);
- garai, karštas vanduo;
- besisukantys mechanizmai;
- aukšto slėgio indai;
- autotransporto priemonės;
- veikiantys elektros įrengimai;
- triukšmas;
- vibracija;
- karšti ir šalti įrengimų ir vamzdžių paviršiai.

Vadovaujantis sanitarinių apsaugos zonų nustatymo ir režimo taisyklių priedu, pasirenkamas sanitarinis apsaugos zonų ribinis dydis – 500 m už įmonės teritorijos [15].

5.2. Profesinės rizikos vertinimas

Rizikos vertinimas atliekamas šiais etapais: parengiamieji darbai; rizikos veiksnių tyrimas, rizikos dydžio nustatymas; rizikos sumažinimas arba pašalinimas; rizikos stebėjimas [16].

Norint įvertinti profesinę riziką, reikėtų pradėti nuo rizikos veiksnių identifikavimo. Tai nuodugni kenksmingų veiksnių darbo vietoje analizė. Nustatyta, jog darbo vietoje darbuotojas veikiamas ergonominiais, fizikiniais, cheminiais ir fizikiniais veiksniais.

Visi pagrindiniai kylantys pavojai surašyti projektuojamo objekto charakteristikoje. Siekiant išvengti pavojaus ir užtikrinti saugias darbo sąlygas, kiekvienas darbuotojas privalo: vykdyti saugios eksploatacijos instrukcijų reikalavimus; visą laiką būti atidus ir atsargus; darbo metu turėti dujokaukę ir apsauginį šalną, dėvėti darbui tinkamus drabužius ir avalynę, bei kitas apsaugines priemones; gamybinėse patalpose naudoti šalną, akinius ir kur reikalinga, garsą izoliuojančias priemones; skaityti saugos ženklus; neužsiimti pašaliniais darbais; visada suteikti pirmąją pagalbą; neleisti pažeisti saugos darbe kitiems, dirbantiems jo darbo vietoje.

Profesinės rizikos vertinimo tikslas yra iširti galimą riziką darbe ir numatyti prevencijos priemones [15]. Rizikos veiksniai ir jų kiekybinis įvertinimas surašytas į 5.1. lentelę.

5.1. lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas [17, 25, 26, 27]

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ar veikimo vieta	Rizikos veiksnio dydis, matavimo vienetas	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis, ribinė vertė, matavimo vienetas	Rizikos veiksnio poveikio trukmė, dažnis	Prevencijos priemonės
<i>Ergonominiai veiksniai</i>					
Netinkama poza	Operatorinė	Netinkama poza 15% darbo laiko	Netinkama poza 25% darbo laiko	480	Speciali pertraukėlė
Nuvargis	Operatorinė			480	Speciali pertraukėlė
<i>Fizikiniai veiksniai</i>					
Statinės elektros pavojus	Technologiniai įrenginiai	-	-	480	Naudoti įžeminimą ir įnulimą
Triukšmas	Kompresija	90dBA	87dBA	480	Naudoti ausines ar ausų kaiščius

Aukšta temperatūra	Technologiniai įrenginiai	500 °C	45 °C	480	Įrenginių izoliacija, futeruotės.
Apšvieta	Ten kur technologiniai įrenginiai	300lx	300lx	480	-
<i>Cheminiai veiksniai</i>					
Amoniakas (NH ₃)	Technologiniai įrenginiai	2mg/m ³	14mg/m ³ (IPRD) 36mg/m ³ (TPRD)	60	Dujokaukės, ventiliacija
<i>Fiziniai veiksniai</i>					
Slėginiai indai	Technologiniai įrenginiai			480	Apsauginiai vožtuvai

Įvertinus medžiagų gaisrinio pavojingumo rodiklius ir pasinaudojus gaisrinės saugos pagrindiniais reikalavimais, buvo nustatyta išorinių įrenginių kategorija pagal sprogo ir gaisro pavojus. Įvertinus naudojamas chemines medžiagas, technologinius procesus, sprogo aplinkos susidarymo dažnumą ir jos išsilaikymo trukmę parenkama pavojingos vietos klasifikacija ir užpildoma 5.2. lentelė.

5.2 lentelė. Pastatų ir išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonas.

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Pastatų, patalpų kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų	Sprogimui pavojinga zona	Sprogo ir gaisro atžvilgiu pavojingų mišinių kategorija	Medžiagų kenksmingumo klasė darbo aplinkoje	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos zonos vietą
Amoniako sintezės technologiniai įrenginiai	A _{sgi}	2 – oji zona	IIC – TI – IIA – TI	-	Dirbant normaliuoju režimu negali susidaryti sprogi aplinka. Labai retai ir tik trumpai susidaro lengvai užsiliepsnojantis medžiagų mišinys,

					avarijų ar stichinių nelaimių atveju.
Operatorinė	E _g	2 zona	-	-	Naudojamos nedegios medžiagos, patalpa nepriskiriama jokiai kategorijai.
Kompresorinė	A _{sg}	2 zona	IIA – TI	-	

5.3. Saugi gamyba

Kiekvienam darbuotojui privaloma sudaryti saugias ir sveikas darbo sąlygas, nesvarbu, kokia įmonės veiklos rūšis, kokia sudaryta darbo sutartis, darbuotojų skaičius, darbo vieta, darbo aplinka ir pobūdis, kokia darbuotojo pilietybė, lytis, rasė, tautybė, politiniai ar religiniai įsitikinimai.

Norint išvengti pavojingų situacijų, personalo darbuotojamas vykdomas apmokymas kaip valdyti procesą. Be šių mokymų, darbuotojas privalo išklausti įvadinį, pirminį, periodinį, tikslinį saugaus eksploatavimo instruktažus [18].

Siekiant išvengti apsinuodijimų, nudegimų, gaisrų ir sprogimų, privaloma laikytis šių reikalavimų: darbuotojai privalo turėti asmens pažymėjimus, leidžiančius savarankiškai jiems dirbti; darbo vietos instrukcijose, nustatytu laiku ir tvarka, daromi pakeitimai; operatorinėje turi būti visos darbo vietos instrukcijos, technologinės schemas, darbų saugos ir priešgaisrinės saugos instrukcijos; užtikrinti automatinio reguliavimo sistemų, blokuočių ir signalizacijų gera techninę būklę; užtikrinti vamzdynų ir įrengimų tvarkingą techninę būklę; palaikyti reikiamų įrengimų apšildymą šaltu metų laiku; palaikyti efektyvų ventiliacijos darbą; lengvai užsidegančias medžiagas laikyti tam skirtose vietose; užtikrinti, kad būtų įžeminti įrengimai; remonto darbus vykdyti laikantis instrukcijų; darbuotojus aprūpinti asmeninėmis apsauginėmis priemonėmis ir užtikrinti efektyvų jų naudojimą; vietose, kur galimas sproginimas, nenaudoti kibirkščiujančių prietaisų; užtikrinti, kad apsauginiai vožtuvai būtų periodiškai tikrinami; rūkyti tam skirtose vietose; periodiškai tikrinti priešgaisrinių sistemų veikimą.

Nesilaikant saugaus eksploatavimo reikalavimų gali: atsirasti dujų išsiveržimai į atmosferą; susidaryti degių dujų mišiniai; gali užsidegti tepalai, nesilaikant priešgaisrinės saugos taisyklių; nesilaikant garo ar skysčio priėmimo taisyklių, galimas hidrosmūgio pavojus; nesilaikant darbų saugos taisyklių ir netinkamai arba išvis nesinaudojant apsaugos priemonėmis, galimas apsinuodijimas arba nudegimas amoniaku; darbuotojai gali būti nutrenkti elektros srove netvarkingų įrenginių arba nesilaikantis elektrosaugos taisyklių; aptarnaujantis personalas gali susižaloti, nesilaikydamas nustatytų taisyklių ar nenaudodamas spec. drabužių, šalmo ir kitų apsauginių priemonių.

5.4. Elektroauga

Vienas iš pavojingų faktorių darbe yra elektros srovės poveikis. Pirminis pavojus – tiesioginis elektros srovės poveikis pratekant žmogaus kūnu. Antrinis pavojus yra dėl elektros lanko išlydžio atsirandanti aukšta temperatūra. Būtina atsiminti, jog daugelis nelaimingų atsitikimų, susijusių su elektra, dažniausiai baigiasi mirtimi.

Žmogus pradeda jausti 0,5 – 1,5 mA per jo kūną pratekančią srovę. Tekant 10 – 15 mA srovei prasideda raumenų spazmai. Tekant 20 – 25 mA srovei paralyžuojamos rankos, jaučiasi stiprūs skausmai sąnariuose. 90 – 100 mA srovė yra mirtina [19].

Srovės poveikis priklauso nuo individualaus organizmo savybių, srovės rūšies ir dažnumo, pratekėjimo kelio ir laiko. Elektros traumą gali sukelti tiek aukštos, tiek žemos įtampos srovės.

Įžeminti arba įnulinti būtina:

- visus 400 V ir aukštesnės įtampos kintamosios srovės bei 440 V ir aukštesnės įtampos nuolatinės srovės įrenginius;
- aukštesnės kaip 50 V įtampos kintamosios ir aukštesnės kaip 75 V įtampos nuolatinės srovės įrenginius pavojingose ir labai pavojingose patalpose, taip pat lauke esančius įrenginius.

5.5. Darbo higiena

Darbo higiena – tai sritis, tirianti darbo proceso ir gamybinės aplinkos veiksnių poveikį žmogaus organizmui ir numatanti priemones profesiniam susirgimui išvengti. Kiekvienai darbo vietai yra nustatomi higieniniai ergonominiai reikalavimai. Turi būti įvertinta kenksmingos darbo aplinkos veiksniai bei darbo proceso organizavimo būdai. Darbo kenksmingumas įvertinamas pagal darbo aplinkos oro cheminės taršos bei kenksmingų fizikinių ir biologinių veiksnių rodiklius.

Cheminės nuodingos medžiagos gali patekti į žmogaus organizmą kvėpuojant, kartu su vandeniu, maistu, per odą ir jį apnuodyti. Didžiausia tikimybė apsinuodyti yra įkvepiant su oru nuodingų dujų arba nesilaikant asmeninės higienos reikalavimų. Lietuvos higienos norma HN 23:2011 „Cheminių medžiagų profesinio poreikio ribiniai dydžiai“.

Darbo aplinkos oro užterštumas chemine medžiaga turi būti kiek galima mažesnis net ir tais atvejais, kai cheminės medžiagos koncentracija neviršija jos ribinio dydžio. Tai labai svarbu, jei darbuotoją veikia kelios cheminės medžiagos vienu metu, arba jų poveikyje dirba fiziškai sunkų darbą. Cheminių medžiagų ribiniai dydžiai yra nustatyti pagal tai, kad beveik visi žmonės gali dirbti tokiomis sąlygomis, nepatirdami cheminės medžiagos poveikio sveikatai.

Amoniakas (CAS – 7664 – 41 – 7). Toksiškas, gali būti skystos arba dujinės fazės. Normaliomis sąlygomis aštraus kvapo, degios dujos, su oru sudaro sprogstančius mišinius. Sprogstamumo ribos 15

– 28 % tūrio (ore). IPRD – 14 mg/m³, TPRD – 36 mg/m³. Amoniakas labiausiai dirgina viršutinius kvėpavimo takus, esant dideliai koncentracijai sužadina centrinę nervų sistemą ir sukelia traukulius.

Azotas. Bespalvės, bekvapės, inertinės dujos. Azotas yra pagrindinis oro komponentas, sudarantis 78 % oro tūrio. Azoto koncentracija ore padidėja ten, kur technologiniai aparatai ir vamzdynai yra prapučiami azotu. Tradiciniu požiūriu azotas nėra nuodas, tačiau rizika padidėja tada, kai azoto koncentracija ore viršija 80 %. Tokiu būdu ore deguonies lieka 18 % ir tai kelia grėsmę žmogui. Oro, kuriame yra sumažėjęs deguonies kiekis, įkvėpimas sukelia rimtus efektus bei sąmonės netekimą po vieno ar dviejų įkvėpimų. Įkvėpęs asmuo nejaučia, kad deguonies ore yra mažiau.

Vandenilis. Bespalvės, bekvapės, lengvai užsidegančios dujos. Savaiminio užsidegimo temperatūra 400 °C. Sprogstamumo ribos mišiniuose su oru 4,1 – 74,2 % tūrio. Vandenilis – nenuodingos dujos, tačiau esant didesnei koncentracijai, sumažėja deguonies koncentracija ore.

Metanas. Bespalvės, bekvapės dujos, dega beveik nematoma liepsna. Susimaišiusios su oru sprogstą. Sprogstamumo ribos 5 – 15% tūrio. Pavojingos kai yra didelė koncentracija, nes išstumia iš oro deguonį.

Katalizatoriai. Tai medžiagos pagreitinančios chemines reakcijas, o pačios pasiliekančios nepakitusios. Žmogaus sveikatai yra žalingos įvairių katalizatorių dulkės.

Norint išvengti pavojų, darbuotojai apmokinami pirmos pagalbos ir instruktuojami kaip naudotis apsaugos priemonėmis prieš pradėdant darbą.

5.6. Gaisrinė sauga

Projektuojamoje amoniako sintezės technologijoje, galimi skysčių ir dujų gaisrai. Norint išvengti gaisro ar jo plitimo, pasitelkiamos tokios priemonės kaip gesintuvai, gaisrininiai hidrantai, dėžės su smėliu ar sorbentu ir garsinės saugos sistemos. Vandentiekio tinklas turi būti techniškai sutvarkytas.

Pagal gesinimo tipą gesintuvai skirstomi į šias kategorijas:

I kategorija – vandens gesintuvai;

II kategorija – miltelių gesintuvai;

III kategorija – anglies dioksido gesintuvai.

Gesintuvai turi būti laikomi lengvai prieinamose ir matomose vietose. Statomi gaisrinių čiaupų spintelėse arba prie jų. Laikomi taip, kad matytųsi užrašai [20]. Pagal nustatytą gaisro ir sprogsimo kategoriją, buvo pasirinkti anglies dioksido gesintuvai, iš viso šeši. Anglies dioksido gesintuvais galima gesinti degius skysčius ir elektros įrangą. Gesinamoji medžiaga nekenkia gesinamiems daiktams, todėl galima gesinti brangią įrangą.

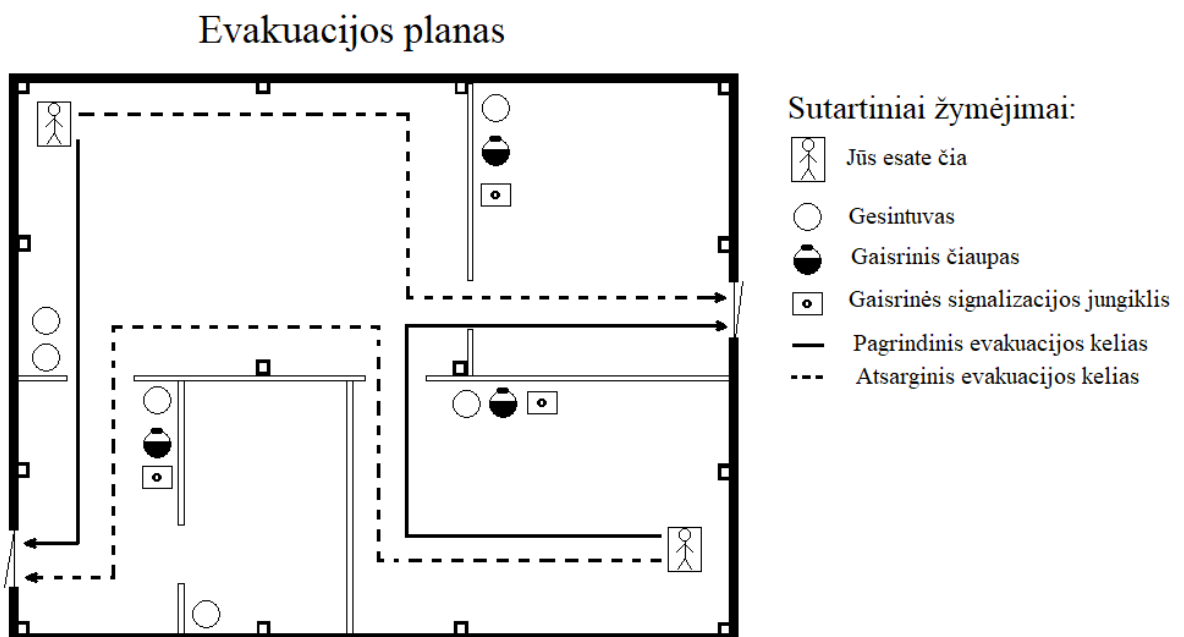
Saugos priemonės dirbant su gesintuvais:

- perskaityti instrukciją. Gesintuvais gesinamos tik tos medžiagos, kurių gesinimui jie yra skirti.

- putų gesintuvais draudžiama gesinti elektros įrenginius turinčius įtampą.
- naudojantis putų gesintuvu, saugotis, kad nepatektų į akis.
- naudojantis miltelių gesintuvais, naudoti respiratorius ir akinius.
- naudojantis angliarūgštės gesintuvais, mūvėti pirštines, nes gesintuvas stipriai atšąla.

Be gesinimo priemonių taip pat labai svarbu evakuacijos planas.

Jis pakabinamas gerai matomose vietose kiekvieno pastato visuose aukštuose. Pagrindinis evakuacijos kelias turi būti pažymėtas ištisine linija, atsarginis punktyru. Pagrindinį evakuacijos kelią žmonių evakavimo plane būtina nurodyti per laiptines apsaugotas nuo dūmų ir vedančias į pirmą pastato aukštą. Kompresorinės evakuacijos planas nurodytas 5.1. pav.



5.1 pav. Kompresorinės evakuacijos planas

6. STATYBINIAI SPRENDIMAI

6.1. Bendroji dalis

Amoniako sintezės technologinės linijos renovacija atliekama Jonalaukio kaime, Jonavos rajone akcinės bendrovės „Achema“ teritorijoje. Įmonė įsikūrusi 3 km nuo magistralinio kelio A6, jos teritorijoje naudojamas geležinkelių transportas. Įmonės teritorijoje išasfaltuoti keliai su 1 m šaligatviais, skirtais darbuotojams.

Amoniako sintezės įrengimai išdėstyti 33,48 arų sklype. Didžioji sklypo dalis išasfaltuota. Aplink išasfaltuotą sklypo dalį driekiasi želdiniai, kurie užima apie 21 % sklypo ploto, pagrinde žolė.

Pagrindiniai projektuojamą sklypą apibūdinantys rodikliai pateikti lentelėje.

6.1 lentelė. Bendrieji sklypo techniniai rodikliai

Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
I.Sklypas		
1.1 sklypo plotas	aras	33,48
1.2 statinio užimtas žemės plotas	m ²	1044
1.3 apželdintas žemės plotas	m ²	708
1.4 mašinų stovėjimo aikštelės plotas	m ²	1088
1.5 tabdinta danga	m ²	326
1.6 sanitarinės zonos plotis	m	200

6.2. Bendrųjų pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai

Visas inžineriems sistemoms skirtas sklypas padalintas į atskirus plotus po 36 m², kad būtų efektingai išnaudota teritorija. Objektai, esantys sklype, išdėstyti taip, kad neužimtų kitam įrenginiui priklausančios vietos, kuri reikalinga avarinėms situacijoms likviduoti ar remonto darbų patogumui. Įrangą stengtasi išdėstyti apie 3 metrų atstumais.

Sklype esančią technologinę įrangą sudaro:

- paleidimo pašildytuvas (29), kuris pastatytas ant metalinių atramų, 2 m nuo žemės paviršiaus, pašildytuvo aukštis 24,4 m. Šis įrenginys turi 3 aikšteles, kurių atstumai nuo žemės 1,5 m, 10,4 m ir 11,3 m;
- dvi sintezės kolonos (18, 19), įtvirtintos tiesiogiai prie žemės paviršiaus, kolonų aukštis 30,7 m, abi kolonos turi po 7 aikšteles, kurių atitinkamai aukščiai nuo žemės paviršiaus 6,6 m, 11,95 m, 16 m, 18,6 m, 21,5 m ir 24,75 m.;
- išneštinis šilumokaitis (17) yra 17,8 m aukščio įrenginys, turintis 2 aikšteles, atitinkamai 8 m ir 15,6 m nuo žemės paviršiaus;
- maitinimo vandens pašildytuvas (20) pastatytas ant 2 m aukščio aikštelės, įrenginio aukštis apie 4 m, patogesniai priėmimui yra dvi aikštelės, 4,3 m aukščio ir 6,2 m aukščio;

- šalčio mainų aparatas (16) yra 13 m aukščio įrenginys, turintis 4 aikšteles, 5,6 m, 7,2 m, 11 m ir 12,7 m aukštyje;
- antrinis skysto amoniako separatorius (14) yra 11,5 m aukščio įrenginys pritvirtintas ant metalinės pakyls ir turintis 2 aikšteles, kurių aukščiai 5,2 m ir 7,2 m;
- prapūtimo dujų kondensacinė kolona (24) pastatyta ant metalinės pakyls 1 m aukštyje, įrenginio aukštis 8,2 m, kolona turi aikštelę, kurios aukštis 7,2 m;
- prapūtimo dujų skysto amoniako išgarintuvas (25) yra gulsčia kolona, pastatyta ant metalinės pakyls, jos aukštis apie 0,4 m.

Pagrindinės sklypo inžinerinės sistemos: vandentiekis, nuotekos ir elektra.

7. FINANSINIAI IR EKONOMINIAI SKAIČIAVIMAI

7.1. Inovacijos projektavimo ir diegimo aplinkos analizė: ekonominių ir organizacinių problemų nustatymas

Projektuojant amoniako sintezės technologiją, reikia įvertinti ar technologija ekonomiškai palanki. Prieš kiekvieną technologijos kūrimą ar modernizavimą turi būti atliekama ekonominė analizė. Kartais modernizuojant technologiją galime matyti jog ji yra efektyvesnė nei prieš rekonstrukciją, tačiau įvertinus ekonominius aspektus gali viskas atrodyti kitaip.

Su metais chemijos pramonės technologijos tobulėja ir taip skatinamas produktų konkurencingumas. Tokių produktų kaina pastoviai kinta, nes ją veikia makro aplinkos veiksniai. Šie veiksniai gali pasireikšti dėl demografijos, šalyje veikiančių įstatymų ar dėl šalies ekonominės padėties. Dėl šių priežasčių, kiekviena įmonė turėtų žvelgti į ateitį, analizuoti aplinkos veiksnius ir diegti naujas inovacijas savo gamyboje. Tokios įmonės tampa pranašesnės prieš konkurentus.

Atsižvelgiant į aplinkos veiksnius, vertinama amoniako sintezės technologinė linija prieš rekonstrukciją ir po jos. Modernizuojant technologiją siekiama sumažinti pinigines išlaidas eksploatacijai. Pagrindinė problema, su kuria susiduriama eksploatuojant amoniako sintezės technologiją, yra dideli gamybiniai slėgiai, kurie gali būti sumažinti pasitelkus antrą sintezės reaktorių. Naudojant du sintezės reaktorius pagaminama daugiau produkto nei su vienu, dėl to technologiją siekiama paveikti taip, jog pagaminamo produkto kiekis liktų nepakitęs, o eksploatacijos kaštai sumažėtų, sumažėjus slėgiui, kurį pasiekti deginamos gamtinės dujos. Pagal UAB „Lietuvos dujų tiekimas“ gamtinių dujų kaina yra 0,38 €/m³. [21].

7.2. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai

Finansavimo šaltiniai šiuo atveju yra akcinis kapitalas ir ilgalaikė paskola.

Projekto investicijas skaičiuojama pradedant nuo ilgalaikio turto įsigijimo, mūsų atveju, papildomo sintezės reaktoriaus.

7.1 lentelė. Projekto kaštai ir finansavimo šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	mln. Eur	Struktūra	mln. Eur
1. Ilgalaikiam turtui įsigyti, gamybos priemonėms.	1	1. Akcininkų nuosavybė; akcinis kapitalas, rezervai.	0,8
2. Statybos ir montavimo darbų kaštai.	0,4	2. Paskolos: ilgalaikės	1
3. Kiti kaštai.	0,4		
Viso kaštų:	1,8	Viso šaltinių:	1,8

Technologijos kaštai padengiami naudojantis ilgalaikė paskola (investiciniu kreditu), kuris suteikiamas ketveriems metams, o jo vertė 1 mln. Eur. Likusi kaštų dalis padengiama akciniu kapitalu.

7.2.1. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

Šioje dalyje įvertinama rekonstrukcijai reikalingos įrangos ir jos montavimo darbų kaina.

7.2. lentelė. Ilgalaikis turtas

Objekto, darbų ir išlaidų pavadinimas	Sąmatinė kaina, mln. Eur			Viso, mln. Eur
	Statybos ir montavimo	Įrenginių, baldų,	Kitos išlaidos	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5=2+3+4</i>
Sintezės reaktoriaus paruošimui	0,4	1	0,2	1,6
Kitos išlaidos	-	-	0,2	0,2
Viso (ilgalaikio turto)				1,8

Rekonstruojamai technologijai reikalingas antras amoniako sintezės reaktorius. Nauja sintezės kolona bus sujungta lygiagrečiai su senąja, dėl šios priežasties, vertiname ir vamzdynų paruošimą. Naujas amoniako sintezės reaktorius gali kainuoti nuo 0,5 iki 1,5 mln. Eur. Visos ilgalaikio turto sąnaudos yra preliminarios.

7.3. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinosios pajamos

Amoniako sintezės technologinės linijos paskirtis – gaminti amoniaką. Pagal tai kaip suprojektuotas amoniako sintezės agregatas, teigiame, jog kiekvienais metais pagaminamas tas pats kiekis amoniako. Įsisavinimo koeficientas lygus 0.

7.3. lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinosios pajamos

Rodikliai	Gamybos įsisavinimo koeficientas	Gaminys, t/metus	Iš viso, mln. Eur
<i>Prieš rekonstrukciją</i>			
Produkcijos gamybos (pardavimo) apimtis brandos stadijoje, vnt.	1	584000	-
Gaminio kaina, Eur	424,21		
Gautinosios pajamos brandos stadijoje, mln. Eur	-	-	247,73
<i>Po rekonstrukcijos</i>			
Produkcijos gamybos (pardavimo) apimtis brandos stadijoje, vnt.	1	584000	-
Gaminio kaina, Eur	424,21		
Gautinosios pajamos brandos stadijoje, mln. Eur	-	-	247,73

Kadangi pagaminamo amoniako kiekis po rekonstrukcijos lieka toks pat, o produkto kainą siekiama išlaikyti tokią pačią, gautinosios pajamos taip pat lieka nepakitusios.

7.3.1. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Išlaidos žaliavoms. Pagrindinė amoniakui reikalinga žaliava yra gamtinės dujos, iš kurių išskiriamas vandenilis. Tačiau procesui vykdyti neužtenka tik vandenilio, reikalingas ir azotas, kurį gauname iš oro. Kadangi oras nemokamas, jo kaip žaliavos, nevertiname.

7.4. lentelė. Išlaidos gamtinėms dujoms.

Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Gamybos planas, t/metus.	Medžiagų sunaudojimo norma giminiui, natūriniais vienetais, m ³ /t amoniako	Medžiagos kaina, Eur/m ³ .	Medžiagos poreikis, natūriniais vienetais	Medžiagų kaštai	
					Gaminio, Eur/t.	iš viso, mln. Eur
1	2	3	4	5	6	7
<i>Prieš rekonstrukciją</i>						
Gamtinės dujos	584000	675	0,38	394200000	256,5	101,11
<i>Po rekonstrukcijos</i>						
Gamtinės dujos	584000	675	0,38	394200000	256,5	101,11

Amoniako pagamina apie 1600 tonų per valandą, todėl per metus pagaminama:

$$m_{NH_3} = 1600 \cdot 365;$$

$$m_{NH_3} = 584000 \text{ t / metus.}$$

Amoniako gamyba pagal gamtines dujas yra 45000 m³/h, todėl jų reikalingas kiekis per metus:

$$V_{CH_4} = 45000 \cdot 24 \cdot 365;$$

$$V_{CH_4} = 394200000 \text{ m}^3 / \text{metus.}$$

Išlaidos pagrindinių gamybos darbininkų darbo užmokesčiui. Įmonėje dirba 10 žmonių, o jų valandinis atlyginimas yra 7eur/h. Apie 30 % kiekvienam darbuotojui atskaitoma nuo atlyginimo už socialinį draudimą. Stambiatonažėje įmonėje dirbama ištisus metus, dažniausiai nepertraukiamai, todėl darbo imlumas yra:

$$n = 365 \cdot 24;$$

$$n = 8760 \text{ h.}$$

7.5. lentelė. Pagrindinių darbininkų darbo užmokestis

Gaminys	Metinė gamybos apimtis, t/metus	Programos darbo imlumas, tūkst. h	Darbininkų skaičius	Valandinis tarifinis atlyginimas, Eur/val	Darbo užmokestis, mln. Eur	Atskaitymai soc.draudim ui, mln.Eur
1	2	3	4	5	6	7
<i>Prieš rekonstrukciją</i>						
Amoniakas	584000	8,76	10	7	0,613	0,184
Viso suma:			-		0,797	
<i>Po rekonstrukcijos</i>						

Amoniakas	584000	8,76	10	7	0,613	0,184
Viso suma:	-				0,797	

Po technologijos rekonstrukcijos darbuotojų darbo užmokestis nekinta, nes neatsiranda jokio papildomo darbo.

Išlaidos šiluminei energijai. Nors pagrindinis gamtinių dujų kiekis reikalingas vandeniliui išgauti, kuris vėliau naudojamas sintezės procese, dalis gamtinių dujų naudojama kaip kuras, jas deginant, kad būtų gautas garas reikalingas kompresoriams. Įprastam technologijos procesui pasiekti 23 MPa slėgį, reikalingas 40 tonų/h garas, tačiau po rekonstrukcijos priimta išvada, jog proceso slėgis bus 18 MPa. Prie tokio slėgio sumažėja garų poreikis iki 31 tonos/h, o norint pagaminti 1 toną garų, mums reikia sudeginti 140 m³/h gamtinių dujų. Todėl prieš rekonstrukciją mums reikėjo 5600 m³/h gamtinių dujų, o po rekonstrukcijos 4340 m³/h.

7.6. lentelė. Išlaidos šiluminei energijai

Energijos rūšis	Kiekis, m ³ /h	Kiekis, m ³ /metus	Vieno m ³ kaina, Eur	Išlaidos šiluminei energijai, mln. Eur
1	2	3=	4	5
<i>Prieš rekonstrukciją</i>				
Gamtinės dujos	5600	49056000	0,38	18,6
<i>Po rekonstrukcijos</i>				
Gamtinės dujos	4340	38018400	0,38	14,4

Atlikus skaičiavimus, matyti, jog išlaidos pasiekti reikalingą slėgį sumažėja 4,2 mln. Eur, o tai yra 22,5 % nuo išlaidų prieš rekonstrukciją.

Amoniako sintezės technologijos tiesioginius kaštus sudaro: išlaidos gamtinėms žaliavoms, šiluminei energijai ir darbuotojų užmokesčiui.

7.3.2. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Visos su gamyba tiesiogiai nesusijusios išlaidos priskiriamos prie netiesioginių gamybos kaštų. Tačiau šie kaštai sudaro sąlygas gamybai, o tai yra valytojų, meistrų, viršininkų ir kitų darbuotojų užmokestis. Dažnai šios išlaidos priimamos didesniu kiekiu nei reikia. Priimam, kad šios išlaidos sudaro 60 % nuo apskaičiuotų tiesioginių išlaidų.

7.7. lentelė. Netiesioginiai gamybos kaštai

Tiesioginiai gamybos kaštai	<i>Prieš rekonstrukciją</i>	<i>Po rekonstrukcijos</i>
	Suma, mln. Eur	
Išlaidos šiluminei energijai	18,6	14,4
Pagrindinių darbininkų darbo užmokestis ir atskaitymai soc.draudimui	0,797	0,797
Išlaidos žaliavoms	101,11	101,11
Viso:	120,5	116,3
Netiesioginiai gamybos kaštai		
Viso:	72,3	69,78
Viso (įvertinus amortizaciją):	72,3	69,88

Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas priskiriamas taip pat netiesioginiams gamybos kaštams. Kadangi atliekama rekonstrukcija, vertiname tik naują sintezės koloną.

7.8. lentelė. Amortizaciniai atskaitymai

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, mln. Eur	Normatyvinė eksploataavimo trukmė	Nusidėvėjimo suma, mln. Eur, metams					Likutinė vertė, mln. Eur
			I	II	III	IV	V	
Įrenginiai:								
Sintezės reaktorius	1	20	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,1

Darome prielaidą, jog naujai įsigyta sintezės kolona tarnaus 20 metų. Toliau visos gamybos išlaidos surašomos į gamybos kaštų lentelę.

7.9. lentelė. Gamybos kaštai

Kaštų rūšys	Gamybos kaštai, mln. Eur	
	Gaminys	
	Amoniakas	
<i>Prieš rekonstrukciją</i>		
Pagrindinės medžiagos	101,11	
Šiluminė energija technologijai	18,6	
Gamybos darbininkų užmokestis	0,613	
Atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui	0,184	

Gamybinės netiesioginės išlaidos	72,3
Iš viso gamybos kaštų, mln. Eur	192,8
Produkcijos gamybos planas, t/metus	584000
Gaminio gamybinė savikaina, Eur/t	330,1
<i>Po rekonstrukcijos</i>	
Pagrindinės medžiagos	101,11
Šiluminė energija technologijai	14,4
Gamybos darbininkų užmokestis	0,613
Atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui	0,184
Gamybinės netiesioginės išlaidos	69,88
Iš viso gamybos kaštų, mln. Eur	186,2
Produkcijos gamybos planas, t/metus	584000
Gaminio gamybinė savikaina, Eur/t	318,8

Užpildžius gamybos kaštų lentelę, matome, jog po rekonstrukcijos gaminio gamybinė savikaina sumažėja net 3,5 %.

7.4. Veiklos kaštai

Veiklos kaštai, tai išlaidos buitiniams reikmėms, pagalbinių medžiagų ir administracinių patalpų išlaikymas, produkcijos realizavimo išlaidos, mokesčiai. Norint nustatyti jų apimtį, galima remtis faktiniais įmonės duomenimis arba priimti, jog jos gali būti nuo 5 iki 30 %. Priimta, kad veiklos kaštai sudaro 15 % gamybos kaštų.

$$n_{\text{veikloskaštai}} = 0,15 \cdot n_{\text{gamybos}};$$

$$n_{\text{veikloskaštai}}(\text{iki.rekonstr.}) = 0,15 \cdot 192,8 = 28,9 \text{ mln. Eur.};$$

$$n_{\text{veikloskaštai}}(\text{po.rekonstr.}) = 0,15 \cdot 186,2 = 27,9 \text{ mln. Eur.}$$

Veiklos kaštai pasikeitė 3,5 %.

7.5. Finansinės ir investicinės sąnaudos

Žinoma, kad įmonė yra stambiatonažė, tai reiškia, jog įmonė turi akcinį kapitalą. Veiklos kaštai po rekonstrukcijos sumažėja 3,5 %, o tai yra palanku imant ilgalaikę paskolą (investicinį kreditą). Investicinį kreditą imti pravartu ir dėl to, jog jo palūkanų normos būna daug mažesnės. Jos gali būti 3 – 4 % remiantis AB SEB banko duomenimis [22]. Naudojamas linijinis paskolos grąžinimo būdas. Paskolos suma: 1mln. Eur.

7.10. lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos gražinimo planas

Rodikliai	Projekto gyvavimo metai				
	0	1	2	3	4
1. Kredito (paskolos) suma, mln. Eur					
-ilgalaikė	1	0,25	0,25	0,25	0,25
-trumpalaikė	-				
2. Metinė palūkanų norma, %:					
-ilgalaikės paskolos	3				
-trumpalaikės	-				
3. Palūkanos, mln. Eur:					
-ilgalaikės	0,075	0,03	0,0225	0,015	0,0075
-trumpalaikės	-				
4. Ilgalaikio kredito padengimas (grąžinimas), mln. Eur	-	0,28	0,2725	0,265	0,2575

7.6. Gaminio kainos skaičiavimas

Apskaičiavus visas sąnaudas, skaičiuojama gaminių kaina, kad būtų galima planuoti gautinąsias pajamas.

7.11. lentelė. Gaminio kaina

Gaminys	Gamybinė savikaina, Eur	Veiklos sąnaudos, Eur	Investicinės veiklos sąnaudos, Eur	Pilnoji savikaina, Eur	Pelnas		Viso
					Rentabilumo procentas	Eur/vnt.	Eur/vnt.
<i>Prieš rekonstrukciją</i>							
Amoniakas	330,1	49,5	-	379,6	11	421,35	800,95
<i>Po rekonstrukcijos</i>							
Amoniakas	318,8	47,7	0,42	366,92	18	432,96	799,88

Veiklos sąnaudos gaminiui:

$$n_{veiklos} = \frac{28900000}{584000};$$

$$n_{veiklos} = 49,5 \text{ Eur}.$$

Rentabilumo vertė parinkta 11% gaminiui prieš modernizaciją, o po jos - 18 %, kad gaminio kaina išliktų nedaug pakitusi. Tai daroma norit gauti panašų pelną kaip ir prieš modernizaciją.

7.7. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

7.12. lentelė. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

Rodiklis	<i>Prieš rekonstrukciją</i>	<i>Po rekonstrukcijos</i>
	Suma, mln. Eur	
1. Pardavimo apimtis	247,73	247,73
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	192,8	186,2
3. Bendrasis pelnas (nuostolis)	54,93	61,53
4. Veiklos sąnaudos	28,9	27,9
5. Veiklos pelnas (nuostoliai)	26,03	33,63
6. Finansinė ir investicinė veikla:		
a. Pajamos	-	-
b. Sąnaudos	-	0,075
7. Pelnas (nuostoliai) prieš apmokestinimą	26,03	33,555
8. Pelno mokestis	3,9	5,03
9. Grynasis pelnas (nuostoliai)	22,13	28,525

Pelno mokestis 15 %. Po rekonstrukcijos gaunamas 28,525 mln. Eur pelna

7.8. Grynujų pinigų srautų ir pelno skaičiavimas rekonstrukcijos atveju

Rekonstrukcijos atveju skaičiuojama, kaip pasikeitė sąnaudos gaminiui ir kiek papildomai gaunama pelno.

7.13 lentelė. Sąnaudų pasikeitimas, įgyvendinus projektą

Sąnaudų rūšis	<i>Išlaidos/sąnaudos prieš rekonstrukciją</i>		<i>Išlaidos/sąnaudos po rekonstrukcijos</i>		Išlaidų/sąnaudų pokytis gaminio vienetui, Eur/t.
	Iš viso sąnaudų, mln. Eur	Sąnaudos, tenkančios produkcijos vienetui, Eur/t.	Iš viso sąnaudų, mln. Eur	Sąnaudos, tenkančios produkcijos vienetui, Eur/t.	
Išlaidos pagrindinėms medžiagoms	101,11	173,13	101,11	173,13	0
Išlaidos pagalbinėms medžiagoms	72,3	123,8	69,78	119,48	4,32
Energijos išlaidos	18,6	31,8	14,4	24,65	7,15
Amortizacija	-	-	0,1	0,17	0,17
Darbo užmokesčio išlaidos	0,613	1,05	0,613	1,05	0
Soc.draudimo išlaidos	0,184	0,31	0,184	0,31	0
Bazinė gamybos apimtis, t	584000				
Gamybos apimtis projekte, t	584000				
Iš viso išlaidų ekonomija gaminio vienetui (be amortizacijos), Eur/t.				11,47	
Iš viso išlaidų ekonomija (nuostoliai), mln.Eur				6,72	

Įvertinus skaičiavimus rekonstrukcijai, gaunamas 11,47 Eur/t pelnas vienetui, o papildomas pelnas 6,72 mln. Eur. Galima daryti išvadą, kad rekonstruota amoniako sintezės technologija su dviem sintezės reaktoriais neša didesnę pelną.

7.14. lentelė. Projekto grynujų pinigų srautų skaičiavimas

Metai	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	<i>Prieš rekonstrukciją</i>	<i>Po rekonstrukcijos</i>				
	0	1	2	3	4	5
Pardavimo kiekis, t	584000	584000	584000	584000	584000	584000
Pardavimo kaina, Eur/t	800,95	799,88	831,88	865,15	899,76	935,75
Pajamos, mln. Eur	247,30	247,73	485,82	505,25	525,46	546,48
Gamybinė savikaina, Er/t	330,10	318,80	331,55	344,81	358,61	372,95
Gamybiniai kaštai, Eur	192,78	186,18	193,63	201,37	209,43	217,80
Bendrasis pelnas, Eur	54,52	61,55	292,19	303,88	316,03	328,67
Veiklos kaštai, Eur	28,90	27,90	29,02	30,18	31,38	32,64
Veiklos pelnas, Eur	25,62	33,65	263,17	273,70	284,65	296,03
Finansinės ir investinės veiklos kaštai, Eur	0,00	0,25	0,25	0,25	0,25	
Pelnas prieš apmokestinimą, Eur	25,62	33,40	262,92	273,45	284,40	296,03
Pelno mokestis, Eur	3,84	5,01	39,44	41,02	42,66	44,41
Grynasis pelnas, Eur	21,78	28,39	223,48	232,43	241,74	251,63
Atsargos	0,00	37,16	72,87	75,79	78,82	81,97
Pirkėjų skolos	0,00	49,55	97,16	101,05	105,09	109,30
Skolos tiekėjams	0,00	18,62	19,36	20,14	20,94	21,78
Apyvartinis kapitalas	0,00	68,09	150,67	156,70	162,97	169,49
Kapitalo pokytis	0,00	68,09	82,59	6,03	6,27	6,52
Grynasis pelnas	0,00	28,39	223,48	232,43	241,74	251,63
Nusidėvėjimas	0,00	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Projekto pagrindinės veiklos pinigų srautai	0,00	-39,63	140,96	226,47	235,53	245,17
Investicijos	-1,80					
Likutinė vertė						170,97
Projekto grynas pinigų srautas	-1,80	-39,63	140,96	226,47	235,53	416,14
Suminis grynas pinigų srautas	-1,80	-41,43	99,53	326,00	561,53	977,67
Diskonto koeficientas	1,00	0,95	0,89	0,84	0,80	0,75
Diskontuotas grynas pinigų srautas	-1,80	-37,46	125,93	191,23	187,98	313,91
Suminis diskontuotas pinigų srautas	-1,80	-39,26	86,67	277,90	465,87	779,78

Atliekant skaičiavimus priimtos šios prielaidos:

- pardavimo kaina, gamybinė savikaina, veiklos kaštai kasmet padidėja po 4 %,
- atsargų vertė sudaro 15 % pardavimų pajamų vertės,
- pirkėjų skolų vertė sudaro 20 % pardavimų pajamų vertės,
- skolų tiekėjams vertė sudaro 10 % gamybinių kaštų vertės.

Atsižvelgiant į suminių grynujų pinigų srautą, galima teigti, jog rekonstrukcija yra naudinga.

7.9. Investicijų efektyvumo vertinimas

7.9.1. Vidutinių svertinių kapitalo kaštų skaičiavimas

Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai apskaičiuojami:

$$KK = W_{is} \cdot k_{is} + W_{pr} \cdot k_{pr} + W_p \cdot k_p;$$

čia W_{is} ; W_{pr} ; W_p – svarumo koeficientai, parodantys įsiskolinimų, privilegijuotųjų ir paprastųjų akcijų lyginamąjį svorį kapitalo struktūroje.

Įsiskolinimų kaštai apskaičiuojami:

$$k_{is} = i \cdot (1 - M);$$

čia i – palūkanų norma paskolai, %; M – vidutinė mokesčių norma (vidutiniškai 15 %).

Privilegijuotosios akcijos kaina apskaičiuojama:

$$k_{pr} = (D_{pr} / P_a) \cdot 100;$$

čia D_{pr} – metinis privilegijuotosios akcijos dividendas, Eur; P_a – pelnas, kurį įmonė gauna išleisdama akcijas, Eur.

Naujai išleistos paprastosios akcijos kaina apskaičiuojama:

$$k_{pr} = (D_{pr} / P_a + q) \cdot 100;$$

čia q – dividendų prieaugio norma; ją galima parinkti pagal praėjusių metų normą, prognozuoti.

7.15. lentelė. Vidutinių svertinių kapitalo kaštų skaičiavimo rezultatai [23,24]

Skolinto kapitalo dalis kapitalo struktūroje	W_{is}	56%
Nuosavo kapitalo dalis kapitalo struktūroje	W_{pr}	44%
Palūkanų norma	i	6.00%
Pelno mokesčio tarifas	M	15.00%
Skolinto kapitalo kaštai	K_{is}	5.10%
Nerizikinga palūkanų norma rinkoje	R_f	0.29%
Įmonės rizikingumo laipsnis	β	1.00
Rinkos rizikos priedas Lietuvoje	R_{pm}	6.46%
Nuosavo kapitalo kaštai	K_{pr}	6.75%
Projekto kapitalo kaštai	WACC	5.80%

Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai – 5,8 % yra mažesni už vidinę pelno normą, kuri siekia 82,33 %. Daroma prielaida, jog investicijos modernizuojant technologiją panaudotos naudingai.

7.9.2. Vidinės pelno normos skaičiavimas

Vidinė pelno norma – tai diskonto norma, kuri projekto būsimųjų grynujų pinigų įplaukų dabartinę vertę prilygina projekto būsimųjų išlaidų dabartinei vertei. Pasinaudojus Microsoft „Excel“ programa ir naudojantis IRR funkcija, buvo nustatyta jog vidinė pelno norma yra 82,33 %.

7.9.3. Pelningumo arba rentabilumo indekso skaičiavimas

Pelningumo arba rentabilumo indeksas – tai pelno ir išlaidų santykis:

$$PI = \sum_{i=1}^n \frac{\left(\frac{GPS_i}{(1+KK)^n} \right)}{GPS_0};$$

čia $\left(\frac{GPS_i}{(1+KK)^n} \right)$ – diskontuotų GPS suma, pradedant pirmaisiais metais; GPS_0 – nulinių metų

GPS.

$$PI = \frac{18,51}{1,8} = 10,2.$$

Kuo PI didesnis, tuo projektas priimtinesnis. Suskaičiuota PI vertė nusako, jog investuotieji kaštai nagrinėjamoje technologijos rekonstrukcijoje atneš 10 kartų didesnes pajamas.

7.9.4. Lūžio taško skaičiavimas

Lūžio taškas galima rasti pagal lygtį:

$$B_{Lj} = \frac{PK}{c_j - kk_j};$$

$$B_{Lj} = \frac{27,975 \cdot 10^6}{799,88 - 318,8} = 58150 t$$

čia B_{Lj} – j – ojo gaminio pardavimo apimtis lūžio taške, t.; c_j – j – ojo gaminio tonos kaina, Eur; kk_j – j – ojo gaminio tonos kintamieji kaštai, Eur.

7.16. lentelė. Lūžio taško skaičiavimas

Rodikliai	Amoniakas
Pastoviųjų kaštų suma, mln.Eur	27,9
Gaminio kaina, Eur	799,88
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	318,8
Lūžio taškas, t.	58150
Pardavimo planas, t.	584000

Pagal lūžio tašką nustatoma, kiek reikia pagaminti ir parduoti produkto, kad veikla būtų pelninga. Atlikus skaičiavimus, nustatyta, jog lūžio taškas pasiekiamas pagaminus ir pardavus 58150 t amoniako, tai yra 10 % pardavimo plano.

7.10. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai

Suvestinėje lentelėje surašomi tokie apskaičiuoti rodikliai: pelno, darbo, našumo, produkcijos, apyvartos ir kapitalo rentabilumo rodikliai ir kt.

$$R_{prod} = \frac{(P \cdot 100)}{(GK + VS)} = \frac{25,62 \cdot 100}{192,78 + 28,9} = 11,5\%$$

$$R_{ap} = \frac{(P \cdot 100)}{B_{pard}} = \frac{25,62 \cdot 100}{247,3} = 10\%$$

$$R_k = \frac{(P \cdot 100)}{(PF + AL)}$$

čia GK ir VS – atitinkamai: parduodamos produkcijos gamybos kaštai ir veiklos sąnaudos, mln. Eur; B_{pard} – pardavimo apimtis, mln. Eur; PF ir AL – atitinkamai: pagrindinių priemonių ir apyvartinių lėšų vertė, mln. Eur.

7.17. lentelė. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai

Rodikliai	<i>Prieš rekonstrukciją</i>	<i>Po rekonstrukcijos</i>	Pokytis
Produkcijos pardavimo apimtis, tonomis brandos stadijoje	584000	584000	-
Gautinosios pajamos, mln.Eur	247,3	247,3	-
Įmonės personalas, žmonėmis:			
Iš to skaičiaus darbininkai	10	10	-
Darbo našumas, mln. Eur:			
Darbininko	0,613	0,613	-
Vidutinis metinis darbo užmokestis, Eur:			
Darbininko	0,0613	0,0613	-
Gamybos kaštai, mln. Eur	192,78	186,18	6,6
Gaminio pilnoji savikaina, Eur.	800,95	799,88	1,07
Grynasis pelnas, mln.Eur	21,78	28,39	6,61

Papildomas pelnas, gautas įgyvendinus projektinius sprendimus	-	6,72	6,72
Investicijų apimtis, mln.Eur	-	1,8	1,8
Produkcijos rentabilumas, %	11	18	7
Apyvartos rentabilumas, %	10	10	-
Kapitalo rentabilumas, %			
Projekto investicijų atsipirkimo trukmė, metais	-	1,62	1,62
Projekto grynoji esamoji vertė, mln.Eur	-	780	780
Kapitalo kaštai, %	-	5,8	5,8
Vidinė pelno norma, %	-	82,33	82,33

Atlikus renovuojamos technologinės linijos ekonominį ir finansinį vertinimą, nustatyta, jog objektui reikalingas 1,8 mln. Eur finansavimas. Įvertinus skaičiavimus rekonstrukcijai, gaunamas 11,47 Eur/t pelnas vienetai, o papildomas pelnas 6,72 mln. Eur. Taip pat įvertintas investicijų efektyvumas. Atlikus lūžio taško skaičiavimus, nustatyta, jog pagaminus ir pardavus 58150 t produkto, veikla tampa pelninga, o tai yra 10 % pardavimo plano. Šie rezultatai patvirtina, jog rekonstrukcija yra efektyvi.

8. APLINKOSAUGINIS VERTINIMAS

8.1. Bendroji dalis

Besivystant pramonei vis dažniau kalbama apie aplinkosaugos problemas. Tai aktualu ne tik dėl išteklių naudojimo, bet ir oro, dirvožemio bei vandens taršos. Šie veiksniai daro įtaką ne tik pačiai planetai, bet ir žmonių sveikatai, visam gyvajam pasauliui. Vadinasi, šviri aplinka reikalinga ne tik mums, bet ir ateities kartoms.

Kiekviena įmonė, gaminanti produktą, turėtų užtikrinti gamybos priežiūrą visais gamybos etapais, siekti efektyviai naudoti išteklius. Chemijos produktų gamyba privalo būti grindžiama darnaus vystymosi principais. Tai užtikrina saugų gamybos poveikį žmonėms ir aplinkai, nes diegiamos modernios ir efektyvios bei saugios technologijos.

Projektuojant procesus svarbiausias dalykas yra medžiagų balansas. Apimdamas visą procesą, medžiagų balansas leidžia apskaičiuoti reikalingą žaliavų ar produktų kiekį. Balansą sudarius, galima skaičiuoti proceso srautus, bei įrenginių našumus.

Amoniakas yra pagrindinė žaliava azotinėms trąšoms gaminti. Tačiau amoniako gamyba reikalauja didelių energetinių sąnaudų. Amoniako gamybos agregatų Europoje energetinių sąnaudų tonai amoniako vidurkis yra 35,2 GJ/t amoniako. Siekiant gerinti daromą poveikį aplinkai, įmonės turėtų:

- vykdyti aplinkos taršos prevenciją;
- vykdyti taršos stebėjimą;
- taupiai naudoti energetinius išteklius;
- užtikrinti aplinkos apsaugos programos įgyvendinimą;
- ugdyti darbuotojų požiūrį į gamtos apsaugą.

Technologinis procesas yra nuolatinio veikimo, naudojantis daug šiluminės energijos, bei žaliavų. Šio proceso metu kaip atliekos yra atidurbęs savo laiką katalizatorius bei išmetimai į orą, kurie yra sudeginami oro valymo įrenginyje. Atliekos bei išmetimai į orą neviršija norminių reikalavimų.

Vertinant preliminariai gamybos poveikį aplinkai, galima teigti, kad kenksmingumas gamtai nėra didelis, tačiau vertinant žaliavas, elektros energiją bei šiluminę energiją, poveikis aplinkai kur kas didesnis.

8.1. lentelė. Sunaudojamos žaliavos ir energija

Pagrindinės žaliavos pavadinimas	Kiekis, m³/h
Gamtinės dujos	795786
Vandens garai	132783
Oras	60745
Energija:	Kiekis, kW/h
Elektros	63
Šiluminė	95370 (MJ/h)

Įmonė elektros energijos negamina, todėl poveikis aplinkai, dėl elektros energijos gamybos vertinamas kaip minimalus.

Projektuojant procesus, svarbiausias dalykas yra medžiagų balansas. Apimdamas visą procesą, medžiagų balansas leidžia apskaičiuoti reikalingą žaliavų ar produktų kiekį. Balansą sudarius, galima skaičiuoti proceso srautus, bei įrenginių našumus.

8.2. Išmetimai į orą

8.2. lentelė. Tarša į aplinkos orą

Taršos šaltiniai	Teršalai	Leidžiama tarša		
		Mato vnt.	Maks.	Metinė, t/m
Amoniako sintezės paleidimo šildytuvo poz. 29 kaminas	Azoto oksidai	g/s	0,636	0,11
	Anglies monoksidas		0,57	0,098
	Sieros dioksidas		0,007	0,0012

8.3. lentelė. Aplinkos oro taršos šaltinių fiziniai duomenys

Taršos šaltiniai			Išmetamų dujų rodikliai matavimo vietoje			Teršalų išmetimo trukmė val./m.
Pavadinimas	Aukštis,m	Išėjimo angos matmenys, m	Srauto greitis, m/s	Temperatūra, °C	Tūrio debitas, Nm ³ /s	
Sintezės skyriaus kaminas	70	1,5	10,5	500	16	48

Dujinių išmetimų sudeginimui naudojamas aukštas vamzdinis fakelas. Viršutinėje jo dalyje įmontuoti pastoviai veikiantys degikliai, uždegimo įtaisai. Dujiniai išmetimai deginami fakelo difuzoriuje. Čia jie susimaišo su apsaugai tiekiamu azotu, degimui reikalingu oru. Fakelas dega atvira liepsna, degimo produktai patenka tiesiog į atmosferą. Metanas, vandenilis ir amoniakas fakelų liepsnoje sudega pilnai. Degant amoniakui daugiausiai pasigamina N₂, tačiau gali būti ir NO_x priemaišų (1÷1,5 % nuo deginamo amoniako kiekio). Fakelas skirtas technologinėms dujoms deginti cecho leidimo – stabdymo arba avarinio stabdymo metu. Į fakelą tuo metu pateks 4000 – 20000 m³/h kintančios sudėties dujų iš įvairių gamybos stadijų.

Amoniako gamybos agregate gali įvykti neatitiktiniai teršalų išmetimai į aplinkos orą:

- prasidėjus avariniam stojimui, dujinės technologinės terpės automatiškai nukreipiamos į fakelą sudeginimui. Blogiausia, kai į fakelą patenka technologinės dujos, turinčios amoniako. Degant amoniakui, pasigamina papildomas kiekis NO_x. Dėl šių priežasčių pavojingiausia, kai stabdomas avariniu režimu sintezės skyrius. Į fakelą patenka 141 Nm³/s srautas, turintis greta azoto ir vandenilio ir apie 14% amoniako.
- įrengimų pralaidos (dehermetizacija). Tai neorganizuoti išmetimai ir jie negali būti nuspėjami. Jei personalas eksploatuoja įrenginius tinkamai, dehermetizavimo galimybė labai maža.

8.3. Atliekos

8.4. lentelė. Katalizatoriaus atliekos

Atliekos pavadinimas	Atliekos susidarymo vieta	Cheminė sudėtis	Susidarymo kiekis, t/m	Susidarymo periodiškumas
Amoniaiko sintezės katalizatorius	Sintezės kolona	Fe ₂ O ₃ 90,2-97 % Al ₂ O ₃ 0,8-3 % CaO 0,8-3 % K ₂ O 0-0,7 %	8,5	15 metų

Technologiniame procese gamybos atliekos nesusidaro. Priimama, kad gamybos metu, kaip atliekos priskiriama susidėvėjęs katalizatorius ir būtines atliekos.

Įvertinus amoniako sintezės technologijos daromą žalą aplinkai, galima teigti, jog pagrindinis teršalų šaltinis yra gamtinės dujos. Joms degant dėl šiluminės energijos, ar norint išgauti vandenilį dėl sintezės proceso, susidaro pagrindiniai oro teršalai. Norint šių teršalų išvengti, reikėtų ieškoti kitų vandenilio išgavimo būdų, pvz. vandens – dujų reakcijos panaudojimas technologijoje.

Katalizatoriaus atliekos saugojamos katalizatoriaus atliekų aikštelėje. Šių atliekų sudėtis priklauso nuo katalizatoriaus sudėties.

IŠVADOS

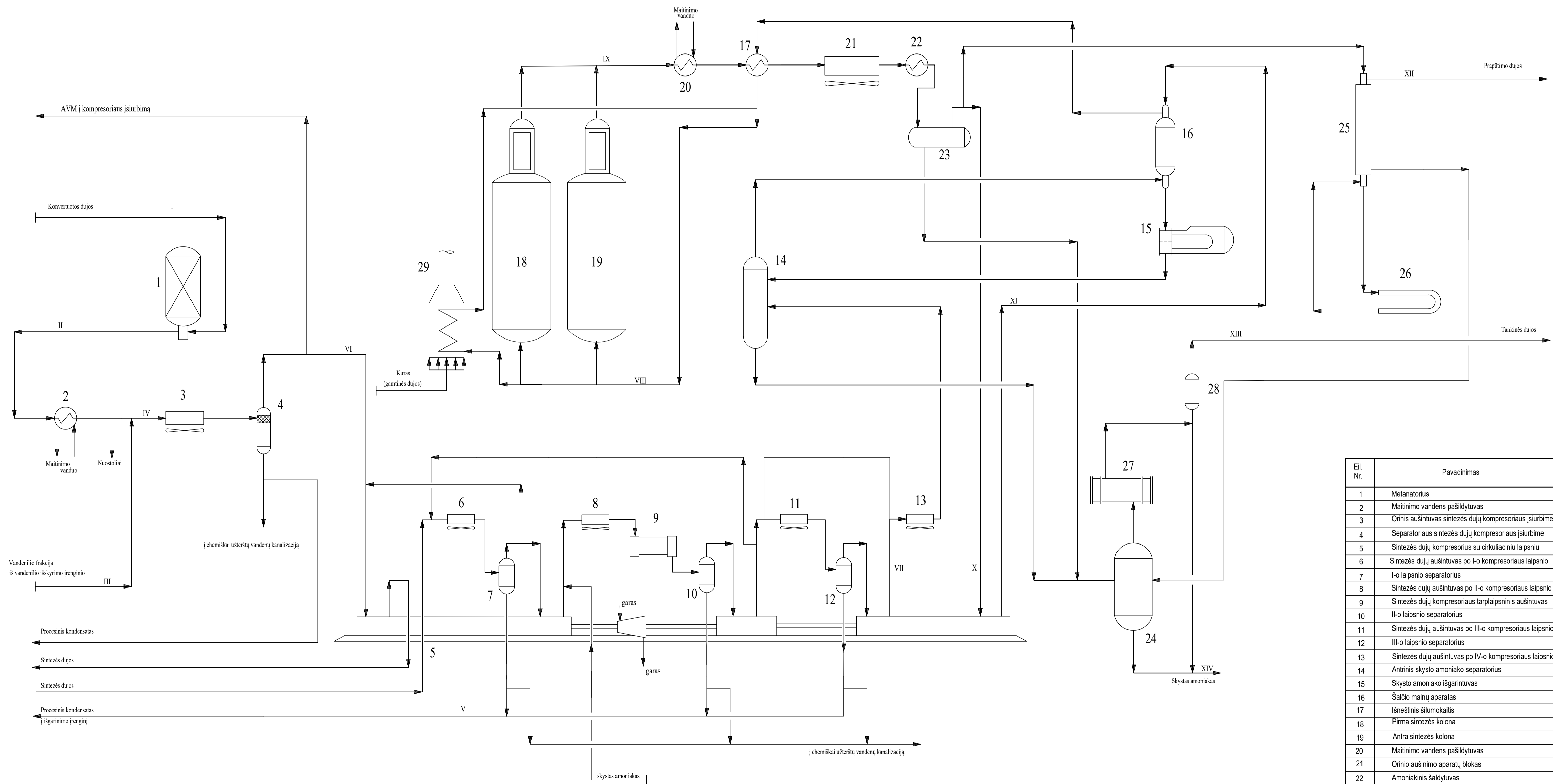
1. Atlikus medžiagų balanso skaičiavimus amoniako sintezės technologijai su viena ir su dviem sintezės kolonomis, pasinaudojant empirinėmis formulėmis, žinynais, nomogramų grafiku ir Aspen HYSYS programa, buvo nustatyta, jog kinta susikondensavusio amoniako kiekis skysto amoniako rinktuve. Amoniako koncentracija po sintezės padidėja 3 %, o produkto pagaminama 2412 kg/h daugiau.
2. Nustačius optimalius metodus, naudojantis Aspen HYSYS programa, suprojektuota amoniako sintezės technologinė linija su dviem sintezės reaktoriais. Įvertinus gautus rezultatus, priimta, jog tokia technologinė linija gali dirbti esant 5 MPa mažesniai slėgiui ir gaminti tokį pat kiekį produkto kaip ir technologinėje linijoje su viena sintezės kolona, esant 23 MPa slėgiui. Tokiu būdu sumažinami kaštai kompresijos skyriuje. Įprastam technologijos procesui pasiekti 23 MPa slėgį, reikalingas 40 tonų/h garas, tačiau po rekonstrukcijos priimta išvada, jog proceso slėgis bus 18 MPa. Prie tokio slėgio sumažėja garų poreikis iki 31 tonos/h, o norint pagaminti 1 toną garų, mums reikia sudeginti 140 m³/h gamtinių dujų. Todėl prieš rekonstrukciją mums reikėjo 5600 m³/h gamtinių dujų, o po rekonstrukcijos 4340 m³/h.
3. Atlikta darbuotojų saugos ir sveikatos analizė, kuri įvertinta pagal profesinę riziką, elektrosaugą, darbo higieną ir gaisrinę saugą. Pagal medžiagų gaisrinį pavojų, gamybinės zonos buvo priskirtos pagal sprogo ir gaisro pavojų. Įvertinus gaisro grėsmes, buvo suprojektuotas kompresorinės evakuacijos planas.
4. Taip pat pateiktas renovuojamos amoniako sintezės technologinės linijos statybinis vertinimas. Amoniako sintezės linija pastatyta Jonalaukio kaime, Jonavos rajone. Bendras naudojamo sklypo plotas 33,48 arai, o gamybiniais įrenginiais skirtas užimamas plotas – 1044 m².
5. Atlikus renovuojamos technologinės linijos ekonominį ir finansinį vertinimą, nustatyta, jog objektui reikalingas 1,8 mln. Eur finansavimas. Įvertinus skaičiavimus rekonstrukcijai, gaunamas 11,47 Eur/t pelnas vienetui, o papildomas pelnas 6,72 mln. Eur. Taip pat įvertintas investicijų efektyvumas. Atlikus lūžio taško skaičiavimus, nustatyta, jog pagaminus ir pardavus 58150 t produkto, veikla tampa pelninga, o tai yra 10 % pardavimo plano. Šie rezultatai patvirtina, jog rekonstrukcija yra efektyvi.
6. Įvertinus aplinkosauginius aspektus, daroma išvada, jog pagrindinis teršalų šaltinis yra gamtinės dujos. Joms degant dėl šiluminės energijos, ar norit išgauti vandenilį dėl sintezės proceso, susidaro pagrindiniai oro teršalai, tačiau vykstant procesui neviršijami nustatyti ribiniai dydžiai.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Chavis J. C. The Effects and Uses of Ammonia in Agriculture [interaktyvus]. JAV: 2006 [žiūrėta 2018 04 10]. Prieiga per internetą: <http://www.brighthub.com/environment/scienceenvironmental/articles/73262.aspx>
2. Roper L. D. World Ammonia Production [interaktyvus]. JAV: 2008 [žiūrėta 2018 05 22]. Prieiga per internetą: <http://www.roperld.com/science/minerals/ammonia.htm>
3. Vroomen H. Natural Gas and the U.S. Fertilizer Industry [interaktyvus]. JAV: 2008 [žiūrėta 2018 05 21]. Prieiga per internetą: <http://consumerenergyalliance.org/wp/wpcontent/uploads/2010/07/Vroomen-CEA-Natural-Gas-Committee-July-15-2010presentation-at-TFI-hv.pdf>.
4. Ball J. Back to Basics: The Roles of N, P, K and Their Sources [interaktyvus]. JAV: 2007 Prieiga per internetą: <http://www.noble.org/ag/soils/back2basics/>
5. Fertilizer Requirements in 2015 and 2030 [interaktyvus]. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2000 [žiūrėta 2018 04 01]. Prieiga per internetą: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/barfinal.pdf>
6. Jacopo C, Guazzone F, Mardilovich I P, Kazantzis N K, Ma Y H. // Ind. Eng. Chem. Res. 2013. Vol 52, N 3. P. 1042–1055.
7. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Ammonia. 2006, 77p.
8. United States Environmental Protection Agency. Technical Support Division. Background Report AP-42 Section 5.2: Synthetic Ammonia. [interaktyvus]. Research Triangle Park, 1990 [žiūrėta 2016 02 16]. Prieiga per internetą: <https://nepis.epa.gov/>
9. The Essential chemical industry online. [interaktyvus]. Didžioji Britanija: 2014 [žiūrėta 2018 04 10]. Prieiga per internetą: <http://www.essentialchemicalindustry.org/chemicals/ammonia.html>
10. Thompson E V, Ceckler W H. Introduction to Chemical Engineering. New York, NY: McGraw-Hill, 1977.
11. Costs of Doing Business [interaktyvus]. Saudi Arabian General Investment Authority: 2015. [žiūrėta 2018 04 06]. Prieiga per internetą: <https://www.sagia.gov.sa/en/Investment-climate/Costs-Of-DoingBusiness/>.
12. R. M . Technologies [interaktyvus]. Jungtinės Amerikos Valstijos: 2003 [žiūrėta 2018 04 12]. Prieiga per internetą: http://www.rmtech.net/uses_of_ammonia.htm.
13. International Fertilizer Industry Association. Production and international trade. [interaktyvus]. Prancūzija: 2015 [žiūrėta 2016 04 11]. Prieiga per internetą: http://www.fertilizer.org/En/Statistics/PIT_Excel_Files.aspx.

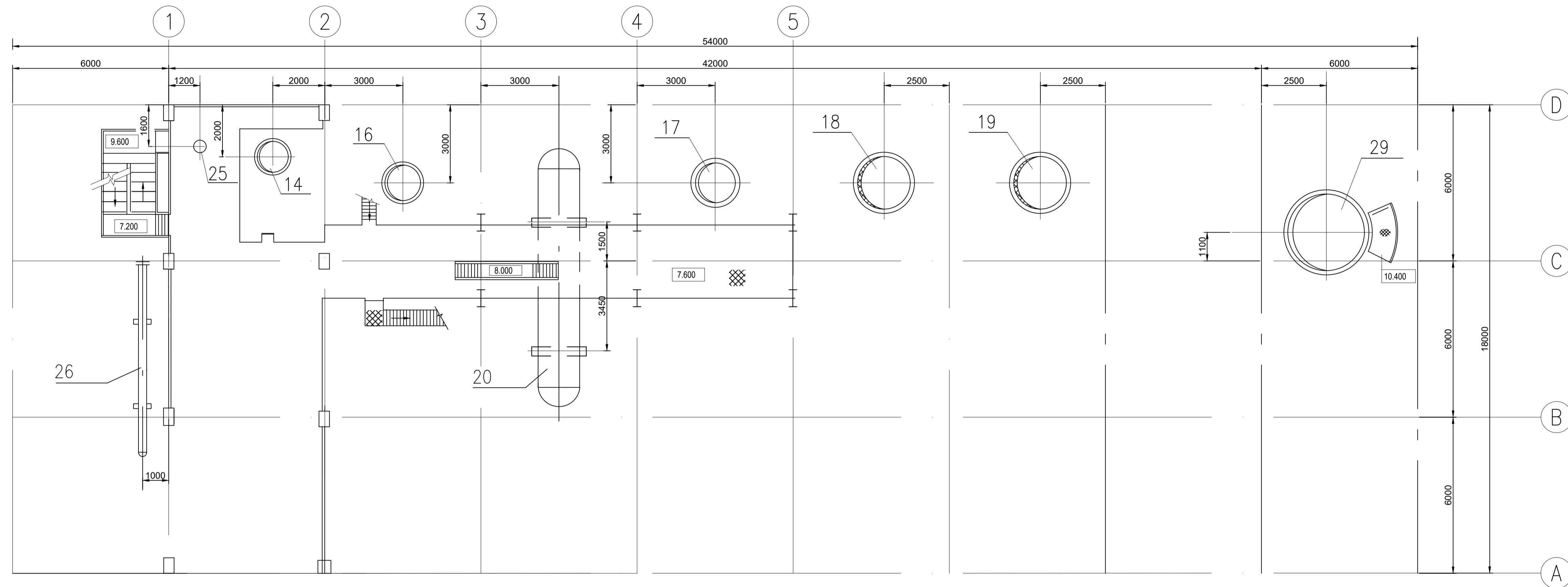
14. Global Carbon Emissions CO2 Now [interaktyvus]. Kanada: 2007 [žiūrėta 2018 04 11]. Prieiga per internetą: <http://co2now.org/Current-CO2/CO2-Now/global-carbon-emissions.html>
15. Sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklės. Valstybės žinios, 2004, Nr.134-4878.
16. UAB „Sabelija“ [interaktyvus]. Lietuva: 2014 [žiūrėta 2018 05 01]. Prieiga per internetą: <http://www.sabelija.lt/lt/paslaugos/item/68-profesines-rizikos-vertinimas>.
17. HN 23:2011. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai. Valstybės žinios, 2011, Nr. 112-5274.
18. Darbuotojų apsaugos nuo cheminių veiksnių darbe nuostatai. Valstybės žinios, 2001, Nr.65-2396;
19. Saugos eksploatuojant elektros įrenginius taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 39-1878
20. Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai. Valstybės žinios, 2010, Nr. 146 -7510 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2011-06-21, Žin., 2011, Nr.: 75-3661; 2011-02-24, Žin., 2011, Nr. 23-1137).
21. UAB „Lietuvos dujų tiekimas“ [interaktyvus]. Lietuva: 2015 [žiūrėta 2018 05 10]. Prieiga per internetą: <https://www.ldtiekimas.lt/dujos-namams/duju-kainos/>
22. AB SEB [interaktyvus]. Lietuva: 2018 [žiūrėta 2018 05 10]. Prieiga per internetą: <https://www.seb.lt/verslo-klientams/finansavimas/investiciju-ir-verslo-pletros-finansavimas/kreditai>.
23. Lietuvos valstybės vertybinių popierių metinė apžvalga [interaktyvus]. Lietuva: 2017 [žiūrėta 2018 05 12]. Prieiga per internetą: <https://finmin.lrv.lt/uploads/finmin/documents/files/Apzv2017L.pdf>.
24. Damodaran Online [interaktyvus]. JAV: 2016 [žiūrėta 2018 05 12]. Prieiga per internetą: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>.
25. Slėginių indų naudojimo taisyklės DT 12-02. Valstybės žinios, 2002, Nr. 115-5165.
26. HN 33:2011. „Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“. Valstybės žinios, 2011, Nr. 75-3638.
27. HN 98:2014. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai. TAR, 2014, Nr. 5119.

PRIEDAI



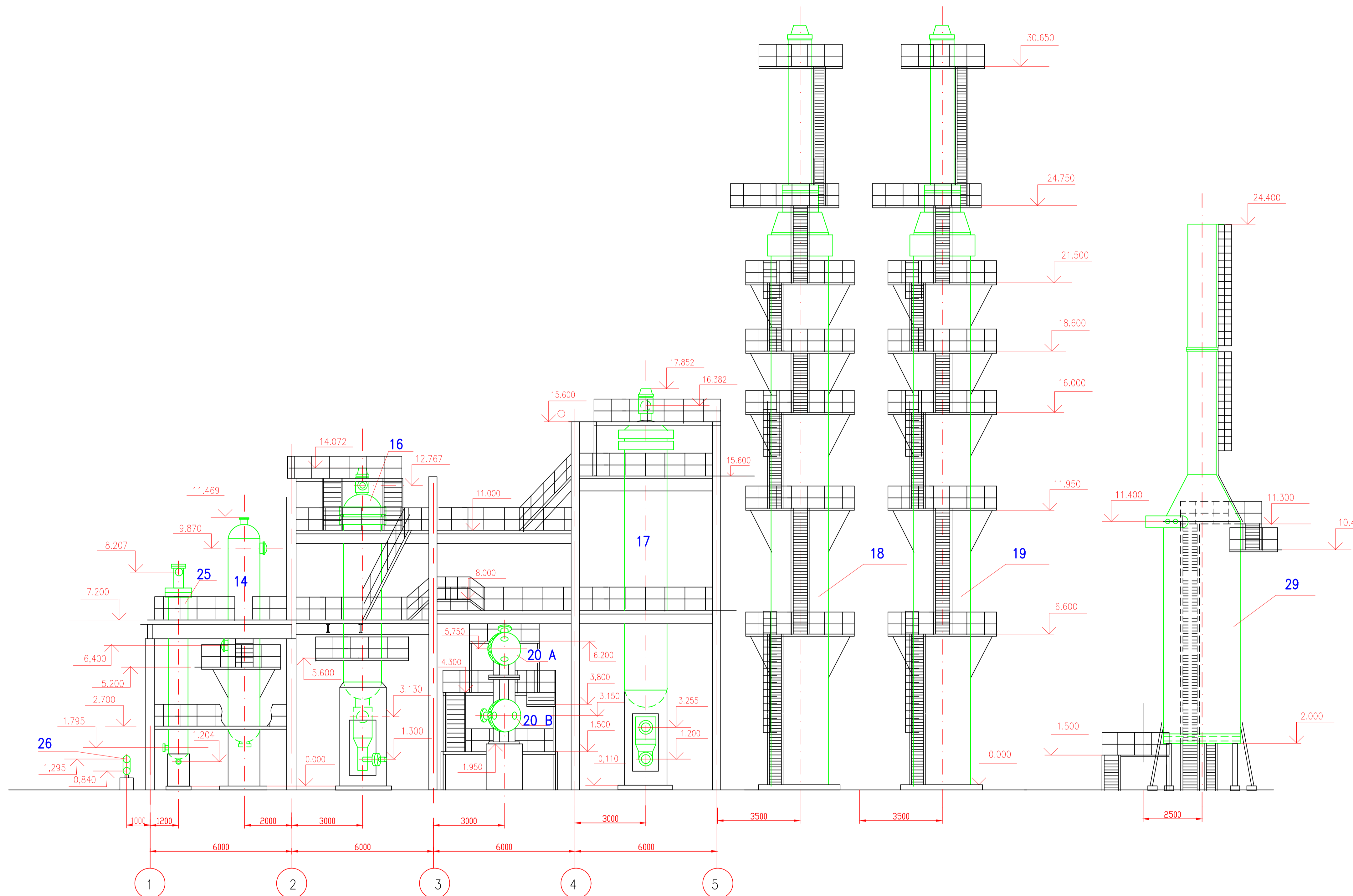
Eil. Nr.	Pavadinimas
1	Metanatorius
2	Maitinimo vandens pašildytuvas
3	Orinis aušintuvas sintezės dujų kompresorius įsiurbime
4	Separorius sintezės dujų kompresorius įsiurbime
5	Sintezės dujų kompresorius su cirkuliaciniu laipsniu
6	Sintezės dujų aušintuvas po I-o kompresorius laipsnio
7	I-o laipsnio separatorius
8	Sintezės dujų aušintuvas po II-o kompresorius laipsnio
9	Sintezės dujų kompresorius tarpilaisninis aušintuvas
10	II-o laipsnio separatorius
11	Sintezės dujų aušintuvas po III-o kompresorius laipsnio
12	III-o laipsnio separatorius
13	Sintezės dujų aušintuvas po IV-o kompresorius laipsnio
14	Antrinis skysto amoniako separatorius
15	Skysto amoniako išgarintuvas
16	Šalčio mainų aparatas
17	Išneštinis šilumokaitis
18	Pirma sintezės kolona
19	Antra sintezės kolona
20	Maitinimo vandens pašildytuvas
21	Orinio aušinimo aparatų blokas
22	Amoniakinis šaldytuvas
23	Pirminis skysto amoniako separatorius
24	Skysto amoniako rinktuvas
25	Prapūtimo dujų kondensacinė kolona
26	Prapūtimo dujų skysto amoniako išgarintuvas
27	Tankinių dujų skysto amoniako išgarintuvas
28	Tankinių dujų separatorius
29	Paleidimo pašildytuvas

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC - 6	Studentas	Iv. BlauzdBūnas	Amoniako sintezės technologinis vertinimas	
	Konsultantas	O. Vilūnienė	mastelis 1:100	
	Vadovas	S. Kilytys	Technologinė schema	
	Recenzentas	A. Jaskūnas	Laido	
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra		Lapas	
MBD	LT - 50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas		Lapų	
	2018 - MBD - FNC		1 5	



Posi- cija	Pavadinimas ir techninės charakteristikos
26	Prapūtimo dujų skysto amoniako išgarintuvas
25	Prapūtimo dujų kondensacinė kolona
14	Antrinis skysto amoniako separatorius
16	Šalčio mainų aparatas
20	Maitinimo vardinis pašildytuvas
17	Išneštinis šilumokalis
18	Pirma sintezės kolona
19	Antra sintezės kolona
29	Paleidimo pašildytuvas

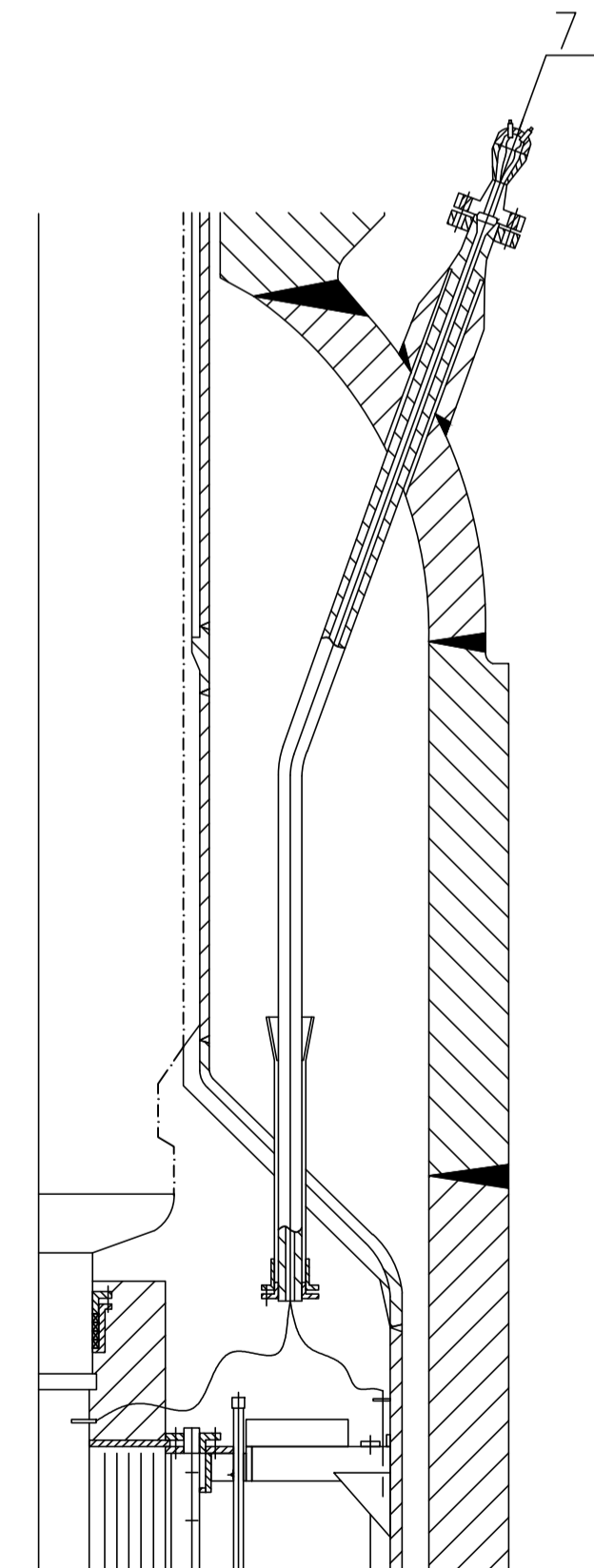
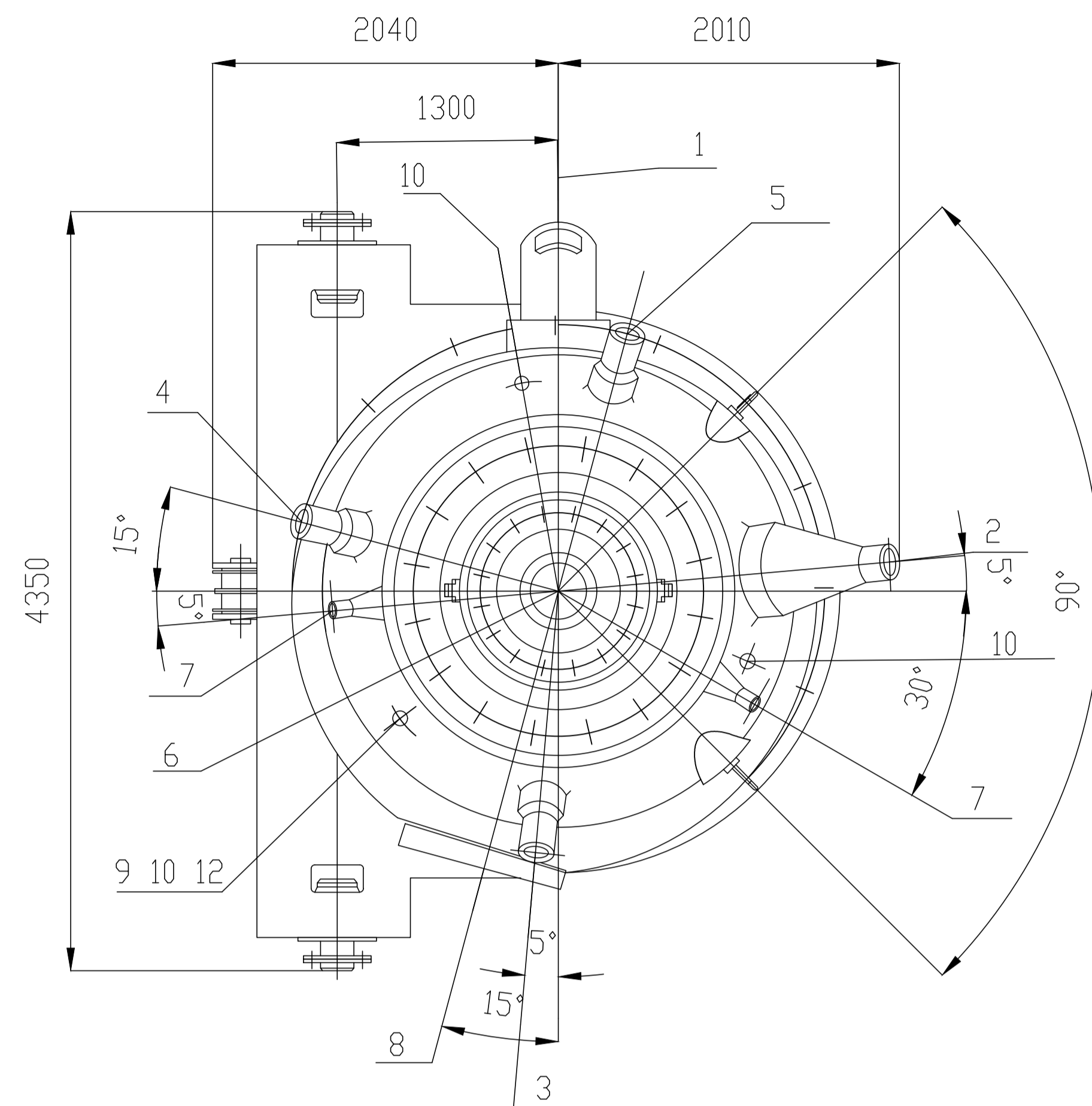
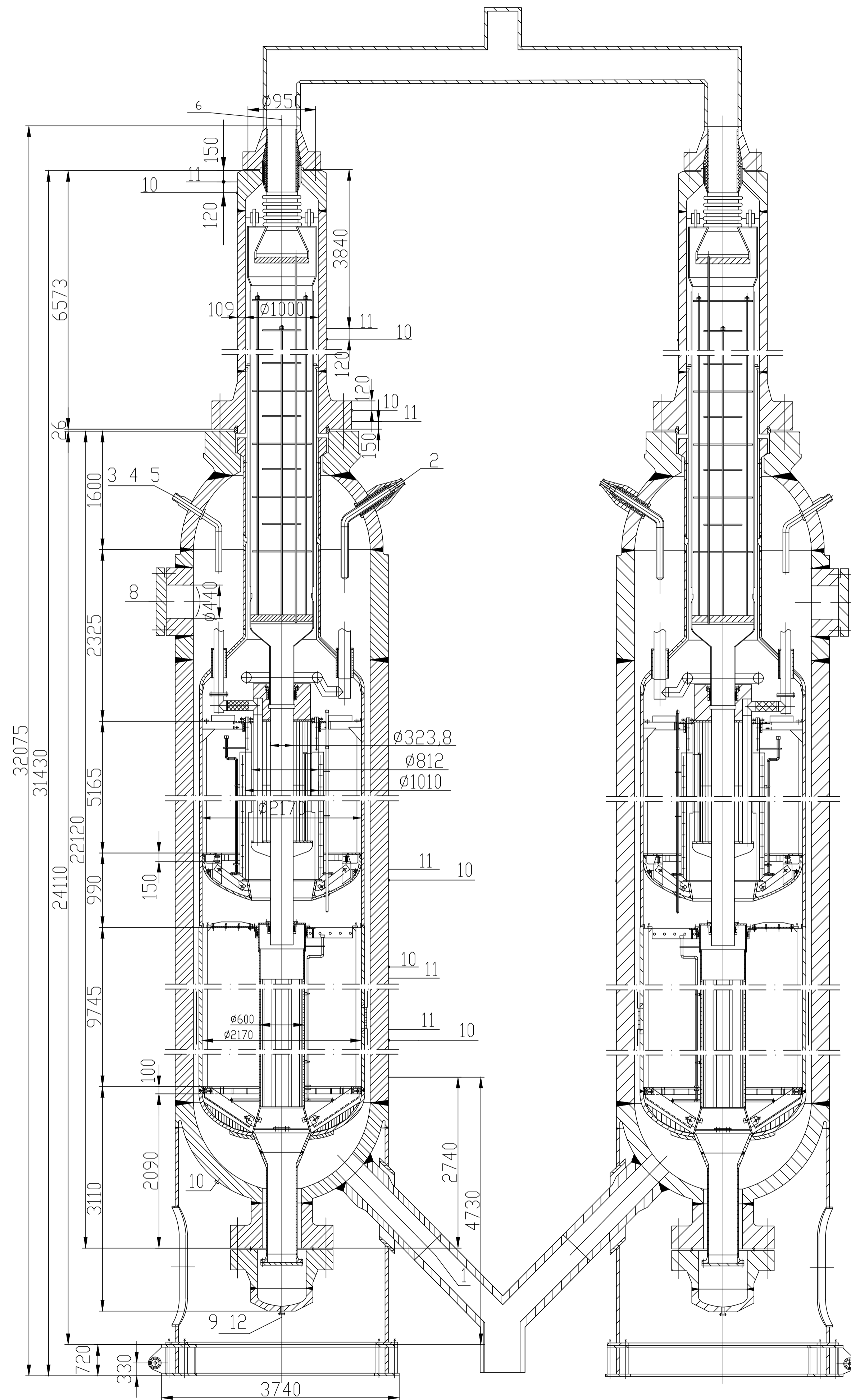
Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas	Magistro baigiamasis darbas	
TMC - 6	Studentas: IV. Blauzdžiūnas	Amoniakio sintezės technologinis vertinimas	
	Konsultantas: O. Viliūnienė	masштаis 1:100	
	Vadovas: S. Kityis	Vaizdas iš viršaus	
	Recenzentas: A. Jaskūnas	Laida	
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra	2018 - MBD - FNC	
MBD	LT - 50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas	Lapas	Lapų
		3	5



Pas. nr.	Pavadinimas ir techninės charakteristikos
26	Prapūtimo dujų skysto amoniako išgarintuvas
25	Prapūtimo dujų kondensacinė kolona
14	Antinis skysto amoniako separatorius
16	Šaltio mainų aparatas
20	Maitinimo vandens pašildytuvas
17	Išnešinis šilumokalis
18	Pirma sintezės kolona
19	Antra sintezės kolona
29	Paleidimo pašildytuvas

Grupė		KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC - 6	Studentas V. Blažudžiūnas	Konsultantas O. Vilkonienė		Amoniakio sintezės technologinis vertinimas	
	Vadovas S. Kihys	Recenzentas A. Jaskūnas		mastelis 1:100	
				Pjūvis A - A	
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT - 50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas			Lapas	Lapų
MBD				4	5

2018 - MBD - FNC



Eilės Nr.	Paskirtis	Kiekis	Skersmuo, mm	Slėgis	
				MPa	kg/cm ²
1	Dujų išleidimo antvamzdis	1	350	32	320
2	Apvadas	1	300/125	32	320
3	Apvadas	1	125	32	320
4	Apvadas	1	125	32	320
5	Apvadas	1	125	32	320
6	Dujų išleidimo antvamzdis	1	350	32	320
7	Termoporos antgalis	2	60	32	320
8	Liukas	1	450	32	320
9	Katalizatoriaus iškrovimo anga	1	500	32	320
10	Paviršinės termoporos antgalis	21			
11	Vidinės termoporos anga	15			
12	Drenažas	1	25	32	320

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC - 6	Studentas	V. Blažudžiūnas	Amonjako sintezės technologinis vertinimas	
	Konsultantas	O. Vilūnienė	mastelis 1:100	
	Vadovas	S. Kilytys	Sintezės kolonos	
	Recenzentas	A. Jaskūnas	Laida	
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra		2018 - MBD - FNC	
MBD	LT - 50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas		Lapas	Lapų
			5	5