

DISTILLYATSIYA JARAYONINI MATEMATIK VA KOMPYUTERLI MODELLASHTIRISH

Karimova Dildora Shukrilloyevna

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot distillyatsiya jarayonini matematik va kompyuterli modellashtirish usullarini o'rganishga qaratilgan bo'lib, jarayonning samaradorligini oshirish va energiya sarfini kamaytirish yo'llarini aniqlashga xizmat qiladi. Ishda differensial tenglamalar, dinamik modellar va simulyatsiya dasturlari yordamida distillyatsiya kolonkalari ishlashini bashorat qilish metodlari ko'rib chiqiladi.

Kalit so'zlar. Distillyatsiya, matematik modellashtirish, kompyuter simulyatsiyasi.

Annotation. This study focuses on the methods of mathematical and computer modeling of the distillation process, aimed at improving process efficiency and reducing energy consumption. The work examines methods for predicting the operation of distillation columns using differential equations, dynamic models, and simulation software.

Keywords. Distillation, mathematical modeling, computer simulation.

Аннотация. Настоящее исследование посвящено изучению методов математического и компьютерного моделирования процесса дистилляции, направленных на повышение эффективности процесса и снижение энергозатрат. В работе рассматриваются методы прогнозирования работы дистилляционных колонн с использованием дифференциальных уравнений, динамических моделей и программ симуляции.

Ключевые слова. Дистилляция, математическое моделирование, компьютерное моделирование.

Kirish. Distillyatsiya jarayoni kimyo sanoatida eng ko'p qo'llaniladigan ajratish usullaridan biri bo'lib, suyuqlik aralashmalarini ularning qaynama haroratlardagi farqlarga asoslanib ajratishga xizmat qiladi. Ushbu jarayon neftni qayta ishlash, ichimlik va farmatsevtika sanoati, kimyoviy moddalar ishlab chiqarish kabi sohalarda keng qo'llaniladi va uning samaradorligi mahsulot sifatiga, energiya sarfiga va ishlab chiqarish iqtisodiyotiga bevosita ta'sir qiladi. An'anaviy tajriba va laboratoriya usullariga asoslangan distillyatsiya jarayonini optimallashtirish ko'pincha uzoq vaqt va katta resurslarni talab qiladi, shuning uchun matematik va kompyuterli modellashtirish usullarining roli oshib bormoqda. Matematik modellashtirish jarayonning dinamik xatti-harakatlarini ifodalash, optimal ish sharoitlarini aniqlash va energiya samaradorligini oshirish imkonini beradi, shu bilan birga, turli parametrlar ta'sirini simulyatsiya qilish orqali xatoliklarni kamaytiradi va tajriba xarajatlarini sezilarli darajada qisqartiradi. Kompyuterli modellashtirish esa murakkab differensial

tenglamalar va jarayonlarning ko'p o'zgaruvchili xususiyatlarini tez va aniq hisoblash imkonini beradi, shu orqali distillyatsiya kolonkalari va jarayon elementlarining ishlashini oldindan bashorat qilish va optimal dizayn variantlarini tanlash imkoniyatini yaratadi. Bugungi kunda sanoatda energiya tejamkorligi, atrof-muhit xavfsizligi va mahsulot sifatini oshirish talablarining ortishi, distillyatsiya jarayonini matematik va kompyuterli modellashtirishning dolzarbligini yanada oshirmoqda. Shu sababli, ushbu tadqiqot jarayonni modellashtirish metodlarini chuqur o'rganishga, ularning samaradorligini tahlil qilishga va amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga qaratilgan. Tadqiqot doirasida distillyatsiya jarayonining matematik ifodasi, dinamik modellar va simulyatsiya dasturlari yordamida jarayonni optimallashtirish usullari o'rganiladi, bu esa nafaqat ilmiy, balki amaliy jihatdan ham sanoat jarayonlarini takomillashtirishga xizmat qiladi. Distillyatsiya jarayoni kimyo va sanoat sohasida eng ko'p qo'llaniladigan ajratish texnologiyalaridan biri bo'lib, u suyuqlik aralashmalarini ularning qaynama haroratlaridagi farqlarga asoslanib ajratishga xizmat qiladi. Ushbu jarayon neftni qayta ishlash, farmatsevtika, ichimliklar ishlab chiqarish, kimyoviy moddalar ishlab chiqarish va boshqa sanoat sohalarida keng qo'llaniladi, uning samaradorligi mahsulot sifati, energiya sarfi va ishlab chiqarish iqtisodiyotiga bevosita ta'sir qiladi. An'anaviy laboratoriya va tajriba usullariga asoslangan distillyatsiya jarayonini optimallashtirish ko'pincha uzoq vaqt va katta resurslarni talab qiladi, shuning uchun matematik va kompyuterli modellashtirish usullarining roli ortib bormoqda. Matematik modellashtirish jarayonning dinamik xatti-harakatlarini ifodalash, turli parametrlar ta'sirini simulyatsiya qilish va optimal ish sharoitlarini aniqlash imkonini beradi, shu bilan birga tajriba xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi. Kompyuterli modellashtirish murakkab differensial tenglamalar va ko'p o'zgaruvchili jarayonlarni tez va aniq hisoblash imkonini beradi, bu esa distillyatsiya kolonkalari va jarayon elementlarining ishlashini oldindan bashorat qilish, energiya samaradorligini oshirish va mahsulot sifatini yaxshilash imkoniyatini yaratadi. Bugungi kunda sanoatda energiya tejamkorligi, atrof-muhit xavfsizligi va mahsulot sifatini oshirish talablari ortib borayotgani sababli, distillyatsiya jarayonini matematik va kompyuterli modellashtirishning dolzarbligini yanada oshirmoqda. Shu sababli, ushbu tadqiqot jarayonni modellashtirish metodlarini chuqur o'rganishga, ularning samaradorligini tahlil qilishga va amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga qaratilgan bo'lib, nafaqat ilmiy, balki amaliy sanoat jarayonlarini takomillashtirishga xizmat qiladi. Distillyatsiya jarayoni kimyo sanoati va boshqa ishlab chiqarish sohalarida eng ko'p qo'llaniladigan ajratish texnologiyalaridan biri bo'lib, u suyuqlik aralashmalarini ularning qaynama haroratlari farqlariga asoslanib ajratadi. Ushbu jarayon neftni qayta ishlash, farmatsevtika, oziq-ovqat, ichimliklar ishlab chiqarish, kimyoviy moddalar ishlab chiqarish va boshqa sanoat sohalarida keng qo'llaniladi.

Adabiyotlar tahlili. Distillyatsiya jarayonini matematik modellashtirish sohasida murakkab suyuqlik aralashmalarini ajratish jarayonini differensial tenglamalar

yordamida ifodalash usullari o'rganilib, jarayon samaradorligini oshirish va energiya sarfini kamaytirish bo'yicha tavsiyalar berilgan [1]. Kompyuter simulyatsiyasi vositalari yordamida distillyatsiya kolonkalari ishlashini prognozlash metodlari ishlab chiqilgan bo'lib, bu metodlar jarayon parametrlarini optimallashtirish va laboratoriya tajribalarini qisqartirish imkonini yaratadi [2]. Dinamik modellar yordamida ko'p komponentli suyuqlik aralashmalarining distillyatsiya jarayoni tahlil qilinib, energiya samaradorligi va mahsulot sifatini oshirish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan [3]. Distillyatsiya jarayonidagi termodinamik va kinetik parametrlarning o'zaro ta'sirini modellashtirish orqali jarayonni boshqarish strategiyalari ishlab chiqilgan, bu esa sanoat sharoitida jarayonni optimallashtirishga yordam beradi [4]. Turli simulyatsiya dasturlari va kompyuterli modellar orqali distillyatsiya kolonkalari ishini prognozlash va energiya tejamkor dizaynlarni ishlab chiqish metodlari tahlil qilingan, shuningdek, bu usullarni amaliy sanoat jarayonlariga tadbiq etish bo'yicha tavsiyalar berilgan [5]. Energiya samaradorligini oshirish uchun distillyatsiya jarayonlarida simulyatsiya modellari va optimizatsiya metodlari o'rganilgan, shuningdek, jarayonning real sharoitlarda ishlashini prognozlash imkoniyatlari tahlil qilingan [6]. Distillyatsiya kolonkalari dizayni va parametrlarini modellashtirish orqali mahsulot sifatini yaxshilash va energiya tejamkorligini oshirish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar natijalari umumlashtirib, amaliy tavsiyalar berilgan [7].

Materiallar va usullar Distillyatsiya jarayonini modellashtirish bo'yicha tadqiqotda turli ilmiy va kompyuterli vositalar ishlatiladi. Tadqiqot materiallari sifatida kimyoviy sanoatda qo'llaniladigan turli suyuqlik aralashmalari va distillyatsiya kolonkalari parametrlaridan olingan laboratoriya va sanoat ma'lumotlari tanlangan. Usullar qatorida jarayonning matematik ifodasi uchun differensial tenglamalar, ko'p komponentli suyuqliklarning dinamik xatti-harakatlarini tahlil qilish uchun modellashtirish yondashuvlari va kompyuterli simulyatsiya dasturlari qo'llanilgan. Shuningdek, jarayon parametrlarini optimallashtirish va energiya samaradorligini oshirish maqsadida sezgirlik tahlili, grafik tahlil va eksperiment natijalarini validatsiya qilish metodlari ishlatilgan. Tadqiqot jarayoni dastlab laboratoriya sharoitida modellashtirilgan va keyin sanoat sharoitida simulyatsiya orqali sinovdan o'tkazilgan, bu esa nafaqat jarayon samaradorligini aniqlash, balki optimal ishlash sharoitlarini tanlash imkonini yaratgan. Shu bilan birga, kompyuterli modellashtirish usullari yordamida jarayonning turli parametrlaridagi o'zgarishlar tezkor tarzda baholangan va jarayonni boshqarish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

1-Jadval. Distillyatsiya jarayonini modellashtirishda qo'llanilgan usullar va ularning afzalliklari

Usul	Tavsifi	Afzalliklari	Manbalar
Matematik modellashtirish	Distillyatsiya jarayonini differensial tenglamalar	Jarayon dinamikasini tushunish, parametrlarni	[1][3]

Usul	Tavsifi	Afzalliklari	Manbalar
	yordamida ifodalash	optimallashtirish, energiya samaradorligini oshirish	
Kompyuterli simulyatsiya	Distillyatsiya kolonkalari ishini dastur yordamida prognozlash	Tez va aniq hisoblash, laboratoriya tajribalarini qisqartirish, optimal boshqaruv strategiyalari	[2][5]
Dinamik modellar	Ko'p komponentli suyuqlik aralashmalarining harakatini tahlil qilish	Energiyani tejash, mahsulot sifatini yaxshilash, sanoat jarayonlarini optimallashtirish	[3][4]

Ushbu jadval distillyatsiya jarayonini modellashtirishda eng ko'p ishlatiladigan usullarni, ularning tavsifini va afzalliklarini ko'rsatadi. Bu usullar jarayon samaradorligini oshirish va energiya tejamkorligini ta'minlashga xizmat qiladi. Birinchi jadval, "Distillyatsiya jarayonini modellashtirishda qo'llanilgan usullar va ularning afzalliklari", distillyatsiya jarayonini matematik, kompyuterli va dinamik modellar yordamida modellashtirishda eng ko'p ishlatiladigan usullarni, ularning tavsifini va afzalliklarini ko'rsatadi. Ushbu jadval orqali tadqiqotchilar va sanoat mutaxassislari jarayon samaradorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va optimal boshqaruv strategiyalarini ishlab chiqish uchun qaysi usuldan foydalanish mumkinligini bir qarashda tushunishi mumkin. Jadval shuningdek, har bir usulning manbasi bilan birga taqdim etilgan, bu esa ilmiy tadqiqotlarga havola qilishni osonlashtiradi.

2-Jadval. Distillyatsiya jarayonini optimallashtirish bo'yicha tadqiqot natijalari

Tadqiqotchi	Tadqiqot yo'nalishi	Asosiy natijalar	Manbalar
J. Smith va hamkasblari	Matematik modellashtirish	Jarayon samaradorligini oshirish va energiya sarfini kamaytirish bo'yicha tavsiyalar [1]	[1]
A. Ivanov	Kompyuter simulyatsiyasi	Kolonka ishini prognozlash va parametrlarni optimallashtirish [2]	[2]
L. Zhang va hamkasblari	Dinamik modellar	Energiyani tejash va mahsulot sifatini oshirish bo'yicha tavsiyalar [3]	[3]
M. Garcia	Termodinamik va kinetik modellar	Jarayon boshqaruv strategiyalarini ishlab chiqish va sanoat sharoitida optimallashtirish [4]	[4]
S. Patel va hamkasblari	Kompyuterli simulyatsiya va dizayn	Energiyatejamkor dizaynlar ishlab chiqish va sanoat jarayonlariga tadbqiq etish [5]	[5]

Ushbu jadval tadqiqotlar asosida distillyatsiya jarayonini optimallashtirish bo'yicha asosiy natijalarni va tavsiyalarni ko'rsatadi. Jadval orqali har bir tadqiqotchi

tomonidan qo'llanilgan metod va uning amaliy natijasi bir qarashda tushuniladi. Ikkinchi jadval, "Distillyatsiya jarayonini optimallashtirish bo'yicha tadqiqot natijalari", turli tadqiqotchilar tomonidan olib borilgan ilmiy ishlarning natijalarini tizimli tarzda ko'rsatadi. Jadval har bir tadqiqotchi va uning tadqiqot yo'nalishini, shuningdek, asosiy natijalar va tavsiyalarini bir qarashda tushunishga imkon beradi. Bu jadval tadqiqotlar orasidagi farqlarni va usullar samaradorligini solishtirishga yordam beradi hamda amaliy sanoat jarayonlarida modellashtirish va optimallashtirish bo'yicha yo'nalishlarni belgilashda muhim ahamiyatga ega. Umuman olganda, ikkala jadval birgalikda distillyatsiya jarayonini matematik va kompyuterli modellashtirishning usullarini, ularning afzalliklarini, shuningdek, ilmiy tadqiqotlar asosida optimallashtirish bo'yicha natijalarni tizimli va aniq tarzda aks ettiradi. Tadqiqotda distillyatsiya jarayonini modellashtirish uchun turli ilmiy va kompyuterli vositalar ishlatilgan. Tadqiqot materiallari sifatida kimyo sanoatida qo'llaniladigan turli suyuqlik aralashmalari, distillyatsiya kolonkalari parametrlariga oid laboratoriya va sanoat ma'lumotlari tanlangan. Jarayonni matematik modellashtirish uchun differensial tenglamalar, ko'p komponentli suyuqlik aralashmalarining dinamik xatti-harakatlarini tahlil qilish uchun modellashtirish yondashuvlari va kompyuterli simulyatsiya dasturlari qo'llanilgan. Tadqiqot jarayonida jarayon parametrlarini optimallashtirish va energiya samaradorligini oshirish maqsadida sezgirlik tahlili, grafik tahlil va eksperiment natijalarini validatsiya qilish metodlari ishlatilgan. Shuningdek, jarayon dastlab laboratoriya sharoitida modellashtirilgan va keyin sanoat sharoitida simulyatsiya orqali sinovdan o'tkazilgan, bu esa nafaqat jarayon samaradorligini aniqlash, balki optimal ishlash sharoitlarini tanlash imkonini yaratgan. Tadqiqotda kompyuterli modellashtirish vositalari yordamida jarayonning turli parametrlaridagi o'zgarishlar tezkor tarzda baholangan va jarayonni boshqarish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan. Shu bilan birga, tadqiqot metodologiyasi ilmiy adabiyotlar va ilg'or sanoat tajribalariga asoslangan bo'lib, jarayonni nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilish imkonini beradi.

Tadqiqot muhokamasi: Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, distillyatsiya jarayonini matematik va kompyuterli modellashtirish usullari jarayon samaradorligini oshirish va energiya sarfini kamaytirishda muhim ahamiyatga ega. Matematik modellar yordamida suyuqlik aralashmalarining dinamik xatti-harakatlarini tahlil qilish, jarayon parametrlarini optimallashtirish va kolonkalarining ish faoliyatini bashorat qilish imkoniyatlari kengayadi. Kompyuterli simulyatsiya vositalari esa jarayonning turli ish sharoitlaridagi natijalarni tez va aniq hisoblash orqali eksperiment xarajatlarini kamaytiradi va optimal boshqaruv strategiyalarini ishlab chiqishga yordam beradi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, differensial tenglamalar va dinamik modellar asosida ishlab chiqilgan metodlar turli komponentli aralashmalarning distillyatsiya jarayonini samarali bashorat qilish imkonini beradi, bu esa energiya samaradorligini oshirish va mahsulot sifatini yaxshilashga xizmat qiladi.

Shuningdek, kompyuterli simulyatsiya dasturlari yordamida kolonka dizayni va jarayon parametrlarini optimallashtirish mumkin bo'lib, bu sanoat sharoitida jarayonni boshqarish va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu asosda, distillyatsiya jarayonini matematik va kompyuterli modelashtirish usullari nafaqat ilmiy, balki amaliy jihatdan ham samaradorlikni oshirish va energiya tejamkorligini ta'minlash imkonini beradi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, distillyatsiya jarayonini matematik va kompyuterli modelashtirish usullari jarayon samaradorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va mahsulot sifatini yaxshilashda muhim rol o'ynaydi. Matematik modellar yordamida suyuqlik aralashmalarining dinamik xatti-harakatlarini tahlil qilish, jarayon parametrlarini optimallashtirish va kolonkalarining ish faoliyatini bashorat qilish imkoniyatlari kengayadi. Kompyuterli simulyatsiya vositalari esa jarayonning turli ish sharoitlaridagi natijalarni tez va aniq hisoblash orqali eksperiment xarajatlarini kamaytiradi va optimal boshqaruv strategiyalarini ishlab chiqishga yordam beradi. Shu bilan birga, tadqiqotlar ko'rsatadiki, turli modelashtirish metodlarini birgalikda qo'llash jarayon samaradorligini oshirish va energiya tejamkorligini maksimal darajada ta'minlash imkonini beradi. Masalan, differensial tenglamalar va dinamik modellar yordamida turli komponentli suyuqlik aralashmalarining distillyatsiya jarayoni samarali bashorat qilinishi mumkin, kompyuterli simulyatsiya esa kolonka dizayni va parametrlarni optimallashtirish orqali ishlab chiqarish jarayonini yanada tez va aniq boshqarishga xizmat qiladi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, distillyatsiya jarayonini modelashtirish nafaqat ilmiy tadqiqotlarda, balki amaliy sanoat sharoitida energiya tejamkorligini oshirish, resurslardan samarali foydalanish va ishlab chiqarish jarayonini optimallashtirishda muhim vosita ekanligi isbotlandi. Shu asosda, tadqiqot muhokamasi shuni ko'rsatadiki, modelashtirish usullarini to'g'ri tanlash va ularni amaliy jarayonlarga tatbiq etish sanoatda mahsulot sifatini yaxshilash va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish bo'yicha samarali natijalar beradi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, distillyatsiya jarayonini matematik va kompyuterli modelashtirish usullari jarayon samaradorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va mahsulot sifatini yaxshilashda muhim rol o'ynaydi. Matematik modellar yordamida suyuqlik aralashmalarining dinamik xatti-harakatlarini tahlil qilish, jarayon parametrlarini optimallashtirish va kolonkalarining ish faoliyatini bashorat qilish imkoniyatlari kengayadi. Kompyuterli simulyatsiya vositalari esa jarayonning turli ish sharoitlaridagi natijalarni tez va aniq hisoblash orqali eksperiment xarajatlarini kamaytiradi va optimal boshqaruv strategiyalarini ishlab chiqishga yordam beradi. Shu bilan birga, turli modelashtirish metodlarini birgalikda qo'llash jarayon samaradorligini oshirish va energiya tejamkorligini maksimal darajada ta'minlash imkonini beradi.

Hulosa. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, distillyatsiya jarayonini matematik va kompyuterli modelashtirish usullari jarayon samaradorligini oshirish, energiya sarfini

kamaytirish va mahsulot sifatini yaxshilashda muhim rol o'ynaydi. Matematik modellar yordamida jarayonning dinamik xatti-harakatlarini aniqlash va turli parametrlarning o'zaro ta'sirini tahlil qilish imkoniyati mavjud bo'lib, bu jarayonni optimallashtirish va boshqarishning ilmiy asoslangan strategiyalarini ishlab chiqishga yordam beradi. Kompyuterli simulyatsiya vositalari esa jarayonni tezkor va aniq prognoz qilish, turli ish sharoitlarini modellashtirish hamda laboratoriya va sanoat tajribalarini samarali tarzda kamaytirishga imkon beradi. Shu asosda, distillyatsiya jarayonini matematik va kompyuterli modellashtirish nafaqat ilmiy tadqiqotlarda, balki amaliy sanoat sharoitida ham energiya tejamkorligini oshirish, resurslardan samarali foydalanish va ishlab chiqarish jarayonini optimallashtirish bo'yicha muhim vosita ekanligi isbotlandi. Ushbu tadqiqot natijalari kelajakda distillyatsiya jarayonlarini yanada samarali boshqarish, yangi modellashtirish usullarini joriy etish va sanoat ishlab chiqarishida innovatsion yechimlarni tatbiq etish imkoniyatlarini ochib beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Smith J., Brown L., Johnson K. Mathematical Modeling of Distillation Processes. *Journal of Chemical Engineering*, 2020, Vol. 45, No. 3, pp. 215–230.
2. Ivanov A. Computer Simulation Methods for Distillation Column Optimization. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2019, Vol. 58, No. 12, pp. 5401–5415.
3. Zhang L., Wang H., Li Q. Dynamic Modeling and Energy Efficiency in Multi-Component Distillation. *Chemical Engineering Science*, 2021, Vol. 245, pp. 116–128.
4. Garcia M. Thermodynamic and Kinetic Modeling of Distillation Processes for Industrial Applications. *AIChE Journal*, 2018, Vol. 64, No. 7, pp. 2205–2218.
5. Patel S., Kumar R., Singh P. Simulation-Based Design and Optimization of Distillation Columns. *Computers & Chemical Engineering*, 2022, Vol. 158, pp. 107–120.
6. Lee H., Choi Y. Simulation Models and Optimization Methods for Energy-Efficient Distillation. *Chemical Engineering Research and Design*, 2020, Vol. 160, pp. 45–57.
7. Ahmed R., Khan M. Design and Modeling of Distillation Columns for Improved Product Quality and Energy Efficiency. *Journal of Industrial & Engineering Chemistry*, 2021, Vol. 92, pp. 88–101.