UO‘K 621.1.025.6

ISSIQLIK ALMASHINISH APPARATLARIDA GIDRAVLIK QARSHILIKNI OPTIMALLASHTIRISH VA UNUMDORLIKNI OSHIRISH

Tojiboyev Suhrobxon Ja’far o‘g‘li - texnika fanlari falsafa doktori, dotsent,
https://orcid.org/0000-0001-5936-1837 e-mail: suxrobxon8586@gmail.com
Anvarov Og‘abek Xolbek o‘g‘li – magistr.
e-mail: anvarovogabek888@gmail.com

Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi sh., O‘zbekiston

Annotatsiya. Kirish. *Ushbu maqolada issiqlik almashinuvi apparatlarida gidravlik qarshilikni kamaytirish va unumdorlikni oshirish usullari tahlil qilingan. Tadqiqotda quvurlar ichidagi oqim yo‘nalishini o‘zgartirish uchun vintli, shnekli va kurakli uyurmalantiruvchilarni ishlatish usullari ko‘rib chiqilgan. Ushbu usullar issiqlik almashinuvi samaradorligini oshirsada, ular gidravlik yo‘qotishlarni oshirishi mumkin. Shuning uchun apparatlarning ixchamligini ta’minlash, metall sarfini kamaytirish va gidravlik qarshilikni optimallashtirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijalari energetika, kimyo va neft sanoatida energiya samaradorligini oshirishga qo‘llanilishi mumkin.*

Usullar va materiallar. *Issiqlik almashinuvi apparatlari kimyo va neft sanoatida keng qo‘llaniladi. Ularning samaradorligini oshirish uchun oqimni aylantirish va diffuzor-konfuzor turidagi quvurlarni ishlatish taklif qilinadi. Vintli, lentali va kurakli turbinatorlar issiqlik almashinishni kuchaytiradi, ammo ular gidravlik qarshilikni ham oshiradi. Oqimning aylanishi ikkilamchi oqimlarni hosil qiladi, bu esa issiqlik uzatishni yaxshilaydi. Energiya samaradorligini ta’minlash uchun bu usullar quvurlar ichida ham, quvurlar-aro bo‘shliqda ham qo‘llanilishi mumkin.*

Natijalar. *Diffuzor-konfuzor tizimi ketma-ket joylashgan quvurlardan iborat. Diffuzorda oqimning turbulentligi oshadi, bu esa issiqlik almashinuvi samaradorligini yaxshilaydi, konfuzorda esa oqimning tezlashishi samaradorlikni kamaytiradi. Umuman olganda, bunday tizim o‘rtacha gidravlik qarshilikka ega va yuqori issiqlik uzatish samaradorligi bilan xarakterlanadi. Issiqlik almashinuvi samaradorligi quvur uzunligi, qirralarning shakli va kesim o‘lchamlariga bog‘liq. Yassi to‘lqinli quvurda issiqlik almashinuvi silliq quvurlarga nisbatan 35-40% yuqori bo‘ladi. Ixcham issiqlik almashinuvi qurilmalarini yaratishda ularning sovitish tizimlarining energiya tejamkorligi va metall sarfi kabi xususiyatlarga ta’sirini inobatga olish muhimdir. Talablar orasida minimal o‘lcham va og‘irlik, yuqori samaradorlik va past gidravlik yo‘qotishlar mavjud. Biroq, qurilmaning o‘lchamining kichrayishi issiqlik almashinuvi koeffitsiyenti va mustahkamlik xususiyatlariga ta’sir qilishi mumkin.*

Xulosa. *Natijalar issiqlik almashinuvi jarayonlarini optimallashtirish va energiya samaradorligini oshirish uchun qo‘llanilishi mumkin. Gidravlik qarshilikni kamaytirish va oqimni boshqarish apparatlarning samaradorligini oshiradi. Eksperimentlar oqim yo‘nalishini o‘zgartirish issiqlik almashinuvi samaradorligini yaxshilashini ko‘rsatadi. Kelajakdagi tadqiqotlar innovatsion materiallar va yangi yechimlar orqali samaradorlikni oshirishga qaratilishi lozim.*

Kalit so‘zlar: *Issiqlik almashinuvi apparatlari, Gidravlik qarshilik, Issiqlik o‘tkazuvchanlik, Energiya samaradorligi, Bosim yo‘qotishlari.*

Дата поступления: 29.04.2025. После обработки:16.05.2025 Принято печать: 23.06.2025.

For citation: *Tojiboyev S.J., Anvarov O.X. Optimization of hydraulic resistance and improvement of efficiency in heat exchange equipment. Alternative energy. 2025. 3(18). pp. 142-148. (In Uz.).*

УДК 621.1.025.6

ОПТИМИЗАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Тожибоев Сухробхон Жаъфар угли - доктор философии по технических наук, доцент,
https://orcid.org/0000-0001-5936-1837 e-mail: suxrobxon8586@gmail.com
Анваров Огабек Холбек угли – магистр.
e-mail: anvarovogabek888@gmail.com

Каршинский государственный технический университет, г. Карши, Узбекистан

Аннотация. Введение. *В данной статье проанализированы способы снижения гидравлического сопротивления и повышения эффективности теплообменных аппаратов. В исследовании рассмотрены методы изменения направления потока внутри труб с использованием винтовых, шнековых и лопастных вихрегенераторов. Эти методы повышают эффективность теплообмена, но могут вызывать увеличение гидравлических потерь. В связи с этим разработаны рекомендации по обеспечению компактности аппаратов, снижению расхода металла и оптимизации гидравлического сопротивления. Результаты исследования могут быть использованы для повышения энергетической эффективности в энергетике, химической и нефтяной промышленности.*

Методы и материалы. *Теплообменные аппараты широко используются в химической и нефтяной промышленности. Для повышения их эффективности предлагается использовать завихрение потока и каналы типа диффузор-конфузор. Винтовые, ленточные и лопастные турбулизаторы усиливают теплообмен, но также увеличивают гидравлическое сопротивление. Завихренный поток формирует вторичные потоки, что улучшает теплоотдачу. Для обеспечения энергоэффективности данные методы могут применяться как внутри труб, так и в межтрубном пространстве.*

Результаты*. Система диффузор-конфузор состоит из последовательно расположенных каналов. В диффузоре увеличивается турбулентность потока, что улучшает теплообмен, а в конфузоре — ускорение потока снижает его эффективность. В целом такая система обладает средним гидравлическим сопротивлением и высокой теплоотдачей. Эффективность теплообмена зависит от длины канала, формы кромок и размеров сечений. В канале с плоскими волнениями теплообмен на 35-40% выше, чем в гладких. Для создания компактных теплообменных устройств важно учитывать их влияние на характеристики охлаждающих установок, такие как энергосбережение и металлоемкость. Требования включают минимальные размеры и массу, высокую эффективность и низкие гидравлические потери. Однако, снижение размера устройства может повлиять на теплообменный коэффициент и прочностные характеристики.*

Заключение. *Результаты могут быть использованы для повышения энергоэффективности и оптимизации теплообменных процессов. Снижение гидравлического сопротивления и управление потоком увеличивают эффективность аппаратов. Эксперименты показывают, что изменение направления потока улучшает теплообмен. В будущем исследования должны быть направлены на повышение эффективности через инновационные материалы и новые решения.*

Ключевые слова: *Теплообменные аппараты, Гидравлическое сопротивление, Теплопроводность, Энергоэффективность, Потери давления.*

UDC 621.1.025.6

OPTIMIZATION OF HYDRAULIC RESISTANCE AND IMPROVEMENT OF EFFICIENCY IN HEAT EXCHANGE EQUIPMENT

Tojiboev Suhrobkhon Ja'far ugli - doctor of philosophy in technical sciences, associate professor,
https://orcid.org/0000-0001-5936-1837 e-mail: suxrobxon8586@gmail.com
Anvarov Ogabek Xolbek ugli – master.
E-mail: anvarovogabek888@gmail.com

Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Abstract. Introduction. *This article analyzes methods for reducing hydraulic resistance and improving the efficiency of heat exchange equipment. The study examines methods of changing the flow direction inside pipes using screw, helical, and blade vortex generators. These methods enhance heat transfer efficiency but may increase hydraulic losses. Based on this, recommendations are developed to ensure the compactness of equipment, reduce metal consumption, and optimize hydraulic resistance. The research results can be used to improve energy efficiency in the energy, chemical, and oil industries.*

Methods and Materials. *Heat exchange equipment is widely used in the chemical and oil industries. To improve their efficiency, it is proposed to use flow vortexing and diffuser-convector type channels. Screw, ribbon, and blade turbulators enhance heat transfer but also increase hydraulic resistance. The vortexed flow creates secondary flows, improving heat dissipation. For energy efficiency, these methods can be applied both inside pipes and in the inter-pipe space.*

Results.*The diffuser-convector system consists of sequentially arranged channels. In the diffuser, the turbulence of the flow increases, improving heat transfer, while in the convector, the acceleration of the flow decreases its efficiency. Overall, this system has average hydraulic resistance and high heat dissipation. Heat transfer efficiency depends on the channel length, edge shape, and cross-sectional sizes. In a channel with flat waves, heat transfer is 35-40% higher than in smooth ones. To create compact heat exchange devices, it is important to consider their impact on the cooling system characteristics, such as energy savings and metal consumption. Requirements include minimal size and weight, high efficiency, and low hydraulic losses. However, reducing the size of the device can affect the heat transfer coefficient and strength properties.*

Conclusion. *The results can be used to improve energy efficiency and optimize heat exchange processes. Reducing hydraulic resistance and managing flow increases the efficiency of the equipment. Experiments show that changing the flow direction improves heat transfer. Future research should focus on improving efficiency through innovative materials and new solutions.*

Keywords: *Heat exchange equipment, Hydraulic resistance, Thermal conductivity, Energy efficiency, Pressure losses.*

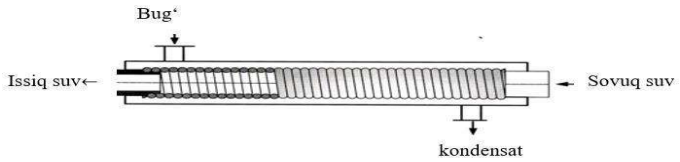
Kirish

Issiqlik almashinuv apparatlari energetika, kimyo va neft sanoatida keng qo'llaniladi [3,4,5]. Ushbu apparatlarning samaradorligi ularning konstruktiv tuzilishiga va gidravlik qarshilik darajasiga bog'liq [7,8]. Zamonaviy sanoat jarayonlarida energiya tejamkorligini ta'minlash muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Ko'pgina issiqlik almashinish tizimlarida katta energiya yo'qotishlari kuzatiladi, bu esa tizim unumdorligiga va ekspluatatsiya xarajatlariga bevosita ta'sir ko'rsatadi [9]. Shu sababli, gidravlik qarshilikni kamaytirish orqali issiqlik almashinish unumdorligini oshirish usullarini o'rganish va optimallashtirish zarur [10,11].

Usul va materiallar

Issiqlik almashinuvi apparatlari kimyo va neft sanoatida keng qo'llaniladigan qurilmalardan bo'lib, ular energiya iste'molining yuqori darajada bo'lishi bilan ajralib turadi. Shuning uchun, issiqlik almashinuvi apparatlarini imkon qadar samarali va energiya tejamkor qilish ishlab chiqarish tarmoqlarining asosiy vazifalaridan hisoblanadi [5,9]. Issiqlik almashinuvi apparatlarini maksimal darajada kompakt qilish (gabarit o'lchamlarini o'zgartirmasdan unumdorlikni yaxshilash) uchun turli xil usullar mavjud [6,7].

Issiqlik tashuvchi oqimning aylantirilishi va konfuzor-diffuzor turidagi quvurlar orqali issiqlik almashinish samaradorligini oshirish mumkin. Oqimning aylanishi quvur ichidagi issiqlik almashinuvi samaradorligini kuchaytiradi [2,3]. Oqimning aylanishi, quvurga turli xil qo‘shimchalar o‘rnatish orqali amalga oshiriladi: masalan, vintli yoki tekis aylanuvchi lentalar (1-rasm), yoki kurakli uyurmalantiruvchilar va propellerlar. Oqimni, siklonlarda bo‘lgani kabi, tangensial suyuqlik oqimi yordamida ham aylantirish mumkin [8,10]. Biroq, qo‘shimchalar faqat quvurning kirish qismiga o‘rnatilganda oqimning aylanishi suyuqlik quvur bo‘ylab harakatlanganda tezda yo‘qoladi. Vintli qo‘shimchalarda burilish oqimi xususiyatlari qo‘shimchaning aylantirish pog‘onasi bilan, kurakli uyurmalantiruvchilar uchun esa – kurak burilish burchagi bilan aniqlanadi [2].



1-rasm. Prujina-vitli quvur shaklida issiqlik almashinadigan elementga ega “quvur ichidagi quvur” ko‘rinishidagi issiqlikni almashtirish quvursi sxemasi [5,7].

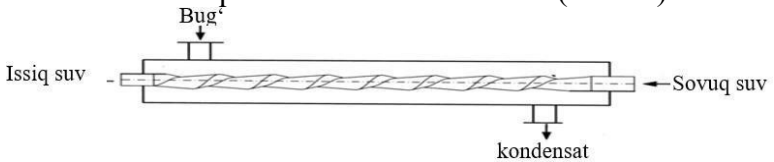
Figure 1. Schematic of a heat exchange pipe in the form of a “pipe within a pipe” with a heat exchange element in the form of a spring-screw pipe [5,7].

Aylantirilgan oqim tuzilishi juda murakkab, chunki suyuqlik harakati bo‘ylama va aylana shaklidagi turlarga ega. Quvurning kesimida suyuqlikning yopiq uyurmalantirilgan ikkilamchi oqimi paydo bo‘lishi mumkin [8,11]. Aylantirilgan qo‘shimchaga ega quvur gidravlik qarshiligi erkin quvurga nisbatan yuqoridir. Bu ishqalanish sirtining oshishi va issiqlik uzatish uchun qo‘shimcha energiya sarflanishi bilan bog‘liq [9,11].

Aylantirilgan oqimda issiqlik uzatish unumdorligi devorga yaqin oqim tezligi va markazdan qochiruvchi kuchlar ta’sirida paydo bo‘ladigan ikkilamchi oqimlarni kuchaytirish orqali oshiriladi. Bundan tashqari, kengaytirilgan uyurmalantiruvchi sirtlar, burama lenta shaklida issiqlik almashinuvi sirtini oshiradi, bu esa qo‘shimchalar va quvur devori o‘rtasida yaxshi aloqani ta’minlaydi. Qovurg‘alash effekti, quvur devori bilan issiqlik uzatish yo‘li orqali issiqlik almashish miqdorini oshiradi. Lenta uyurmalantiruvchilari issiqlik uzatishni bir necha barobar oshiradi [14].

Turbulent rejimda lenta uyurmalantiruvchilari issiqlik o‘tkazuvchanligini 1,5-2 barobar oshiradi. Reynolds soni oshgani sari aylanuvchi uyurmalantiruvchilarning samaradorligi pasayadi, chunki ular faqat oqimning devoriy qismlarida emas, balki butun oqimga ta’sir qiladi. Quvur bo‘ylab doimiy ravishda o‘rnatilgan uyurmalantiruvchilarning kamchiliklari, gidroqarshilikning sezilarli darajada oshishi bilan bog‘liq [8,11]. Biroq, bir nechta alohida uyurmalantiruvchilarni o‘rnatish orqali gidroqarshilikni kamaytirish mumkin. Issiqlik almashinuvini optimallashtirish uchun oqimning aylantirilishi nafaqat quvurlarda, balki issiqlik almashtiruvchi qurilmalarning quvurlararo bo‘shlig‘ida ham qo‘llaniladi [6,7,6].

Diffuzor-konfuzor turidagi quvurlar (to‘lqinli devorlari bo‘lgan) yuqori samarali issiqlik almashinuvi uskunalarini ishlab chiqishda ishlatilishi mumkin (2-rasm).



2-rasm. Vintli issiqlik almashinuvi sirtiga ega “konfuzor-diffuzor” turidagi issiqlik almashinuvi elementiga ega “quvur ichidagi quvur” turidagi qurilma sxemasi.

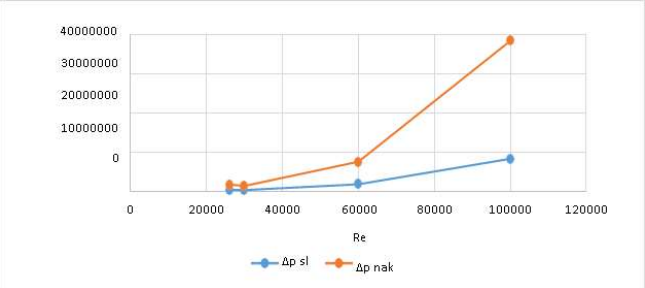
Figure 2. Schematic diagram of a “pipe-in-pipe” type device with a “confuser-diffuser” type heat exchange element with a screw heat exchange surface.

Natijalar.

Quvurlar diffuzor-konfuzor tizimining ketma-ket joylashishi shaklida bo‘ladi. Bunday quvurda issiqlik almashinuvi samaradorligi oqim gidrodinamikasining o‘ziga xos xususiyatlari

bilan bog‘liq. Diffuzorda gaz oqimining turbulentligi oshadi va oqim devordan ajralib turadi, bu esa issiqlik uzatishni samarali qiladi. Konfuzorda esa oqimning tezlashishi issiqlik uzatish samaradorligini pasaytiradi. Biroq, agar oqim diffuzordan keyin konfuzorga kirsa, yuqori darajadagi issiqlik uzatish ta'minlanadi. Umuman olganda, diffuzor-konfuzor tizimi o‘rtacha gidroqarshilikka ega, ammo yuqori issiqlik samaradorligi bilan xarakterlanadi. Issiqlik uzatish va quvur qarshiligi diffuzor va konfuzor uzunliklari, kirish-chiqish kesimlarining o‘lchamlari va qirralarning shakliga bog‘liq. Yassi to‘lqinli quvurda issiqlik uzatish silliq quvurlarga nisbatan 35-40% ga yuqori bo‘ladi [11,12].

Issiqlik almashinuvi qurilmalari va imkon qadar ixcham (unumdorlikni o‘zgartirmasdan, o‘lchamlarni qisqartirish) qilishning ko‘plab usullari mavjud. Issiqlik almashtirish qurilmalari sovutish uskunasining barcha ko‘rsatkichlariga, jumladan energetik va akustik xususiyatlar, sovutish samaradorligi, ishonchlilik, metall sarfi va narxiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi [5,6,7]. Shu sababli, issiqlik almashtirish qurilmasiga bir qator muhim talablarga javob berish kerak: belgilangan ish resursi davomida ishonchlilik, minimal o‘lchovlar va og‘irlik, issiqlik almashinishning maksimal samaradorligi, konstruktsiyaning ishlov berishga qulayligi, past gidravlik yo‘qotishlar, foydalanishning osonligi, issiqlik va gidravlika xususiyatlarining barqarorligi, katta dinamik yuklar va turli atmosfera sharoitlarida ishlash qobiliyatini saqlab qolish. Biroq, bir qator ob’ektiv omillar issiqlik almashtirish tizimlarining yanada takomillashishiga to‘sqinlik qiladi. Masalan, issiqlik almashtirish qurilmasining hajmini va vaznini kamaytirishning minimal chegarasi mavjud, chunki uning kichrayishi issiqlik almashish koeffitsiyentining ifloslanishiga va mustahkamlilik xususiyatlarining esa quvur o‘lchami bilan bog‘liqligiga olib keladi. Shuningdek, issiqlik almashtirish qurilmasining ixchamligi va kam metall sarfi gidravlik qarshilikning ortishiga olib keladi.

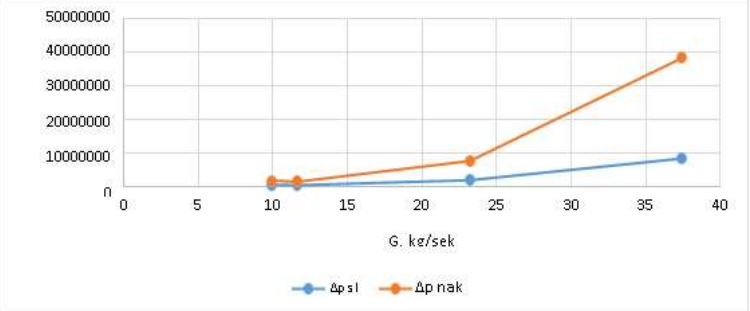


3-rasm. Bosim pasayishining Reynolds kriteriyasiga bog‘liqligi.
Figure 3. Pressure drop versus Reynolds criterion.

Bosim yo‘qotishlarni Reynolds kriteriyasiga bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Bu grafikdan ko‘rinib turibdiki quvurlarda quvurlarda Reynolds soni oshgan sayin bosim sezilarli darajada kamayib boradi.

$$\Delta P = \lambda * \frac{l}{d} * \frac{pw^2}{2} \quad (1)$$

Bu yerda, λ — ishqalanish koeffitsiyenti, l — quvur uzunligi, d — diametr, ρ — zichlik, w-oqim tezligi.

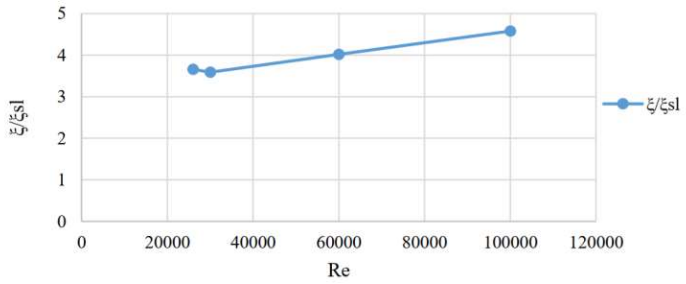


4-rasm Quvur orasida bosim yo‘qolishining massaviy sarfga bog‘liqligi.
Figure 4. Dependence of pressure loss in a pipe on mass flow.

Quvur orasida bosim yo‘qotuvlarning massaviy sarfga bog‘liqligi ko‘rsatilgan, ushbu grafikdan shunday jarayonni ko‘rish mumkinki quvurlarda massaviy sarf oshib borishini (silliq quvurda) quvurda bosim yo‘qotilishi massaviy sarfning ko‘payishi bilan oshib bormoqda (nakatkalangan) quvurda ushbu ko‘rsatkich bir qancha barobarga oshib borishi kuzatilgan [11,14].

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t \quad (2)$$

Bu yerda: k — umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti, F — issiqlik uzatish yuzasi, Δt — haroratlar farqi.



5- rasm.Quvurlar orasida gidravlik qarshilik ortishining Reynolds soniga bog‘liqligi.
Figure 5. Dependence of the increase in hydraulic resistance between pipes on the Reynolds number.

5-rasmda quvurlar orasida gidravlik qarshilik ortishining Reynolds soniga bog‘liqligi barcha quvur quvurlar orasida Reynolds soni ko‘payishi bilan gidravlik qarshilik ham ortib borishini ko‘rsatadi.

$$R_e = \frac{wd}{\nu} \quad (3)$$

Bu yerda: w-suyuqlik tezligi, d-quvur diametri, v-kinematik qovushqoqlik.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda ushbu tadqiqot natijalari sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirish va issiqlik almashinish jarayonlarini optimallashtirish uchun qo‘llanilishi mumkin. Gidravlik qarshilikni pasaytirish va oqimni boshqarish orqali apparatlarning ishlash unumdorligi oshiriladi. Eksperimental va hisoblash natijalari shuni ko‘rsatadiki, oqim yo‘nalishini o‘zgartirish orqali issiqlik almashinish jarayonlarini sezilarli darajada yaxshilash mumkin. Kelajakda bu sohada olib boriladigan tadqiqotlar innovatsion materiallar va yangi konstruktiv yechimlar orqali tizim samaradorligini yanada oshirishga yo‘naltirilishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Постановление Кабинета Министров РУз «О мерах по развитию и укреплению материально-технической базы хранения плодоовощной продукции на 2011 – 2015 годы», Собрание законодательства Республики Узбекистан. 2011. №14. С. 188-200.

[2] Бараненко А.В., Белозеров Г.А. Непрерывная холодильная цепь основа стратегии ресурсосбережения и обеспечения качества продовольствия, Холодильная техника. – Москва, 2010. №3. С. 9-12.

[3] Калнинь И.М. Техника низких температур в энергетике, Холодильная техника. – Москва, 2012. №1. С. 42-49.

[4] Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии 1987.

[5] Юсубеков Н.Р, Нурмухаммедов Х.С, Исматуллаев П.Р, Зокиров С.Г, Маннонов У.В, кимё ва озиқ-овқат саноатларнинг асосий жараён ва курилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш. 2000. 231 бет

[6] Zohidov R.A. (2010). Issiqlik texnikasi. O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti.

[7] Abdulazizov, A. (2022). Ho‘l usulda chang ushlovchi va gaz tozalovchi qurilmada gidravlik qarshilikni tadqiq etish. Yosh Tadqiqotchi Jurnali, 1(5), 246–252.bet

[8] Samiev, L.N., Jo‘raboyev, I.I., & Yo‘ldoshev, M.A.Z. (2024). Gidravlik sakrash. Fan va innovatsiya, 2(12), 105–111.

[9] Zohidov, R.A., & Alimova, M.M. (2010). Issiqlik texnikasi. Toshkent.

[10] Ҳикматов, Ф.Ҳ., Раҳмонов, Қ.Р., & Турғунов, Д.М. (2014). Гидравликадан амалий машғулотлар. Тошкент: Университет.

[11] Хошимов, А.О., & Исомидинов, А.С. (2020). "Чанг-газ тозаловчи қурилманинг гидравлик қаршилиги ва тозалаш самарадорлигини ўрганиш." Халқаро илмий-амалий анжуман материаллари, Андижон, 51-бет.

[12] Тожиев Р.З., Садуллаев Ҳ.М., Солиев О.К., & Муминов Ҳ.Н. (2019). Кальцинернинг оловли камераси янги тузилиши. Замонавий фан ва таълимнинг долзарб муаммолари, 20–24.

[13] Алиматов, Б.А., & Садуллаев, Ҳ.М. (2021). Пневматик ва механик аралаштиришда энергия сарфи таққосланиши. Энергетика.

[14] Ахмедович, Х.А., & Саидакбаровна, С.Д. (2021). Брикет ишлаб чиқаришда мустаҳкамлик чегарасини тадқиқ этиш. Asian Journal of Multidimensional Research, 10(5), 275–283.