НОВАЯ ЭРА НАУКИ И ЗНАНИЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
global-science-review.com
editor@global-science-review.com

OZIQ-OVQAT MAXSULOTLARNI QAYTA ISHLASH JARAYONLARINI AMALGA OSHIRUVCHI QURILMALAR GIDRODINAMIK OQIM STRUKTURALARINI TADQIQ QILISHDA KOMPYUTERLI MODELLASHTIRISHNING AHAMIYATI

Barakayeva D.F., Xabibov F.Y.

Buxoro davlat texnika universiteti.

Annotatsiya. *Ushbu maqolada sutni qayta ishlash sanoatida qo‘llaniladigan modda almashinish qurilmalarida yuzaga keladigan gidrodinamik oqim strukturalarini tadqiq etishda kompyuterli modellashtirishning afzalligi yoritilgan. Maqoladi sutni qayta ishlash jarayonlari misolida qizdirish, sovitish, konsentratsiyalash, bug‘latish, quritish va ajratish jarayonlari va ularning oqim strukturalari, tezligi, bosimi, temperaturasi jarayon samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi ta’kidlab o‘tilgan. Tadqiqotlarda hisoblash gidrodinamikasi, 3D modellashtirishdan foydalanish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. 3D modellashtirish yordamida qurilmadagi oqimning zarrachalar trayektoriyalari, bosim va tezlik ta’sirlari, gidravlik qarshiliklarni aniqlashning zamonaviy usullari keltirilgan. Kompyuterli modellashtirish orqali tadqiqotlar olib borishning eksperimental tadqiqotlar bilan uyg‘unlashtirish orqali modda almashinish qurilmalarining konstruktiv va texnologik parametrlarini optimallashtirish, energiya sarfini kamaytirish hamda ishlab chiqariladigan masulot sifatini oshirish mumkinligi asoslangan.*

Kalit so‘zlar: sutni qayta ishlash, modda almashinish qurilmalari, gidrodinamik oqim, oqim strukturasi, hisoblash gidrodinamikasi, 3D modellashtirish, bosim taqsimoti, tezlik maydoni, oqim trayektoriyasi, membranali qurilmalar, issiqlik va massa almashinuvi, qurilmani optimallashtirish.

НОВАЯ ЭРА НАУКИ И ЗНАНИЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
global-science-review.com
editor@global-science-review.com

THE ROLE OF COMPUTER MODELING IN INVESTIGATING HYDRODYNAMIC FLOW STRUCTURES IN EQUIPMENT USED FOR FOOD PROCESSING

Barakayeva D.F., Khabibov F.Y.

Bukhara state technical university.

Abstract. *This article highlights the advantages of computer modeling in the study of hydrodynamic flow structures occurring in mass transfer equipment used in the dairy processing industry. Using dairy processing operations as examples, the article emphasizes that processes such as heating, cooling, concentration, evaporation, drying, and separation, as well as their flow structures, velocity, pressure, and temperature distributions, have a significant impact on process efficiency. The possibilities of using computational fluid dynamics (CFD) and three-dimensional (3D) modeling in research are considered. Modern methods for determining particle trajectories, pressure and velocity effects, and hydraulic resistance in equipment using 3D modeling are presented. It is substantiated that combining computer modeling with experimental studies makes it possible to optimize the design and technological parameters of mass transfer equipment, reduce energy consumption, and improve the quality of the products obtained.*

Keywords: *dairy processing, mass transfer equipment, hydrodynamic flow, flow structure, computational fluid dynamics, 3D modeling, pressure distribution, velocity field, flow trajectory, membrane equipment, heat and mass transfer, equipment optimization.*

*K*irish. Bugungi kunda oziq-ovqat sanoatining muhim tarmoqlaridan biri bo‘lgan sut va sut mahsulotlarini qayta ishlash korxonalarida ishlab chiqarish jarayonlarini takomillashtirish, energiya va moddiy resurslardan samarali foydalanish hamda yuqori sifatli mahsulot olish dolzarb masalalardan hisoblanadi. Sutni qayta ishlash jarayonlarida qizdirish, sovitish, bug‘latish, konsentratsiyalash, quritish, membranali ajratish va boshqa texnologik jarayonlar keng qo‘llaniladi.

Ushbu jarayonlarning samaradorligi ko‘p jihatdan qurilma ichida hosil bo‘ladigan suyuqlik oqimining gidrodinamik xususiyatlariga bog‘liq.

Modda va issiqlik almashinish qurilmalarida sut oqimining tezligi, bosim taqsimoti, turbulentlik darajasi, oqimning bir tekis taqsimlanishi, girdoblar va qaytish zonalarining shakllanishi texnologik jarayonning intensivligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Oqim strukturasining noto‘g‘ri tashkil etilishi qurilmaning gidravlik qarshiligini oshirishi, energiya sarfini ko‘paytirishi, issiqlik va massa almashinuvi samaradorligini pasaytirishi hamda mahsulotning qurilma ichida ortiqcha yoki yetarli bo‘lmagan vaqt davomida qolishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shu sababli sutni qayta ishlash qurilmalarida gidrodinamik jarayonlarni chuqur o‘rganish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

An’anaviy eksperimental usullar yordamida oqim parametrlarini aniqlash mumkin bo‘lsa-da, qurilma ichidagi murakkab uch o‘lchamli oqim strukturasini to‘liq kuzatish va tahlil qilish imkoniyati cheklangan. Kompyuterli modellashtirish orkali gidrodinamik oqim strukturalarni optimallashtirish ishlarini samarali hal qilish imkonini beradi. Kompyuterli modellashtirish yordamida qurilmaning uch o‘lchamli geometrik modeli asosida oqimning tezlik va bosim maydonlari, oqim trayektoriyalari, turbulentlik darajasi hamda gidravlik yo‘qotishlarini sonli usulda aniqlash mumkin.

Ayniqsa, sutning qovushqoqligi, zichligi va boshqa fizik xususiyatlarining harorat hamda tarkibga bog‘liq ravishda o‘zgarishi uning oqim xususiyatlarini murakkablashtiradi. Shu bois sutni qayta ishlash qurilmalarini loyihalashda faqat umumiy gidrodinamik qonuniyatlar bilan cheklanib qolmasdan, sutning real fizik-reologik xususiyatlarini hisobga olgan holda raqamli modellashtirish va eksperimental tadqiqotlarni birgalikda olib borish maqsadga muvofiqdir.

Tadqiqot ishining asosiy maqsadi sutni qayta ishlashda foydalaniladigan modda almashinish qurilmalaridagi gidrodinamik oqim strukturalarini kompyuterli

modellashtirish orqali tadqiq qilish, gidrodinamik oqim parametrlariga ta’sir etuvchi asosiy omillarni aniqlash hamda qurilmalarning texnologik samaradorligini oshirish imkoniyatlarini baholashdan iborat. Olingan natijalar sutni qayta ishlash qurilmalarining konstruksiyasini takomillashtirish, energiya sarfini kamaytirish va ishlab chiqarish jarayonlarining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

1. Mavzuning dolzarbligi. Sutni qayta ishlash sanoatida sutni qizdirish, sovitish, bug‘latish, quritish, konsentratsiyalash, fermentatsiya qilish va membranali ajratish kabi jarayonlar keng qo‘llaniladi. Ushbu jarayonlarning samaradorligi ko‘p jihatdan qurilma ichida sut yoki boshqa ishchi muhitning gidrodinamik harakatiga bog‘liq.

Gidrodinamik oqim strukturasi deganda qurilma ichidagi suyuqlikning: tezlik taqsimoti; bosim taqsimoti; turbulentlik darajasi; girdobli harakati; qaytish zonalari; chegara qatlamlari; oqimning bir tekis yoki notekis taqsimlanishi kabi xususiyatlari tushuniladi.

Masalan, sut quvur bo‘ylab harakatlanayotganda uning barcha qatlamlari bir xil tezlikda harakat qilmasligi mumkin. Quvur devoriga yaqin qatlamlarda tezlik kichik, markaziy qismida esa katta bo‘ladi. Agar oqim turbulent bo‘lsa, aralashish kuchayadi va issiqlik hamda massa almashinuvi intensivligi ortadi.

Shuning uchun kompyuterli modellashtirish orqali oqimning real strukturasini aniqlash va qurilmani optimallashtirish sutni qayta ishlash texnologiyasining muhim masalalaridan biridir.

2. Modda almashinish qurilmalarining asosiy turlari. Sut sanoatida qo‘llaniladigan qurilmalarni jarayon xususiyatiga ko‘ra bir necha guruhga ajratish mumkin.

2.1. Membranali qurilmalar. Bular sut tarkibidagi komponentlarni membrana orqali ajratishga xizmat qiladi. Membranali qurilmaning asosiy turlari:

mikrofiltratsiya (MF);

ultrafiltratsiya (UF);

nanofiltratsiya (NF);

teskari osmos (RO).

Ishlash prinsipi. Sut bosim ostida membrana yuzasiga beriladi. Membrananing g‘ovaklari yoki selektiv qatlami ayrim komponentlarni o‘tkazadi, boshqalarini ushlab qoladi.

Masalan: **Ultrafiltratsiya:**

sut → bosim ostida membrana → permeat + konsentrat



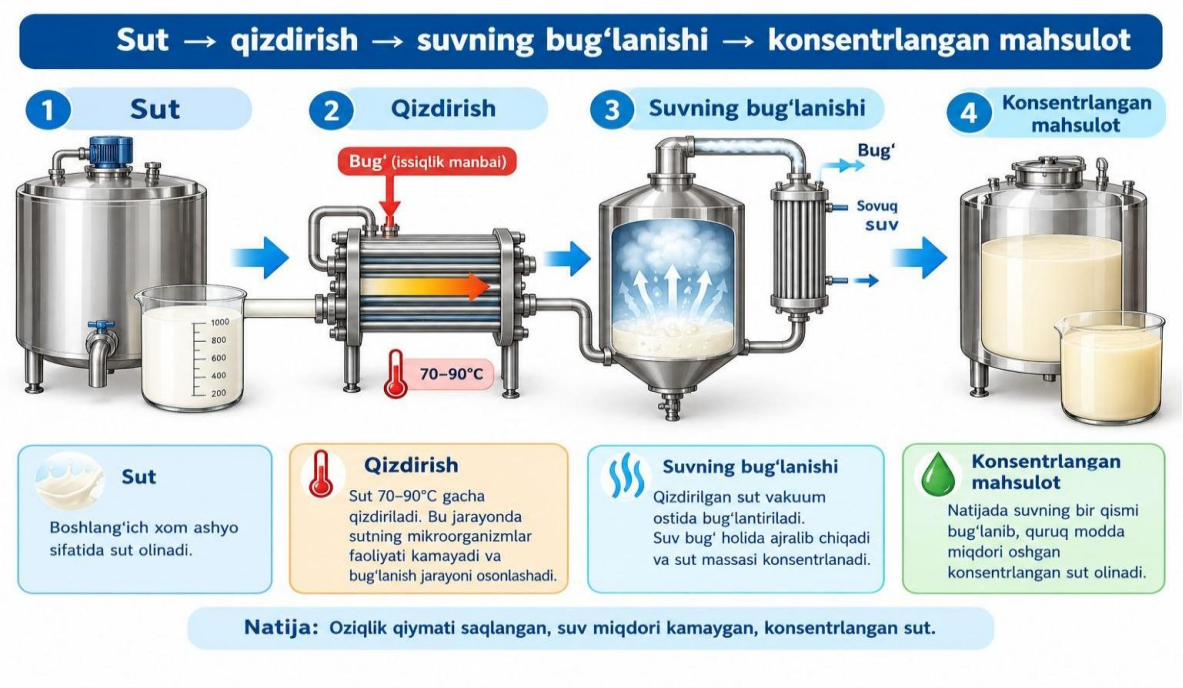
Ultrafiltratsiya yordamida suv, laktoza, mineral moddalar va oqsillarni ma’lum darajada ajratish yoki konsentratsiyalash mumkin.

Bu jarayonda membrana yuzasida chegaraviy qatlam va konsentratsion qutblanish hosil bo‘lishi mumkin. Shuning uchun gidrodinamika juda muhim.

2.2. Bug‘latish qurilmalari. Sutdan suvning bir qismini chiqarib, quruq moddalar konsentratsiyasini oshirish uchun ishlatiladi. Masalan, sut mahsulotlari, quyultirilgan sut va boshqa konsentrlangan mahsulotlar ishlab chiqarishda qo‘llaniladi.

Ishlash prinsipi. Sut issiqlik almashinish yuzasi orqali qizdiriladi:

sut → qizdirish → suvning bug‘lanishi → konsentrlangan mahsulot



Bu yerda suyuqlikning oqim tezligi va turbulentligi issiqlik almashinuvi intensivligiga katta ta’sir qiladi.

2.3. Purkagichli quritish qurilmalari. Sut kukuni ishlab chiqarishda eng muhim qurilmalardan biridir.

Ishlash prinsipi. Konsentrlangan sut maxsus purkagich yordamida juda mayda tomchilarga aylantiriladi. Qurilmaga issiq havo beriladi. Jarayon quyidagicha:

konsentrlangan sut → purkash → mayda tomchilar → issiq havo bilan kontakt → namlik bug‘lanishi → sut kukuni



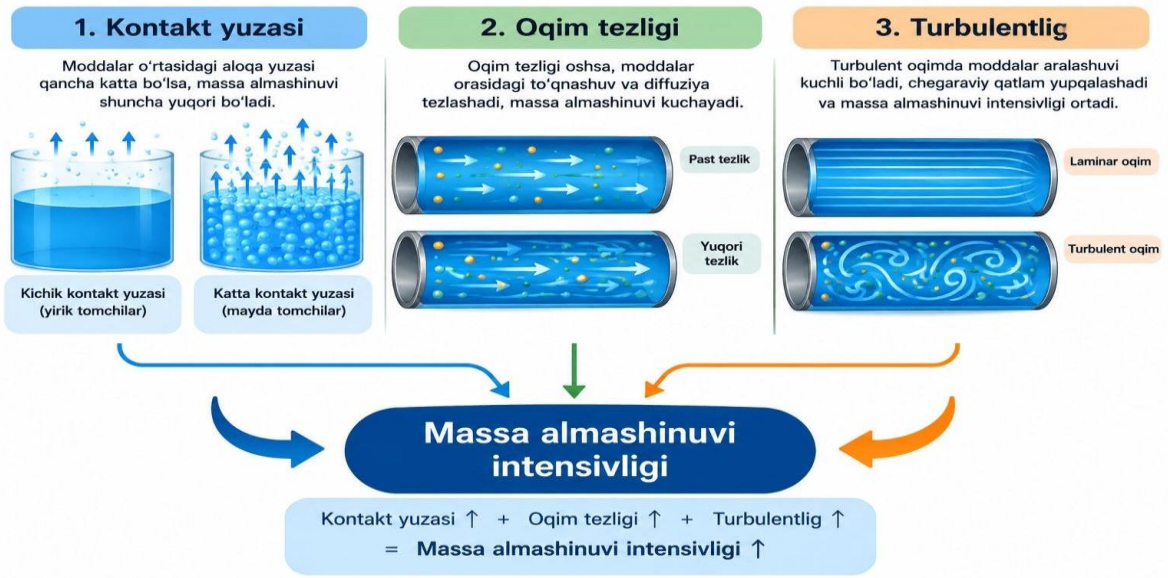
Bu jarayonda havo oqimining strukturasi juda muhim. Havo tezligi, turbulentligining darajasi va tomchilarning harakat trayektoriyasi quritish sifatiga ta’sir qiladi.

2.4. Gaz-suyuqlik kontakt qurilmalari. Bunday qurilmalarda gaz va suyuqlik o‘zaro kontaktda bo‘ladi. Qurilmaning asosiy turlari: nasadkali kolonnalar; tarelkali kolonnalar; purkagichli apparatlar; plyonkali apparatlar.

Sut sanoatida ularning qo‘llanilishi jarayonga qarab farq qiladi, masalan, quritish yoki uchuvchan komponentlarni chiqarish jarayonlarida.

Ishlash prinsipi. Gaz va suyuqlikning kontakt yuzasi qancha katta bo‘lsa, massa almashinuvi shunchalik intensiv bo‘ladi. Shuning uchun:

kontakt yuzasi + oqim tezligi + turbulentlig = massa almashinuvi intensivligi



3. Gidrodinamik oqim strukturalarini tadqiq qilishning ahamiyati. Qurilma ichidagi oqimni faqat tashqi ko‘rinish orqali baholash yetarli emas. Oqimning ichki strukturasini aniqlash orqali qurilmaning ish samaradorligini oshirish mumkin.

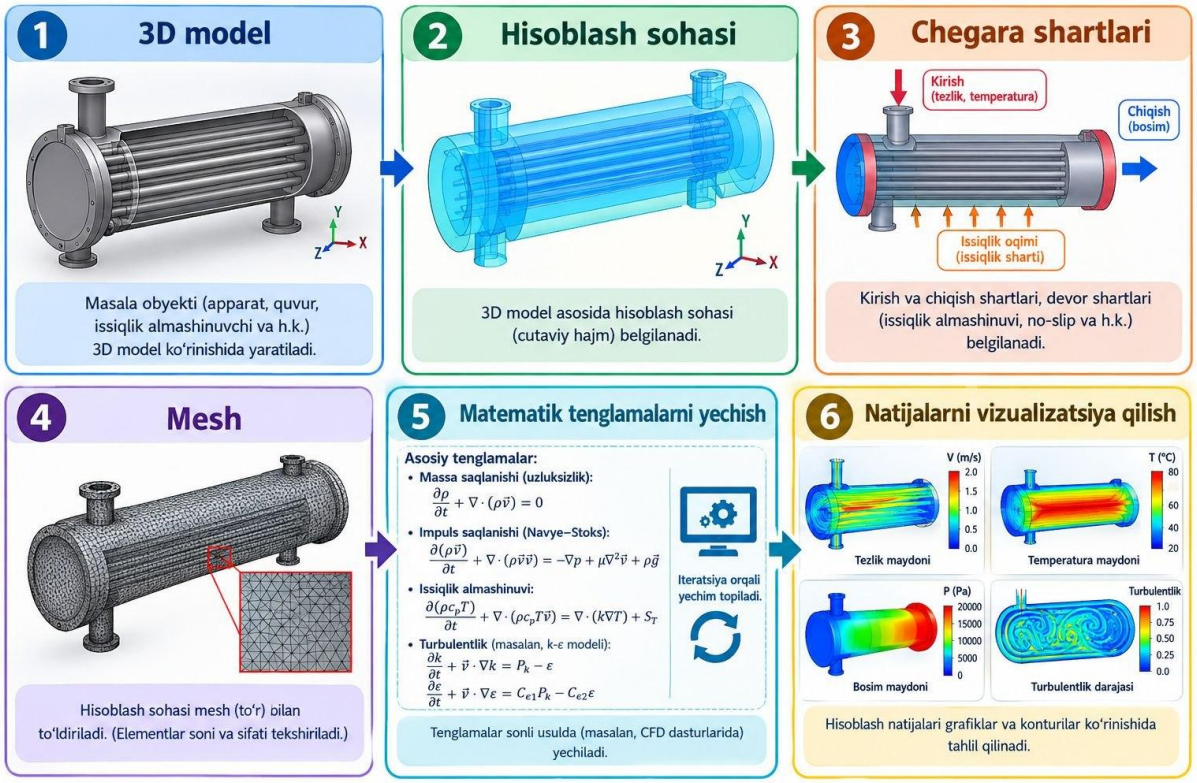
4. Kompyuterli modellashtirishning ahamiyati. Hozirgi vaqtda gidrodinamik oqim strukturalarini o‘rganishda oddiy tajriba usullari bilan bir qatorda kompyuterli modellashtirish orqali va avtomatlashtirilgan o‘lchash texnologiyalari keng qo‘llanmoqda.

Eng muhim texnologiyalar quyidagilardan iborat.

4.1. Kompyuterli modellashtirish, ya’ni **hisoblash gidrodinamikasi**, qurilma ichidagi suyuqlik yoki gaz harakatini kompyuter yordamida modellashtirish texnologiyasidir. Masalan, qurilma modelini SOLIDWORKS Flow Simulation yordamida hisoblash mumkin. Kompyuterli modellashtirish orqali: bosim; tezlik; temperatura; oqim yo‘nalishi; turbulentlik; oqim trayektoriyasi; issiqlik almashinuvi aniqlanadi.

Ishlash prinsipi. Avval qurilmaning 3D modeli yaratiladi.

3D model → hisoblash sohasi → chegara shartlari → mesh → matematik tenglamalarni yechish → natijalarni vizualizatsiya qilish



Masalan, quvur ichidagi sut oqimi uchun dastur Navye–Stoks tenglamalari, massa va energiya saqlanish tenglamalarini sonli usulda yechadi.

Natijada quyidagi ko‘rinishdagi tasvir olinadi:

ko‘k → past qiymat; yashil/sariq → o‘rta qiymat; qizil → yuqori qiymat

Xulosa. Sutni qayta ishlash uchun mo‘ljallangan modda almashinish qurilmalaridagi gidrodinamik oqim strukturalarini o‘rganishda kompyuterli modellashtirishda qurilmaning samaradorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish, mahsulot sifatini yaxshilash va optimal konstruksiyani aniqlash imkonini beradi.

Adabiyotlar ro‘yxati

Сафоров Ж.Э., Султанова Ш.А., Хабибов Ф.Ю., Исмоилов А.А. “Совершенствование структур гидродинамического потока устройств массообменных процессов переработки молока”. *Universum: технические науки*, 2026, №1(142). Mazkur ishda sutni qayta ishlash massa almashinuvi

qurilmalarida gidrodinamik oqim strukturasini takomillashtirish, konstruktiv va hisoblash usullaridan foydalanish masalalari bevosita ko‘rib chiqilgan.

Dodaev K., Maksumova D., Yunuskhodjaeva Kh. Sut va sut mahsulotlarining fizik-kimyoviy hamda texnologik xususiyatlarini o‘rganishga oid tadqiqotlar. Tashkent Institute of Chemical Technology.

M.S. Narziev, O.R. Abdurakhmanov, F.Y. Khabibov, D.Sh. Karimova - Investigation of flow hydrodynamic structures in the final distillation of a cotton miccella. Buxoro, 2017.

М.С. Нарзиев, О.Р. Абдурахмонов, Ф.Ю. Хабибов - Системный анализ технологического процесса окончательной дистилляции мисцеллы хлопкового масла. Развитие науки и технологий**,** Buxoro, 2017, №3, 5–10-bet.

М.С. Нарзиев, Ф.Ю. Хабибов, Б.И. Рустамов - Системный анализ аппаратов окончательной дистилляции растительных масел и разработка новой конструкции распылительной форсунки для массообменных аппаратов**.** Развитие науки и технологий**,** Buxoro, 2018, №1, 122–129-bet.

M.S. Narziev, R.B. G‘oyibov, F.Yu. Xabibov, D.Sh. Karimova, S.M. Sattorov - Jondor EVRO SNAR o‘simlik yog‘i ishlab chiqarish zavodidagi yakuniy distillyatsiya jarayonining avtomatik boshqaruvini takomillashtirish. Fan va texnologiyalar taraqqiyoti**,** Buxoro, 2018, №2, 126–135-bet. Worldly Journals

М.С. Нарзиев, Ф.Ю. Хабибов -Определение оптимальных технологических параметров процесса окончательной дистилляции бинарных смесей. Buxoro, 2019,96–98-bet.

М.С. Нарзиев, Ф.Ю. Хабибов - Использование методологии экспериментального планирования для изучения процесса окончательной дистилляции растительных масел. Buxoro, 2019.

F.Y. Xabibov, K.J. Murodov - Transport vositasi harakati mexanik energiyasini elektr energiyaga aylantirish qurilmasining simulyatsiya modeli. Ushbu maqola 2025-yilgi ilmiy to‘plam mundarijasida 175-betdan boshlab ko‘rsatilgan.

Barakayeva D.F., Xabibov F.Y. Sutni qayta ishlashga mo‘ljallangan massa almashinuvi qurilmalarida gidrodinamik oqim strukturasini tadqiq qilish. Fan va texnologiyalar taraqqiyoti jurnali № 4. 2026-yil. 270-bet.