ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -5

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 5

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

TABIIY GAZNI PAST HARORATLI AJRATIShNING TEXNOLOGIK JARAYONLARINI AVTOMATLAShTIRISh VA BOSHQARISHNING TIZIMLI TAHLILI

Amirov Shaxzod Nurmuhammad o‘g‘li
Toshkent davlat texnika universiteti
E-mail: shaxzodamirov13@gmail.com
Tel: +998996669446

Annotatsiya. Ushbu maqolada tabiiy gazni past haroratda ajratishda qo‘llaniladigan avtomatlashtirilgan boshqarish texnologiyalarining keng qamrovli tizimli tahlili keltirilgan. Tadqiqotda gazni past haroratli ajratish qurilmalarining ishlashiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadigan asosiy boshqarish o‘zgaruvchilarini, jumladan gazning harorat, bosim, sarfi, gaz namligi hamda va DEG(dietilenglikol) sarfini aniqlashga alohida e’tibor qaratilgan. Tadqiqotda jarayonlarning ishonchliligini oshirish va past haroratli separatsiyalash va issiqlik almashinish qurilmalarida gidrat hosil bo‘lishi hamda jarayonning beqarorligi bilan bog‘liq operatsion xavflarni kamaytirish uchun mo‘ljallangan zamonaviy avtomatlashtirish arxitekturalari, boshqarish strategiyalari va intellektual monitoring tizimlari ko‘rib chiqiladi. Matematik modellashtirish va tizimli muhandislik yondashuvlari asosida jarayonning dinamik holatini baholash, an’anaviy va ilg‘or boshqarish algoritmlarining samaradorligini alohida ko’rib chiqilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, raqamli egizaklar, intellektual boshqarish tizimlarini foydalanish tabiiy gazni past haroratli ajratish jarayonini samaradorligini oshirish, mahsulot sifatini yaxshilash, energiya sarfini kamaytirish va ish xavfsizligini oshirishga yordam berishi ta’kidlangan.

Kalit so‘zlar: past haroratli ajratish, avtomatlashtirilgan tizimlar, tizimli tahlil, matematik modellashtirish, raqamli egizaklar, intellektual boshqarish.

Аннотация. В данной статье представлен комплексный системный анализ технологий автоматизированного управления, применяемых при низкотемпературной сепарации природного газа. Особое внимание в исследовании уделено определению ключевых управляющих переменных, оказывающих существенное влияние на работу установок низкотемпературной сепарации газа, включая температуру, давление, расход газа, его влажность, а также расход ДЭГ (диэтиленгликоля). В работе рассмотрены современные архитектуры автоматизации, стратегии управления и интеллектуальные системы мониторинга, предназначенные для повышения надёжности технологических процессов и снижения эксплуатационных рисков, связанных с гидратообразованием и нестабильностью процессов в аппаратах низкотемпературной сепарации и теплообмена. На основе подходов математического моделирования и

ISSN 3030-3907

системной инженерии дана оценка динамического состояния процесса, а также отдельно рассмотрена эффективность традиционных и передовых алгоритмов управления. Результаты показывают, что использование цифровых двойников и интеллектуальных систем управления способствует повышению эффективности процесса низкотемпературной сепарации природного газа, улучшению качества продукции, снижению энергопотребления и повышению производственной безопасности.

Ключевые слова: низкотемпературной сепарации,автоматизированные системы, системный анализ, математическое моделирование, цифровые двойники, интеллектуальное управление.

Abstract. This article presents a comprehensive systems analysis of automated control technologies applied in the low-temperature separation of natural gas. The study focuses on identifying key control variables that significantly influence the operation of low-temperature gas separation units, including temperature, pressure, gas flow rate and humidity, as well as the flow rate of DEG (diethylene glycol). The paper examines modern automation architectures, control strategies, and intelligent monitoring systems designed to enhance the reliability of technological processes and mitigate operational risks associated with hydrate formation and process instabilities within low-temperature separation and heat exchange equipment. Using mathematical modeling and systems engineering approaches, the dynamic state of the process is assessed, and the effectiveness of both traditional and advanced control algorithms is evaluated separately. The results indicate that employing digital twins and intelligent control systems helps to increase the efficiency of the low-temperature natural gas separation process, improve product quality, reduce energy consumption, and enhance operational safety.

Keywords: low-temperature separation, automated systems, system analysis, mathematical modeling, digital twins, intelligent control.

KIRISH.

Tabiiy gazlar issiqlik va energiyaning muhim manbai va kimyo sanoatining qator tarmoqlari uchun asosiy xom ashyo manbaidir. Gaz konlarining tabiiy gazlari doim qattiq, yirik va gazsimon komponentlarga va namgarchilikka ega bo‘ladi. Bu gazlarga ishlov berishda, birinchi navbatda gaz tarkibidagi suv va suyuq uglevodorod fazalar tortib olinadi va uzoq masofalarga tashiladi yoki qimmatbaho uglevodorod kondensat saqlab qo‘yiladi. Past haroratli ajratish-texnologik jarayonlar kompleksi bo‘lib, qazilma boylik sharoitlarida gaz okimidan, past xaroratlarda suv va kondensatni ajratib olishga qaratilgan. Bunda drossellash amali ko‘llangan, ya’ni bosimlar farqi hosil qilingan, adiabatik kengayish qilib, kandaydir ish bajarilgan yoki ixtiyoriy yondashuvlardan

ISSN 3030-3907

foydalanib gaz sun'iy ravishda sovitilgan, yoki "Ranke effekti" qo'llanilgan (sovutish qurilmalaridan foydalanilgan suv va havo yordamida issiqlik almashinilgan va h.k). Covitishning eng oddiy va samarali usuli-drosellash bo'lib, Joul - Tomson effektiga asoslanadi.

Past haroratli ajratish (PHA) gazni fraksiyalarga ajratishda, boshqa narsalarga so'rilishida va turli kimyoviy jarayonlarda ishlatiladi.

So'nggi yillarda sanoat ishlab chiqarish hajmi ortgan sari, yoqilg'i energetikasiga bo'lgan talab uzluksiz ortmoqda. Natijada, tabiiy gazga bo'lagan ehtiyoj ya'nada oshishi oqibatida, gazni qayta ishlash zavodlarida gazni past haroratli ajratish jarayoni muhim ahamiyat kasb etadi.

Shu sababli, gazni past haroratli ajratish jarayonini zamonaviy intellektual boshqarish usullari hamda ularning cheklovlari, texnologik modernizatsiya istiqbollarini tizimli tahlil qilish dolzarb ilmiy va amaliy vazifa hisoblanadi. Bunday tadqiqotlar tabiiy resurslarni tejashga hamda neft va gaz sanoatning barqaror rivojlanish tendensiyalariga mos keladigan texnologik rivojlanish yo'nalishlarini aniqlash imkonini beradi.

TADQIQOT USULLARI VA OLINGAN NATIJALAR.

Bugungi kungacha mavjud ilmiy ishlar tahlili shuni ko'rsatadiki, an'anaviy boshqaruv tizimlarida asosan klassik PID-regulyatorlari qo'llanilgan bo'lib, ular statik rejimlarda qoniqarli natijalar bersa-da, noaniqliklar, tashqi ta'sirlar va rejimlarning tez o'zgarishi sharoitida samaradorligi pasayadi. Shu sababli, so'nggi tadqiqot ishlarida texnologik jarayonlarni intellektual va gibrid boshqarish usullariga katta e'tibor qaratilmoqda.

Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, past haroratda separatsiyalash jarayoni parametrlarini boshqarishda intellektual texnologiyalarni qo'llash eng istiqbolli yo'nalishlardan biri hisoblanmoqda. Ushbu umumiy tahlil natijalari bo'yicha quyida eng muhim ilmiy-tadqiqot ishlariga havolalar keltiramiz.

[1] Ishda tadqiqotning asosiy maqsadi gaz qazib olish jarayonlarini avtomatik boshqarish ob'ektlari sifatida tahlil qilingan. Tadqiqotning ob'ekti sifatida tabiiy gazni past haroratda separatsiya usuli asosida gazni kompleks tayyorlash qurilmasi olingan bo'lib, bunda quyidagi natijalar olingan:

- past haroratli separatsiya usulining o'ziga xos xususiyatlari aniqlangan;
- jarayon elementlarining matematik modellari ishlab chiqilgan;
- hisoblash tajribasi modellarning texnologik jarayonga mosligi tasdiqlagan.

[2] Maqolada HYSYS dasturiy ta'minotidan foydalangan holda gaz va kondensatni kompleks tayyorlash qurilmasining past haroratli separatsiyalash qurilmasini dinamik modellashtirish ko'rib chiqilgan. Tadqiqotning maqsadi past haroratli separatsiyalash qurilmasining (PHS) ish rejimini optimallashtirishdan iborat. Dasturiy ta'minotda PHS jarayonining imitatsion dinamik modeli

ISSN 3030-3907

yaratilgan. Apparatlarni real vaqt rejimida modellashtirish amalga oshirilan bo‘lib, berilgan texnologik rejimda har bir elementning o‘tkazuvchanlik qobiliyatiga bog‘liqligi o‘rganilgan. Natijada tadqiq qilinayotgan qurilmaning ish unumdorligini amaldagi ish rejimiga qaraganda 17% ga oshgan.

[3] maqolada past haroratli separatsiyalash jarayonining matematik modeli yaratilgan. Bu separatsiyalash jarayonini samarali boshqarish tizimini sintez qilishning uslubiy asosi bo‘lgan texnologik parametrlar o‘rtasidagi ob’ektiv mavjud munosabatlarni aniqlashga imkon bergan. "Kirish-chiqish" nuqtai nazaridan past haroratli separatsiyalash jarayoni moddalar miqdorini saqlash qonuni va suyuqlik va gaz fazalari o‘rtasida moddalar almashinuvi qonunlari asosida olingan. Past haroratli separatsiyalash jarayoni dinamikasining matematik modelini chiziqlashtirish amalga oshirilgan va shu asosida ob’ektning matritsali uzatish funksiyasi olingan, bu esa kirish va chiqish qiymatlari o‘rtasidagi ichki o‘zaro ta’sirlarini shakllantirish jarayonini amalga oshirishga imkon bergan.

[4] Ishda yangi ishlab chiqilgan yeksenel oqim ixcham separatori orqali gaz suyuqligini separatsiyalashning nochiziqli jarayonini modellashtirish uchun to‘plangan neyron tarmoqdan foydalanish taklif etilgan. 1-Separatorning separatsiyalash samaradorligini bashorat qilish uchun bir nechta standart teskari tarqalish o‘qitish algoritmlari o‘rgatilgan, bu tayanch modellar keyinroq bitta murakkab modelni hosil qilish uchun birlashtiriladi. Kompozit modelda o‘qitilgan neyron tarmoqlarning ishtirokchisining og‘irligini taxmin qilish uchun asosiy komponentli regressiya tenglamasi qo‘llanilgan. Ushbu ishda o‘qitilgan neyron tarmoqning kombinatsiyasi ishtirokchilarning individual neyron tarmoq modellariga nisbatan gaz suyuqligini separatsiyalashni bashorat qilish aniqligini yaxshilagan. Yig‘ilgan neyron tarmoq modeli ko‘rinmaydigan yeksperimental ma’lumotlar bo‘yicha yaxshi bashorat qilingan va operatorlar uchun o‘zgaruvchan operatsion kirish holatida separatsiyalash samaradorligini bashorat qilish orqali separatorni samarali boshqarish mumkinligi kursatilgan.

[5] Ushbu maqolada past haroratli, issiqlik bilan integratsiyalashgan separatsiyalash tizimlarini skrining qilish uchun yangi sintez tizimi taklif qilingan. Separatsiyalash variantlari sifatida bug‘latgich barabanlari, deflegmatorlar va oddiy va murakkab distillash qurilmalari olingan. Har bir muammo bir nechta qurilma tasvirlari bilan ishlab chiqilgan. Barcha yangi separatsiyalash variantlarining qisqartirilgan modellari taqdim etilgan. Separatsiyalash tizimi kondensatsiya sovutish tizimi yoki issiqlik integratsiyasi tomonidan ta’minlanadi. Barcha separatsiyalash jarayoni variantlarini joylashtirish uchun ketma-ketlikka asoslangan ustki tuzilma taqdim etilgan. Ushbu maqolada optimallashtirish stoxastik usul (genetik algoritm) yordamida amalga oshirilgan. Yondashuvni ko‘rsatish uchun turli hil amaliy tadqiqotlar ko‘rib chiqilgan.

ISSN 3030-3907

[6] Ishda turli xil sovutgichlarning turli haroratlarda texnologik sovutish vazifalarini qondiradigan ta’siri ko‘rib chiqilgan. Xarajatlarni kamaytirish issiqlik bilan birlashtirilgan separatsiyalash ustunlarini samarali tahlil qilish va eng yaxshi sovutgichlarni tanlash orqali amalga oshirilishi mumkinligi ko‘rsatilgan. Amaliy tadqiqotlar orqali 29,7% xarajatlarni tejash ko‘rsatilgan. Keyinchalik, mavjud modellarning to‘g‘riligini va optimallashtirilgan strukturaning mustahkamligini tekshirish uchun erishilgan yechimlar bo‘yicha keng qamrovli termodinamik tahlil o‘tkazilgan. Ikki xil yondashuvdan foydalangan holda eksergetik tahlili (ya’ni oqim bo‘yicha va birlik operatsiyasi bo‘yicha) bir hil yekanligi ko‘rsatilgan, bu foydalanilgan modellarning aniqligini ko‘rsatgan.

[7] Ishda matematik modellashtirish usularidan keng foydalanish asosida past haroratlarda suyuq uglevodorodlar va suvdan gazning fizik-kimyoviy tabiati asosida Joule-Tompson effekti bilan separatsiyalash natijasida separatorning matematik modeli tuzilgan. Ushbu model asosida real vaqt rejimida past haroratli separatsiyalash jarayonining texnologik parametrlaridagi o‘zgarishlarni kuzatish imkonini bergan. U kimyoviy texnologiya tizimidagi qurilmalarda yuzaga keladigan o‘tishlarni o‘rganishga imkon beradigan dasturiy mahsulot sifatida amalga oshiriladi, shuningdek boshqaruv parametrlari tizimning texnologik parametrlariga ta’sirini o‘rganish imkoniyatini bergan. Ishlab chiqilgan matematik modelga asoslanib, past haroratli separatsiyalashda texnik xodimlarni tayyorlash uchun simulyator ishlab chiqish mumkin.

[8] Ishning dolzarbligi tayyorlanayotgan gaz sifatini oshirish va kompyuter modellashtirish tizimlaridan foydalangan holda past haroratli gaz separatsiyalash zavodlarining muhandislik-texnik xodimlarining malakasini oshirish zarurati bilan bog‘liq. Ishning maqsadi qurilmaning individual ish rejimlarining umuman texnologik tizimga ta’sirini o‘rganish uchun real vaqt rejimida past haroratli separatsiyalash moslamasining texnologik ko‘rsatkichlaridagi o‘zgarishlarni simulyatsiya qiladigan dasturiy ta’minot to‘plamini yaratish edi. Tadqiqot usuli sifatida kimyoviy va texnologik jarayonlarni matematik modellashtirish usuli tanlangan. Tadqiqotlar natijasida tizimning boshqaruv parametrlari (gaz va suyuqlikni boshqarish klapanlari) ta’sirini hisobga olgan holda past haroratli separatsiyalash moslamasining eng muhim yelementlaridan biri bo‘lgan uch fazali ajratgichni hisoblash uchun dasturiy modul yaratilgan.

[9] Maqola tabiiy gazni tayyorlashda qo‘llaniladigan past haroratli separatsiyalash jarayonlar va drossel (Joul-Tomson effekti) orqali gazni sovutish va kondensatni separatsiyalash texnologiyalariga bag‘ishlangan.

[10] Ishda gaz kondensat konlarida gazni uzoq masofaga uzatish va qayta tayyorlashda past haroratli separatsiyalash (PHS) usuli qo‘llanilgan. Ushbu usul

ISSN 3030-3907

ortiqcha bosimni cheklash orqali gaz oqimini sovutish va hosil bo‘lgan suyuq hamda gaz fazalarini mexanik tarzda separatsiyalashni o‘z ichiga olgan.

[11] Ishda tabiiy gazni past haroratda separatsiyalash uchun boshqaruv tizimi ko‘rib chiqilgan. Unda hozirgi kunda ishlatilayotgan klassik PID boshqarish bloklarini noaniq boshqarish bloklari bilan almashtirish taklif etilagan. MATLAB dasturiy paketidan foydalangan holda noaniq boshqarish tizimining bir varianti ishlab chiqilgan.

[12] Ushbu dissertatsiyada suyultirilgan tabiiy gaz ishlab chiqarish obektlarida uglevodorodlarni past haroratda separatsiyalash jarayoni bo‘yicha tadqiqot olib borilgan. GIBBS dasturi yordamida past haroratli separatsiya jarayoni modellashtirilib, komponentlar tarkibiga bosim, temperatura va gazning tarkibiy qismlari ta’siri o‘rganilgan. Amaliy tajribalar asosida propan-butan fraksiyasini olishning iqtisodiy samasadorligi aniqlangan. Taklif qilingan texnologik yechim energiya tejamkorligi, uskunalar ishonchliligi va gaz transporti tizimida resurslarni ta’minlash bo‘yicha samarali ekanligi asoslab berilgan.

[13] Ishning dolzarbligi tabiiy gazni qayta ishlash sifatini yaxshilash zarurati bilan bog‘liq. Ishning maqsadi – past haroratli separatsiyalash qurilmasining texnologik parametrlaridagi o‘zgarishlarni real vaqt rejimida simulyatsiya qiluvchi dasturiy taminot paketi yordamida separatsiyalash jarayonini o‘rganish, hamda ish sharoitlaridagi o‘zgarishlarning alohida uskuna elementlari va butun texnologik tizimga ta’sirini tahlil qilishdan iborat. Tadqiqotning usuli sifatida kimyoviy jarayonlarni matematik modellashtirish usuli tanlangan. Misol tariqasida uch bosqichli separatorning kompyuter modeli ishlab chiqilgan. Tadqiqot ishida past haroratli separatsiyalash bo‘limining eng muhim elementlaridan biri bo‘lgan uch bosqichli separatorni hisoblash uchun dasturiy modul qo‘llanilgan, bunda boshqaruv tizimi parametrlari (gaz va suyuqlikni boshqarish klapanlari) ta’siri hamda uch fazali aralashmani separatsiyalash bo‘yicha qabul qilingan tamoyillari (Stokes qonuni, fazalar muvozanati qonunlari va boshqalar) bo‘yicha hisobga olingan.

[14] Ushbu maqolada past haroratli gaz separatsiyalash jarayonlarini optimallashtirishda genetik algoritm (GA) va simulatsion annealing (SA) nomli ikki mashhur stoxastik usulning xususiyatlarini o‘rganildi. Past haroratli separatsiyalash jarayonlarni GA yechimlarining sifatini tahlil qilishga qaratilgan. Uch xil holat tahlili yechimlarini optimallashtirish orqali shunday tizimlarda SA va GAga nisbatan barqarorroq va ishonchliroq ekanligi aniqlangan, shuningdek, SA usulidagi asosiy parametrlarni sozlash orqali optimallashtirish jarayoni erta konvergensiyadan saqlanib, eng yaxshi yaqin-global natijalarni berishi mumkin.

[15] Ishda integratsiyalashgan gaz kondensatini tozalash inshootining optimal texnologik rejimlarini aniqlash uchun termobarik parametrlarning istemol

ISSN 3030-3907

gazining rentabelligi va sifatiga ta’siri bo‘yicha tadqiqotlar o‘tkazilgan. Parametrik sezgirlikning past haroratli separatsiyalash jarayonining asosiy parametrlariga ta’siri o‘rganiladi: istemol gazining chiqishi va uglevodorodlar uchun shudring nuqtasi harorati va o‘rnatishning eng samarali ish rejimlari tavsiya yetilgan.

[16] Ishda gazni PHS jarayonining mavjud matematik modellari gaz kondensati konining o‘zgaruvchan ish sharoitlarining optimal texnologik parametrlarni tanlashga ta’sirini to‘liq hisobga olmaydi. Matematik usullardan foydalangan holda barcha texnologik parametrlarning tendensiyasini har tomonlama baholash gaz kondensati konining ishlashi davomida ob’ektiv baholash va optimal texnologik parametrlarni tanlash imkonini bergan.

[17] Ishda gaz oqimining PHS jarayonini boshqarish mezoni shakllantirilgan. Namlikni separatsiyalash paytida sodir bo‘ladigan jarayonlarning dinamik xususiyatlaridagi farq ikki zanjirli boshqaruv tizimidan samarali foydalanish imkonini beradi. Jarayonning ekstremal regulyatorlaridan (ER) foydalanish istiqboli asoslanadi, bu obektning kirishi va chiqishi o‘rtasidagi vaqt kechikishlari bilan tavsiflangan. ER dan foydalanish orqali gaz oqimi parametrlaridagi buzilishlar ta’sirida boshqaruv jarayonining barqarorligini ta’minlaydi. MATLAB muhitida tanlangan mezonga muvofiq PHS jarayonining samaradorligini oshirishni ta’minlaydigan bosqichli algoritm qo‘llaniladigan ER modeli ishlab chiqilgan bo‘lib, unda tanlangan mezonga muvofiq PHS jarayoni samaradorligini oshirishni ta’minlaydigan bosqichli algoritm qo‘llanilgan.

[18] Ushbu ixtiro tabiiy gaz va gaz kondensatini qazib olish, yig‘ish va tashish uchun tayyorlash sohasiga, xususan, past haroratli gaz separatsiyalash zavodlarining ishlashini avtomatik boshqarishga tegishli. Taklif qilingan usulda magistral va kondensat quvvatiga yuborilayotgan gaz hamda sarfi va buffer sig‘imdagi kondensat darajasi ABT real vaqt rejimida nazorat qilinadi. Ixtironing asosiy monitorgi ikkita PID-regulyator orqali (beqaror gazokondensat) sarfi va uning buffer sig‘imga kelib tushish balansi o‘rnatilishi, proporsionallik koeffitsienti Kp ni real vaqt rejimida hisoblangan. Bu tizim o‘tish jarayonlarida rejim “chayqalishi” ni bartaraf etadi, bunda (beqaror gazokondensat) ni MKP bo‘ylab bir fazali vaziyatda uzluksiz gaz-gidratlanishi hosil bo‘lfsligi kerak. Nasos agregatining ishlashi, kondensat quvvatining butun darajasida PHS qurilmasining ishonchli va optimallashtirilgan ishlab chiqarish ta’minlaydi.

[19] Ushbu ishda adaptiv neyro-noravshan boshqaruv tizimlarini o‘rganish uchun sun’iy intellekt nazariyasi, modellashtirish nazariyasi, funksional tahlil va genetik algoritmlardan foydalanilgan. Eksperimental tadqiqotlarda ishlab chiqilgan "NeuroAndFuzzy" kompyuter dasturi yordamida simulyatsion modellashtirish qo‘llanilgan.

ISSN 3030-3907

[20] Ishning maqsadi past haroratli gazni separatsiyalash qurilmasining texnologik sxemasiga kiritilgan, haqiqiy sanoat ob'ektining ishlashini simulyatsiya qilishga qodir bo'lgan va nazorat qilinadigan texnologik parametrlar va vaqtga qarab vaqtinchalik fizik-kimyoviy jarayonlarni namoyish yetadigan qurilmalarning statsionar bo'lmagan matematik modellarini yaratish edi.

[21] Ishda "KO'KDUMALOQ" konida gazni past haroratli separatsiyalash qurilmasining separatsiyalash harorati pasayishi bilan ishlab chiqarish imkoniyatlarini va "Ko'kdumaloq" ning ish rejimining optimal texnologik parametrlarini aniqlash bo'yicha tadqiqot natijalari keltirilgan.

[22] Ishda statsionar matematik modellarga asoslangan kompyuterli modellashtirish tizimlaridan foydalanish apparatlar ishlash parametrlarining noaniq o'zgarishlarini aniqlash va jarayonni to'liq baholash imkonini bermaydi. Shuning uchun gazni past haroratli separatsiyalash jarayonida statsionar rejimdan dinamik rejimga o'tishning ishlash ko'rsatkichlarini aniqlash uchun imitatsion dinamik modeldan foydalanilgan.

[23] Ushbu tadqiqotda asosiy e'tibor past haroratlarda tabiiy gazni separatsiyalash jarayoniga qaratilgan bo'lib. Tizim uchta issiqlik almashtirgich va gaz bosimini pasaytirish uchun uchta bosqichdan iborat qilib tanlangan. Separatsiyalash kolonnasining tarkibi va maqsadi ko'rsatilgan. Tadqiqot turli parametrlar, birinchi navbatda bosim, rektifikatsiya jarayoniga qanday ta'sir qilishini ko'rsatadi. Bundan tashqari, tadqiqotda ingibitorning regeneratsiya qilish mexanizmi tushuntiriladi. Tizimda "Rektifikatsiya" quyi tizimidagi o'zaro bog'liq massa va issiqlik almashinuvi jarayonlarini o'z ichiga olgan, ularni dinamik nochiziqli matematik model yordamida tavsiflash mumkin. Bundan tashqari, tizim nochiziqli diskret-uzluksiz modelni o'z ichiga oladi. Diskret-uzluksiz model asosida berilgan boshlang'ich va chegaraviy shartlardan foydalanib, massa va issiqlik almashinuvining o'tkinchi jarayonlari olingan va o'rganilgan.

[24] Ushbu ixtiro gazni uzoq masofalarga tashish uchun, gaz kondensatini qazib olish va tozalash sohasiga tegishli. Usul qazib olingan gaz-suyuqlik aralashmasini mexanik aralashmalardan oldindan tozalashni, beqaror gaz kondensati aralashmasining bir qismini va ingibitorning suvli eritmasini kamaytirishning birinchi bosqichidagi separatsiyalashni o'z ichiga olgan. Ushbu ajratgichdan qisman tozalangan yekstraksiya aralashmasi alohida avtomatik boshqaruv tizimi tomonidan boshqariladigan havo sovutish moslamasiga beriladi, u yerda atrof-muhit bilan issiqlik almashinuvi orqali sovutiladi. Havo sovutish moslamasining chiqishida gaz-suyuqlik aralashmasi ikkita oqimga bo'linadi, ular regenerativ issiqlik almashinuvchilarining birinchi bo'limlarida (gaz-gaz "va" gaz kondensati"ga qo'shimcha ravishda sovutiladi. Bunday holda, oqimlarga separatsiyalash gaz-kondensat kirish joyiga o'rnatilgan gaz-suyuqlik aralashmasi

ISSN 3030-3907

oqim tezligining valf-regulyatori (SP) tomonidan amalga oshiriladi. Bu holatda oqimlarni alohida komponentlarga ajratishda gaz-suyuqlik aralashmasining kirish joyiga yetkazib berish tezligini tartibga soluvchi boshqaruv klapani tomonidan ta’minlanadi.

[25] Ushbu ixtiro kon sanoatiga tegishli bo‘lib, past haroratli gazni separatsiyalash qurilmalarida gidratlarning hosil bo‘lishini oldini olish va gidratlarning konsentratsiyasini o‘zgarishini to‘xtatish uchun ishlatilishi mumkin. Ingibitor himoyalangan bo‘limlardan oldingi nuqtalarga yetkaziladi, ular birgalikda past haroratli gaz separatsiyalash zavodini tashkil etadi. Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi ingibitorni gidrat hosil bo‘lishini oldini olish uchun yetarli miqdorda yetkazib, uning sarfini minimallashtirishni ta’minlaydi.

[26] Ushbu maqolada tabiiy gazni past haroratlarda separatsiyalash jarayonining dinamik harakatini aniqlash hamda jarayonning matematik modelini identifikatsiyalash masalalari tadqiq etilgan. Mualliflar sanoat sharoitida ishlaydigan past haroratli separatsiyalash qurilmasining asosiy texnologik parametrlarini tahlil qilib, ularning o‘zaro bog‘liqligi, inertlik darajasi va o‘tish jarayonlaridagi o‘zgarishlarini eksperimental ma’lumotlar asosida baholangan. Tadqiqotda ishida regressiya usullari, parametrik identifikatsiya va strukturaviy modellash usullari qo‘llanilib, real ob’ektga yaqin bo‘lgan matematik model qurilgan. Taklif etilgan model jarayonning asosiy fizik-texnik xususiyatlarini yetarlicha aniq aks ettirishi, boshqaruv tizimlarini sozlashda va jarayonni optimallashtirishda qo‘llanishi mumkinligi isbotlangan. Maqola natijalari past haroratli separatsiyalash qurilmalarini boshqarishning samaradorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va jarayonning barqarorligini ta’minlash uchun xizmat qiladi.

[27] Ishda gaz va gaz kondensati konlarida gaz ishlab chiqarish jarayonlari uchun avtomatik boshqaruv tizimlarini yaratish bilan bog‘liq masalalarga bag‘ishlangan. Unda gaz konlari qurilmalari modellari va maydon samaradorligini ta’minlovchi avtomatik boshqaruv tizimlari, gidrat hosil bo‘lishini oldini olish jarayonlari hamda gazni uzoq masofaga uzatishga tayyorlash tizimlari yaratishning umumiy tamoyillari bayon etilgan bo‘lib. Dinamik va statik tizim hisoblash misollari hamda ularning texnik amalga oshirilishi ko‘rsatilgan. Strukturaviy sxemalar keltirilgan va gaz konlarida gaz maydoni inshootlari uchun avtomatik boshqaruv tizimlarini yaratishda qo‘llaniladigan eng ko‘p tarqalgan umumiy va maxsus avtomatlashtirish qurilmalari va vositalari tavsiflangan.

[28] Ishda kompyuter texnologiyasidan foydalangan holda dinamik jarayon xususiyatlarini aniqlashga asoslangan tabiiy gazni past haroratli separatsiyalash

ISSN 3030-3907

modeli taklif qilingan. Mualliflar eksperimental ma’lumotlar asosida model parametrlarini aniqlash usulini ishlab chiqishgan. Bu separatsiyalash mahsulotlarining tarkibini bashorat qilishda aniqlikni oshirish imkonini beradi. Model jarayonning termodinamik va kinetik xususiyatlarini hisobga oladi, bu esa o‘zgaruvchan kirish parametrlari ostida samarali boshqaruvni taminlaydi. Natijalar tabiiy gazni chuqur tozalash va separatsiyalash qurilmalari ishlashini optimallashtirish uchun qo‘llaniladi.

[29] Ishda tabiiy gazni quritish bo‘yicha boshqariluvchi texnologik jarayonlarning dinamik matematik modellarini ishlab chiqishga qaratilgan bo‘lib, boshqaruv obekti sifatida “Absorbsiya-Desorbsiya” texnologik tizimlar majmuasining issiqlik va massa almashinuvi jarayonlariga oid konseptual model ishlab chiqilgan. Ushbu konseptual model asosida nasadkali absorberdagi boshqariluvchi massa almashinuvi jarayonlari hamda bug‘latgich va havo bilan sovutgich, issiqlik almashinuvi jarayonlarining matematik modellari ishlab chiqilgan hamda tadbiq yetilgan.

[30] Ushbu maqolada issiqlik almashinish qurilmalarining matematik modellarini ishlab chiqish zarurati asoslab berilgan. Tajriba ma’lumotlari hamda moddiy va issiqlik balanslari asosida issiqlik almashinish qurilmalarini parametrik va noparametrik identifikatsiyalash usullari tahlil qilingan. Ushbu usullarning afzalliklari va kamchiliklari ko‘rib chiqilgan.

[31] Ushbu maqolada Urengoy konining gaz-kondensat konida joriy yetilgan va hozirda qo‘llanilayotgan gaz hamda gaz kondensatini tayyorlash sxemasi, xususan, uch bosqichli past haroratli separatsiya usuli ko‘rib chiqilgan. Foydalanilayotgan usulning samaradorligini va tayyorlanayotgan mahsulot sifatini baholash maqsadida gaz va gaz kondensatidan namunalar olish natijalari keltirilgan bo‘lib, unda zaruriy mezonlar (tovar gazi va beqaror gaz kondensatining xarakteristikasi hamda tarkibi, shudring nuqtasi harorati, og‘ir uglevodorodlarning tomchilab olib ketilishi) ruxsat yetilgan qiymatlar bilan taqqoslangan. Natijada, past haroratli separatsiya texnologiyasini qo‘llash orqali tayyorlanayotgan gaz va gaz kondensati uchun talab yetiladigan sifat standartlariga yerishish mumkinligi ta’kidlangan.

[32] ushbu maqolada tabiiy gazni past haroratda separatsiyalash jarayonini samarali boshqarish uchun noqat’iy boshqaruv tizimi taklif yetilgan. Noqat’iy mantiq asosidagi model harorat, bosim va oqim kabi parametrlarni boshqarishda yuqori aniqlik va moslashuvchanlikni ta’minlangan. Jarayoning imitatsion model natijalari an’anaviy PID rostlagichlarga nisbatan noqat’iy boshqarish tizimining afzalliklarini ko‘rsatilgan.

[33] Ushbu maqolaning maqsadi tizimni identifikatsiyalash usullari yordamida issiqlik almashgichni matematik modellashtirish hamda haroratni

ISSN 3030-3907

boshqarish uchun mo‘ljallangan PID rostlagichini sozlashning ikki usuli – ichki model boshqarish (IMB) va releli avtomatik sozlash usullarining samaradorligini tajriba natijalari orqali ko‘rsatilgan.

[34] Ishda plastinkasimon issiqlik almasshinish qurilmasining matematik modeli ishlab chiqilgan. Ushbu model asosida isitish va issiq suv ta’minoti tizimlari faoliyatini optimallashtirishga imkon beruvchi noaniq boshqarish usullarini samarali joriy yetish imkoniyatlari tadqiq qilingan.

[35] Ushbu maqolada qobiq va quvurli issiqlik almashtirgichning chiqish suyuqligi haroratini ma’lum bir mos yozuvlar qiymatida tartibga solish uchun qayta aloqa, qayta aloqa va oldindan uzatish hamda ichki model kabi turli kontrollerlarning ishlash samaradorligi tahlil qilingan. Kontrollerlarning o‘tkinchi jarayonlardagi ishlashi va xatolik mezonlari tahlil qilish orali yeng yaxshi kontroller aniqlangan.

[36] Issiqlik almashinish tizimlari keng harorat va bosim diapazonlariga bardosh bera olishi sababli kimyo zavodlarida keng qo‘llaniladi. Issiqlik almashinish tizimining asosiy vazifasi issiqlikni qizigan suyuqlikdan sovuqroq suyuqlikka o‘tkazishdir, shu boisdan tizimdan chiquvchi suyuqlik haroratini nazorat qilish birlamchi ahamiyatga yega. Tizimdan chiquvchi suyuqlik haroratini boshqarish uchun an’anaviy PID-rostlagichdan foydalanish mumkin. Biroq, an’anaviy boshqaruv usullariga xos kamchiliklar tufayli, modelga asoslangan boshqaruv usuli qo‘llanilib, issiqlik almashinish tizimidan chiquvchi suyuqlik haroratini boshqarish uchun ichki modelga asoslangan PID-rostlagich ishlab chiqildi. Loyihalangan rostlagich yuklama va jarayondagi o‘zgarishlar, uskunaning to‘yinishi hamda chiziqsizlikka qaramasdan, chiquvchi suyuqlik haroratini belgilangan qiymatgacha yeng qisqa vaqtda sozlaydi. Ishlab chiqilgan ichki modelga asoslangan PID-rostlagich klassik rostlagichga nisbatan o‘ta sozlanish bo‘yicha 84 % va barqarorlashish vaqti bo‘yicha 44,6% ga yaxshiroq natija ko‘rsatdi.

[37] Ushbu maqolada past haroratli separatsiya jarayoni boshqarish obekti sifatida o‘zaro ichki bog‘lanishlar bilan tavsiflangan. Bu bog‘lanishlarning mavjudligi bir konturli boshqaruv tizimlari samaradorligini sezilarli darajada kamaytiradi. Boshqaruv jarayoni sifatini oshirish maqsadida past haroratli ajratish jarayonining avtonom boshqaruv tizimi sintez qilingan. Bunday tizimning boshqaruv zanjiriga o‘zaro bog‘lanishlarni bartaraf yetuvchi kompensator kiritilgan va natijada ikkita mustaqil bir konturli avtomatik boshqarish tizimi hosil bo‘lgan. Ishlab chiqilgan matematik model asosida kompensatorning uzatish funksiyasi sintez qilingan hamda va PI-rostlagichlar parametrlarini aniqlash usuli ishlab chiqilgan.

ISSN 3030-3907

[38] Ushbu tadqiqotning maqsadi birinchi, ikkinchi va uchinchi darajali avtomatik boshqarish tizimlaridir. Asosiy vazifa ortiqcha yuklanish va tartibga solish vaqtini minimallashtirish bilan birga boshqaruv tizimlarining barqarorligini ta'minlash qaratilgan. Natijada, PI/PID rostlagichlarining sozlash parametrlarini aniqlashning birlashtirilgan usuli ishlab chiqilgan.

[39] Ushbu maqolada yuqori bosimli gaz kompressor stansiyasi va arxitektura yondashuvidan foydalangan holda neft va gaz zavodlarida past haroratli ajratishdan foydalangan holda gazni qayta ishlash zavodi misollarida mavjud yuqori texnologiyali korxona jarayonlarining raqamli yegizaklaridan foydalanish va integratsiya qilish imkoniyatlarini o'rganishning bir qismi keltirilgan.

[40] Maqolada oldindan belgilangan boshqarish obektlari to‘plami uchun chiziqli bitta zanjirli avtomatlashtirilgan boshqarish tizimining uzatish funktsiyasi qutblarini joylashtirishda PID kontrollerlarining konfiguratsiya parametrlarini aniqlash muammosiga yechim keltirilgan.

[41] Ushbu ixtiroda ishida gaz va gaz kondensatini ishlab chiqarish, yig‘ishg‘ va tayyorlash sohasiga tegishli bo‘lib. Tadqiqot obekti sifatida uzoq Shimol sharoitida past haroratli gaz ajratish moslamasining ishlashini avtomatik boshqarish usuli taklif qilingan.

[42] Ixtiroda gaz va gaz kondensatini ishlab chiqarish va uzoq masofalarga tashishga tayyorlash sohasiga tegishli. Rossiya Federatsiyasining Uzoq Shimolida ishlaydigan past haroratli gaz ajratish qurilmasini avtomatik boshqarish usuli ishlab chiqarilgan.

[43] Ixtiro Rossiya Shimolidagi neft va gaz kondensati konlaridagi integratsiyalashgan gazni qayta ishlash qurilmalarida uzoq masofalarga tashish uchun Valangin konlaridan tabiiy gazni ishlab chiqarish va qayta ishlashga taalluqlidir. Usul IGTUda avtomatlashtirilgan jarayonni boshqarish tizimi yordamida bir qator parametrlarni kuzatishni o‘z ichiga olgan.

[44] Ushbu ishda avtomatik boshqarishning chiziqli va nochiziqli bo‘lmagan uzluksiz hamda diskret tizimlari nazariyasi asoslari bayon qilingan, avtomatlashtirishning umumiy masalalari, matematik tavsiflash usullari, tizimlarning turg‘unligini tadqiq yetish, sifatini yaxshilash, korreksiyalash va sintez qilish ko‘rib chiqilgan. Sezgirlik, boshqaruvchanlik va kuzatuvchanlikning zamonaviy nazariy masalalari, optimal va adaptiv tizimlar, tizimlardagi tasodifiy jarayonlar yoritilgan.

[45] Ushbu maqolada tabiiy gazni past haroratli separatsiyalash (PHS) jarayonining matematik modeli ishlab chiqilgan. Gazni past haroratli separatsiyalash jarayonining termodinamik va texnologik xususiyatlari hamda asosiy texnologik parametrlarning dinamik o‘zgarishini ifodalovchi modelni

ISSN 3030-3907

taklif yetilgan [46]. Tadqiqotda gazning bosim, harorat, fazaviy o'zgarishlari hamda namlikni ajratish samaradorligiga ta’siri ko‘rib chiqilgan. Taklif yetilgan matematik model real sanoat sharoitida PHS qurilmalarini modellashtirish, optimallashtirish va avtomatik boshqarish tizimlarini ishlab chiqishda qo'llash mumkin [47].

Tadqiqot obyekti sifatida past haroratli separatsiya jarayonining olingan. Jarayon tahlili natijasida modellashtirish maqsadlari belgilab olingan, PHS (past haroratli separatsiya) jarayonini boshqarish konsepsiyasi aniqlangan hamda mavjud modellar tahlili xususiy hosilali differensial tenglamalarga asoslangan modelni ishlab chiqish zaruratini ko‘rsatilgan.

ХУЛОСА.

Ushbu tadqiqot past haroratli tabiiy gazni ajratish jarayonlarining samaradorligi va ishonchliligini oshirishda avtomatlashtirish hamda boshqarish tizimlarining ahamiyati muhim ekanligini ko‘rsatadi. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, harorat, bosim va gaz oqim parametrlarini samarali boshqarish, barqaror ish sharoitlarini ta’minlash hamda yuqori ajratish unumdorligiga erishish uchun juda muhimdir. Matematik modellashtirish, raqamli egizaklar, intellectual boshqarish, monitoring qilish va zamonaviy boshqarish usullarini qo‘llash orqali energiya sarfini kamaytirish, mahsulot sifatini oshirish va ekspluatatsiya xavfsizligini kuchaytirishga xizmat qiladi. Olingan natijalar integratsiyalashgan avtomatlashtirish yechimlari texnologik jarayonlarni optimallashtirishda hal qiluvchi o‘rin tutishini tasdiqlaydi. Jarayon samaradorligini yanada oshirish uchun kelgusidagi ishlanmalar adaptiv va intellektual boshqaruv usullariga qaratilishi lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Абрамкин С. Ye., Душин С. Ye. Математическое моделирование управляемых технологических процессов осушки природного газа// Санкт Петербургский ГЭУ «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, РФ. 2015. № 7. С. 41–49.
2. Ибрагимова А.Т., Мезенцева Т.А. Динамическое моделирование процесса низкотемпературной сепарации с целью определения пропускной способности установки // Экспозиция Нефть Газ. 2023. № 8. С. 94–98. DOI: 10.24412/2076-6785-2023-8-94-98
3. Gorbiychuk, M., Єdnak, I., & Skripka, O. (2023). Mathematical modeling of the low-temperature separation process. Modern Yengineering and Innovative Technologies, 1(27-01), 101–122. https://doi.org/10.30890/2567-5273.2023-27-01-009
4. Nadeem Qazi., Hoi Yeung. Modelling of Gas Liquid Separation through Stacked Neural Network.// Article in Asia-Pacific Journal of Chemical Yengineering.July 2014.

5. JN Vang, R. Smit. Synthesis and Optimization of Low-Temperature Gas Separation Processes// Industrial & Yengineering Chemistry Research Cite this: Ind. Yeng. Chem. Res. 2005, 44, 8, 2856–2870. https://doi.org/10.1021/ie0496131
6. Nassim Taxumi., M.Hasan., Robin Smit. Optimization of Integrated Low-Temperature Gas Separation Processes Using SA Method and Different Refrigerants. Iranian Journal of Chemical Yengineering Vol. 6, No. 4 (Autumn), 2009, IAChE See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/228982852
7. Igor M. Dolganov, Michael O. Pisarev, Yelena N. Ivashkina, Irena O. Dolganova. Modes of gas and gas condensate preparation unit in low-temperature separation technology modeling. Institute of Natural Resources, Tomsk Polytechnic University, Russia Received February 7, 2014, Accepted May 11, 2014. DOI: 10.17122/ogbus-2014-3-187-206
8. Dolganov, I. M. Modeling of liquid separators work in gas and gas condensate preparation unit in low-temperature separation technology [Text] / I. M. Dolganov, M. O. Pisarev, Ye. N. Ivashkina, I. O. Dolganova // Petroleum & Coal. – 2015. – Vol. 57, Issue 4. – P. 328–335
9. Ишмурзин А.А., Мияссаров Р.Ф., Махмутов Р.А. Низкотемпературная сепарация природного газа для извлечения целевых компонентов // Молодой ученый, 2017. № 7. С. 69-72
10. Bilyukov RA, Astapovich UM. Yelaboration of the fuzzy control model by theprocess of low–temperature treatment of natural gas. Bulletin of Saratov StateTechnical University 2009; 2: 93–95.
11. Лебедев Михаил Сергеевич. Исследование процесса низкотемпературной сепарации углеводородов на объектах малотоннажного производства сжиженного природного газа. ДИССЕРТАЦИЯ. Екатеринбург – 2023.
12. Irena Dolganova., Alina Vladescu. Mathematical simulation of low-temperature gas separation. January 2017 Petroleum and Coal 59(2):210-219
13. Nassim Taxumi., Robin Smit., M. Hassan Panjeshahi. Comparison of stochastic methods with respect to performance and reliability of low-temperature gas separation processes. The Canadian Journal of Chemical Yengineering. April 2010 88(2):256 – 267. https://doi.org/10.1002/CJCE.20265
14. Кравцов А.В., Ушева Н.В., Мойзес О.Е., Кузьменко Е.А., Ануфриева О.В. Анализ влияния технологических параметров и оптимизация процессов низкотемпературной сепарации // Известия Томского политехнического университета. – 2009. Т. 315. – № 3. – С. 57–60.

ISSN 3030-3907

15. Кодиров Д.Т., Кодирова Ф.М., Юлдашбаев А.А. Анализ алгоритмов управления процессом низкотемпературной сепарации // Универсум: технические науки: электрон. научн. журн. 2022. 4(97). URL:https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13349
16. Ли, Роберт Чанирович. Исследование процесса низкотемпературной сепарации газа в изменяющихся условиях эксплуатации газоконденсатных месторождений с целью повышения его эффективности: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.15.06.- Ташкент, 1998.- 20 с.: ил.
17. Кулінченко, Ҳеорҳіи анд Леонтиев, Петро анд Дрозденко, Олексии. Девелопмент оф Ехтреме Регулатор оф Сепаратион Моистуре фром тҳе Гас Стреам. (Април 30, 2021). ССиенсеРисе, (2), 3-10. дои:10.21303/2313-8416.2021.001815
18. Патент.2709045С1 РУ, Е21Б 43/34 ,Б01Д 53/26, Г05Д27/00. Способ автоматического управления производительностью установки низкотемпературной сепарации газа. Автор(ы): Арабский А. К., Завьялов С. В., Ефимов А. Н и др. № 2019100287; заявл. 09.01.2019; опубл. 13.12.2019, Бюл. № 35. – 16 с.
19. Goh, B.Z.H., Yelyas, R., Hamid, A. et al. Artificial neural network modelling of natural gas dehydration process. Discov Chem Yeng 4, 10 (2024). https://doi.org/10.1007/s43938-024-00047-8
20. М. О. Писарев, И. М. Долганов, Е. В. Бешагина. Математическое моделирование процесса низкотемпературной сепарации газа с учетом динамики месторождения// Проблемы геологии и освоения недр: труды ХВИИИ Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, Томск, 7-11 апреля 2014 г.: в 2 т. -Томск : Изд-во ТПУ, 2014. — Т. 2. — [С. 229-231].
21. Писарев М.О., Долганов И.М., Сизова Е.Н. Повышение эффективности работы аппаратов технологической установки низкотемпературной сепарации газа с применением имитационной динамической модели // Проблемы геологии и освоения недр. 2016 № 2.С. 539–540.
22. М. Подкина и С. Абрамкин, «Математическое исследование процесса низкотемпературной сепарации природного газа», Седьмая международная конференция «Женщины в науке о данных» в Университете принца Султана (WиДС ПСУ), Эр-Рияд, Саудовская Аравия, 2024, с. 46 –51, doi: 10.1109/WiDS-PSU61003.2024.00024.
23. Патент. 2756965С1 РУ, Способ автоматического поддержания температурного режима установки низкотемпературной сепарации газа путем адиабатического расширения, аппаратами воздушного охлаждения и/или их комбинацией. Автор(ы): Арно О. Б(РУ), Арабский А. К(РУ), Агеев

ISSN 3030-3907

А. Леонидович (РУ) и др. № 2020140793; заявл. 09.12.2020; опубл. 07.10.2021, Бюл. № 28. – 17 с.
24. Патент. 2709048C1 РУ, МПК Ф17Д 5/00. Способ автоматического управления подачей ингибитора для предупреждения гидратообразования на установках низкотемпературной сепарации газа, эксплуатируемых на крайнем севере/ Автор(ы): Арно О. Б.(РУ), Арабский А.К. (РУ), Завьялов С. В. (РУ) и др. № 2019100277; заявл. 09.01.2019; опубл. 13.12.2019, Бюл. № 35. – 20 с.
25. Kulinchenko G. V., Leontiev P. V., Lyaposhchenko O. O. Identification of a model of the process of low-temperature separation of natural gas.//Computer integrated technologies: education, science, production. Lutsk, 2014. Vol. 14. P. 149–154.
26. Тараненко, Борис Федорович. Автоматическое управление газопромысловыми объектами [Текст] / Б. Ф. Тараненко, В. Т. Герман. - Москва: Недра, 1976. - 213 с.
27. Затонский А.В., Тугашова Л.Г. Идентификация параметров динамической модели теплообменного аппарата// Электротехника, информационные технологии, системы управления. В е с т н и к П Н И П У.– 2020. № 33. – С. 100–144. DOI: 10.15593/2224-9397/2020.1.06
28. Яркеева, Н. Р., Ишбулатов, И. А. К вопросу эффективности технологии низкотемпературного разделения. Петролеум Енгинееринг, (2019). 17 (1), 13-23. дои: http://doi.org/10.17122/ngdelo-2019-1-13-23
29. Б.У.Шомирзаев. (2025). Tabiiy gazni past haroratli separatsiyalashning noqat'iy boshqarish tizimini ishlab chiqish.// universal journal of mathematical theory and computer sciences, 3(25), 73-78. https://sr-journals.org/index.php/UJMTCS/article/view/312
30. Sahoo A., Radhakrishnan T.K., Sankar Rao C. Modeling and control of a real time shell and tube heatexchanger // Resource-Yefficient Technologies. Technoscape 2016: International Conference on Separation Technologies in Chemical, Biochemical, Petroleum and Yenvironmental Yengineering. – 2017. – Vol. 3. – Iss. 1. – P. 124–132.
31. Прохоренков А.М. Моделирование процессов теплообмена, протекающих в пластинчатых теплообменных аппаратах // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2014. – № 1. – С. 92–101.
32. C. Padhee. Controller design for temperature control of heatexchanger system: simulation studies, WSEAS Trans. Syst. Cont. 9 (2014) 485 – 491.
33. Y.B. Khare, Y. Singh. PID control of heat yexchanger system, Int. J. Comput. Appl. 8 (2010) 22–27.

ISSN 3030-3907

34. M. Horbiychuk, I. Yednak. (2025). Synthesis of automatic control system for Low-temperature separator. Energy Engineering and Control Systems, Vol. 11, No. 2, pp. 187– 198. https://doi.org/10.23939/jeecs2025.02.187
35. Horbiichuk, M., Vasylenchuk, M., Yednak, I., & Lahoida, A. (2025). Devising a combined method for setting PI/PID controller parameters for oil and gas facilities. Eastern-European Journal of enterprise Technologies, 1(2 (133), 85–95. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.322424
36. Bardavelidze, A., Bardavelidze, K. (2024). Development and investigation of algorithm for the synthesis of an automatic control system of the drying process. International Journal on Information Technologies and Security, 16 (1), 15–26. https://doi.org/10.59035/ojbv6115
37. Yu.V.Kozhukhov, R. S.Marchenko, I.V.Ilyin, A.A. Aksenov1, Minh Hai Nguen. An architectural approach to process control of gas compressor stations with a low temperature separation gas preparation unit based on a digital twin// Ye3S Web of Conferences 140, 10007 (2019). https://doi.org/10.1051/ye3sconf/201914010007
38. Horbiychuk, M., Lazoriv, N., Chyhur, L., & Chyhur I. (2021). Determining configuration parameters for proportionally integrated differentiating controllers by arranging the poles of the transfer function on the complex plane. Yeastern-Yeuropean Journal of Yenterprise Technologies, 5(2 (113), 80–93. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242869
39. Патент. 2709044 C1 РУ, Способ автоматического управления производителностью установки низкотемпературной сепарации газа в условиях крайнего севера. Автор(ы): Арно Олег Борисович (РУ), Арабский Анатолий Кузмич (РУ), Завялов Сергей Владимирович (РУ) и др. № 2019100288; заявл. 09.01.2019; опубл. 13.12.2019, Бюл. № 35. – 15 с.
40. Патент. 2782988 C1 РУ, Способ автоматического управления установкой низкотемпературной сепарации газа, работающей в условиях крайнего севера рф. Автор(ы): Арно Олег Борисович (РУ), Арабский Анатолий Кузмич (РУ), Агеев Алексей Леонидович (РУ) и др. № 2 2022106800; заявл.15.03.2022; опубл. 08.11.2022, Бюл. № 31. – 19 с.
41. Патент. РУ2743690C1 РУ, Способ автоматического распределения нагрузки между технологическими линиями низкотемпературной сепарации газа с турбоде-тандерными агрегатами на установках комплексной подготовки газа севера РФ. Автор(ы): Николаев Олег Александрович (РУ), Арабский Анатолий Кузмич (РУ), Зуев Олег Валеревич (РУ) и др. № 2020119453; заявл.04.06.2020; опубл. 24.02.2021, Бюл. № 6. – 17 с.

ISSN 3030-3907

42. Popovych M. G., Kovalchuk O. V. (1997). Theory of Automatic Control. Kyiv: Lybid. 544 p. (in Ukrainian)
43. Gorbiychuk M. I., Kulinin N. L. Mathematical model of the low-temperature separation process // Scientific Bulletin of the Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. – 2006. - No. 1 (13). - P. 88 – 92
44. Dolganova I., Dolganov I., Ivashkina Ye.,Vladescu A. Low-temperature separation of gas: Simulation of dynamic conditions. Petroleum science and technology, 2017, Vol 35, issue 12, P. 1263–1269.
45. Затонский А.В., Тугашова Л.Г. Идентификация параметров динамической модели теплообменного аппарата// Электротехника, информационные технологии, системы управления. В э с т н и к П Н И П У.– 2020. № 33. – С. 100–144. https://doi.org/10.15593/2224-9397/2020.1.06
46. Amirov Sh.N. Gazni past haroratda separatsiyalash jarayonining konseptual modeli. “Innovatsion yechimlar: Qishloq xo‘jaligi va oziq-ovqat sanoatida barqaror rivojlanish” mavzusidagi VI-xalqaro ilmiy-texnik anjuman. 24-25 aprel. Toshkent – 2026.
47. S. E. Abramkin, M. E. Podkina and A. N. Filippov. (2023). The Process of Low-temperature Gas Separation as an Object of Modeling. V International Conference on Control in Technical Systems (CTS), Saint Petersburg, Russian Federation, 2023, pp. 122-125, doi: 10.1109/CTS59431.2023.10288645.

ISSN 3030-3907