JOURNAL OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH
Volume 2, Issue 9, May, 2025 Online ISSN: 3030-3508
https://spaceknowladge.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ТУРБУЛИЗАТОРА ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ПОТОКА В ТЕПЛООБМЕННИКЕ НЕФТИ

Абдурахмонов Олим Рустамович [1]
[1] *доктор техн. наук., проф. Бухарский инженерно-технологический институт, Республика Узбекистан, г. Бухара,*
E-mail: azi100@mail.ru
Жураев Асрорбек Музафар угли [1]
[1] *старший преподаватель, Университет экономики и педагогики, Республика Узбекистан, г. Карши.*

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

ИСТОРИЯ СТАТЬИ:
Received:11.05.2025
Revised: 12.05.2025
Accepted:13.05.2025

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
углеводород, теплообмен, турбулизация, гидродинамика, гидравлическое сопротивление, механические примеси нефти, отложение, нагар.

АННОТАЦИЯ:

В статье проанализированы энергетический расход теплообменных процессов при переработке жидких углеводородов, механизм распределения тепла в трубе аппарата, выявлено, что образование отложений на теплообменные поверхности оказывают существенное сопротивление передаче тепла и турбулизация течения нефти, содержащий механические примеси способствует уменьшению отложений и в результате улучшение теплообменных показателей. Результаты экспериментального исследования гидродинамики течения нефти в канале показывают, что при увеличении ширины скрученной лентой с 6 до 14 мм гидравлическое сопротивление увеличивается на 30 % (Re =2000), 40 % (Re =1200). Из этого следует, что целесообразно проведение оптимизации процесса турбулизации, с учетом существенного увеличения гидравлического сопротивления течения жидких углеводородов, особенно таких высоковязких как нефть.

Введение. Нефтеперерабатывающие заводы являются крупнейшими потребителями топливно-энергетических ресурсов, в том числе тепловой энергии. Переработка в них нефти и газоконденсатного сырья является многотоннажным и энергоемким производством. Основная часть энергозатрат на переработку углеводородов (особенно жидких углеводородов), порядка 70-75 %, приходится на долю теплообменных, или же связанных с ним, процессов. Также широко применяются теплообменные аппараты и устройства во многих других областях нефтеперерабатывающей, нефтехимической и других смежных отраслях промышленности [1,2]. Интенсификация теплообмена заключается, отчасти, в интенсификации теплоотдачи от нагревающей стеки к жидкости, организации теплообмена между ядром потока и пристенным слоем, а также турбулизации течения для разрушения ламинарного подслоя, обладающего высоким термическим сопротивлением [3,4,5].

Целью исследования является теоретический анализ и экспериментальное определение зависимости гидравлического сопротивления течения нефти от формы и размера турбулизатора, а также определение целесообразности и необходимости оптимизации параметров процесса турбулизации. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи исследования: выявление механизма турбулизации потока нефти на отложение из ее состава твердых частиц, а также перспективных форм пассивных турбулизаторов.

Методы и материалы

При проведении исследований авторами применен метод совершенствование состояния поверхности теплообмена и пограничного слоя нагреваемой нефти и стенкой теплообменной трубы аппарата для интенсификации процесса теплопередачи. На показатель теплоотдачи негативно влиял слой отложения взвешенных частиц на разделяющую поверхность, и с увеличением продолжительности эксперимента толщина слоя только увеличивалась. В результате теплового воздействия на отложения образовался плотный слой нагара, который в свою очередь и имеет низкий коэффициент теплопроводности.

Для достижения, с меньшими затратами, интенсификации теплообменных характеристик оборудования, путем пресечения образования отложений на теплообменные поверхности, авторами успешно предпринят метод интенсивной турбулизации потока нагреваемой нефти в трубках теплообменных аппаратах. Исследования, проведенные авторами, многообразия методов турбулизации потоков жидкого углеводорода показал, пассивная турбулизация потока нагреваемой нефти является одним из наиболее простым и довольно эффективным методом. Этот метод турбулизации нагреваемой нефти в трубках кожухотрубного теплообменника показал эффективность их использования в довольно широком диапазоне гидродинамических показателей. Применение авторами пассивного метода

закручивания нагреваемого потока с применением скрученной ленты способствовал уменьшению толщины отложений. При этом не было приложено дополнительный подвод энергии извне.

Механизм метода пассивной турбулизации с применением скрученной ленты основывается в создании интенсивно перемешивающихся потоков и закручивания пристенных слоев жидкости в трубах теплообменника. Эти устройства наряду с дополнительным вихреобразованием и турбулизацией пристенной области обеспечили глобальную циркуляцию потока, которые благоприятно влияли и на выравнивание температурных неоднородностей и усиление теплообменного процесса [6,7].

Проведенные эксперименты по созданию и эксплуатации теплообменных аппаратов с различными конструкциями турбулизаторов показали, что разработанный метод турбулизации с применением скрученной ленты обеспечил снижение отложения твердых взвесей на теплообменных поверхностях этих устройств в 1,5-2 раза. Авторами исследованы разнообразные конструкции турбулизаторов, для совершенствования и интенсификации процессов, происходящих в трубках теплообменника. Для совершенствования течения однофазных теплоносителей рекомендуется турбулизация потока для развития контактной поверхности за счет закрутки потока исследованы спиральные ребра, шнековые устройства, завихрители различных конструкций, которые устанавливаются на входе и по длине труб. Эффективность этих конструкций различна, и на некоторых образцах достигается увеличение тепловых показателей в 2 раза и более, за счет совершенствования гидродинамических параметров.

Результаты

Авторами разработаны ряд конструкции турбулизаторов, которые способствовали существенному уменьшению образования отложений взвешенных твердых частиц на теплообменных поверхностях аппарата. При этом ставились и решались задачи в первую очередь снижение образования отложений на контактных поверхностях, пресечение существенного увеличения гидравлического сопротивления потока жидких углеводородов при использовании интенсификатора. Эффективно препятствующие отложению твердых частиц на теплообменные поверхности показали ряд конструкций турбулизаторы закрутки потока жидкости в трубках аппарата. Это закрученные ленточные и шнековые турбулизаторы имеющие на поверхности оребрения и без него. Следующим фактором учитываемый при исследовании было значение увеличения гидравлического сопротивления создаваемое исследуемыми турбулизаторами. Среди вышеперечисленных турбулизаторов наименьшее гидравлическое сопротивление имели ленточные турбулизаторы без оребрения на поверхности. Авторами в лабораторных условиях получены результаты влияния ленточного турбулизатора без оребрения на

поверхности на создаваемое им гидравлическое сопротивление. При этом исследовалась гидродинамика потока нефти при различных режимах его течения числа Рейнольдса (*Re*). В лабораторных условиях исследовались закрученные ленточные турбулизаторы различной ширины (*l*), без оребрения на поверхности, которые имели шагах скрутки ленты: *b*=16·*l*. Эксперименты проводились в потоке нефти в стеклянной трубке, которая имела внутренний диаметр 25 мм и длину 1400 мм. Результаты обобщены на рисунке 1.

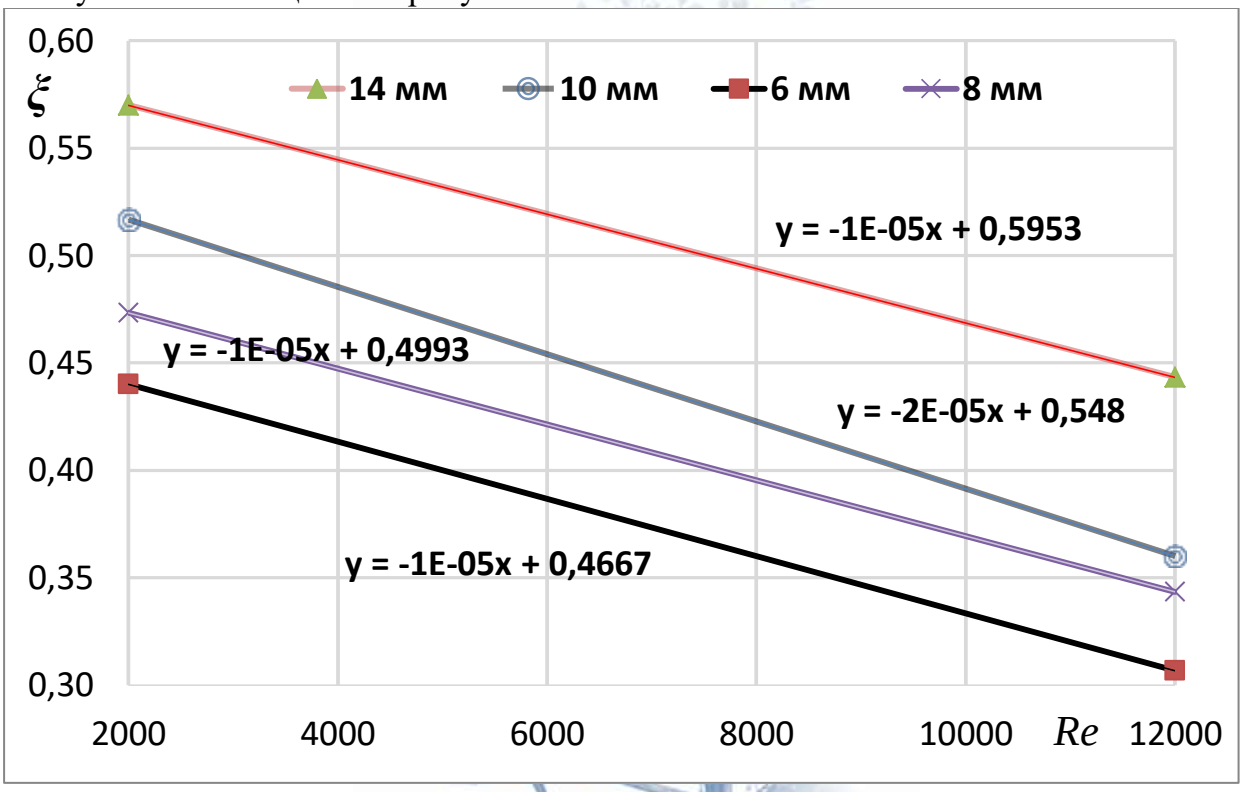

Рис. 1. Зависимость коэффициент гидравлического сопротивления течения нефти в трубе аппарата ξ от числа Рейнольдса (*Re*), турбулизатор скрученная лента шириной *l* 6, 8, 10 и 14 мм, шагах скрутки ленты *b*=16·*l*.

Обсуждение

Критериями оценки формы ленточного закрученного турбулизатора авторами принято число Рейнольдса (*Re*) и коэффициент гидравлического сопротивления течения нефти в трубе аппарата (ξ), на значение которого влияет число *Re*.

Анализируя результаты проведенных опытов можно констатировать, что при *Re* =2000 и увеличении ширины ленты *l* с 6 мм до 8 мм показывают в среднем увеличение ξ на 6,8 %, с 8 мм до 10 мм на 10,6 %, а с 10 мм до 14 мм на 9,6 %. А при *Re* =12000, увеличение *l* привело к повышению значения ξ соответственно: 9,6 %, 5,8

% и 22 %. На рисунке выведены компьютерные уравнения, соответствующие линиям зависимости показателей. Обобщение результатов исследований свидетельствуют, что главным фактором, влияющим на гидродинамику потока нефти в трубе, при использовании исследованных турбулизаторов является их геометрическая форма и размеры. На основе проведенных экспериментов выбрана оптимальная конфигурация пассивного турбулизатора – скрученной ленты. Гидравлическое сопротивление увеличивалось при увеличении ширины ленты (т.е. увеличении высоты скрутки) и уменьшении шага скрутки.

Выводы

Таким образом, используя разработанную конструкцию турбулизатор в виде скрученной ленты оптимальными размерами достигнуто повышение турбулизации потока жидкости в трубках теплообменников с относительно небольшим увеличением гидравлического сопротивления канала. Результаты исследований показали перспективность использования данной конструкции пассивных турбулизаторов в виде скрученной ленты для уменьшения отложения твердых частиц, что способствует поддержанию высокого параметра теплообмена. Кроме того, конструкция турбулизатора – скрученной ленты проста в изготовлении, малозатратна и для его внедрения не требует существенных изменений в конструкции действующего оборудования.

Список литературы:

1. Технология переработки нефти: в 2 ч. Ч. I. Первичная переработка нефти / под ред. О.Ф. Глаголевой и В.М. Капустина. -М.: Химия, Колос С, 2006. - 400 с.

2. Данилов Н.В., Дедов А.В. Экспериментальное исследование гидравлического сопротивления в трубах с закруткой потока // Сб.трудов IV Росс. нац. конф. по тепломассообмену. М.: Изд-во МЭИ, 2006, т.8. С.62-63.

3. Giniyatullin A.A. Hydrodynamics and heat transfer in tubes with smooth and ribbed twisted tape inserts / S.E. Tarasevich, A.B. Yakovlev, A.A. Giniyatullin, A.V. Shishkin // Journal of Enhanced Heat Transfer. – 2013. – 20(6). – P.511-518.

4. Кузма-Кичта Ю. А. Методы интенсификации теплообмена. М.: МЭИ, 2001. 240 – с.

5. Giniyatullin A.A. Heat Transfer in Circular Tubes With Regularly Spaced Full Length Twisted Tape Inserts Having Discrete Finned Surface / S.E. Tarasevich, A.B. Yakovlev, A.A. Giniyatullin // 2011 Baltic Heat Transfer Conference – 6th BHTC 2011. – Tampere, Finland, 2011. – P.59-60.

6. Абдурахмонов О.Р., Жураев А.М. Интенсификация теплообмена // Фундаментальные и прикладные проблемы физической и коллоидной химии и их инновационные решения: тезисы докл. Междунар. конф. (Наманган, 9-10 февраль. 2024. –С.974-975.

7. Абдурахмонов О.Р., Жураев А.М. Механизмы интенсификации теплообмена //Технологические проблемы добычи и переработки нефти и газа и их инновационные решения: тезисы докл. Респ. конф. (Бухара, 14-15 ноябрь. 2024. –С.227-229.

8. Djurayev, K. F., Gafurov, K. K., & Sayilkhonov, K. N. (2025). MODERNIZATION OF THE RICE GRAIN CLEANING PROCESS AND IMPROVEMENT OF EQUIPMENT. *IZLANUVCHI*, *1*(2), 36-39.

9. Djurayev, X. F., Gafurov, K. X., & Sayilxonov, X. N. (2025). SHOLI DONINI TOZALASH JARAYONI VA QURILMASINI TAKOMILLASHTIRISH: TEXNOLOGIK YONDASHUVLAR. *JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH, MODERN VIEWS AND INNOVATIONS*, *1*(3), 64-67.

10. Djurayev, X. F., Gafurov, K. X., & Sayilxonov, X. N. (2025). SHOLI DONINI TOZALASH JARAYONINI MODERNIZATSIYA QILISH VA QURILMALARNI TAKOMILLASHTIRISH. *YANGI O 'ZBEKISTON, YANGI TADQIQOTLAR JURNALI*, *2*(1), 178-182.

11. Raxmatov, U. R., Gafurov, K. H., & Hikmatov, D. N. (2024). MEVA PASTILLALARNI FIZIK KIMYOVIY XUSUSIYATLARI. *JOURNAL OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH*, *1*(2), 453-460.

12. Холиков, М. М., & Джураев, Х. Ф. (2024). ВАЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ ФРУКТОВЫХ И ОВОЩНЫХ ПАСТИЛОК. *Universum: технические науки*, *2*(8 (125)), 60-62.

13. Djuraev, K., & Uvayzov, S. (2023). Synthesis of a digital PID controller to control the temperature in the agricultural products drying chamber. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 390, p. 03002). EDP Sciences.

14. Уринов, Ш. Х., Джураев, Х. Ф., & Бадриддинов, С. Н. (2023). РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ РАСКАЛЫВАНИЯ СКОРЛУПЫ КОСТОЧЕК АБРИКОСА. *Universum: технические науки*, (7-3 (112)), 36-40.

15. Джураев, Х. Ф., Расулов, Ш. Х., Абидов, К. З., & Усманов, А. (2022). ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ ТОМАТНОГО СЫРЬЯ. *Universum: технические науки*, (9-3 (102)), 15-18.

16. Djuraev, K., Yodgorova, M., Usmonov, A., & Mizomov, M. (2021, September). Experimental study of the extraction process of coniferous plants. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 839, No. 4, p. 042019). IOP Publishing.

17. Xayrulla, D., Saidjon, U., & Azamat, M. (2021). DEVELOPMENT OF LIGHTING CONTROL SOFTWARE FOR "SMART CLASS". *Universum: технические науки*, (5-6 (86)), 18-21.

18. Джураев, Х. Ф., Мухаммадиев, Б. Т., & Ёдгорова, М. О. (2021). МОДЕЛИРОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ. *Экономика и социум*, (2-1 (81)), 589-595.

19. Artikov, A., Djuraev Kh, F., Masharipova, Z. A., & Razhabov, B. N. (2020). Systems thinking, analysis and finding optimal solutions on examples of engineering technology (Bukhara.

20. Джураев, Х. Ф., Гафуров, К. Х., Жумаев, Ж., & Мирзаева, Ш. У. (2020). МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СВЕРХКРИТИЧЕСКОЙ ЭКСТРАКЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ЛАКРИЧНОГО КОРНЯ. *Universum: технические науки*, (10-2 (79)), 68-72.

21. Мажидова, Н. К., & Мирзаева, Ш. У. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЦЕСС СО2–ЭКСТРАКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ. *ББК 36 Т38 Редакционная коллегия: д. т. н., профессор Акулич АВ (отв. редактор) к. т. н., доцент Щемелев АП (отв. секретарь)*, 308.

22. Артыков, А. А., Машарипова, З. А., Джураев, Х. Ф., & Абдуллаева, М. А. (2018). Основы компьютерного моделирования процесса сушки тыквы. *Научная мысль*, (6), 34-40.

23. Джураев, Х. Ф., Хамидов, О. М., & Расулов, Ш. Х. (2017). СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛИЩНЫХ ДОМОВ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ. *Ученый XXI века*, 6.

24. Сарболаев, Ф. Н., Хамидов, Б. Т., & Джураев, Х. Ф. (2017). Исследование прогностических свойств уравнения состояния зернистой среды при быстром сдвиге. *Химия и химическая технология*, (1), 57-62.

25. Саьдиев, Л. М., Рассулов, Ш. Х., & Джураев, Х. Ф. (2016). РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ. In *Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении* (pp. 82-85).

26. Хабибов, Ф. Ю., Рустамов, К. К., Абидов, К. З., & Джураев, Х. Ф. (2016). Математическая модель и принципы регулирования процесса экстракции растительного сырья с применением сжиженного газа. *Современные материалы, техника и технологии*, (2 (5)), 220-226.

27. Абдурахманова, М. И., Уринов, Ш. Х., & Джураев, Х. Ф. (2016). Разработка системы управления процессом экстракции растительного сырья при высоких давлениях. *Современные материалы, техника и технологии*, (2 (5)), 6-9.

28. Расулов, Ш. Х., Отанапазов, Ш. О., Тураева, Г. Ш., & Джураев, Х. Ф. (2016). МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ

ПРОТЕКАЮЩЕГО НА УРОВНЕ КВАЗИСЛОЯ ВЫСУШИВАЕМОГО МАТЕРИЛА. In *Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении* (pp. 73-75).

29. Халиков, А. А., Джураев, Х. Ф., & Бешимов, М. Х. (2016). Расчёт продолжительности сушки при нестационарном режиме. In *НОВЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ: ВЗГЛЯД МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ* (pp. 333-336).

30. Абдурахманова, М. И., Рустамов, К. К., Абидов, К. З., & Джураев, Х. Ф. (2016). Математическая модель и принципы регулирования процесса экстракции растительного сырья с применением сжиженного газа. *Современные материалы, техника и технологии*, (2 (5)), 10-16.

31. Саьдиев, Л. М., Рассулов, Ш. Х., & Джураев, Х. Ф. (2016). РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ. In *Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении* (pp. 82-85).

32. Тураева, Г. Ш., & Джураев, Х. Ф. (2015). Синтез системы автоматического регулирования поцесса приготовления теста. *Современные материалы, техника и технологии*, (3 (3)), 240-244.

33. Артиков, А. А., Джураев, Х. Ф., & Хайдарова, З. (2015). МНОГОСТУПЕНЧАТЫЙ СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ЭКСТРАКЦИИ В СИСТЕМЕ ТВЕРДОЕ ТЕЛО-ЖИДКОСТЬ. In *Юность и Знания-Гарантия Успеха-2015* (pp. 249-251).

34. Джураев, Х. Ф., Усмонов, А. У., & Отанапасов, Ш. О. (2015). РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ СО СЖИЖЕННЫМ СО2. In *Прогрессивные технологии и процессы* (pp. 291-296).

35. Djuraev, K., Yodgorova, M., Usmonov, A., & Mizomov, M. (2021, September). Experimental study of the extraction process of coniferous plants. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 839, No. 4, p. 042019). IOP Publishing.

36. Abduraxmonov, O. R., Soliyeva, O. K., Mizomov, M. S., & Adizova, M. R. (2020). Factors influencing the drying process of fruits and vegetables. *ACADEMICIA:" An international Multidisciplinary Research Journal" in India*.

37. Mizomov, M. S. (2022). Analyzing Moisture at the Drying Process of Spice Plants. *Texas Journal of Agriculture and Biological Sciences*, *4*, 84-88.

38. Mizomov, M. (2025). ANALYZING TECHNOLOGICAL PROCESSES WITH MAIN TECHNOLOGICAL PARAMETERS. *International Journal of Artificial Intelligence*, *1*(3), 120-124.

39. Mizomov, M. (2025). RESEARCHING HIGHER EDUCATIONAL ACTIVITIES AROUND UNIVERSITIES. *Journal of Applied Science and Social Science*, *1*(2), 284-291.

40. Mizomov, M. (2025). REVISITING STRATEGIES FOR IMPROVING ORGANIZATIONAL MECHANISMS. *Journal of Applied Science and Social Science*, *1*(1), 364-370.

41. Mizomov, M. (2025). ANALYZING DRYING PROCESS OF SPICES USING THE LOW TEMPERATURE. *Journal of Applied Science and Social Science*, *1*(1), 645-651.

42. Djurayev, K., & Mizomov, M. (2024). Optimizing the efficient transport of mass from alternative energy sources and the process of heat and mass exchange during the processing of spices. *YASHIL IQTISODIYOT VA TARAQQIYOT*, *2*(3).

43. Khudoynazarov, F. J., Djuraev, H. F., Mizomov, M. S., & Fayziev, A. K. (2024, February). Development of an optimal mechanism for a solar-air collector for drying thermolabile products. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2697, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.

44. Mukhammad, M. (2024). THE MAIN TECHNOLOGICAL PARAMETERS IN THE PROCESS OF DRYING HERBS: HUMIDITY AND TEMPERATURE CONTROL. *Universum: технические науки*, *5*(9 (126)), 17-20.

45. Расулов, Ш. Х., Джураев, Х. Ф., Увайзов, С. К., Мизомов, М. С., & Файзиев, А. Х. РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТЕПЛО–И МАССОПЕРЕНОСА В ПРОЦЕССЕ СУШКИ. *ЖУРНАЛИ*, 113.