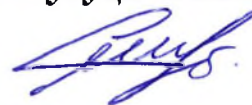


**ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН
ДОНИШГОҲИ ДАВЛАТИИ БОХТАР ба номи НОСИРИ ХУСРАВ**

ВБД 536.32.45.62

Бо ҳуқуқи дастнавис



ШАРИПОВ Сафарбой Муродалиевич

**ТАЪСИРИ НАНОЗАРРАЧАҲО (ДУДА, НАНОНАЙЧАҲОИ
КАРБОНӢ) БА ТАҒЙИРӢБИИ ГАРМИГУЗАРОНӢ ВА
ГАРМИҒУНҶОИШИ МЕТИЛБУТИЛКЕТОН ДАР ФАЗАИ ГУЗАРИШ ВА
ПАРАМЕТРҲОИ ГУНОГУНИ ҲОЛАТ**

АВТОРЕФЕРАТИ

рисола барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои техникӣ аз рӯйи
ихтисоси 01.04.14 – Физикаи ҳарорат ва назарияи техникаи гармо

Душанбе –2024

Рисола дар Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав, кафедраи физикаи умумӣ иҷро гардидааст.

Роҳбари илмӣ:

Сафаров Маҳмадали Маҳмадиевич - Арбоби илм ва техникаи Тоҷикистон, академики байналмиллалии муҳандиси (АБМ), академики Академияи муҳандисӣ (АМ) ҚТ, доктори илмҳои техники, профессор

Муқарризони расмӣ:

Бердиев Асадкул Эгамович - д.и.т., профессор, мудир кафедраи “Химия ва биология”-и Донишгоҳи Россия ва Тоҷикистон. (ш.Душанбе).

Шарипов Аламшо Партоевич – н.и.т., дотсент, Мудир кафедраи илмҳои компютерӣ Донишгоҳи давлатии Кӯлоб ба номи Абуабдуллоҳи Рудақӣ

Муассисаи пешбар:

Донишкадаи Энергетикии Тоҷикистон

Ҷимояи диссертатсия санаи “16” сентябри соли 2024, соат 14:00 дар ҷаласаи Шурои диссертатсионии 6D.KOA-041 назди Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад.М.С. Осимӣ, хиёбони академикҳо Раҷабовҳо 10а баргузор мегардад, e-mail: d.sbd.koa.041@yandex.ru

Бо матни пурраи диссертатсия метавонед дар китобхонаи илмӣ ва сомонаи интернетии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С.Осимӣ <http://ttu.tj> шинос шавед.

Автореферат санаи «_____» _____соли 2024 ирсол шудааст.

**Котиби илмӣ шурои диссертатсионӣ
6D.KOA-041, номзоди илмҳои техникӣ, дотсент**

Тағоев С.А.

ТАВСИФҶОИ УМУМИИ РИСОЛА

Мубрамияти мавзӯ. Барои такмил додан ва мутобиқ гардонидани равандҳои технологӣ, ҳисобкуниҳои илмии асоснок кардашудаи муҳандисӣ барои қиматҳои хосиятҳои гармофизикӣ ва термодинамикии маводи қорӣ дар доираи васеи тағйирёбии параметрҳои ҳолат, аз ҷумла гузариш ба фазаи мувозинатӣ ки маълумот талаб мекунанд, лозим мебошанд. Барои ҳисобкуниҳои ададӣ ва ҳалли муодилаҳои дифференсиалии тартиби якум ва дуҷум барои раванди гармимубодилакунӣ, маълумот оид ба хосиятҳои гармофизикӣ, махсусан коэффитсиенти гармигузаронӣ, гармиғунҷоиш (гармигузаронии ламинарӣ ва турбулентии метилбутилкетони моеъ ва газмонанд) вобаста аз ҳарорат, фишор ва тағйирёбии фазаи гузариш, зарур мебошад. Истифодабарии маълумоти тақрибӣ ва ё ҳатто наздик ба ҳақиқат дар ҳисобкунии муҳандисӣ оид ба хосиятҳои мавод, сабаби хеле зиёд шудани сарфи металл дар дастгоҳҳо ва паст шудани нишондиҳандаҳои техникӣ-иқтисодии онҳо мегардад.

Гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши яке аз параметрҳои муҳимии назоратшаванда дар равандҳои ба монанди технологӣ мебошад. Тадқиқи ин бузургҳо дар ҷунин соҳаҳои иқтисодиёт ва саноат, ба монанди саноати истихроҷи маъдан, хочагии қишлоқ ва тиб, амалӣ карда мешаванд.

Як қатор равандҳои нави технологӣ ба вучуд омадааст, ки дар ҳарорат ва фишорҳои баланд мегузаранд, барои такмил додан ва интенсификатсияи равандҳои пештар мавҷудбуда дар соҳаҳои химия, мошинсозӣ, электроника, энергетика маводҳои наносохтордор, наномоеъҳо ва дигар соҳаҳои саноат имконият медиҳанд.

Дар ин маврид хангоми ба метилбутилкетон илова намудани дудаи наноандоза ва наноайчаҳои карбонӣ хосиятҳои физикӣ-химиявии моеъҳои органикӣ тағйир меёбанд. Тадқиқи гармигузаронии ва гармиғунҷоиши системаҳои моеъҳои органикӣ, метилбутилкетони газмонанд ва нанозаррачаҳо вобаста аз ҳарорат ва фишор, аз ҷумла дар ҳудуди бухронӣ аҳамияти бузурги илмӣ ва амалӣ доранд ва яке аз асосҳои физикӣ-химиявӣ ба шумор мераванд, ки хосиятҳои моеъҳо, маҳлулҳо ва ҳамчун параметрҳои асосӣ ба муодилаҳои гидродинамика ва гармиивазкунӣ дар ҳисобкуниҳо ва лоихакашиҳои равандҳо ва дастгоҳҳо дохил мешаванд. Омӯзиши хосиятҳои дар боло зикршудаи моеъҳо коллоидӣ ва кластерӣ ва суспензияҳои ба онҳо таҳия ва тақмили назарияи муосири наномоеъҳо, муайян кардани механизми таъсири байнимолекулавӣ дар моеъҳо ва маҳлулҳо мусоидат мекунанд.

Бинобар ҳамин ҳам натиҷаҳои тадқиқи гармигузаронӣ (ламинарӣ ва турбулентӣ) асоси назарияи муосири молекули-кинетикии газҳо ва моеъҳо гардиданд.

Мақсади рисола: тадқиқи гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши системаҳои тадқиқотии ду ва секомпонентаи дуда ва наноайчаҳои карбонӣ (наноандозадор) (метилбутилкетони моеъ ва газмонанд) дар ҳудуди ҳароратҳои (290-640) К ва фишорҳои (0,101 – 39,24)МПа.

Барои ноил шудан ба ин мақсад вазифаҳои зерин ҳал карда шудаанд:

– интиҳоб ва таҳияи усули муайян кардани коэффитсиенти гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши маҳлулҳо ва суспензияи (метилбутилкетон + нанонайчаҳои карбонӣ ва дудаи наноандоза);

– нишон додани механизми гузаронидани гармӣ дар наномоеъҳои коллоидии тадқиқотии системаҳои (нанонайчаҳои карбонӣ ва дуда+ метилбутилкетон);

– таҳия ва сохтани дастгоҳи таҷрибавӣ барои чен кардани гармигузаронӣ дар речаи ламинарӣ ва турбулентӣ вобаста аз ҳарорат, фишор ва консентратсияи массавии нано-заррачаҳо;

– ба даст овардани маълумоти таҷрибавӣ ва назариявии гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиш дар ҳудуди ҳароратҳои (290-640)К ва фишорҳои (0,101-39,24) МПа (усули ноқили тафсон ва амсилаи Максвел ва Г.Н. Дулнев);

– алоқаманд намудани вобастагиҳои коэффитсиенти гармигузаронӣ ва гарми-ғунҷоиши маҳлулҳои тадқиқотӣ (коллоидӣ) аз ҳарорат, фишор ва консентратсияи массавии нанонайчаҳои карбонӣ ва дудаи наноандоза;

– ба даст овардани вобастагии аппроксиматсионии алоқамандкунандаи вобастагии гармигузаронӣ бо ҳарорат, фишор, консентратсияи массавии нано-заррачаҳо ва сохтори махсуси объектҳои тадқиқотӣ, инчунин тозагии маҳлулқунандаҳо;

– алоқамандии байни гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиш дар речаҳои ламинарӣ ва турбулентии маҳлулҳои тадқиқотӣ дар ҳудудҳои васеи параметрҳои ҳолат;

– ба даст овардани коррелятсия миёни гармигузаронии речаи ламинарӣ ва турбулентии наномоеъҳои тадқиқотӣ дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун:

Навгониҳои илмӣ тадқиқот инҳо мебошанд:

– усулҳои ҳисобкунии коэффитсиентҳои вобастагиҳои аппроксиматсионӣ барои маҳлулҳои тадқиқотӣ (коллоидӣ) таҳия карда шуд;

– дастгоҳҳои таҷрибавӣ барои чен кардани гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши моеъҳо ва буғи онҳо (усули ноқили тафсон) барои наномоеъҳои тадқиқотии системаҳои моеъҳои органикӣ+бо дарназардошти таъсири нанонайчаҳои карбонӣ ва дудаи наноандоза таҳия карда шуд;

– маълумоти таҷрибавӣ оид ба коэффитсиенти гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши маҳлулҳои тадқиқотӣ (то 2 г, нанонайчаҳои карбонӣ ва дудаи наноандоза) дар ҳудуди ҳароратҳои (290-640) К ва фишорҳои (0,101-39,24) МПа ба даст оварда шуд;

– вобастагиҳои аппроксиматсионии λ - P - T - m -ро тавсифдиҳанда ба даст оварда шуд. Бо ёрии вобастагиҳои аппроксиматсионии ба даст оварда шуда барои маҳлулҳои тадқиқотӣ дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун бо дарназардошти ҳудудҳои бухронӣ тавсиф дода шуд;

– вобастагии коэффитсиенти гармигузаронӣ дар речаи ламинарӣ ва турбулентии моеъҳои объектҳои тадқиқотӣ (коллоидӣ) дар ҳудудҳои васеи параметрҳои ҳолат ($T=(290-640)К$, $P=(0,101-39,24)$ МПа)) муайян карда шудааст.

Нуқтаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

– усулҳои ҳисобкунии гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиш дар параметрҳои васеи ҳолат (муодилаи ҳолати намуди Тейт) барои моеъҳо ва таҳлили равандҳои гармиинтиқолдиҳӣ дар объектҳои тадқиқотӣ;

– вобастагиҳои аппроксиматсионӣ ва муодилаи ҳолат (дар намуди муодилаи Тейт) барои ҳисоб намудани хосиятҳои калорикии системаҳои моеъҳои органикӣ+наноайчаҳои карбонӣ ва дудаи наноандоза дар ҳудуди васеи ҳарорат ва фишор;

– вариантҳои нави таҷҳизотҳои ченкунанда ва асоси имкониятҳои табиқи онҳо барои тадқиқи коэффитсиенти гармигузаронии маҳлулҳо (коллоидӣ ва суспенсияи онҳо) вобаста аз ҳарорат ва фишор бо назардошти ҳудуди бухронии параметрҳои ҳолат ($T=290-640$) К ва ($P=39,24$ МПа);

– маълумоти ҳисобкарда шуда оид ба хосиятҳои гармофизикии маҳлулҳо (коэф-фитсиенти гармигузаронӣ дар речаи ламинарӣ ва турбулентӣ) дар ҳудуди $T=(290-640)K$, $P=(0,101-39,24)MПа$ ва концентратсияи аз 0-2 г. наноайчаҳои карбонӣ ва дудаи наноандоза.

Объектҳои тадқиқот. Метилбутилкетони моеъ ва газмонанд, дуда, наноайчаҳои карбонӣ онҳо, наномоеъҳои коллоидӣ.

Соҳаи тадқиқот. Рисола дар самти илмии гармофизика ва асосҳои назарияи техникаи гармо, иҷро карда шудааст.

Зинаҳои тадқиқот. Рисола дар давраи 2019-2023 иҷро карда шудааст.

Усулҳои тадқиқот. Дар кор таҳлили адабиёт, таҳлил ва таснифоти ченкуниҳои гармигузаронии газҳо ва моеъҳо гузаронида шуд. Барои чен кардани гармигузаронии наномоеъҳои коллоидӣ усули ноқили тафсон истифода шудааст (дастгоҳҳои профессор Л.П. Филиппов), Хатоии умумии нисбии ченкунии гармигузаронӣ ҳангоми эҳтимолияти эътимодноки $\alpha=0,95$ ба 2,6 фоизро ташкил медиҳад.

Аҳамияти амалӣ ва назариявии тадқиқот:

1. Ҷадвалҳои муфассали гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши маводҳои аз ҷиҳати техникаи муҳими маҳлулҳои метилбутилкетон+наноайчаҳои карбонӣ ва дуда дар ҳудудҳои васеи ҳароратҳои (290-640 К) ва фишорҳои (0,101-39,24 МПа) бо дарназардошти ҳудуди бухронӣ, ки метавонанд ташкилотҳои лоиҳакашӣ дар равандҳои гуногуни технологӣ, дар энергетикаи гармо ва мошинсозӣ истифода баранд, тартиб дода шудааст.

2. Дастгоҳи таҷрибавии сохта шуда барои таъҷилан чен кардани гармигузаронӣ метавонад истифода бурда шавад;

3. Бонки бузургиҳои гармофизикии пайастагиҳои химиявӣ бо маълумоти нав пур карда шуд;

4. Натиҷаҳои тадқиқотҳои гузаронидашуда оид ба гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши маҳлулҳо (метилбутилкетон+наноаррачаҳо) дар ҳароратҳои гуногуни ($T=290-640$) К, фишорҳои ($P = 0,101-39,24$ МПа) ва концентратсияҳои (0,1 - 0,5) г дар Паҷуҳишгоҳи илмӣ-тадқиқотии Вазорати саноат ва технологияи нави Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳангоми ҳисобкуниҳои модели реакторҳо ва

равандҳои технологӣ, бузургҳои таҷрибавӣ бошад ҳамчун маълумот истифода бурда мешаванд (санади тадбиқ пешниҳод карда шудааст).

5. Пешгуии гармигузаронӣ (назарияҳои Максвелл ва Г.Н. Дулнев)-и маҳлулҳои коллоидӣ омехташуда дар асоси сохтори молекулавии онҳо аз ҷиҳати назариявӣ асоснок карда шуд.

6. Маълумот оид ба гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши системаҳои моеъ ва газмонанди ду - ва сетаркибаи ба даст омада метавонанд барои ҳисобкуниҳои муҳандисӣ, тартиб додани амсилаи физикӣ ва математикӣ, инчунин барои интиҳоби речаҳои кори механизмҳо ва таҷҳизотҳои гуногун истифода бурда шаванд.

7. Усули муайянкунии таъсири нанозарраҷаҳоро (усули профессор В.А.-Алтунин ва дигарон) истифода бурда, саҳми нанозарраҷаҳоро барои баланд бардоштани гузаронандагии самаранокӣ дар ҳарорат, фишор ва концентратсияҳои гуногуни нанопуркунандаҳо (наноҳокаи дуда ва наноайчаҳои карбонӣ) вобаста аз ҳарорат (290 – 640)К ва фишорҳои (0,101 – 39,24) МПа, муайян карда шудааст.

8. Дар асоси маълумот оид ба гармигузаронии маҳлулҳои тадқиқоти газмонанд ва моеъ дар ҳароратҳо ва фишорҳои гуногун муодилаҳои эмпирикӣ ҳосил карда шуд (барои фишор ва ҳароратҳои баланд). Аввалин маротиба барои синфи мазкури наномоеъҳо муодилаи намуди Тейт ва М.М. Сафаров истифода бурда шуд, ки коэффитсиентҳои ададии ин вобастагиҳои аппроксиматсионӣ ба даст оварда шудааст.

9. Дастгоҳи сохташуда барои чен кардани гармигузаронии (усули ноқили тафсон) маҳлулҳои системаи метилбутилкетон, дуда ва наноайчаҳои карбонӣ дар Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав ихтисоси физика, дар Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айнӣ, дар Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ барои ихтисоси «Энергетикаи ҳароратӣ ва истгоҳҳои барқӣ ҳароратӣ», инчунин дар Пажӯҳишгоҳи илмӣ - тадқиқоти саноати Вазорати саноат ва технологияи нави Ҷумҳурии Тоҷикистон ва ғайраҳо истифода бурда мешаванд (санадҳои тадбиқ пешниҳод карда мешавад).

Дарҷаи эътимодноқӣ ва наири натиҷаҳо.

Эътимоднокии натиҷаҳои тадқиқот таъмин карда мешавад:

– истифодаи таҷҳизотҳои ченкунандаи бо натиҷаҳои баланди такроршавандаи ченкунӣ, тасдиқ ва санҷидашуда аст;

– мувофиқ кардани натиҷаҳои мазкур бо маълумотҳои муайян, ки дар натиҷаи тадқиқоти мустақил бо истифода аз усулҳои дигари физикӣ-химиявӣ, ба даст оварда шудаанд;

– таъмини пурраи метрологии дастгоҳҳои ченкунанда; истифодаи дурусти назарияи ченкунӣ ва назарияи хатоҳо; бо истифода аз асбобҳо ва дастгоҳҳои стандартии собитшуда; такроршавандагии натиҷаҳои бадастомада; мувофиқати қаноатбахши байни натиҷаҳои ченкардашуда гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиш бо маълумотҳои таҷрибавӣ;

– амсилаи дурусти математикии равандҳои физикӣ ва аппарати математикии собит-шуда барои ҳалли адабии муодилаҳои дифференсиалии гармигузаронӣ ва массагузаронии аз ҷумла модели Максвелл (гармигузаронӣ), Дулнев (гармигузаронӣ), Тейт (гармигузаронӣ), (моделронии компютерӣ).

Дарҷаи коркарди мавзуи тадқиқот.

Масъалаи хосиятҳои гармофизикии наномоеъҳо ва маҳлулҳо ҳам дар намуди тоза, ва ҳам дар таркибашон миқдори гуногуни нанозаррачаҳои дуда ва нанонайчаҳои карбонӣ вобаста ба ҳарорат ва фишор мавҷуд мебошанд, ки аз тарафи олимони рус ва хориҷӣ мавриди тадқиқ қарор гирифтаанд. Исботи ин таҷрибаҳои А.С. Димитреев, В.Я. Рудняк, В.М. Терехов, (Новосибирск) Чои ва дигарон, инчунин корҳои назариявии Гамилтон, Кроссер, Хашин–Штрикман, Максвелл, Кихара ва Викс-Чендлер-Андерсен ва дигарон мебошад. Механизми интиқоли гармӣ қисман тадқиқ карда шудааст, аммо масъалаи тағйир додани хосиятҳои гармофизикии гуруҳҳои алоҳидаи моеъҳои органикӣ ҳам дар намуди тоза ва ҳам онҳое, ки нанозаррача доранд, ба қадри кофӣ омӯхта нашудаанд. Бинобар ҳамин ҳам, кори мазкур ба тадқиқи таҷрибавии таъсири нанонҳокаи дуда ва нанонайчаҳои карбонӣ ба тағйирёбии гармигузаронии метилбутилкетони моеъ ва газмонанд ва омехтаҳои онҳо бо дуда ва нанонайчаҳои карбонӣ (коллоидӣ) вобаста аз консентратсияи нанозаррачаҳо (0,1-0,5)% ҳарорат (290 - 640) К ва фишор (0,101-39,24) МПа бахшида шудааст.

Натиҷаҳои тадқиқот татбиқ шудаанд:

- натиҷаи тадқиқотҳои гузаронидашуда оид ба хосиятҳои гармофизикии системаҳои тадқиқотии (метилбутилкетон+нанонайчаҳои карбонӣ ва дудаи наноандоза) дар «Пажӯҳишгоҳи илмӣ - тадқиқотии саноати» Вазорати саноат ва технологияи нави Ҷумҳурии Тоҷикистон барои ҳисобкуниҳои равандҳои технологӣ ва бузургҳои таҷрибавӣ бошад, ҳамчун маълумот истифода бурда мешаванд;

- вобастагҳои аппроксиматсионии ба даст омада оид ба гармигузаронии речаи ламинарӣ ва турбулентӣ дар параметрҳои васеи ҳолат ва муодилаи намуди Тейт барои ҳисобкуниҳои муҳандисӣ дар «Пажӯҳишгоҳи илмӣ - тадқиқотии саноати» Вазорати саноат ва технологияи нави Ҷумҳурии Тоҷикистон истифода мешаванд;

- ҷадвалҳои муфассал тартиб додашудаи хосиятҳои гармигузаронӣ ва термодинамикии маҳлулҳои аз ҷиҳати техникӣ муҳимро дар ҳудудҳои васеи ҳарорат (290-640)К ва фишор (0,101-39,24)МПа, метавонанд, ташкилотҳои лоиҳакашӣ дар равандҳои гуногуни технологӣ истифода баранд;

- таҷҳизотҳои сохташуда барои чен кардани гармиғунҷоиш ва гармигузарони дар речаи ламинарӣ ва турбулентӣ (бо нанонайчаҳои карбонӣ ва дудаи наноандоза) дар озмоишгоҳҳои таълимӣ ва илмии кафедраи «Техника ва энергетикаи гармо» Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав, Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айнӣ аз тарафи омӯзгорон ҳангоми иҷрокунии рисолаҳои илмӣ аз тарафи донишҷӯён ҳангоми иҷро намудани корҳои

хатм, лоихаҳои курсӣ, корҳои курсӣ ва озмоишӣ истифода мебаранд (санадҳои татбиқи пешниҳод карда шудааст).

Саҳми шахсии муаллиф аз интихоби усулҳо ва коркарди алгоритмҳои ҳалли масъалаҳои ҳангоми иҷрои кор гузошташуда, маълум намудани қонуниятҳои асосии дар равандҳои физикӣ-химиявӣ гузаранда ҳангоми ҳосил намудани гармибарандаҳо, гузаронидани тадқиқотҳои таҷрибавӣ (гармигунҷоиш ва гармигузаронӣ дар речаи ламинарӣ ва турбулентӣ, ва коэффитсиентҳои модификатсияшудаи муодилаи намуди Тейт) дар шароити истеҳсолии реалӣ, коркард ва таҳлили натиҷаҳои ба даст омада, тавсифи хулосаҳои асосии рисолаи илмӣ мебошад. Ҳамаи натиҷаҳои ба даст омада дар рисола таҳти роҳбарии роҳбари илмӣ иҷро карда шудааст.

Интишороти кор. Натиҷаҳои асосии рисолаи илмӣ дар конференсияҳои илмию-техникии байналмиллалӣ ва ҷумҳуриявӣ баррасӣ ва муҳокима карда шудаанд:

1. Конференсияи илмӣ-амалии «Энергетика: Научно-практической конференции «Энергетика: Ҳолат ва дурнамои инқишоф», бахшида ба 30-солагии Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон дар Рӯзи энергетикҳо, (Душанбе, 20 декабри с. 2021.);

2. Rostock, Germany, 8-9, October 2020,(2020);

3. Конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалӣ бахшида ба 80-солагии профессор М. Исмаилов ва «20-солагии рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ». «Масъалаҳои муосири назарияи муодилаҳои дифференциалӣ», (Душанбе, 26 сентябри с. 2020.);

4. Конференсияи Ҷумҳуриявии илмӣ-назариявӣ дар мавзӯи «Асосҳои инқишоф ва дурнамои илмҳои химия дар Ҷумҳурии Тоҷикистон», бахшида ба 60-солагии факултети химия ва хотираи д.и.х., профессор, академики АМИТ Нумонов Ишонқул Усмонович (12-14 сентябри с. 2020.);

5. VI конференсияи байналмилалӣ илмӣ-техникии «Усулҳои муосир ва масоили тадқиқи хосиятҳои гармофизикии маводҳо» ш. Санкт-Петербург, РИНС, (27–28 майи с.2021.);

6. Конференсияи байналмилалӣ «Ҷаҳаҳои гузариш, ҳодисаҳои критикӣ ва ғайрихаттӣ дар муҳитҳои конденсӣ» Институти физикаи ба номи Х.И. Амирханов маркази тадқиқотии федералии Доғистон АИР: Махачкала-РИНС,(12 - 17 сентябри с. 2021.);

7. Конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалӣ (бо иштироки байналмиллалӣ) «Энергетикаи ҳароратӣ ва хосиятҳои физикаи гармои маводҳо», бахшида 30-солагии истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон, 65-солагии ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ ва 50-солагии мактаби омӯзишии физикаи гармо, (Душанбе), (27,28 августи с. 2021);

8. Конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалии «Энергетика: Ҳолат ва дурнамои рушд», бахшида ба 30-солагии Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон ва рӯзи энергетикҳо, ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, Душанбе, (20 декабри с. 2021.);

9. Proceedings of the Journal of International University Scientific Forum (Practice Oriented Science), UAE-Russia- India, Dubai-17 June 2022. Pp.112-116. doi:10.34660 /INF 2022.61;

10. Конференсияи ҷумҳуриявӣ илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Саҳми Абурайхони Берунӣ» дар инкишофи илмҳои табиатшиносӣ, математика ва техника», бахшида ба 1050 солагии Энциклопедисти машҳури форсу-тоҷик Абурайхони Берунӣ», 20 солагии омӯзиш ва инкишофи илмҳои табиат-шиносӣ, дақиқ, риёзӣ дар соҳаи илм ва таълим», Бохтар, (28 май с 2022.);

11.13^{-ум} Мактаби байналмиллалии гармофизикон бахшида ба 60-солагии д.и.т., профессор, аъзо-корр. АМИТ Кобулиев Зайналобуди Валиевич (Кобули Зайналобудини Валиӣ) ва 70-солагии Арбоби илм ва техникаи Тоҷикистон, д.и.т., профессор, академики АМ ҚТ, академики АБМ, академики АБХ Сафаров Маҳмадалӣ Маҳмадиевич ДДТ ба номи академик М.С. Осимӣ, Институти масъалаи об ва экология, ДДБ ба номи Носири Хусрав, Душанбе-Тамбов-Бохтар, (17-20 октябри с.2022.).

Интишорот. Доир ба натиҷаҳои тадқиқот 22-мақола, аз ҷумла 6-мақола дар маҷаллаҳои аз тарафи ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсияшуда, 1 патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон ва 19 мавод дар конференсияҳои ҷумҳуриявӣ ва байналмилалӣ ба нашр расидаанд.

Мувофиқати рисола ба шиносномаи ихтисос. Дар мавзӯ, усулҳои тадқиқотӣ аз тарафи муқаррароти илмӣ пешниҳодшудаи рисола ба шиносномаи ихтисоси қормандони илмӣ 01.04.14 «Физикаи ҳарорат ва назарияи техникаи гармо» мувофиқ мебошад: дар қисми банди 5 «Тадқиқи таҷрибавӣ ва назариявӣ конвексияи якфаза, озод ва маҷбурӣ дар ҳудудҳои васеи гармибарандаҳо, параметрҳои речаӣ ва геометрии сатҳҳои гармиинтиқолдиҳанда», дар қисми банди 7 «Тадқиқи таҷрибавӣ ва назариявӣ равандҳои интиқоли якҷояи гармӣ ва масса дар маҳлулҳои бинарӣ ва бисёркомпонента бо иловаи нанозаррачаҳои дуда ва нанонайчаҳои карбонӣ, аз ҷумла наномоеҳои аз ҷиҳати химиявӣ таъсиркунанда» дар қисми банди 9 «Таҳияи асосҳои илмӣ ва ташкили усулҳои ташаккулёбии равандҳои гармӣ- ва массаивазкунӣ».

Сохтор ва ҳаҷми қор. Рисола аз муқаддима, шарҳи адабиёт, чор боб, номгӯи адабиётҳои истифодашуда ва замима иборат мебошад. Қор дар 144 саҳифаи ҷопи компютерӣ, 19-ҷадвал, 48-расм ва рӯйхати адабиётҳо иборат аз 135 номгӯӣ (бо муаллифони ватанӣ ва хориҷӣ) ва 14 саҳифаи замима интишор шудааст.

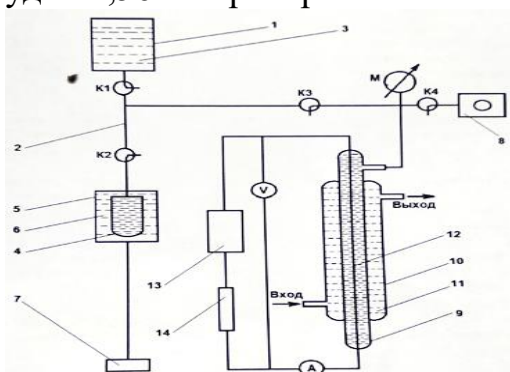
Дар муқаддима мубрамият, масъалагузорӣ, мақсади қор, навгониҳои илмӣ, таъбиқи амалии натиҷаҳои тадқиқот, инчунин саҳми шахсии муаллиф нишон дода шудааст.

Дар боби якум шарҳи маълумотҳои адабиёт оид ба баъзе хосиятҳои метилбутилкетони моеъ ва газмонанд, дуда нанонайчаҳои карбонӣ ва дудаи наноандоза, инчунин масъалагузории тадқиқот оварда шудааст.

Дар боби дуюм тавсифот ва тарҳҳои дастгоҳҳои тадқиқотӣ барои вобаста ба ҳарорат ҷенкунии гармигузаронӣ дар параметрҳои васеи ҳолат, инчунин баҳодихии ҳатогии маълумотҳои таҷрибавӣ оварда шудааст.

Дастгоҳи таҷрибавӣ барои муайян намудани гармигузаронии наномоеъҳо бо усули ноқили тафсон

Барои тадқиқи гармигузаронии наномоеъҳо дар параметрҳои васеи ҳолат мо дастгоҳи таҷрибавиро бо усули ноқили тафсон коркунандаро таҳия карда ва чамъоварӣ намудем, ки дар натиҷа ба патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон ноил гардидем (№ТҶ 923,2017с.). Дар дастгоҳи пешниҳод кардашуда, ки таҷҳизот изолятсия карда шудааст, зарфи фишороваранда ва насоси гидравлики илова намудем, ки имконияти чен кардани гармигузаронии маҳлулҳоро таҳти фишор ва вобаста аз ҳароратро медиҳад. Дастгоҳ асосан аз насоси вакуумӣ, манометр ва ячейкаи ченкунанда (шишагин) иборат мебошад. Барои ҳосил ва чен кардани фишори наномоеъҳо дастгоҳи таҷрибавӣ бо зарфи фишороварандаи фишорбаланд таъмин карда шудааст. Хатогии нисбии умумии ченкунии гармигузаронии наномоеъҳо бо ин усул, ҳангоми эҳтимолияти эътимоднокӣ $\alpha = 0,95$ будан 2,56% баробар аст.



Расми 1. Дастгоҳи таҷрибавӣ барои ченкунии коэффитсиенти гармигузаронии наномоеъҳо (усули ноқили тафсон) Патенти хурди №ТҶ 923,2017с., 5с

Формулаи ҳисобкунӣ барои муайян намудани коэффитсиенти гармигузаронии наномоеъҳо (усули ноқили тафсон)

Формулаи ҳисобкунӣ барои муайян кардани коэффитсиенти гармигузаронии наномоеъҳо вобаста аз ҳарорат ва фишор дар асоси қонуни баланси гармӣ ҳосил карда шудааст.

$$\lambda = \frac{U^2}{R \left(\frac{dT}{dn} \right) S}, \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)} \quad (1)$$

дар ин ҷо U – шиддаи ҷараёни доимӣ бо (В), R – муқовимати ноқили никелӣ, (Ом), S - масоҳати буриши кундалангии ноқили никелӣ, (м^2), $\left(\frac{dT}{dn} \right)$ - градиенти ҳарорат, (К/м). Аз тарафи профессор И.Ф.Голубев вобастагии нисбии миёни бузургҳои ҳақиқӣ ва ченшавандаи суръати хунукшавӣ ба даст оварда шудааст, ки ба чунин ифода муайян карда мешавад:

$$\frac{m}{m_{\text{чен.}}} = \frac{\ln N_1 - \ln N_2 (N_1 - N_2) C_M / \bar{C}_M}{\ln N_1 - \ln N_2}, \quad (2)$$

дар ин ҷо N_1 ва N_2 – шкалаи тақсимои галванометр; C_M ва \bar{C}_M – мувофиқан гармиғунҷоиши хоси гармкунак ва силиндри беруна.

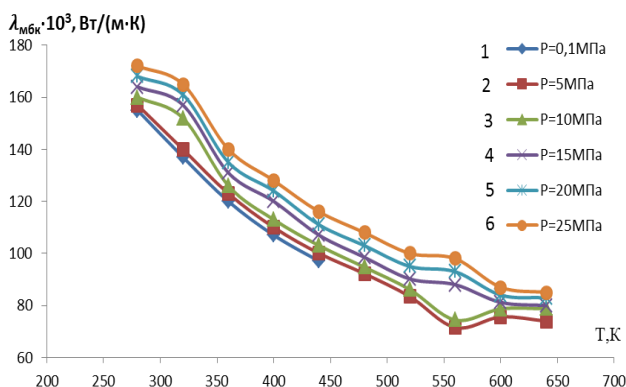
Боби сеюм ба тадқиқи таҷрибавии гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши хос (гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши) системаҳои тадқиқотӣ дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун бахшида шудааст. Дар дастгоҳи таҷрибавии барои чен

кардани гармигузаронӣ бо усули речаи гармкунии мунтазами навъи якум ва дуҷум ва усули ноқили тафсон ва барои чен кардани зичӣ усули баркашқунии гидростатикӣ, мо гармигузаронӣ, зичии системаҳои тадқиқотиро дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун тадқиқ намудем.

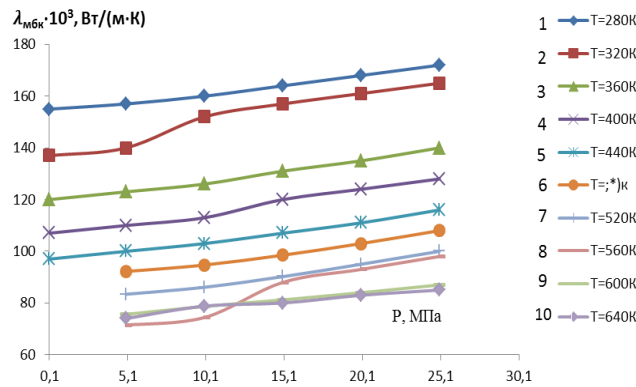
Гармигузаронии системаҳои “метилбутилкетони+наноайчаҳои карбонии якҷабата ва бисёрҷабата” дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун

Дар дастгоҳи таҷрибавӣ гармигузаронии метилбутилкетон ҳам дар намуди тоза ва ҳам бо илова кардани нанозаррачаҳои карбонӣ (наноайчаи карбонии якҷабата ва наноайчаи карбонии бисёрҷабата) вобаста аз ҳарорат ($T=290-640$)К дар фишорҳои ($P=0,101-39,24$ МПа) бо иловаи аз 0 то 0,5 г (бо интервали 0,05 г) нанозаррачаҳо чен карда шуда, ва барои чен кардани гармигунҷоиши хос системаҳои тадқиқотӣ дастгоҳи таҳия кардаи профессор Сафаров М.М. бо шогирдонашро истифода бурдем.

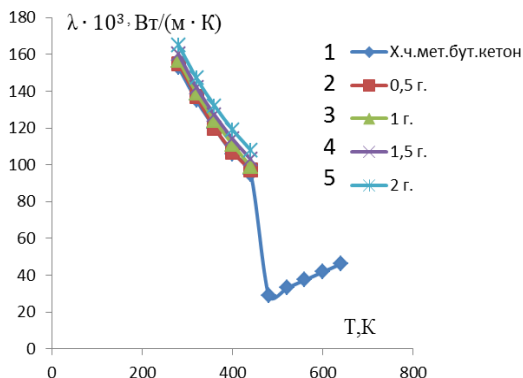
Гармигузаронии метилбутилкетони моеъ ҳам дар намуди тоза ва ҳам бо иловашудаи наноайчаҳои карбонии якҷабата ва бисёрҷабата дар ҳароратҳои ($290 - 640$)К ва фишорҳои ($0,101 - 25$ МПа) чен карда шудааст (расмҳои 2-4).



Расми 2- Гармигузаронии ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$) системаи метилбутилкетон +0,5г наноайчаҳои карбонии якҷабата дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун: 1 - 0,1; 2 - 5,0; 3 -10,0; 4 - 15,0; 5 - 20,0; 6 - 25,0 МПа.



Расми 3 – Гармигузаронии ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$) системаҳои метилбутилкетон + 0,5г наноайчаҳои карбонии якҷабата дар ҳароратҳои гуногун ва фишори атмосферӣ ($p=0,101$ МПа): 1 - 290,0; 2 - 320,0; 3 -360,0; 4 - 400,0; 5 – 440К; 6 - 480,0; 7 - 520,0; 8-560; 9- 600; 10-640К

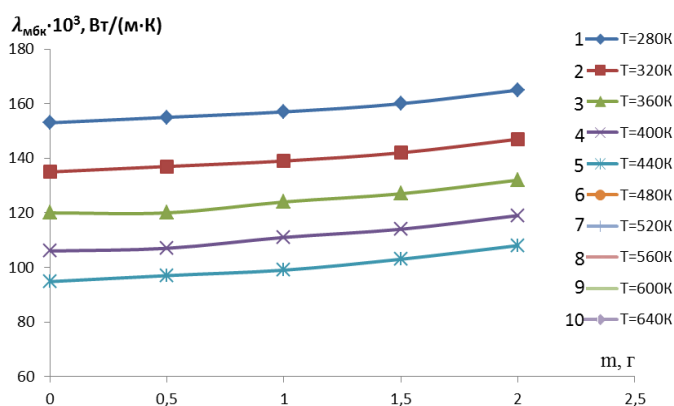


Расми 4 - Гармигузаронии ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$) системаи метилбутилкетони аз ҷиҳати химиявӣ тоза бо массаи пурқунанда наноайчаҳои бисёрҷабатаи карбонӣ дар фишори атмосферӣ: 1 – метилбутилкетони аз ҷ.х.т.; 2 - 0,5г.; 3 -1,0 г.; 4 - 1,5 г.; 5 - 2,0г.

Чи тавре, ки аз расмҳои 2-4 дида мешавад, гармигузаронии системаҳои “метил-бутилкетони моеъ” бо зиёдшавии ҳарорат кам шуда ва бо зиёдшавии фишор бошад ба афзоиши гармигузаронии системаи наномоеъҳои коллоидии

“метилбутилкетони моеъ + нанонайчаҳои карбонии бисёрқабата” меорад. Масалан, дар ҳарорати 290К барои системаи “метилбутилкетони моеъ + 0,5г нанонайчаҳои карбонии бисёрқабата” зиёдшавии фишор аз 0,1 то 25 МПа гармигузаронии маҳлулҳои коллоидии тадқиқотиро ба 10% зиёд намуда, дар ҳарорати 320К ин тағйирёбии ба 17%, инчунин дар ҳарорати 440К ба 16% мерасад.

Чи тавре, ки аз расми 5 дида мешавад, гармигузаронии системаҳои “метилбутилкетони моеъ +(0,1-0,5) г нанонайчаҳои карбонии бисёрқабата” бо зиёдшавии ҳарорат кам шуда ва зиёдшавии фишор бошад ба афзоиши гармигузаронии системаи наномоеъҳои коллоидии “метилбутилкетони моеъ + нанонайчаҳои карбонии бисёрқабата” меорад. Масалан, дар ҳарорати 300К барои системаи “метилбутилкетони моеъ + 0,5 г НКБ” зиёдшавии фишор аз (0,1 – 25,0) МПа гармигузаронии маҳлулҳои коллоидии тадқиқотиро ба 15,2% зиёд намуда, зиёдшавии фишор аз (4,91-25,0) МПа ва ҳарорати 500К гармигузарони ба 70,3% зиёд мешавад. Инчунин аз ин расм дида мешавад, ки гармигузаронии системаи “метилбутилкетон + 0,1% нанонайчаҳои карбонии бисёрқабата” бо афзоиши ҳарорат ва фишор тағйир меёбанд. Ҳангоми зиёдшавии консентратсияи нанопуркунанда (нанонайчаҳои бисёрқабатаи карбонӣ) афзоиши гармигузаронии маҳлулҳои коллоидии тадқиқотӣ дар тамоми ҳудудҳои ҳарорат ва фишор мушоҳида карда шудааст.



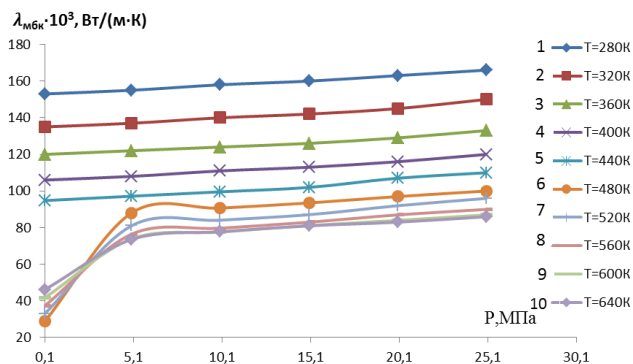
Расми 5 – Гармигузаронии ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м.К)) системаи метилбутилкетон + 0,1г нанонайчаҳои карбонии бисёрқабата дар фишор ва ҳароратҳои гуногун: 1 - 280,0; 2 - 320,0; 3 -360,0; 4 - 400,0; 5 – 440К; 6 - 480,0; 7 - 520,0; 8-560К, 9-600, 10-640К

Дар системаҳои “метилбутилкетон (0,1 – 0,5г) нанонайчаҳои бисёрқабатаи карбонӣ” бо афзоиши ҳарорат ва фишор гармигузаронии наномоеъҳои коллоидӣ зиёд мешавад. Масалан, дар ҳарорати 300К барои системаи “метилбутилкетон + 0,2 г нанонайчаҳои бисёрқабатаи карбонӣ” зиёдшавии фишор аз (0,101 – 25,0) МПа ба афзоиши гармигузаронии маҳлулҳои коллоидии тадқиқотӣ ба 10,1% мусоидат намуда, ҳангоми зиёдшавии фишор аз 0,101 то 25,0 МПа дар ҳарорати 500К гармигузаронӣ ба 8,6% зиёд мешавад (ҷадвалҳои 1-2 ва расмҳои 6-8).

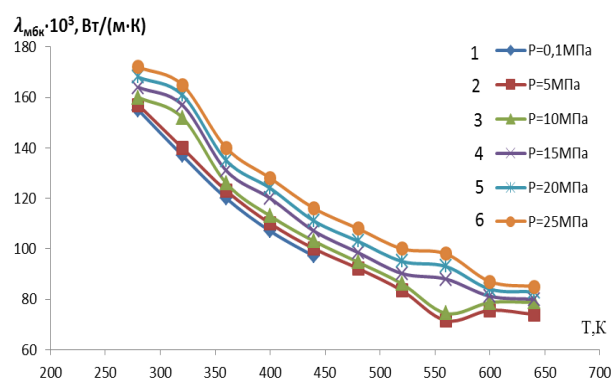
Ҷадвали 1.- Коэффитсиенти гармигузаронии ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м.К)) метилбутилкетони моеъи аз ҷиҳати химиявӣ тоза дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун

Ҳарорат ,К	Фишор ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(мК)) дар p, МПа					
	0,1	5	10	15	20	25
290	153	155	158	160	163	166
320	135	137	140	142	145	150

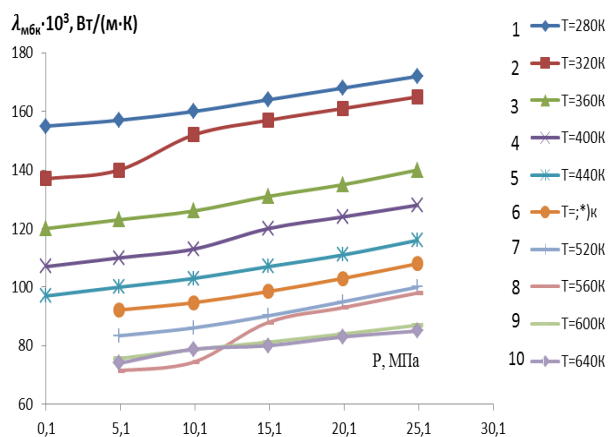
360	120	122	124	126	129	133
400	106	108	111	113	116	120
440	94,8	97,2	99,6	102	107	110
480	28,9	88,1	90,7	93,5	97	100
520	33,1	81,2	84,1	87,1	92	96
560	37,4	76,5	79,7	83,0	87	90
600	41,8	73,9	77,6	81,2	84	87
640	46,2	73,6	77,8	81,0	83	86



Расми 6. Вобастагии коэффитсиенти гармигузаронии метилбутилкетони моеъи аз ҷ.х.тоза аз фишор ва ҳароратҳои (1-290; 2-320; 3-360; 4-400; 5-440; 6-480; 7-520; 8-560; 9-600; 10-640K).



Расми 7. Вобастагии коэффитсиенти гармигузаронии метилбутилкетони моеъи аз ҷ.х. тоза бо илова 0,5г. Концентратсияи массавии (70% нано-найчаҳои якҷабатаи карбонӣ) аз ҳарорат ва фишор (1-0,1; 2-5; 3-10; 4-15; 5-20; 6-25 МПа)

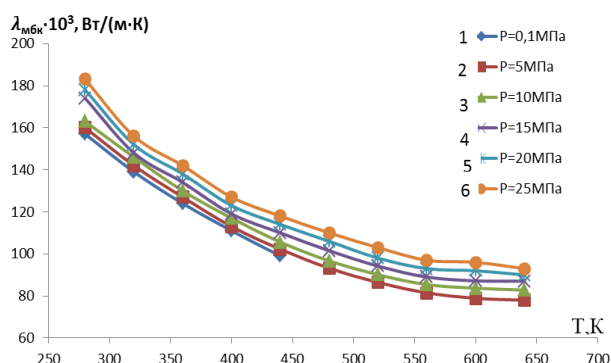


Расми 8. Вобастагии коэффитсиенти гармигузаронии моеъи аз ҷ.х.тоза бо иловаи 0,5г. Концентратсияи массавии (70% нано-найчаҳои карбонии якҷабата) аз фишор (1-280; 2-320; 3-360; 4-400; 5-440; 6-480; 7-520; 8-560; 9-600; 10-640K).

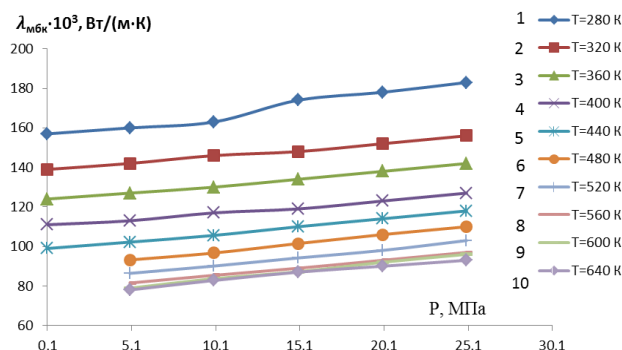
Ҷадвали 2.- Коэффитсиенти гармигузаронии ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) метилбутилкетони моеъи аз ҷ.х.тоза бо иловаи 1г. концентратсияи массавии (70% нано-найчаҳои якҷабатаи карбонӣ) дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун (маълумотҳои муаллиф).

Ҳарорат, К	Фишор ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) дар p, МПа					
	0,1	5	10	15	20	25
290	157	160	163	174	178	183

320	139	142	146	148	152	156
360	124	127	130	134	138	142
400	111	113	117	119	123	127
440	99	102,2	105,6	110	114	118
480	-	93,2	96,7	101,5	106	110
520	-	86,4	90,1	94,2	98	103
560	-	81,5	85,4	89,0	93	97
600	-	78,9	83,7	87,2	92	96
640	-	78,0	82,8	87,0	90	93



Расми 9 Вобастагии коэффитсиенти гармигузаронии метилбутилкетони моеъи аз ч.х.тоза бо иловаи 1 г. концентратсияи массавии (70% нанонайчаҳои якҷабатаи карбонӣ) аз ҳарорат (1-0,1; 2-5; 3-10; 4-15; 5-20; 6-25 МПа).



Расми 10. Вобастагии коэффитсиенти гармигузаронии метилбутилкетони моеъи аз ч.х. тоза бо иловаи 1 г. концентратсияи массавии (70% нанонайчаҳои якҷабатаи карбонӣ) аз фишор дар ҳароратҳои гуногун (1-280; 2-320; 3-360; 4-400; 5-440; 6-480; 7-520; 8-560; 9-600; 10-640K)

Таъсири нанозаррачаҳо (70%масс.наноайчаҳои якҷабатаи карбонӣ) ба таъйирёбии гармигузаронии метилбутилкетони моеъ

Формулаи ҳисобкунӣ барои коэффитсиенти гармигузаронии метилбутилкетон чунин намудро дорад.

$$\lambda \cdot 10^3 = A_0 + A_1 p + A_2 p^2, \text{ Вт/(мК)} \quad (3)$$

Таҳлили бузургҳои A_0 , A_1 , A_2 нишон доданд, ки онҳо функсияи ҳарорат, ки барои коэффитсиенти гармигузаронии метилбутилкетони моеъ чен карда шудааст. Ифодаҳо барои ҳисоб кардани коэффитсиентҳои муодилаи (3), яъне A_0 , A_1 , A_2 намуди зеринро доранд:

$$A = 334 - 0,829T + 6,49 \cdot 10^{-4} T^2, \text{ Вт/(мК)} \quad (4)$$

$$A_1 = 1,551 - 6,49 \cdot 10^{-3} T + 7,24 \cdot 10^{-6} T^2, \text{ Вт/(мК)}, \left(\frac{\text{Вт}}{\text{мК}} \right) \text{ Па} \quad (5)$$

$$A_2 = -0,0322 + 1,511 \cdot 10^{-4} T - 1,68 \cdot 10^{-7} T^2, \left(\frac{\text{Вт}}{\text{мК}} \right) \text{ Па}^2 \quad (6)$$

Ба воситаи муодилаи (3), бо назардошти ифодаҳои (4)-(6), коэффитсиенти гармигузаронии метилбутилкетони моеъро (аз ҷиҳати химиявӣ тоза) дар ҳудуди ҳароратҳои (290-640)K ва фишорҳои (0,1-50) МПа бо ҳатогии то 3% ҳисоб карда шуда ва имкон медиҳад, ки коэффитсиенти гармигузаронии метилбутилкетон ҳам дар ҳолати моеъгӣ ва ҳам дар ҳолати газӣ ҳисоб карда шавад. Ҷой тавре, ки

дар боло зикр шуда буд, вазифаи тадқиқоти мазкур дар тадқиқи таҷрибавии коэффитсиенти гармигузаронии системаи маҳлӯлҳои метилбутилкетон ва 70% мас. нанонайчаҳои карбонӣ дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун мебошад. Натиҷаҳои таҷрибавӣ-ҳисобкуниҳои бузургии коэффитсиенти гармигузаронии маҳлӯлҳои тадқиқотӣ дар ҷадвали 3 оварда шудааст. Бояд қайд кард, ки коэффитсиенти гармигузаронии маҳлӯлҳо дар асоси метилбутилкетон ҳамчунин бо модели Максвелл ҳисоб карда шудаанд.

Чи тавре, ки аз қиматҳои дар ҷадвали 3 овардашуда дидан мумкин аст, натиҷаҳои тадқиқотҳои таҷрибавии коэффитсиенти гармигузаронии метилбутилкетони аз ҷиҳати химиявӣ тоза бо иловаи 2 г концентратсияи массавии (70% нанонайчаҳои карбонӣ) дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун аз рӯи қонуниятҳои гуногун тағйир меёбанд, аз он ҷумла қонунҳои хаттӣ, параболӣ ва экспоненсионалӣ. Иловаи 2 г концентратсияи массавии (70% нанонайчаи карбонӣ) бо зиёдшавии ҳарорат коэффитсиенти гармигузаронии дар фишори 0,1 МПа ва тағйирёбии ҳарорат (290-440) К ба 56,8% кам шуда ва метилбутилкетони тоза бошад ба миқдори 61,4% кам мешавад. Маълум мешавад, ки саҳми нанозаррачаҳо дар метилбутилкетони моеъ аз фазаҳо (моеъгӣ ва гази), фишор, ҳарорат ва концентратсияҳои нанопур-қунандаҳо, фраксияҳои нанозаррачаҳо зиёд мебошанд.

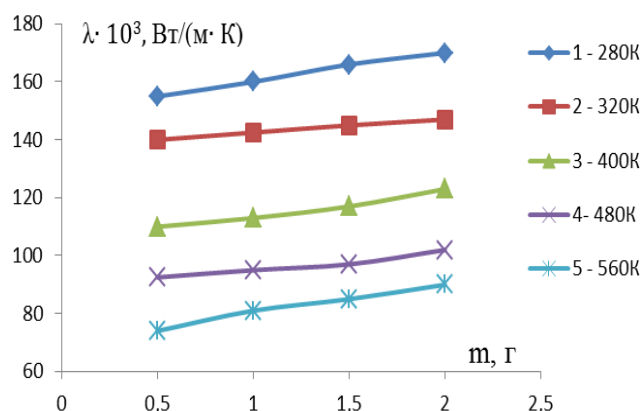
Ҷадвали 3.- Коэффитсиенти гармигузаронии ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)) метилбутилкетони аз ҷиҳати химиявӣ тоза бо иловаи 2,0г. концентратсияи массавии (70% нанонайчаҳои карбонӣ) дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун (маълумотҳои муаллиф).

Ҳарорат, К	Фишор					
	($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)) дар p, МПа					
	0,1	5	10	15	20	25
290	165	167	172	183	187	191
320	147	150	155	158	162	166
360	132	135	139	143	147	151
400	119	123	125	129	133	137
440	108	111	114	119	123	127
480	-	101	104	109	113	117
520	-	93	99	102	106	109
560	-	90	93	97	102	106
600	-	85	90	95	99	103
640	-	83	87	91	95	100

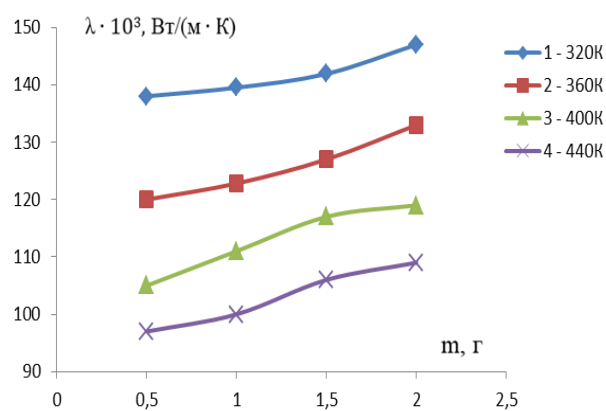
Таъсири нанозаррачаҳо (дуда ва 70% нанонайчаҳои карбонӣ) ба тағйирёбии гармигузаронии метилбутилкетон дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун.

Дар айни замон гармигузаронии метилбутилкетони аз ҷиҳати химиявӣ тозаи (моеъ) аз тарафи муаллиф дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун тадқиқ карда шудааст. Муайян карда шуд, ки гармигузаронии метилбутилкетони моеъ чӣ дар намуди тоза ва чӣ бо иловаи нанозаррачаҳо бо баланд шудани ҳарорат кам мешаванд ва бо афзоиши фишор зиёдшавии наномоеъҳои тадқиқоти мушоҳида карда мешавад. Дар асоси маълумотҳои таҷрибавӣ ва қонуни мувофиқоварии

ҳолат вобастагиҳои аппроксиматсионӣ ба даст оварда шудааст, ки бо ёрии онҳо гармигузаронии наномоеъҳоро дар асоси метилбутилкетон дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун ҳисоб намудан мумкин аст (расмҳои 11 - 12).



Расми 11. Вобастагии коэффитсиенти гармигузаронии метилбутилкетон аз консентратсияи нанозаррачаҳои (дуда ва 70% нанонайчаҳои карбонӣ) дар ҳароратҳои гуногун ва фишори ($P=5$ МПа): 1-290K; 2-320K; 3-400K; 4-480K; 5-560K



Расми 12. Вобастагии коэффитсиенти гармигузаронии метилбутилкетон аз консентратсияҳои нанозаррачаҳои (дуда ва 70% нанонайчаҳои карбонӣ) дар ҳароратҳои доимӣ ва фишори $P=0,101$ МПа; 1-320K; 2-360K; 3-400K; 4-440K

Таъсири (20% масс. нанонайчаҳои карбонӣ) ба тағйирёбии гармигунҷоиши метилбутилкетони моеъ

Дар айни замон гармигунҷоиши метилбутилкетони (моеъ) аз ҷиҳати химиявӣ тоза дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун нокифоя омӯхта шудааст. Муаллифон муайян кардаанд, ки гармигунҷоиши хоси метилбутилкетони моеъ ҳам дар намуди тоза ва ҳам бо иловаи нанозаррачаҳо бо баланд шудани ҳарорат зиёд шуда ва бо афзоиши фишор гармигунҷоиши хоси наномоеъҳои татқиқоти камшавӣ мушоҳида карда мешавад (ҷадвали 4).

Ҷадвали 4.- Гармигунҷоиши хоси метилбутилкетони аз ҷиҳати химиявӣ тоза дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун.

T, K	Фишор			
	(C _p , Ҷ/(кг·K)) дар p, МПа			
	0,101	9,81	19,62	39,24
308	2053	2040	2028	1992
331	2135	2119	2090	2045
352	2224	2193	2160	2110
381	2303	2276	2193	2173
403	2374	2322	2229	2218
429	-	2394	2289	2294
459	-	2475	2360	2360
476	-	2546	2430	2417
499	-	2610	2498	2476

525	-	2708	2538	2550
558	-	2803	2720	2624
589	-	2904	2832	2712

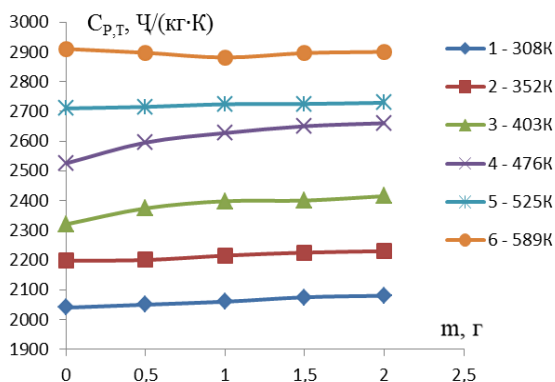
Тавре, ки дар боло қайд гардид, вазифаи асосии ин тадқиқот ба таври таҷрибавӣ омӯхтани гармиғунҷоиши хоси маҳлулҳои системаи метилбутилкетон ва 20% концентратсияи массавии нанонайчаҳои карбонӣ дар ҳароратҳои гуногуни (308-589) К ва фишорҳои (0,101-39,24) МПа мебошад. Натиҷаҳои тадқиқоти таҷрибавӣ – ҳисобкуниҳои гармиғунҷоиши хоси маҳлулҳои тадқиқшуда дар ҷадвали 5 оварда шудаанд.

Ҷадвали 5.- Гармиғунҷоиши хоси метилбутилкетони аз ҷиҳати химиявӣ тоза бо илова 1г. (20% концентратсияи массавии нанонайчаҳои карбонӣ) дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун (натиҷаҳои муаллиф).

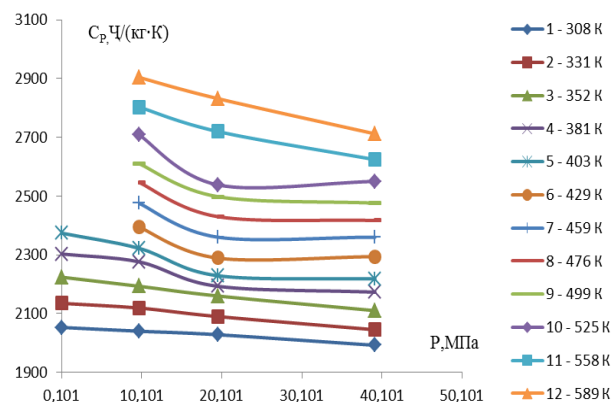
Т,К	Фишор			
	(C _p , Ч/(кг·К)) дар p, МПа			
	0,101	9,81	19,62	39,24
308	2083	2060	2040	2020
331	2165	2138	2118	2098
352	2254	2217	2197	2177
381	2333	2313	2293	2273
403	2404	2394	2374	2354
429	-	2474	2453	2434
459	-	2554	2534	2514
476	-	2634	2614	2594
499	-	2428	2408	2388
525	-	2714	2694	2675
558	-	2794	2774	2753
589	-	2884	2863	2843

Чи тавре, ки аз ҷадвалҳои 5 дида мешавад гармиғунҷоиши хоси метилбутилкетон бо иловаи 2г. концентратсияи массавии (20% нанонайчаҳои карбонӣ) дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун аз рӯи қонуниятҳои гуногун тағйир меёбад, аз ҷумла бо қонунҳои хати рост, пара-болӣ ва экспоненсионалӣ. Илова намудани 1г. концентратсияи нанозаррачаҳо (20% нанонайчаҳои карбонӣ) зиёдшавии ҳарорат ба он оварда мерасонад, ки гармиғунҷоиши хоси намунаҳо дар фишори атмосферӣ (0,101МПа) ва тағйирёбии ҳарорат (308-403)К ба 16,8% афзуда ва аз метилбутилкетони тоза бошад ба 20,4% меафзояд. Дар фишори p=10МПа, дар ҳудуди ҳароратҳои додашудаи (308-589)К гармиғунҷоиши хос ба 40,0% афзуда ва дар фишори p=39.24МПа ин тағйирот ба 40,7% баробар мешавад.

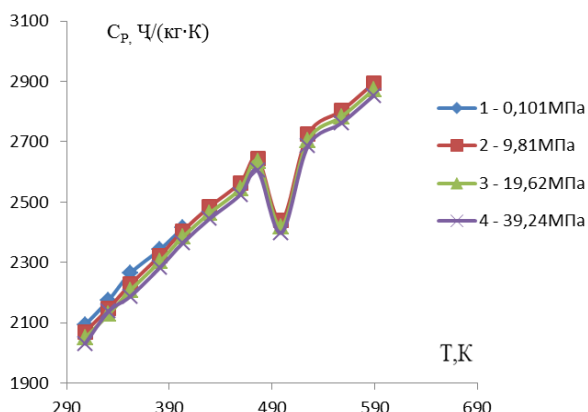
Саҳми нанозаррачаҳои карбонӣ дар метилбутилкетон аз фазаҳои (моёгӣ ва газӣ), фишор, ҳарорат ва концентратсияҳои нанопуркунанда ва дигар омилҳо вобаста мебошад (расмҳои 13-15).



Расми 13. Вобастагии гармигунҷоиши хоси метилбутилкетон аз концентратсияҳои нано заррачаҳо (20% концентратсияи массаии нанонайчаҳои карбонӣ) дар фишори доимӣ, ҳароратҳои гуногун ва концентратсияҳо: $P=9,81\text{МПа}$; 1-308K, (0-2г.); 2- 352K, (0-2г.); 3- 403K, (0-2г.); 4- 476K, (0-2г.); 5- 525K, (0-2г.); 6- 589K, (0-2г.).



Расми 14. Гармигунҷоиши хоси метил-бутилкетони моеъи аз ҷиҳати химиявӣ тоза вобаста бо фишор дар ҳароратҳои доимӣ: 1-308K, 2-331K, 3-352K, 4-381K, 5-403K, 6-429K, 7-459K, 8-476K, 9-499K, 10-525K, 11-558K, 12-589K.



Расми 15. Гармигунҷоиши хоси метилбутилкетони моеъи аз ҷиҳати химиявӣ тоза бо иловаи 1,5г. (20% концентратсияи массаии нанонайчаҳои карбонӣ) дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун: 1-0,101; 2-9,81; 3-19,62; 4-39,24МПа.

Боби чорум ба таҳлил ва коркарди маълумоти таҷрибавӣ оид ба гармигузаронӣ ва гармигунҷоиши хоси наномоеъҳои тадқиқотӣ ва суспензияи онҳо бахшида шудааст. Вобастагии аппроксиматсионии (муодилаи намуди Тейт) объектҳои тадқиқотӣ дар ҳудудҳои васеи ҳарорат ва фишор, инчунин натиҷаҳои ҳисобкунии коэффитсиентҳои онҳо ба даст оварда шудаанд.

Таҳлили ва ҷамъбасти маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба гармигузаронии маҳлӯлҳои (метилбутилкетон +нано заррачаҳо) вобаста аз ҳарорат ва фишор

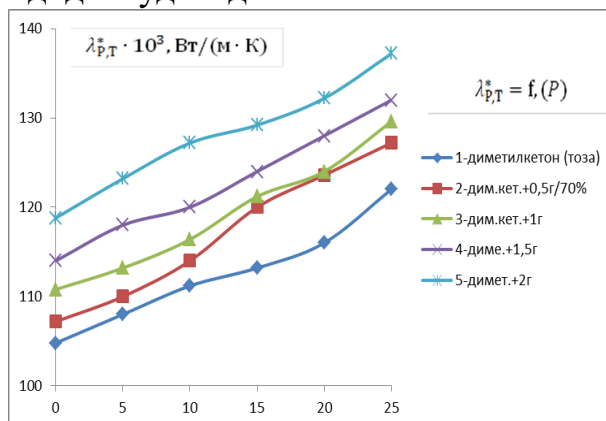
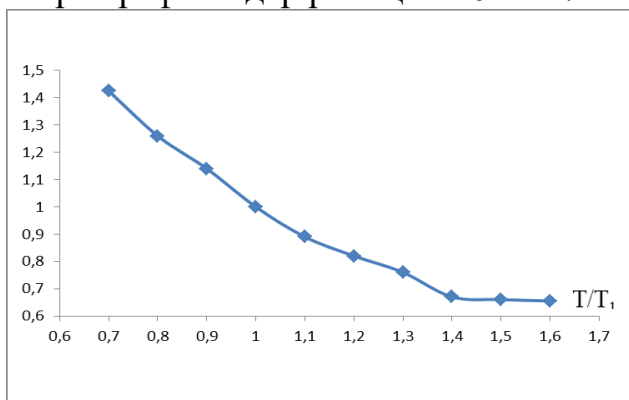
Барои алоқаманд кардани гармигузаронии системаҳои метилбутилкетон ва маҳлӯлҳои он аз ҳарорат ва фишор аз мутаносибҳои зерин истифода бурдем:

$$\frac{\lambda_{P,T}}{\lambda_{P,T}^*} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (7)$$

$$\frac{\lambda_{P,T}^*}{\lambda_{P,T}^{**}} = f\left(\frac{P}{P_1}\right) \quad (8)$$

ин чо $\lambda_{p,T}$ – мувофиқан гармигузаронии намунаҳои тадқиқотӣ дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун ва $\lambda_{p,T}$;– гармигузаронӣ дар ҳароратҳои T ва T_1 , $T_1 = 400$ К.

Иҷрошавии вобастагии функционалии (7) барои намунаҳои тадқиқотӣ ба таври графикӣ дар расмҳои 16 ва 17 нишон дода шудаанд:



Расми 16. Вобастагии нисбии гармигузаронӣ- $\left(\frac{\lambda_{p,T}}{\lambda_{p,T}^*}\right)$ бар ҳароратҳои нисбӣ $\left(\frac{T}{T_1}\right)$ барои системаҳои маҳлулҳои тадқиқотии «(20% нанонайчаҳои карбонӣ)+(0–2) г. + метилбутилкетон».

Рисунок 17. Вобастагии гармигузаронӣ $\left(\frac{\lambda_{p,T}}{\lambda_{p,T}^*}\right)$ аз нисбати ҳароратҳои $\left(\frac{T}{T_1}\right)$ барои системаҳои маҳлулҳои тадқиқотии «(70% нанонайчаҳои карбонӣ) +(0–2) г. + метилбутилкетон».

Чи тавре, ки аз расмҳои 16 ва 17 дида мешавад вобастагии функционалии (7) барои системаҳои тадқиқотӣ хуб иҷро мешавад, яъне маълумоти таҷрибавӣ оид ба гармигузаронӣ дар атрофи хати қатъ мехобанд.

Хатҳои қатъ дар расмҳои 16 ва 17 барои системаҳои метилбутилкетон ва нанозарраҳо бо муодилаи зерин ифода карда мешаванд:

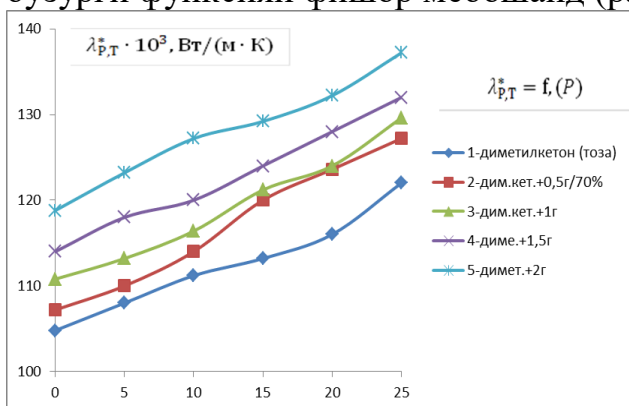
- барои системаи «нанонайчаҳои карбонӣ+(0–2)г.+метилбутилкетон»

$$\lambda_{p,T} = \left[1.0227 \left(\frac{T}{T_1}\right)^2 - 3.1226 \left(\frac{T}{T_1}\right) + 3.263 \right] \cdot \lambda_{p,T}^*, \quad (9)$$

- барои системаи «20%-нанонайчаҳои карбонӣ)(0–2)г.+метилбутилкетон»

$$\lambda_{p,T} = \left[1.1223 \left(\frac{T}{T_1}\right)^2 - 3.1888 \left(\frac{T}{T_1}\right) + 3.0597 \right] \cdot \lambda_{p,T}^*, \quad (10)$$

Таҳлили бузургии $\lambda_{p,T}^*$ барои системаҳои тадқиқотӣ нишон дод, ки ин бузургии функцияи фишор мебошанд (расми 18).

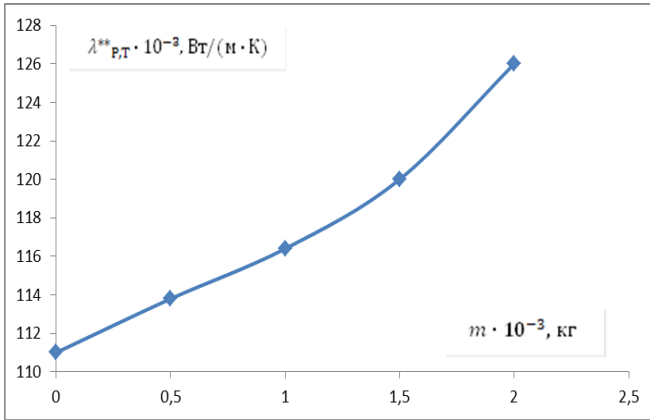


Расми 18–Вобастагии $\lambda_{p,T}^*$ системаҳои «метилбутилкетони аз ҷиҳати химиявӣ тоза, «метилбутилкетони аз ҷиҳати химиявӣ тоза + (то 2 г) дуда, нанонайчаҳои карбонӣ» аз фишор дар ҳарорати $T_1 = 400$ К: 1-метилбутилкетон; 2- метилбутилкетони аз.ч.х.тоза+0,5г дуда, НК; 3-метилбутилкетони аз ч.х.тоза+1,0г дуда, нанонайчаҳои карбонӣ; 4- метилбутилкетони аз ч.х. тоза+1,5г дуда, нано-найчаҳои карбонӣ; 5- метилбутилкетони аз.ч.х.тоза +

2,0г дуда, нанонайчаҳои карбонӣ.

Иҷрошавии $\frac{\lambda_{P,T}^*}{\lambda_{P,T}^{**}} = f\left(\frac{P}{P_1}\right)$ ифодаи (8) дар расми 19 нишон дода шудааст.

Натиҷаҳои таҳлили бузургии $\lambda_{P,T}^{**}$ нишон дод, ки онҳо функсияи консентратсияҳои дуда ва нанонайчаҳои карбонӣ мебошанд (Ниг. расми. 20). $\lambda_{P,T}^{**} = [2228,6(m_{HK})^2 + 2,2829(m_{HK}) + 01113]$, Вт/(м·К); (11)



Расми 20 – Вобастагии $\lambda_{P,T}^{**}$ системаҳои «метилбутилкетони моеъи аз ҷиҳати химияӣ тоза», «метилбутилкетони аз ҷ.х.тоза + (то 2,5)г нанонайчаҳои карбонӣ» аз фишор дар ҳарорати $T_1 = 400$ К:

Дар асоси ифодаҳои (8) ва (11) ҳосил менамоем:

$$\lambda_{P,T}^* = [-0,0575 \left(\frac{P}{P_1}\right) + 0,94625] \cdot [2228,6(m_{HK})^2 + 2,2829(m_{HK}) + 0,1113], \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}. \quad (12)$$

Аз муодилаҳои (10) ва (11) бо назардошти (12) барои ҳисоб намудани гармигузаронии маҳлӯлҳои тадқиқотӣ вобаста аз ҳарорат, фишор ва консентратсияҳои нанонайчаҳои карбонӣ ҳосил менамоем

$$\lambda_{P,T} = \left[1,0227 \left(\frac{T}{T_1}\right)^2 - 3,1474 \left(\frac{T}{T_1}\right) + 3,1226 \right] \cdot \left[0,0575 \left(\frac{P}{P_1}\right) + 0,94625 \right] \cdot [2228,6(m_{HK})^2 + 2,2829(m_{HK}) + 0,1113], \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}} \quad (13)$$

Бо ёрии муодилаи (13) гармигузаронии маҳлӯлҳои тадқиқотиро бе гузаронидани таҷриба вобаста аз ҳарорат ва фишор ҳисоб намудан мумкин аст, ки барои ин фақат донишҷӯи бузургии консентратсияи нанонайчаҳои карбонӣ ҳарорат ва фишор зарур мебошанд. Санҷиши муодилаи (13) нишон дод, ки бо хатогии (2–4) % гармигузаронии маҳлӯлҳои тадқиқотиро дар ҳудуди ҳароратҳои (293 – 653) К ва фишорҳои (0,101-25)МПа ҳисоб кардан мумкин аст.

Коркарди натиҷаҳои таҷрибавии гармиғунҷоиши хоси маҳлӯлҳои тадқиқотӣ

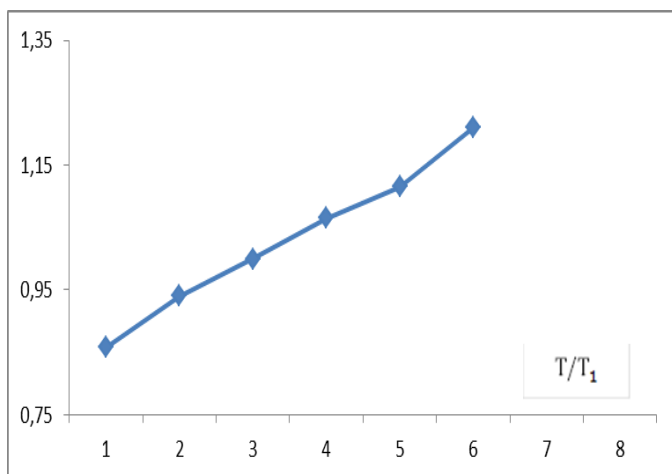
Дар асоси маълумоти таҷрибавӣ ва назариявӣ оид ба гармиғунҷоиши хоси моеъҳо, маҳлӯлҳо, электролитҳо ва наномоеъҳо вобаста аз ҳарорат ва фишор бисёр муаллифон чӣ дар хорича ва чи дар мамлақати мо ҳангоми коркарди маълумотҳо муодилаи ҳолатеро ба даст меоранд, ки бо он хосиятҳои калорикӣ ва термодинамикӣ моддаҳои тадқиқшавандаро, ҳисоб карда мешаванд.

Барои алоқаманд намудани вобастагии гармиғунҷоиши хоси системаҳои метилбутил-кетон ва маҳлӯлҳои он аз ҳарорат ва фишор мутаносибии зеринро тадбиқ намудем:

$$\frac{C_{p,T}}{C_{p,T}^*} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (14)$$

дар ин чо $C_{p,T}$ – мувофиқан гармиғунҷоиши хоси системаҳои метилбутилкетон ва нанозар-рачаҳо дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун ва $C_{p,T}^*$ – бузургии гармиғунҷоиши хос дар ҳароратҳои T ва T_1 , $T_1 = 400\text{K}$.

Натиҷаҳои коркарди гармиғунҷоиши хоси маҳлулҳои тадқиқотӣ дар намуди графикӣ дар расми 21 оварда шудаанд.



Расми 21. Вобастагии нисбаи гармиғунҷоиши хоси $\left(\frac{C_{p,T}}{C_{p,T}^*}\right)$ аз нисбаи ҳароратҳои $\left(\frac{T}{T_1}\right)$ барои маҳлулҳои тадқиқотии системаҳои (метилбутилкетон + нанонайчаҳои карбонӣ (0-2)г.: 1- метилбутилкетони моеъи аз ч.х. тоза; 2- метилбутилкетони моеъи аз ч.х. тоза +0,5г дуда, нанонайчаҳои карбонӣ; 3- метилбутилкетони моеъи аз ч.х.тоза +1,0г дуда, нанонайчаҳои карбонӣ;

Чи тавре, ки аз расми 21 дида мешавад ифодаи (14) барои системаҳои тадқиқотӣ хуб иҷро мешавад, яъне маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба гармиғунҷоиши хос дар атрофи як хати рост меҳобанд, ки бо муодилаҳои зерин ифода карда мешавад.

- барои системаҳои «нанонайчаҳои карбонӣ +(0-2)г.+метилбутилкетон»;

$$C_{p,T} = \left[0,517\left(\frac{T}{T_1}\right) + 0,4967\right] \cdot C_{p,T}^*, \quad \text{Ч}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \quad (15)$$

- барои системаҳои «20% НК)(0-2)г.+метилбутилкетон»;

$$C_{p,T} = \left[0,3845\left(\frac{T}{T_1}\right) + 0,6187\right] \cdot C_{p,T}^*, \quad \text{Ч}/(\text{кг} \cdot \text{К}), \quad (16)$$

Таҳлили бузургии $C_{p,T}^*$ барои системаҳои тадқиқотӣ нишон дод, ки ин бузургиҳо функсияи фишор мебошанд.

$$\frac{C_{p,T}^*}{C_{p,T}^{**}} = \left[1,0075 - 0,005\left(\frac{P}{P_1}\right)\right], \quad (17)$$

Натиҷаҳои таҳлили бузургии $C_{p,T}^{**}$ нишон доданд, ки онҳо функсияи концентрат-сияҳои дуда ва нанонайчаҳои карбонӣ мебошанд:

$$C_{p,T}^{**} = (-3 \cdot 10^7 m_{\text{НЯК}}^2 + 95029 m_{\text{НЯК}} + 2324,3), \quad \text{Ч}/(\text{кг} \cdot \text{К}); \quad (18)$$

Аз муодилаҳои (17) ва (18) ҳосил менамоем:

$$C_{p,T}^* = \left[1,0075 - 0,005\left(\frac{P}{P_1}\right)\right] \cdot \left[-3 \cdot 10^7 (m_{\text{НЯК}})^2 + 95029 (m_{\text{НЯК}}) + 2324,3\right] \cdot \frac{\text{Ч}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}. \quad (19)$$

Аз муодилаи (16) ва бо назардошти (18) ва (19) барои ҳисобкунии гармиғунҷоиши хоси маҳлулҳои тадқиқотӣ вобаста аз ҳарорат, фишор ва концентратсияи нанонайчаҳои карбонӣ ҳосил намудем, ки он намуди зеринро дорад:

$$C_{P,T} = \left[0,5 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 0,5 \right] \cdot \left[1,0075 - 0,005 \left(\frac{P}{P_1} \right) \right] \cdot \left[-3 \cdot 10^7 (m_{\text{НЯК}})^2 + 95029 (m_{\text{НЯК}}) + 2324,3 \right] \cdot \frac{\text{ч}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}. \quad (20)$$

Бо ёрии муодилаи (20) гармигунҷоиши хоси таҷрибавӣ тадқиқшуда ва тадқиқнашудаи маҳлӯлҳоро вобаста аз ҳарорат ва фишор ҳисоб кардан мумкин аст, ки барои ин дониستاني консентратсияи нанонайчаҳои карбонӣ, ҳарорат ва фишор зарур мебошанд. Санҷиши муодилаи (20) нишон дод, ки гармигунҷоиши хоси маҳлӯлҳои тадқиқотиро дар ҳудуди ҳароратҳои (293 – 653) К ва фишорҳои (0,101–39,24) МПа бо хатогии (2 - 4,8) % ҳисоб намудан мумкин аст.

Истифодабарии муодилаи намуди Тейт барои ҳисобкунии зичии маҳлӯлҳои тадқиқотӣ дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун

Барои ба даст овардани муодилаи ҳолат оид ба зичии маҳлӯлҳои метилбутилкетони моеъи аз ҷиҳати химиявӣ тоза ва нанозаррачаҳо (наномоеъҳои коллоидӣ) муодилаи намуди Тейт дар шакли зерин истифода бурда шудааст:

$$\frac{\rho - \rho_0}{\rho} = C \ln \left[\frac{B + P}{B + P_0} \right], \quad (21)$$

дар ин ҷо ρ_0 – зичии маводҳои тадқиқотӣ дар $P_0 = 4,96$ МПа; ρ – зичии намунаи тадқиқотӣ дар фишори P ; C ва B – коэффитсиентҳо.

Маълумоти таҷрибавӣ оид ба зичии маҳлӯлҳои “метилбутилкетон+дуда, нанонайчаҳои карбонӣ” дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун таҳлил карда шудаанд.

Чи тавре, ки аз таҳлили графикӣ дида мешавад, хати $T = \text{const}$ рост буда ва бо муодилаҳои зерин ифода карда мешаванд :

$$\left(\frac{\partial P}{\partial \rho} \right)_T = f(P), \quad (22)$$

$$-\left(\frac{\partial P}{\partial \rho} \right)_T = \frac{B}{C} + \frac{P}{C}, \quad (23)$$

ин ҷо P – фишори беруна, МПа; ρ – зичӣ, кг/м³.

Таҳлили коэффитсиентҳои B ва C нишон дод, ки онҳо функсияҳои ҳарорат мебошанд, яъне $B = f_1(T)$; $C = f_2(T)$.

Бинобар ҳамин ҳам муодилаи (23) –ро дар намуди зерин навиштан мумкин аст:

$$-\left(\frac{\partial P}{\partial \rho} \right)_T = \frac{B(T)}{C(T)} + \frac{P}{C(T)}. \quad (24)$$

Коэффитсиентҳои $B(T)$ ва $C(T)$ барои ҳар як изотермаҳо бо усули квадрати хурдтарин ҳисоб карда шуда ва баъд дар асоси таҳлили графикӣ бо хатогии 0,12% аз рӯи полиномҳои дараҷаи дуум ва сеюм наздик карда мешаванд:

$$B(T) = \sum_{i=0}^2 b_i T^i, \quad C(T) = \sum_{i=0}^3 c_i T^i. \quad (25)$$

$$B = \left[0,45 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 0,55 \right] \cdot B_1, \quad (26)$$

$$C = \left[2,5 \left(\frac{T}{T_1} \right) - 1,5 \right] \cdot C_1. \quad (27)$$

Таҳлили B_1 ва C_1 барои маҳлулҳои системаи «метилбутилкетон + нанонайчаҳои карбонӣ» нишон дод, ки онҳо функсияҳои консентратсияи нанонайчаҳои карбонӣ мебошанд:

$$B_1 = 126m_{\text{НЯК}}^2 + 9,5 \cdot 10^3 m_{\text{НЯК}} + 7,51 \cdot 10^5 \text{Па} \quad (28)$$

$$C_1 = -0,275 \cdot 10^{-2} m_{\text{НЯК}}^2 - 0,662 \cdot 10^{-2} m_{\text{НЯК}} - 0,332 \cdot 10^{-2} \text{Па}. \quad (29)$$

– барои маҳлулҳои системаи «метилбутилкетона + нанонайчаҳои карбонӣ»: аз муодилаҳои (26) – (27) ва (28) – (29) ҳосил менамоем:

$$B = \left[0,45 \left(\frac{T}{T_1}\right) + 0,55\right] \cdot (1,34 \cdot 10^6 - 0,3996 \cdot 10^6 m_{\text{НЯК}}). \quad (30)$$

$$C \cdot (-0,275 \cdot 10^{-2} m_{\text{НЯК}}^2 - 0,662 \cdot 10^{-2} m_{\text{НЯК}} - 0,33 \cdot 10^{-2}) \quad (31)$$

Дар системаҳои «метилбутилкетон + нанонайчаҳои карбонӣ» аз муодилаи (23) ба даст меорем:

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 - C \ln \left[\frac{B+P}{B+P_0} \right]}, \text{кг/м}^3. \quad (32)$$

Бо назардошти (30) ва (31) муодилаи (32) барои системаҳои «метилбутилкетон+ НК ва дуда» намуди зеринро мегирад:

$$\rho = \frac{\rho_0}{\left[1 - \left(2,5 \left(\frac{T}{T_1}\right) - 1,5\right) (-0,275 \cdot 10^{-6} m_{\text{НЯК}} - 0,662 \cdot 10^{-2} m_{\text{НЯК}} - 0,332 \cdot 10^{-2})\right]^x \cdot \ln \left[\frac{(0,45 \frac{T}{T_1} + 0,55)(1,34 \cdot 10^6 - 0,396 \cdot 10^6 m_{\text{НЯК}}) + P}{(0,45 \frac{T}{T_1} + 0,55)(1,34 \cdot 10^6 - 0,396 \cdot 10^6 m_{\text{НЯК}}) + P_0} \right]}, \text{кг/м}^3 \quad (33)$$

Муодилаҳои ба даст омада маълумоти таҷрибавиро оид ба зичии маҳлулҳои системаи «метилбутилкетони + нанонайчаҳои карбонӣ ва дуда» дар ҳудуди ҳароратҳои $T = (293 - 433) \text{ К}$ ва фишорҳои $P = (4,96 - 39,24) \text{ МПа}$ бо ҳатогии миёнаи $(0,13 - 2,23)\%$ ҳисоб мекунад. Муодилаи намуди Тейт (33) барои маҳлулҳои моеъ ҳосил карда шудааст, ки коэффитсиентҳои B ва C –ро бо параметрҳои гармофизикии система алоқаманд менамоед.

Дар замима чадвалҳои муфассали муқоисаи натиҷаҳои ҳисобкунӣ бо натиҷаҳои вобастагӣҳои ҳосил апроксиматсионии муаллиф пешниҳод намуда оид ба гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши ҳосил наномоеъҳо (коллоидӣ ва суспенсияи онҳо) вобаста аз ҳарорат ва фишор, аз ҷумла дар ҳудуди бухронӣ оварда шудаанд. Инчунин муълумоти додасудаи баҳодихии миқдории ҳатогии ченкунии гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши ҳосил наномоеъҳои тадқиқотӣ низ оварда шудааст.

ХУЛОСАҲО

1. Маҷмуи коэффитсиенти гармигузаронӣ, зичӣ ва гармиғунҷоиши ҳосил дар хати сершавии метилбутилкетони аз ҷиҳати химиявӣ тоза бо иловаи нанонайчаҳои карбонӣ ва дуда вобаста аз ҳарорат ва фишорҳо омӯхта шудааст [1-М, 2-М, 4-М, 6-М, 8-М, 10-М, 11-М, 14-М, 16-М, 17-М, 18-М, 19-М, 21-М, 22-М, 23-М].

2. Бори аввал бузургҳои таҷрибавии зичӣ, гармигузаронии ҳосил системаҳо (метилбутилкетони моеъ), консентратсияҳои нанонайчаҳои карбонӣ ва дуда дар ҳароратҳои ($T=290-640\text{К}$) ва фишорҳои ($P=0,101-39,24 \text{ МПа}$) ба даст

оварда шудааст, ки ташкилотҳои лоихакашӣ онро барои ҳисобкуниҳои муҳандисӣ истифода мебаранд [1-М, 2-М, 4-М, 6-М, 8-М, 10-М, 11-М, 14-М, 16-М, 17-М, 18-М, 19-М, 21-М, 22-М, 23-М].

3. Нишон дода шуд, ки зичӣ, коэффитсиенти гармигузаронии маҳлул-ҳои тадқиқшуда дар ҳарорати додашуда бо афзоиши фишор зиёд ва бо баланд шудани ҳарорат дар фишори доимӣ кам мешаванд; бо афзоиши ҳарорат, таъсири фишор ва концентратсияи массавии нанозаррачаҳо, инчунин қонуниятҳои тағйирёбии параметрҳои дар боло зикршудаи моеъи асосӣ дар ҳатти сершавӣ ошкор карда шуданд: [1-М, 2-М, 4-М, 6-М, 8-М, 10-М, 11-М, 14-М, 16-М, 17-М, 18-М, 19-М, 21-М, 22-М, 23-М].

4. Муқаррар карда шуд, ки гармиғунҷоиши ҳоси наномоеъҳои коллоидии системаи (метилбутилкетон+нанонайчаҳои карбонӣ ва дуда) бо баланд шудани ҳарорат ва концентратсияи нанозаррачаҳо зиёд шуда, зиёдшавии фишор сабаби паст шудани гармиғунҷоиши ҳоси маҳлулҳо мегардад [1-М, 2-М, 4-М, 6-М, 8-М, 10-М, 11-М, 14-М, 16-М, 17-М, 18-М, 19-М, 21-М, 22-М, 23-М].

5. Ҳангоми коркард ва таҳлили маълумоти таҷрибавӣ оид ба зичӣ, гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши ҳоси системаҳои коллоидӣ (метилбутилкетони моеъи аз ҷиҳати химиявӣ тоза+нанонайчаҳо) ифодаҳои аппроксиматсионӣ ва коррелятсионӣ ба даст оварда шудаанд, ки алоқамандии байни ин хосиятҳоро муқаррар менамоянд: [1-М, 2-М, 4-М, 6-М, 8-М, 10-М, 11-М, 14-М, 16-М, 17-М, 18-М, 19-М, 21-М, 22-М, 23-М].

6. Вобастагии аппроксиматсионӣ ва муодилаи ҳолати (намуди Тейт) метавонад барои ҳисоб ва пешгӯии параметрҳои номбаршудаи маҳлулҳои тадқиқ карданашуда дар асоси метилбутилкетон бо нанонайчаҳои карбонӣ ва дуда дар ҳудудҳои васеи параметрҳои ҳолати (ҳарорат, фишор, ва концентратсияи массавии нанозаррачаҳо ва дуда) истифода бурда шаванд. [1-М, 2-М, 4-М, 6-М, 8-М, 10-М, 11-М, 14-М, 16-М, 17-М, 18-М, 19-М, 21-М, 22-М, 23-М].

7. Вобастагииҳои апроксиматсионии бадастомада ва муодилаи ҳолати намуди Тейт барои наномоеъҳоро донишҷӯён, магистрҳо ва аспирантҳои кафедри «Физикаи умумӣ»-и Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айнӣ, Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав ва кафедраи “Техника ва энергетикаи гармо”-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ барои ҳисоб кардани хосиятҳои калорикии наномоеъҳои тадқиқоти истифода мебаранд. (санад оид ба тадқиқ замима гардидааст) [1-М, 2-М, 4-М, 6-М, 8-М, 10-М, 11-М, 14-М, 16-М, 17-М, 18-М, 19-М, 21-М, 22-М, 23-М].

8. Ҷадвалҳои муфассали зичӣ, коэффитсиенти гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши ҳоси наномоеъҳои тадқиқотӣ дар ҳудудҳои васеи ҳароратҳои (293-433)К ва фишорҳои (0,101-39,24)МПа, ва концентратсияҳои массавии нанозаррачаҳо (0-2,0)%, ки метавонанд дар равандҳои гуногуни технологӣ ва дастгоҳҳои гармимубодилакунанда истифода шаванд, тартиб дода шудааст [1-М, 2-М, 4-М, 6-М, 8-М, 10-М, 11-М, 14-М, 16-М, 17-М, 18-М, 19-М, 21-М, 22-М, 23-М].

Тавсияҳо, дурнамои рушди минбаъдаи мавзӯи тадқиқоти рисола

1. Ҷадвалҳои муфассали зичӣ, коэффитсиенти гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши хоси наномоеъҳои тадқиқотӣ дар ҳудудҳои васеи ҳароратҳои (300-440)К ва фишорҳои (0,101-39,24)МПа, ва концентратсияҳои массавии нанозарраҳо (0-0,5 г) ки метавонад дар равандҳои гуногуни тех-нологӣ (МБГ-2 ш. Душанбе) ва дастгоҳҳои гармимубодилакунанда истифода шаванд, тартиб дода шудааст.

2. Вобастагиҳои апроксиматсионии ба даст омада ва муодилаи ҳолати намуди Тейта барои наномоеъҳоро донишҷӯён, магистрҳо ва аспирантҳои кафедраи «Физикаи умумӣ»-и Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айнӣ, Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав ва кафедраи «Техника ва энергетикаи гармо»-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ барои ҳисоб кардани хосиятҳои калорикии наномоеъҳои тадқиқотӣ истифода бурда метавонанд.

3. Қиматҳои зичии бадастомада ва муодилаи ҳолати намуди Тейт намунаҳои омукташударо барои ҳисоб кардани фарқи гармиғунҷоиши хоси маҳлулҳои он бо дигар ҳалкунандаҳо истифода бурдан мумкин аст.

4. Маълумоти таҷрибавӣ ва ҳисобшуда оид ба коэффисенти гармигузаронӣ, гармиғунҷоиши хоси ва зичии маҳлулҳои обии бо нанонайчаҳо ва дуда барои таҳияи назарияи микроскопии ходисаи интиқол дар маводи тадқиқшаванда асос шуда метавонанд.

5. Вобастагии апроксиматсионӣ ва муодилаи ҳолати (намуди Тейт) метавон барои ҳисоб ва пешгӯии параметрҳои номбаршудаи маҳлулҳои таҷрибанашуда дар асоси метилбутилкетон бо нанонайчаҳо ва дуда дар ҳудудҳои васеи параметрҳои ҳолати (ҳарорат, фишор, ва концентратсияи массавии наноандоза) истифода бурд.

РУЙХАТИ КОРҶОИ НАШРШУДА ДАР МАВЗУИ РИСОЛА.

Мақолаҳо дар маҷалаҳои илмие, ки аз ҷониби ҚОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия шудаанд:

[1-М]. Шарипов, С.М., Влияние наночастиц (70%масс. Углеродных нанотрубок) на изменение теплопроводности жидкого метилбутилкетона. // Вестник Бохтарского государственной университет имени Носира Хусрава. Бохтар, 2022, - № 2/1 (96)-С,49-52

[2-М]. Шарипов, С.М. Теплопроводность системы «жидкий метилбутилкетон+одностенные, многостенные углеродные нанотрубки при различных температурах и давлениях» Бохтарского государственной университета имени Носира Хусрава. - Бохтар, 2022, 2/4 (105) – С, 41–47.

[3-М]. Шарипов, С.М. Ойматова Х.Х., Зайнидинов Д.Р., Сафаров М.М. Влияние 20% массовой концентрации углеродных нанотрубок на изменение теплоёмкости жидкого метилбутилкетона. Технологического университета Таджикистана. Душанбе. – 2022. - № 4/1 (51) – С, 87–95.

[4-М]. Шарипов, С.М. Ойматова Х.Х., Сафаров Ш.Р., Зарипова М.А. Расчет термодинамических параметров (изменение внутренней энергии, энергии гелмгольца и энергии гибса) тернарных систем (методом ДСК). //Вестник Дангаринского государственного университета (научный журнал).-Дангара, 2022.-№3/3(90). – С. 52-55.

[5-М]. Шарипов, С.М., Хусайнов З.К. Экспериментальное исследование теплопроводности, температуропроводности водных растворов аэро-зина, диметилгидразина. Материалы Международной научной конференции «Молодые исследователи-регионам» Вологда-16-20 апреля 2018.-С. 367-369.

[6-М]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Зарипова М.А., Хусайнов З.К., Сафаров Ш.Р., Мухамадали К. Взаимосвязь между теплопроводностью и плотности водных растворов в зависимости от температуры и давления Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы преподавания математики и естественных наук в кредитной системы обучения» КТГУ имени Носира Хусрава, Бохтар-29-30 июня 2018. -С. 475-479.

Патенти хурди ҚТ

[7-М]. Шарипов С.М. ва дигарон. Дастгоҳ барои бо тавари автоматӣ муайян кардани гармигузаронии ҷисмҳои сахт. Ихтирооти хурди Қ.Т. №ТҚ 1185., аз 3.05.2021. 5с.

Наширияҳо дар конференсияҳои байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ:

[8-М]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Тургунбоев М.Т., Хусайнов З.К. Теплофизические расчеты водных растворов диметилгидразина Материалы научно-практической конференции “ 8 Ломоносовские чтения” Актуальные проблемы естественных и гуманитарных наук.(Филиал МГУ в г. Душанбе, 27-28 апреля 2018).- С.43-46.

[9-М]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Хакимов Д.Ш., Тимеркаев Б.А. Влияние наночастиц (сажа+70%ОУНТ) на изменение плотности метилбутилкетона при различных температурах / Материалы VI международная

научно-техническая конференция «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ» 27 – 28 мая 2021 г. Санкт-Петербург. - С. 34-36 РИНЦ Scopus

[10-М]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Зарипова М.А., Умарзода Шарифмурод У. Тимеркаев Б.А. Влияние наночастиц на изменение плотности метилбутилкетона при различных температурах и давлениях. Материалы международной конференции «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах» (12 - 17 сентября 2021 г.) Институт физики им. Х.И. Амирханова Дагестанского федерального исследовательского центра РАН. Махачкала-2021.- С. 288-291 РИНЦ

[11-М]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Зарипова М.А., Сафарова Ф. А. Влияние наночастиц на изменение плотности фенилгидразина при различных температурах и атмосферном давлении / Материалы республиканской научно-практической конференции (с международным участием) «Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ», посвященной 30-летию государственной независимости Республики Таджикистан, 65-летию ТТУ имени акад. М.С. Осими и 50-летию МТФШ (27-28 августа 2021), Душанбе).-С.141-144.

[12-М]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Ойматова Х.Х., Сафаров Ш. Р., Зарипова М.А. Расчет температуропроводности тернарных систем с использованием данным полученных сканирующим калориметром Материалы республиканской научно-практической конференции (с международным участием) «Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ», посвященной 30-летию государственной независимости Республики Таджикистан, 65-летию ТТУ имени акад. М.С. Осими и 50-летию МТФШ,(27,28 августа 2021).-Душанбе 2021.- С. 152-155

[13-М]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Ойматова Х.Х. Влияние наночастиц (сажи и 70% углеродных нанотрубок) на поведение теплопроводности метилбутилкетона при атмосферном давлении / Материалы Международной научно-практической конференции «Энергетика: Состояния и перспективы развития», 20 декабря 2021.-Душанбе: ЦИ и П, ТТУ имени акад. М.С. Осими . – С. 174-177.

[14-М]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Ойматова Х.Х., Зарипова М. А., Сафаров Ш.Р. Корреляция между экспериментальными данными по коэффициентом массопередачи и коэффициентом набухания опытных образцов тернарных систем. / Материалы Международной научно-практической конференции «Энергетика: Состояния и перспективы развития», 20 декабря 2021. Душанбе: ЦИ и П, ТТУ имени акад. М.С. Осими.-С. 178-181.

[15-М]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Ойматова Х.Х. Сафаров Ш. Р., Зарипова М.А. Расчетно-экспериментальные значения коэффициента теплоотдачи тернарных систем. Сборник трудов Первая Международная научно-практическая конференция и «Перспективы развития исследований в области химии координационных соединения и аспекты их применения» посвященной памяти профессора Баситовой С.М., 80-летию со дня рождения и

60-летию педагогической деятельности д.х.н., профессора Азизкуловой О.А. 30-31 марта 2022 г. Душанбе. -2020.- С. 160-164, РИНЦ.

[16-М]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Ойматова Х.Х. Электрофизические свойства суспензии системы метилбутилкетона и углеродных нанотрубок Материалы республиканской научно-практической конференции на тему «Роль Абурайхони Беруни в развитии естественных, математических и технических наук», посвященной 1050 летию известного персидского-таджикского энциклопедиста Абурайхони Беруни «20 летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования» Бохтар 28 мая 2022 г.- С. 307-308.

[17-М]. Sharipov, S.M., Safarov M.M., Oimatova H.H. Influence (20wt % of carbon nanotube) on a change in the heat capacity of liquid metilbutilketon Proceedings of the Journal of International University Scientific Forum (Practice Oriented Science)-UAE-Russia-India, Dubai-17 June 2022.-Pp.112-116. doi: 10.34660/INF 2022.61

[18-М]. Sharipov, S.M., Safarov M.M., Oimatova H.H. Correction between thermal conductivity and specific heat capacity of ternary systems (CA, MWCN and N₂H₄) Proceedings of the Journal of International University Scientific Forum (Practice Oriented Science). UAE-Russia- India, Dubai-17 June 2022., Dubai-17 June 2022.-Pp.121-128. doi:10.34660/INF 2022.16.28.046.

[19-М]. Шарипов, С.М., Ойматова Х.Х., Сафаров Ш.Р., Сафаров М.М. Корреляция между коэффициента теплоотдачи и удельной теплоёмкости тернарных систем кремниевой кислоты, многослойной углеродной нанотрубки и нанопорошка гидразина. МТФШ-13,2022. Тамбов-Душанбе 2022. С. 69-71.

[20-М]. Шарипов С.М., Ойматова Х.Х. теплопроводность коллоидного раствора метилбутилкетона при различных температурах и давлениях. Сборник материалов Республиканская научнопрактическая конференция «Актуальные проблемы перспективный развития естественный точных наук» Душанбе, 2023.- С. 161-163.

[21-М]. Шарипов С.М., Сафаров Ш.Р., Зоиров Х.А. Получение эмперических уравнений на основе экспериментальных данных и сравнение их значений. Российская конференция (с международным свойствами веществ (РКТС – 16) Махачкала, 26-29 сентября 2023г.-С.71

[22-М]. Шарипов С.М., Сафаров М.М., Ойматова Х.Х., Сафаров Ш.Р. Таҳлили маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба гармигузаронии маҳлулҳои (метилбутилкетон+нанозаррачаҳо) вобаста аз ҳарорат ва фишор. Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. № 2/1 (108) 2023.-106-111.

[23-М]. Шарипов С.М., Сафаров М.М., Ойматова Х.Х., Сафаров Ш.Р., Шарипов М.Л. Гармигузаронии маҳлулҳои «метилбутилкетон+нанонайча-ҳои карбонии якҷабата ва бисёрҷабата» дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун. Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав, №2/3 (113) 2023, - С, 25-34.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
БОХТАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени НОСИРА ХУСРАВА**

УДК 536.32.45.62

На правах рукописи



ШАРИПОВ Сафарбой Муродалиевич

**ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ (САЖИ, УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК)
НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И ТЕПЛОЕМКОСТИ
МЕТИЛБУТИЛКЕТОНА ПРИ ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ И РАЗЛИЧНЫХ
ПАРАМЕТРАХ СОСТОЯНИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Душанбе –2024

Работа выполнена на кафедре общей физики Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава.

Научный руководитель: **Сафаров Махмадали Махмадиевич** - Заслуженный деятель науки и техники Таджикистана, академик международной академии (МИА), академик инженерной академии (ИА) РТ, доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Бердиев Асадкул Эгамович** - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Химия и биология» Университета России и Таджикистана. (г. Душанбе).

Шарипов Аламшо Партоевич - к.т.н., доцент, заведующий кафедрой компьютерных наук Кулябский государственного университета имени Абуабдуллахи Рудаки

Ведущая организация: **Институт энергетики Таджикистана**

Защита диссертации состоится «16» сентября 2024 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета 6D.KOA-041 при Таджикском техническом университете имени академика М.С.Осими, по адресу: 734042, г. Душанбе, проспект акад. Раджабовых 10а, e-mail: d.s6d.koa.041@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Таджикского технического университета имени академика М.С.Осими и на официальном сайте университета <http://ttu.tj/>

Автореферат разослан « _____ » _____ 2024 года.

Ученый секретарь диссертационного совета
6D.KOA-041, кандидат технических наук, доцент



Тагоев С.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОТЫ

Актуальность темы. Теплопроводность, теплоемкость, ламинарная и турбулентная теплопроводность метилбутилкетона являются теплофизическими свойствами, которые необходимо учитывать при численных расчетах процессов теплопереноса и решении дифференциальных уравнений первого и второго порядка, тем самым важное значение имеет понимание теплофизических и термодинамических свойств рабочего вещества при различных изменениях состояний, включая фазовые переходы в равновесии. Непосредственно научные данные могут быть использованы для проведения инженерных расчетов, позволяющих совершенствовать и оптимизировать технологические процессы. Техничко-экономические показатели во многом игнорируются из-за завышения металлоемкости в инженерных расчетах, опирающихся на приближениях или приблизительных оценках свойств материалов.

Технологические процессы полагаются на теплопроводность как на важнейший параметр управления, потому что эти переменные анализируются в экономическом и промышленном секторах, включая горнодобывающую промышленность, сельское хозяйство и здравоохранение.

В таких отраслях, как химическая, топливная, машиностроение, электроника, наноструктурированные материалы и наножидкости, существующие процессы могут быть улучшены и усовершенствованы, которые работают под экстремальным давлением и температурой за счет использования множества новых технологических процессов.

Одной из наиболее важных научных и практических задач является исследование теплопроводности систем, состоящих из органических жидкостей, газообразного метилбутил-кетона и наночастиц, в зависимости от температуры или давления, что может быть актуально как с научной, так и с практической точки зрения и являются основным исследованием по физическим и химическим аспектам. Физико-химические особенности изменения органических жидкостей можно изменить, добавив микротилбутилацетат к таким системам, как наноразмерная сажа или углеродные нанотрубки. Фундаментальные переменные, определяющие характеристики жидкости, решения, компоненты гидромеханики и уравнения теплопередачи, используются при проектировании и расчете оборудования и процессов.

Свойства, особенно те, которые проявляют коллоидные и кластерные наножидкости и суспензии, окажут существенное влияние на развитие и совершенствование современной теории нанофидуций и исследование межмолекулярных взаимодействий в жидкостях и растворах. Свойства (ламинарной и турбулентной) теплопроводности были использованы для объяснения современной молекулярной динамики в газах и жидкостях.

Цель диссертационной работы - исследование теплопроводности и теплоемкости исследуемых двух- и трехкомпонентных системы сажи и углеродных нанотрубок в широком диапазоне давлений (0,101-39,24) МПа и температур (290-640) К, (наноразмерный) (до 0,5 г.) (жидкого и газообразного метилбутилкетона).

Поставленная цель была достигнута путем решения следующих задач:

-определение методик измерения теплопроводности и теплоемкости растворов и их суспензий (метилбутилкетон, наноразмерная углекислота или сажа);

-определение методов теплопередачи между коллоидными наножидкостными системами, в частности с участием углеродных нуклеотидов и углеродной сажи с метилбутилкетонном;

-в зависимости от температуры, давления и массы наночастиц теплопроводность в ламинарном и турбулентном режиме;

-изучить нагревательные нити с использованием методов и моделей Максвелла и профессора Г.Н. Дульнева и получить экспериментальные и теоретические значения теплопроводности, теплоемкости (290-640) К и давления (0,101-39,24) МПа;

- на теплопроводность и теплоемкость растворов, таких как коллоиды или суспензии, влияют температура, давление, размер углеродных нанотрубок и сажи.

-оценить связь между температурой, давлением (растворимостью), массовой концентрацией наночастиц, структурными особенностями и чистотой растворителя, (установив примерную зависимость);

-зависимость теплопроводности от теплоемкости изученных в широком диапазоне параметров состояния для ламинарных и турбулентных растворов;

-установление связи между тепловыми и текущими характеристиками исследуемых ламинарно-турбулентных наножидкостей при различных давлениях и температурах.

Научные достижения этого исследования включают:

- для исследования органических жидкостей и наноразмерных систем, с использованием метода нагретой нити, с учетом влияния сажи и углеродных нанотрубок измерены теплоемкость и теплопроводность наножидкостей, а также их испарительные свойства;

- разработан метод расчета приближенных коэффициентов зависимости исследуемых растворов (коллоидов и их суспензий).

- экспериментальным путем исследованные растворы (290-640) К и давление (0,101-39,24) МПа были проверены на теплопроводность и теплоемкость, которая составляла от 0,5 г до 0,15 мм, включая сажу и наноразмерные углеродные нанотрубки;

- были разработаны приближенные модели, описывающие систему $\lambda - P - T - m$. С использованием этих моделей были изучены растворы в разнообразных атмосферных условиях, включая критическую область;

- была найдена взаимосвязь между коэффициентом теплопроводности и типом течения жидкости для исследуемых объектов (коллоидных) в широком диапазоне параметров состояния (от 290 до 640 К, от 0,101 до 25 МПа), включая как ламинарные, так и турбулентные режимы.

На защиту выносятся:

- с помощью уравнения состояния Гейта определить теплопроводность и теплоемкость (раствора), а также проанализировать рассматриваемый гипотетический процесс теплопередачи;

- новые возможности измерительной техники и критический диапазон параметров состояния (290-640) К и $S = 4,76$ МПа; расчетный диапазон T составляет (380-630) К, при $P = (0,101-25)$ МПа;

- температурные данные, указывающие на теплофизические характеристики растворов, такие как ламинарная и турбулентная теплопроводность сажи и наноразмерные углеродные нанотрубки в интервале $T = (290-640)$ К, $P = (0,101-25)$ МПа при концентрациях до 0,5 г.;

- уравнения состояния (аналогичные уравнению Гейта) используются в различные температуры и давления для оценки тепловых свойств органических жидкостей, наноразмерной сажи и углеродных нанотрубок.

Объект исследования. Жидкий и газообразный метилбутилкетон, наноразмерные сажи и углеродные нанотрубки, и их суспензии и коллоидные наножидкости.

Отрасли исследования. В основу исследования легли принципы теплофизики и теоретические основы теплотехники.

Методы исследования. Это исследование включало изучение литературы, усвоение и классификацию измерений теплопроводности газов и жидкостей. Методом нагретой нити (установки профессора Л.П.Филлипова) измерена теплопроводность суспензий и коллоидных наножидкостей. Теплоемкость веществ исследовали с помощью системы, созданной профессором М.М. Сафаровым. Когда уровень достоверности $\alpha = 0,95$, общая относительная ошибка теплопроводности соответственно составляет 2,6% и 3,2%.

Этапы исследования. Работа выполнена в период 2020-2024г.

Теоретическая и практическая значимость работы:

1. Измерения теплопроводности и теплоемкости высокотехнологичного материала, включая раствор метилбутилкетона, углеродную сажу и углеродные нанотрубки (в диапазоне от 290 до 640 К) и давления от 0,101 до 39,24 МПа. Многим проектным организациям может быть полезен материал «Химические процессы в теплоэнергетике и машиностроении», поскольку он охватывает важные области.

2. Экспериментальная установка, предназначенная для измерения теплопроводности, позволяет определить, какие свойства материала подходят для использования в лабораторных условиях.

3. Внесены новые данные в базу данных теплофизических величин соединений.

4. По техническим решениям бинарных и тройных систем жидкости и газа приведены справочные данные, содержащие сведения об их теплопроводности и теплоемкости, при этом данный подход включает в себя выполнение инженерных расчетов, построение математических и физических моделей механизмов, подбор тепловых режимов работы различных типов устройств.

5. Сертификат внедрения сопровождается использованием расчетов модельных печей, которые основаны на технических процессах и экспериментальных данных в широком диапазоне температуры ($T = (290-640 \text{ K})$) и $P = (0,101-39,24) \text{ МПа}$) и в различных концентрациях (0,1-0,5г.), раствор, содержащий наночастицы метилбутилена, выполнен в Научно-исследовательском институте промышленности Министерства индустрии и новых технологий Таджикистана.

6. Теплопроводность коллоидных и кластерных растворов проанализирована согласно теории Максвелла и профессора Г.Н. Дульнева, теоретической основой теории является их молекулярная структура.

7. Измерен вклад наночастиц (с использованием подхода профессора В.А. Алтунина и др.) в эффективную проводимость наножидкости, с использованием температуры (290–640) К и давления (0,101–32,24) МПа, а также концентрации различных нанонаполнителей (нанопорошков сажи и углеродных нанотрубок).

8. В широком диапазоне давления и температуры построены эмпирические уравнения с использованием данных по теплопроводности газовых и жидких растворов, исследованных в различных условиях. Уравнения типа Тейта и М.М. Сафарова были привлечены для численного вывода коэффициентов этих приближенных зависимостей, а также были впервые использованы для описания этого класса наножидкостей.

9. Было изобретено измерение теплопроводности растворов метилбутилкетона, сажи и углеродных нанотрубок методом нагретой нити, и сейчас проводится в Таджикском государственном педагогическом университете им. Садриддина Айни, в Таджикском техническом университете им. академика М.С.Осими для специальности «Теплоэнергетика», а также в Институте промышленности и новых технологий Республики Таджикистан и др. (методика внедрения прилагается).

Степень достоверности и апробация результатов.

Воспроизводимость результатов измерений гарантирована:

– для различных методов химического анализа, использование измерительных приборов и сравнение с независимыми исследованиями;

– комплексные измерительные системы с полной метрологической поддержкой: надлежащее использование теорий измерения и ошибок; использование отработанных технологий и оборудования; надежность достигнутых результатов; как расчетные, так и экспериментальные данные по теплопроводности и теплоемкости согласуются друг с другом;

– путём испытания и проверки средств измерений на предмет их работоспособности;

– подробные математические объяснения физических явлений и умение решать дифференциальные уравнения тепло - и массопереноса для моделей Максвелла, Дурнева (теплопроводность) и Тейта (компьютерное моделирование).

Степень разработанности темы исследования.

Российскими и зарубежными учеными изучаются в широком диапазоне от температуры и давления теплофизические особенности чистых наножидкостей и наночастиц сажи в растворах с различным содержанием углеродных нанотрубок.

Несмотря на отсутствие исследований теплофизических свойств других органических жидкостей, например, образованных из чистых форм или частиц наночастиц, механизмы теплопередачи все еще широко изучены. Наше исследование было сосредоточено на изменении теплопроводности и теплоемкости нанопорошков сажи (и углеродных нанотрубок) при смешивании как с жидким, так и с газообразным метилбутилкетон, а также с SO₂ и другими углеродными наноструктурами (коллоидными). Температура (290-640) К и давление (0,101-39,24) МПа ответственны за концентрацию наночастиц, которая варьируется от 0,01 до 0,5%. Экспериментальные исследования А.С. Димитреева, В.Я. Рудняка, В.М. Терехова, (Новосибирск) Чои и др., а также теоретические работы Гамильтона, Кроссера, Хашина–Штрикмана, Максвелла, Кихары и Вика-Чендлера-Андерсена и др. подтверждают это.

Внедрение результатов работы.

- результаты проведенных исследований теплофизических свойств исследуемых систем (метилбутилкетон + углеродные нанотрубки и наноразмерный сажа) в Институте промышленности Министерства промышленности и новых технологий Республики Таджикистан. Этот метод использовался для расчетов и экспериментальных измерений (акт о реализации прилагается).

- для инженерных расчетах в интервале параметры состояния и уравнения Тейта используются в Институте промышленности Министерства промышленности и новых технологий Республики Таджикистан, а также некоторые приближения для теплопроводности в ламинарном и турбулентном режимах, теплоемкости и параметров состояния (акт внедрения прилагается);

- теплопроводность и термодинамические свойства технологически важных растворов можно детализировать в таблицах, доступных для использования в широком диапазоне температур (290–640) К и давлений (0,101–39,24) МПа проектными организациями при различных технологических процессах;

- в учебно-научной лаборатории кафедры «Теплотехника и теплоэнергетика» Таджикского технического университета имени академика М.С.Осими, Бохтарском государственном университете имени Носира Хусрава, Таджикском государственном педагогическом университете имени Садриддина Айни установлено оборудование для измерения теплоемкости и теплопроводности в ламинарном и турбулентном режимах течения (углеродные нанотрубки и наноразмерная сажа), где преподаватели выполняют научные работы, студенты пишут рефераты, курсовые проекты, курсовые работы, эксперименты используются для выполнения работ в аудитории (акт выполнения прилагается).

Личный вклад автора в выявлении основных физических и химических процессов, связанных с экстракцией хладагента, и проведении

экспериментальных исследований, а также выборе приемов и методов, которые непосредственно могут быть использованы для решения поставленных в исследовании задач (теплоемкости, теплопроводности при ламинарном и турбулентном течении). Для формулирования основных выводов диссертации рассмотрены модифицированные коэффициенты уравнения Тейта и турбулентность в реальных производственных условиях. Руководители и консультанты несли ответственность за контроль всех результатов исследования.

Апробация работы. На международных и республиканских научно-технических конференциях анализировались и обсуждались основные компоненты диссертационной работы:

1. Энергетическая научно-практическая конференция, посвященная Дню энергетика и 30-летию Государственной независимости Таджикистана, Душанбе, 2021;

2. Rostock, Germany, October, (2020);

3. Научно-практическая конференция, посвященная 80-летию профессора М. Исмати и «20-летию развития естественных, точных и математических наук». «Современные проблемы теории дифференциальных уравнений», Душанбе, (2020 г.);

4. Республиканская научно-теоретическая конференция «Основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан», посвященная 60-летию химического факультета и памяти д.х.н., профессора, академика АН РТ Нуманова Ишанкула Усмановича, Душанбе, (2020г);

5. VI международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства исследований тепло-физических свойств веществ» г. Санкт-Петербург, (2021г.);

6. Международная конференция «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах» Института физики имени Х.И. Амирханова Дагестанского федерального исследовательского центра РАН: Махачкала, (2021 г.);

7. Республиканская научно-практическая конференция (с международным участием) «Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ», посвященная 30-летию Государственной независимости Республики Таджикистан, 65-летию ТТУ имени акад. М.С.Осими и 50-летию МТФШ, Душанбе, (2021г.);

8. Международная научно-практическая конференция “Энергетика: Состояние и перспективы развития”, посвященная 30-летию Государственной независимости Республики Таджикистан и Дню энергетика, ЦИ и П, ТТУ имени акад. М.С.Осими, Душанбе, (2021г.);

9. Proceedings of the Journal of International University Scientific Forum (Practice Oriented Science), UAE-Russia-India, Dubai, (2022);

10. Республиканская научно-практическая конференция “Роль Абурайхони Беруни в развитии естественных, математических и технических наук”, посвященная 1050-летию известного персидского-таджикского

энциклопедиста Абурайхони Беруни и “20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования”, Бохтар, (2022г.);

11. 13^{-я} Международная теплофизическая школа, посвященная 60-летию д.т.н., профессора, член.корр. НАНТ Кобулиева Зайналобуддина Валиевича (Кобули Зайналобуддини Вали) и 70-летию Заслуженного деятеля науки и техники Таджикистана, д.т.н., профессора, академика ИА РТ, академика МИА, академика МАХ Сафарова Махмадали Махмадиевича ТТУ им.акад. М.С.Осими, Институт водных проблем и экологии, БГУ имени Носира Хусрава, Душанбе-Тамбов-Бохтар, (2022г).

Публикации. Высшей аттестационной комиссией при Президенте Республики Таджикистан рекомендовано к публикации 5 статей в специализированных журналах, 1 малый патент, 12 материалов в республиканских и международных конференциях, 22 работы и материалы опубликованы.

Соответствие паспорту специальности. Работа соответствует профессиональному паспорту исследователя 01.04.14, представившего новые научные идеи и методы исследования «Теплофизика и теоретическая теплотехника» в части п.5 «Экспериментальные и теоретические исследования однофазной, свободной и вынужденной конвекции в широком диапазоне свойств теплоносителей, режимных и геометрических параметров теплопередающих поверхностей», в части п. 7 «Экспериментальные и теоретические исследования процессов совместного переноса тепла и массы в бинарных и многокомпонентных растворах с добавкой наночастицы сажи и УНТ, включая химически реагирующие наножидкости», в части п. 9 «Разработка научных основ и создание методов интенсификации процессов тепло- и массообмена».

Структура и объем работы. Содержит 150 страниц машинописного текста, 46 таблиц и 48 рисунков, а также библиографию из 133 ссылок (на национальных и международных авторов), введение, обзор литературы, четыре главы, завершающиеся цитатами, и приложение.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении дается краткое изложение исследования, его проблемы и цели, а также некоторые сведения о научной новизне или практическом использовании результатов при выполнении работы, а также вклады автора.

В первой главе представлен обзор литературных данных, а также поставлена задача исследования о некоторых свойствах газообразных и жидких метилбутилкетона, технического углерода и наноразмерных углеродных нанотрубок.

Синтез пористых, гранулярных и нанотрубчатых структурно из наиболее развитых направлений современной технологии получения функциональных материалов. Свойства полученных материалов можно преобразовать в сложные пористые структуры путем анодирования металлов. Ученые во всем мире проводят обширные исследования по изучению физико-химических,

механических, микроструктурных и оптических свойств материалов, которые были достигнуты с помощью этих методов после создания типичной поллой структуры.

Во второй части продемонстрирован обзор ошибок в экспериментальных данных, а также представлена экспериментальная установка, которую можно использовать при высоких параметрах состояния, для изучения температурной зависимости теплопроводности.

Экспериментальная установка для определения теплопроводности наножидкостей методом нагретой нити

Теплопроводность наножидкостей исследовалась методом нагретой нити, была спроектирована и построена экспериментальная установка, работающая в данных условиях, при высоких параметрах состояния. Создание данного устройства стало возможным благодаря небольшому патенту № TJ 923 (2017) РТ. Подключившись к изолированному устройству, мы включили в предлагаемый нами метод сосуд под давлением и соответствующий гидравлический резервуар, что облегчает расчет температурно-зависимой теплопроводности для льда, подвергающегося воздействию высоких температур. Вакуумный насос, манометр и измерительная ячейка (стакан) являются основными компонентами конструкции устройства.

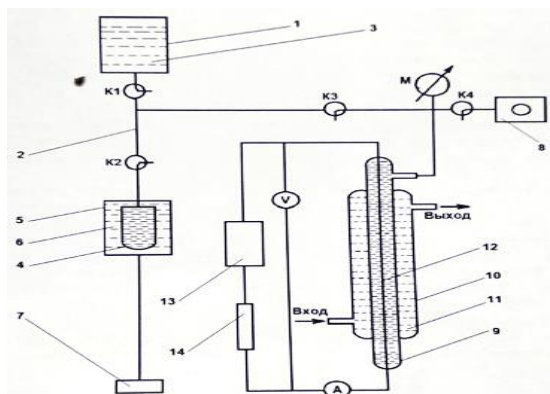


Рисунок 1. Прибор, использующий метод нагретой нити для измерения теплопроводности. Малый патент №TJ 923,2017г., 5с.

Внутри клетки вводится исследуемая наножидкость. В экспериментальной установке используется контейнер высокого давления для создания давления наножидкости и его измерения. При измерении теплопроводности наножидкостей непосредственно при использовании данного метода с доверительным интервалом $\alpha = 0,95$ общая относительная погрешность составляет 2,56 %.

Расчетная формула для определения коэффициента теплопроводности наножидкостей (метод нагретой нити) Малый патент №TJ 923,2017с., 5с

Для определения теплопроводности наножидкостей используется формула расчета, учитывающая закон теплового равновесия

$$\lambda = \frac{U^2}{R \left(\frac{dT}{dn} \right) S}, \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)} \quad (1)$$

где U -напряжение постоянного тока в (В), R - сопротивление проволоки из никеля, (Ом), S - площадь поперечного сечения никелевой проволоки, (m^2), $\left(\frac{dT}{dn}\right)$ градиент температуры, (К/м).

Профессор И.Ф. Голубев установил более прямую связь между фактической и измеренной скоростями охлаждения:

$$\frac{m}{m_{\text{чен.}}} = \frac{\ln N_1 - \ln N_2 (N_1 - N_2) C_M / \bar{C}_M}{\ln N_1 - \ln N_2}, \quad (2)$$

C_M и \bar{C}_M – полная теплоемкость ядра и внешнего цилиндра, шкала гальванометра имеет два деления: N_1 и N_2 .

В главе 3 рассматриваются теплофизические свойства исследуемой системы экспериментальными методами при различных температурах и давлениях.

В ходе эксперимента исследование включало анализ плотности в широком диапазоне температуры и давления, теплопроводности и теплоемкости системы. Нами проводилось исследование на приборы, используя метод нагретой нити и первый тип нормального термического метода, для проверки теплопроводности жидкостей. Плотность также можно рассчитать с помощью гидростатического взвешивания.

Измерения теплопроводности системы жидкий метилбутилкетон + одно-и многостенные углеродные нанотрубки в диапазоне давления и температуры.

Теплопроводность жидкого метилбутилкетона измерялась с использованием различных углеродных наночастиц (одностенные углеродные нанотрубки, многостенные углеродные нанотрубки) и экспериментального оборудования. Давление P составляет (0,101–39,24) МПа при добавлении наночастиц и размере частиц 0,01–0,25 г (интервал 0,05 %). Электропроводность системы нами измерялась с использованием конструкции М.М. Сафарова. Теплопроводность метилбутилкетона измерялась с использованием одностенных углеродных нанотрубок с учетом различных давлений и температур, которые существовали как в чистом, так и в жидком виде, соответственно (рис. 2-4, диапазон от 290 К до 49,00) МПа

На теплопроводность одностенных углеродных нанотрубок могут влиять температура, давление и концентрация. На схеме 2-4 отображена теплопроводность метилбутилкетона, сравнивая как с жидкой, так и с газообразной.

Результаты свидетельствуют, что при 640 К наблюдалось снижение на 16,5%, указывает на то, что на теплопроводность этих образцов не влияет температура и снижается с ростом давления, таким образом, при давлении комнатной температуры (298 К) и концентрации жидкого метилкетона +0,4% одностенные углеродные нанотрубки с этим веществом имеют повышенную теплопроводность на 14,6% при воздействии вакуума до 14,01 МПа. Приводит к увеличению теплопроводности жидкого метилбутилкетона $P = 0,101$ МПа и $T =$

290К на 19,9%, а добавка 0,5г одностенных углеродных нанотрубок при $P = 14,01$ МПа и $T = 290$ К теплопроводность растет на 18,4 %.

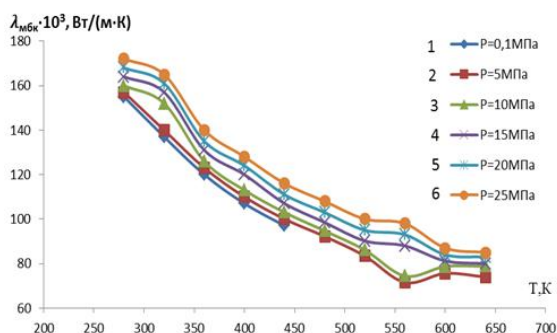


Рисунок 2-Теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$) системы метилбутилкетона +0,5г одностенных углеродных нанотрубок при различных температурах, давлениях Ряд 1 - 0,1; Ряд 2 - 5,0; Ряд 3 -10,0; Ряд 4 - 15,0; Ряд 5 - 20,0; Ряд 6 - 25,0 МПа

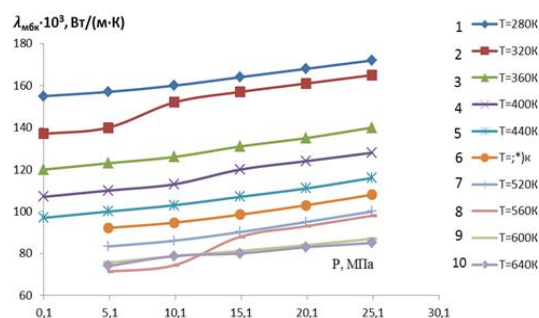


Рисунок 3-Теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$) системы метилбутилкетона +0,5г одностенных углеродных нанотрубок при различных температурах, давлениях ($p=0,101$ МПа: 1 - 290, 0; 2 - 320,0; 3 -360,0; 4 - 400,0; 5 - 480,0; 6 - 520, 0;7-560, 8-600, 9-640К

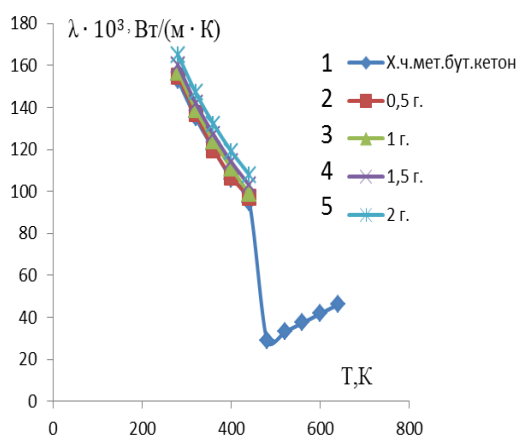


Рисунок 4-Теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$) системы х.ч. метилбутилкетона при различном массовом нанонаполнителе многостен-ных углеродных нанотрубок при атмо-сферном давлении: 1 – х.ч. метилбутилкетона; 2 - 0,5г.; 3 -1,0 г.; 4 - 1,5 г.; 5 - 2,0г.

Как показано на рисунке 5, с увеличением температуры теплопроводность широкой системы многостенных углеродных нанотрубок метилбутилкетона (0,1–0,5) также уменьшается, а концентрация коллоидных нановолокон уменьшается с давлением. Рост давления от 4,91 до 25 и теплопроводности на 15,2% наблюдался в растворе и изучался при 500 К. При нагреве системы до 300 К с жидким метилбутилкетонам и 0,5 г многостенных углеродных нанотрубок теплопроводность коллоида увеличивается с давлением на 0,101-25 МПа.

Установлена корреляция между концентрацией нанонаполнителя и давлением в коллоидных растворах при измерении теплопроводности. Теплопроводность с повышением температуры и давления изменяется в системе метилбутилакетон + 0,1% многостенных углеродных нанотрубок.

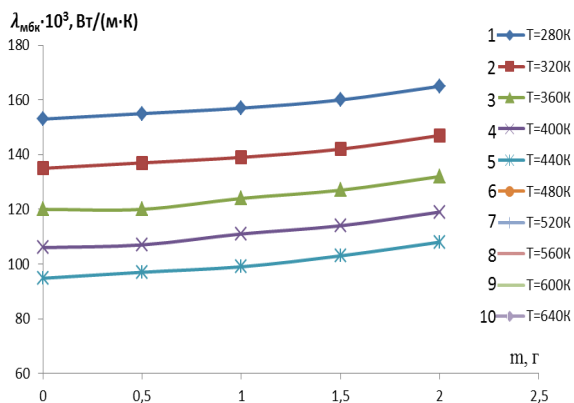


Рисунок 5. Теплопроводности системы (метилбутилкетон+0,1г многостенных углеродных нанотрубок) при различных температурах и атмосферном давлении: 1 - 290,0; 2 - 320,0; 3 -360,0; 4 - 400,0; 5 – 440К; 6 - 480,0; 7 - 520,0; 8-560, 9-600, 10-640К

За счет использования многостенных материалов углеродных нанотрубок из метилбутилкетона (0,1-0,5 г) при различных температурах и давлениях, приводят к образованию коллоидных наножидкостей, которые являются более теплопроводными. За счет увеличения давления (0,101 – 25,0) МПа теплопроводность увеличилась, если исследуемую систему «метилбутиловая глина + 0,2 г многостенных углеродных нанотрубок» коллоидных растворов нагреть до 300 К. Увеличение теплопроводности на 8,6% происходит при установлении температуры 500 К, а давление возрастает на 10,1 % с 0,101 МПа до 25,0 МПа (таблицы 1-2 и рисунки 6-8).

Таблица 1.- Коэффициент теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) ж.ч.жидкого метилбутилкетона при различных температурах и давлениях

Температура, К	Давление ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) при p, МПа					
	0,1	5	10	15	20	25
290	153	155	158	160	163	166
320	135	137	140	142	145	150
360	120	122	124	126	129	133
400	106	108	111	113	116	120
440	94,8	97,2	99,6	102	107	110
480	28,9	88,1	90,7	93,5	97	100
520	33,1	81,2	84,1	87,1	92	96
560	37,4	76,5	79,7	83,0	87	90
600	41,8	73,9	77,6	81,2	84	87
640	46,2	73,6	77,8	81,0	83	86

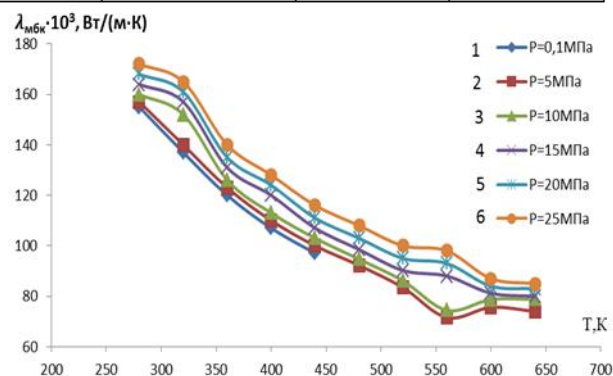
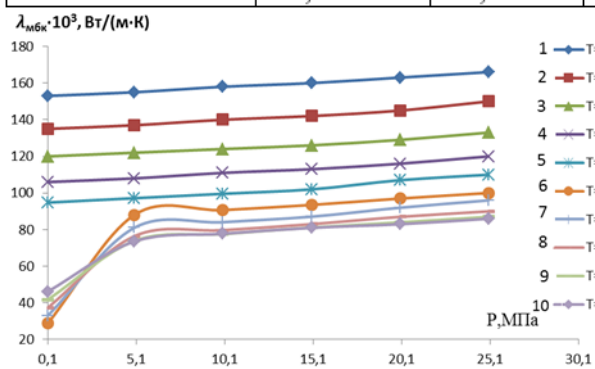
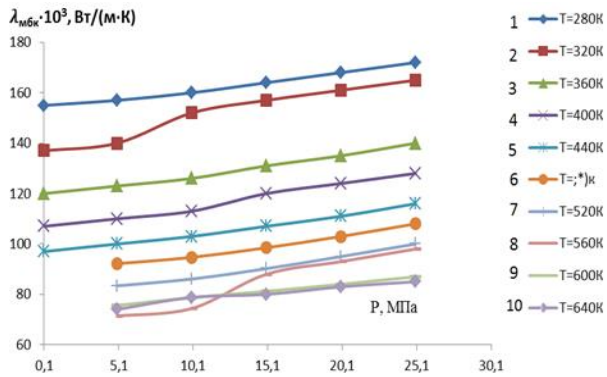


Рисунок 6. Зависимость коэффициен-

Рисунок 7. Зависимость коэффи-

та теплопроводности х.ч. жидкого метилбутилкетона от давления и температуры: 1-290; 2-320; 3-400; 4-440; 5-440; 6-480; 7-520; 8-560; 9-600; 10-640К.



центра теплопроводности х.ч. жидкого метилбутилкетона с добавкой 0,5г. массовой концентрации (70% углеродных нанотрубок) от температуры и давления: 1-0,1; 2-5; 3-10; 4-15; 5-20; 6-25МПа.

Рисунок 8. Зависимость коэффициента теплопроводности х.ч. жидкого метилбутилкетона с добавкой 0,5г. массовой концентрации (70% одностенных углеродных нанотрубок) от давления (1-290; 2-320; 3-360; 4-400; 5-440; 6-480; 7-520; 8-560; 9-600; 10-640 К).

Таблица 2.- Коэффициент теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) х.ч. жидкого метилбутилкетона при различных температурах и давлениях с добавкой 1г. массовой концентрации (70% одностенных углеродных нанотрубок) (наши данные)

Температура, К	Давление ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) при $p, \text{МПа}$					
	0,1	5	10	15	20	25
290	157	160	163	174	178	183
320	139	142	146	148	152	156
360	124	127	130	134	138	142
400	111	113	117	119	123	127
440	99	102,2	105,6	110	114	118
480	-	93,2	96,7	101,5	106	110
520	-	86,4	90,1	94,2	98	103
560	-	81,5	85,4	89,0	93	97
600	-	78,9	83,7	87,2	92	96
640	-	78,0	82,8	87,0	90	93

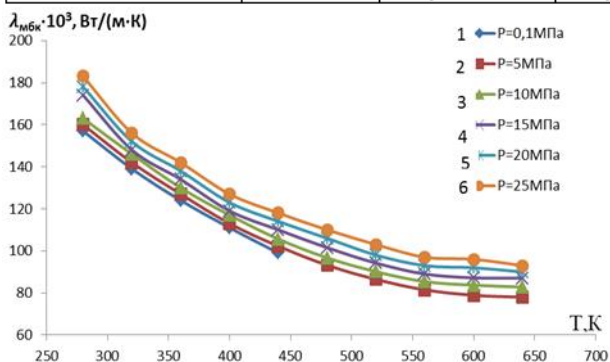


Рисунок 9. Зависимость коэффициента теплопроводности х.ч. жидкого метилбутилкетона

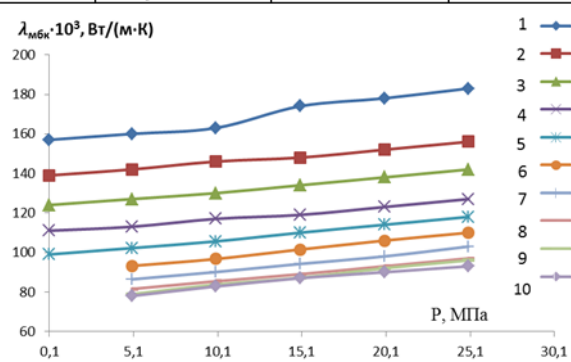


Рисунок 10. Зависимость коэффициента теплопроводности х.ч. жидкого метилбутилкетона с добавкой 1 г.

добавкой 1 г. массовой концентрации массовой концентрации (70% (70% одностенных углеродных нано- одностенных углеродных нанотрубок) трубок) от температуры. от давления при различных температурах.

Влияние наночастиц (70% масс. углеродных нанотрубок) на изменение теплопроводности жидкого метилбутилкетона

Расчетная формула для коэффициента эффективной теплопроводности метилбутил-кетона имеет следующий вид:

$$\lambda \cdot 10^3 = A_0 + A_1 p + A_2 p^2, \text{ Вт/(м·К)} \quad (3)$$

Температура эксперимента является решающим фактором при котором измерен коэффициент эффективной теплопроводности жидкого метилбутилкетона для определения значений A_0, A_1, A_2 . Коэффициенты (3), которые представляют собой т.е. A_0, A_1, A_2 , можем определить по формуле следующего содержания:

$$A_0 = 334 - 0,829T + 6,49 \cdot 10^{-4}T^2, \text{ Вт/(м·К)} \quad (4)$$

$$A_1 = 1,551 - 6,49 \cdot 10^{-3}T + 7,24 \cdot 10^{-6}T^2, \text{ Вт/(м·К)}, \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}} \right) \text{ Па} \quad (5)$$

$$A_2 = -0,0322 + 1,511 \cdot 10^{-4}T - 1,68 \cdot 10^{-7}T^2, \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}} \right) \text{ Па}^2 \quad (6)$$

Используя (3), можно определить эффективную теплопроводность метилбутилкетона как в жидкой, так и в газообразной форме, также мы можем рассчитать коэффициент теплопроводности жидкого метилбутилкетона (х.ч.) в интервале температуры (290-640) К и давления (0,1-50) МПа с погрешностью до 3% с учетом выражений (4)-(6).

Целью данной работы было исследование теплопроводности растворов системы метилбутилкетона, и как уже упоминалось ранее, 70% масс. углеродных нанотрубок в широком диапазоне температуры и давления. Результаты расчетно-экспериментального значения коэффициента теплопроводности исследуемых растворов приведены в таблице 3. Следует отметить, что модель Максвелла применялась также для определения теплопроводности растворов на основе метилбутилкетона.

Таблица 3.- Коэффициент теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт/(м·К)}$) х.ч. жидкого метилбутил-кетона в широком диапазоне температуры и давления с добавкой 2,0г. массовой концентрации (70 % углеродных нанотрубок) (наши данные).

Температура, К	Давление					
	($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт/(м·К)}$) при p, МПа					
	0,1	5	10	15	20	25
290	165	167	172	183	187	191
320	147	150	155	158	162	166
360	132	135	139	143	147	151
400	119	123	125	129	133	137
440	108	111	114	119	123	127
480	-	101	104	109	113	117
520	-	93	99	102	106	109
560	-	90	93	97	102	106
600	-	85	90	95	99	103
640	-	83	87	91	95	100

Согласно значений (табл.3), приведены результаты экспериментального исследования в широком диапазоне температуры и давления, коэффициент теплопроводности х.ч. жидкого метилбутилкетона с добавкой 2% массовой концентрации (70% углеродных нанотрубок), изменяется по различным закономерностям. Добавки 2г. массовой концентрации (70% углеродных нанотрубок) повышают температуру коэффициента теплопроводности, чистый метилбутилкетон демонстрирует снижение теплопроводности на 61,4%, тогда как обратный эффект составляет 56,8% при 0,1МПа при изменении температуры (280-440) К. Количество наночастиц, присутствующих в жидком метилбутилкетоне, зависит от различных факторов, таких как фаза, давление, температура, концентрация нанонаполнителя, содержание и другие факторы.

На теплопроводность метилбутилкетона влияет наличие наночастиц (сажи и 70% углеродных нанотрубок) в широком диапазоне давления и температуры.

Нами исследована теплопроводность жидкого метилбутилкетона в широком диапазоне температуры и давления. В ходе исследования метилбутилкетона теплопроводность вещества как в чистом виде, так и с наночастицами снижается с повышением температуры, то же самое относится и к наножидкостям, работающим под давлением, что было замечено авторами. Точные зависимости основывались на экспериментальных данных и законах состояния. Исследуя теплопроводность наножидкостей из метилбутилкетона, можно определить их потенциал в широком диапазоне температуры и давления (рисунки 11-12).

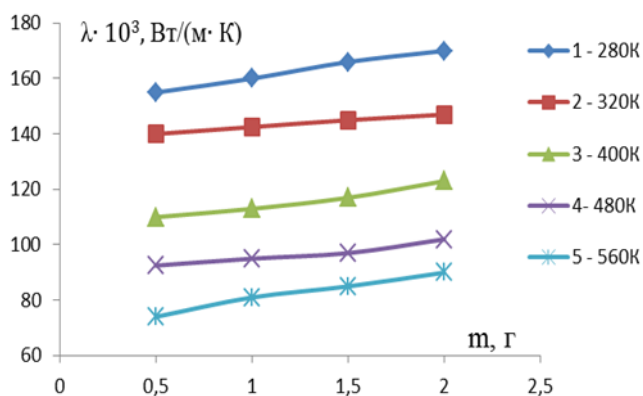


Рисунок 11. При разных температурах и давлениях ($P=5 \text{ МПа}$): 1-290К; 2-320К; 3-400К; 4-480К; 5-560К, на теплопроводность метилбутилкетона влияет концентрация наночастиц (сажи и 70% углеродных нанотрубок) по сравнению с другими материалами.

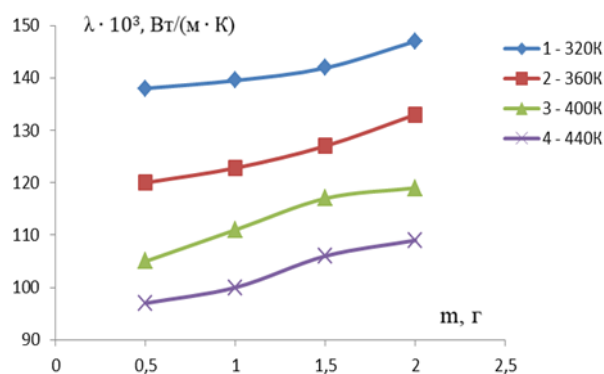


Рисунок 12. Зависимость коэффициента теплопроводности метилбутилкетона от концентрации наночастиц (сажи и 70% углеродных нанотрубок) при постоянной температуре $P=0,101 \text{ МПа}$; 1-320К; 2-360К; 3-400К; 4-440К

Влияние (20% масс. углеродных нанотрубок) на изменение теплоемкости жидкого метилбутилкетона

Исследования были сосредоточены на теплоемкости метилбутилкетона и 20% мас. По мере увеличения температуры и давления с каждым последующим

шагом увеличивается и теплоемкость жидкого метилбутилкетона (как и помимо наночастиц), а это означает, что автор установил, что происхождение этого явления неоднородно, а скорее снизилось для всех приведенных примеров при изучении этих соединений (табл. 4). Несмотря на усилия, теплоемкость метилбутилкетона (жидкости) не была полностью исследована в широком интервале давления и температуры.

Согласно таблице 5 были проведены расчеты и экспериментальные исследования для определения теплоемкостей рассматриваемых растворов. В широком диапазоне давления (0,101–39,24 МПа) и температуры (308–589) К УНТ доступны для использования.

Таблица 4. Теплоемкость х.ч. жидкого метилбутилкетона в широком диапазоне температуры и давления.

Т, К	Давление			
	(С _p , Дж/(кг·К)) при p, МПа			
	0,101	9,81	19,62	39,24
308	2053	2040	2028	1992
331	2135	2119	2090	2045
352	2224	2193	2160	2110
381	2303	2276	2193	2173
403	2374	2322	2229	2218
429	-	2394	2289	2294
459	-	2475	2360	2360
476	-	2546	2430	2417
499	-	2610	2498	2476
525	-	2708	2538	2550
558	-	2803	2720	2624
589	-	2904	2832	2712

Различные законы, такие как закон прямых линий, парабол и закон степеней, диктуют изменение массовой концентрации (например, 20% углеродных нанотрубок) при разных температурах и давлениях. Теплоемкость метилбутилкетона с добавками достигает 2г. При введении 1г наночастиц, в том числе 20% углеродных наночастиц, можно значительно повысить температуру (308–403) К, (как показано в таблице 5) и атмосферное давление (0,101 МПа). Теплоемкость при давлении p=10МПа растет на 40,0%, в данном интервале температуры (308-589) К, а изменение будет равным 40,7%, при p=39.24МПа. На количество наночастиц, присутствующих в диметилбутилкетоне, влияют различные факторы, в том числе фаза, давление, температура и концентрация микронаполнителей (рис.13-15).

Таблица 5. Теплоемкость х.ч. жидкого метилбутилкетона с добавкой 1г. (20% массовой концентрации УНТ) в интервале температуры и давления (наши данные).

Т, К	Давление			
	$(C_{p, Дж}/(кг \cdot K))$ при $p, МПа$			
	0,101	9,81	19,62	39,24
308	2083	2060	2040	2020
331	2165	2138	2118	2098
352	2254	2217	2197	2177
381	2333	2313	2293	2273
403	2404	2394	2374	2354
429	-	2474	2453	2434
459	-	2554	2534	2514
476	-	2634	2614	2594
499	-	2428	2408	2388
525	-	2714	2694	2675
558	-	2794	2774	2753
589	-	2884	2863	2843

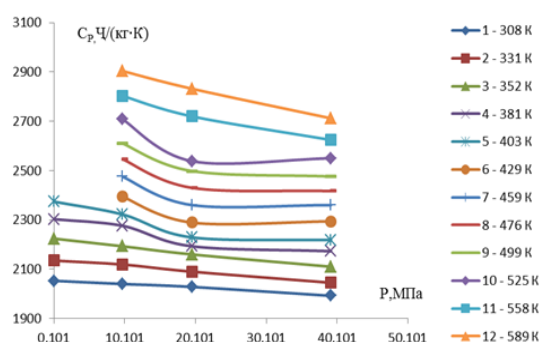
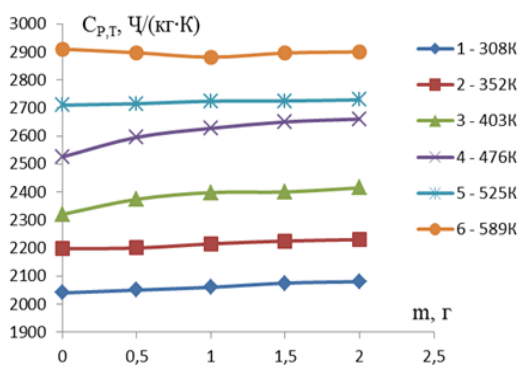
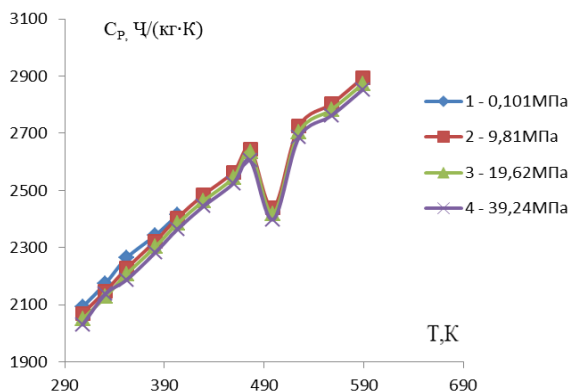


Рисунок 13. Зависимость теплоемкости метилбутилкетона от концентрации наночастиц (20% массовой концентрации углеродных нанотрубок) при постоянном давлении, различных температурах и концентрациях: $P=9,81 МПа$: [1- 308К, (0-2г.); [2- 352К, (0-2г.); [3- 403К, (0-2г.); 4- 476К, (0-2г.); 5- 525К, (0-2г.); 6- 589К, (0-2г.).

Рисунок 14. Теплоемкость х.ч. жидкого метилбутилкетона при различных температурах и давлениях: 1-308К, 2-331К, 3-352К, 4-381К, 5-403К, 6-429К, 7-459К, 8-476К, 9-499К, 10-525К, 11-558К, 12-589К.



Рисми 15. Теплоемкость х.ч. жидкого метилбутилкетона с добавкой 1,5г. (20% массовой концентрации углеродных нанотрубок) при различных температурах и давлениях: 1-0,101; 2-9,81; 3-19,62; 4-39,24 МПа.

Четвертая глава. Основное внимание уделяется экспериментальным данным по теплопроводности и теплоемкости исследованных наножидкостей и их суспензий, анализу и обобщению полученных результатов. Путем расчета была определена приближенная зависимость (уравнения Тейта) объекта и расчета его коэффициентов в широком диапазоне температуры и давления.

Обобщение экспериментальных данных по теплопроводности растворов (метилбутилкетона+наночастиц) в зависимости от температуры и давления

Для определения корреляции между температурой и теплопроводностью для метилбутиловых систем и их растворов можно использовать следующее уравнение:

$$\frac{\lambda_{P,T}}{\lambda_{P,T}^*} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (7)$$

$$\frac{\lambda_{P,T}^*}{\lambda_{P,T}^{**}} = f\left(\frac{P}{P_1}\right) \quad (8)$$

где λ – теплопроводность исследуемых образцов в интервале температуры и давления и $\lambda_{P,T}$ – значения теплопроводности при температурах T и T_1 , $T_1 = 440$ К. Согласно рисунки 16 и 17, (7) показано функциональная зависимость, используемая для описания образца.

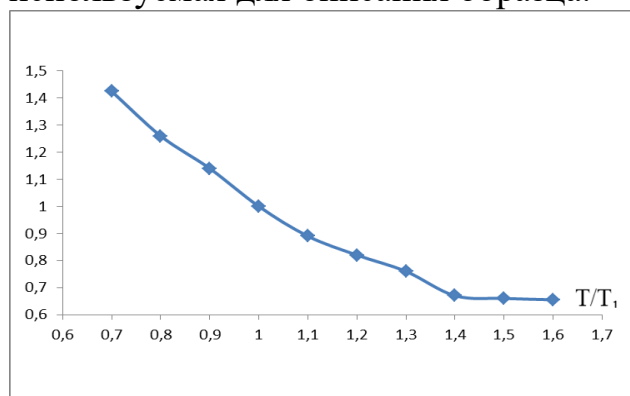


Рисунок 16. Зависимость относительной теплопроводности $\left(\frac{\lambda_{P,T}}{\lambda_{P,T}^*}\right)$ от относительной температуры $\left(\frac{T}{T_1}\right)$ для исследуемых растворов системы «(20% углеродных нанотрубок) + (0–2)г. + метилбутилкетона».

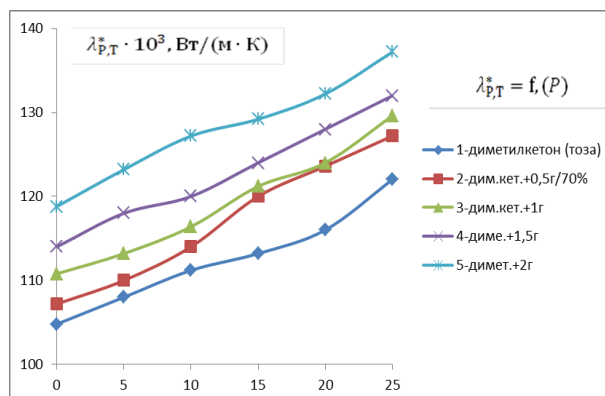


Рисунок 17. Зависимость относительной теплопроводности $\left(\frac{\lambda_{P,T}}{\lambda_{P,T}^*}\right)$ от относительной температуры $\left(\frac{T}{T_1}\right)$ для исследуемых растворов системы «(70% углеродных нанотрубок) + (0–2)г. + метилбутилкетона».

Однако рисунки 16 и 17 показывают, что соотношение (7) для рассматриваемых систем полностью выполняется. Экспериментальные данные по теплопроводности хорошо согласуются с общими линиями, описываемыми этими уравнениями.

Уравнения, используемые для представления рисунков 16 и 17, для систем метилбутилкетона и наночастиц:

- для системы «углеродных нанотрубок+(0–2)г.+метилбутилкетона»

$$\lambda_{P,T} = \left[1.2813 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 - 3.5521 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 3.263 \right] \cdot \lambda_{P,T}^* , \quad (9)$$

- для системы «20%углеродных нанотрубок)(0–2)г.+метилбутилкетона»

$$\lambda_{P,T} = \left[1.1223 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 - 3.1888 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 3.0597 \right] \cdot \lambda_{P,T}^* , \quad (10)$$

Установлено влияние давления на значения $\lambda_{P,T}^*$ для исследованных систем (рисунок 18).

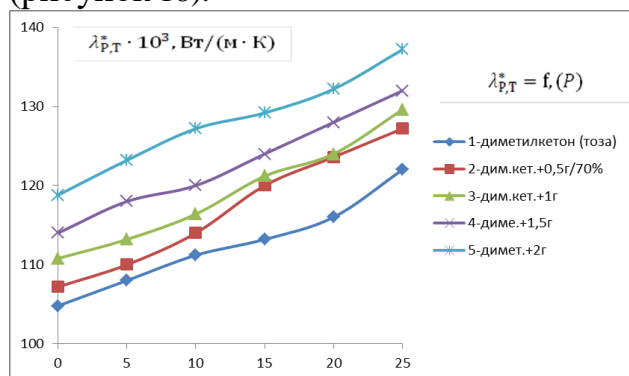


Рисунок 18— Зависимость $\lambda_{P,T}^*$ системы «х. ч. жидкий метилбутилкетона», «х.ч. метилбутилкетона+(до 2) сажи, углеродных нанотрубок» от давления при температуре $T_1 = 400$ К:

Выполнимость $\frac{\lambda_{P,T}^*}{\lambda_{P_1,T}^{**}} = f\left(\frac{P}{P_1}\right)$ выражения (8) показана на рис. 19.

Как показано на рис. 20, концентрация сажи и углеродных нанотрубок является фактором, влияющим на значения $\lambda_{P,T}^{**}$.

$$\lambda_{P,T}^{**} = [2228,6(m_{УНТ})^2 + 2,2829(m_{УНТ}) + 01113], \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; \quad (11)$$

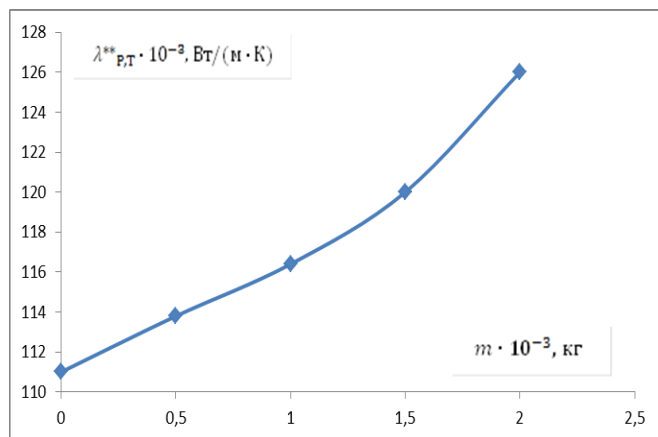


Рисунок 19 –Зависимость $\lambda_{P,T}^{**}$ системы «х. ч. жидкий метилбутилкетона», «х.ч. метилбутилкетона+(до 2,5)г углеродных нанотрубок» от давления при температуре $T_1 = 400$ К:

Из уравнений (8) и (11) получим:

$$\lambda_{P,T}^* = \left[-0,0575 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 0,94625 \right] \cdot [2228,6(m_{УНТ})^2 + 2,2829(m_{УНТ}) + 0,1113], \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} . \quad (12)$$

Чтобы определить теплопроводность испытуемого раствора, используется уравнения (10) и (11), учитывающие температуру, давление и концентрацию:

$$\lambda_{P,T} = \left[1,0227 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 - 3,1474 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 3,1226 \right] \cdot \left[0,0575 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 0,94625 \right] \cdot [2228,6(m_{\text{УНТ}})^2 + 2,2829(m_{\text{УНТ}}) + 0,1113], \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}} \quad (13)$$

Концентрация углеродных нанотрубок в экспериментальном растворе (13) приводит к изменению теплопроводности при изменении температуры и давления. Тем не менее, имеется погрешность (от 2 до 4%) при давлениях от 0,101 до 39,24 МПа и температурах от 290 до 640 К.

Обработка результатов экспериментального исследования теплоемкости исследуемых растворов

Многие отечественные авторы, а также авторы в различных странах использовали уравнение состояния для решения проблем с данными, используя экспериментальные и теоретические данные о теплоемкости жидкостей, растворов, электролитов и наножидкостей, а также расчеты, зависящие от температуры и давления.

По следующей формуле оценена теплоемкость в широком диапазоне температуры и давления системы метилбутилкетона и ее растворов.

$$\frac{C_{P,T}}{C_{P,T}^*} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (14)$$

где $C_{P,T}$ – теплоемкость соответственно исследуемых систем метилбутилкетона и наночастиц при различных температурах и давлениях и $C_{P,T}^*$ – значения теплоемкости при температурах T и T_1 , $T_1 = 400\text{К}$.

Теплоемкостей исследуемых растворов показано на рисунке 21.

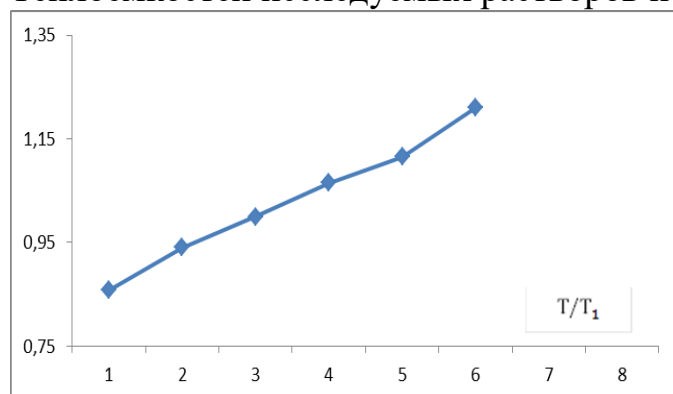


Рисунок 21. Зависимость относительной теплоемкости $\frac{C_{P,T}}{C_{P,T}^*}$ от относительной температуры $\frac{T}{T_1}$ для исследуемых растворов системы (метилбутилкетона+углеродных нанотрубок(0-2)г.:

Диаграмма представляет собой иллюстрацию 21. Исследуемая система достигла удовлетворительного уровня 14. Экспериментальные данные хорошо подходят для общего уравнения прямой линии, по теплоемкости, представленного в этом контексте:

- для системы «углеродных нанотрубок+(0–2)г.+метилбутилкетона»;

$$C_{P,T} = \left[0,517 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 0,4967 \right] \cdot C_{P,T}^*, \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}) \quad (15)$$

- для системы « «20% углеродных нанотрубок) (0–2)г.+метилбутилкетона»;

$$C_{P,T} = \left[0,3845 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 0,6187 \right] \cdot C_{P,T}^*, \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}) \quad (16)$$

Функцией давления являются параметры, согласно анализу значения $C_{P,T}$, для изучаемых систем.

$$\frac{C_{P,T}^*}{C_{P,T}^{**}} = \left[1,0075 - 0,005 \left(\frac{P}{P_1} \right) \right], \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}. \quad (17)$$

Подтверждением функциями концентрации сажи и углеродных нанотрубок является анализа $C_{P,T}^{**}$:

$$C_{P,T}^{**} = (-3 \cdot 10^7 m_{\text{УНТ}}^2 + 95029 m_{\text{УНТ}} + 2324,3), \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \quad (18)$$

Из уравнений (17) и (18) получим:

$$C_{P,T}^* = [1,0075 - 0,005 \left(\frac{P}{P_1} \right)] * [-3 \cdot 10^7 (m_{\text{УНТ}})^2 + 95029 (m_{\text{УНТ}}) + 2324,3], \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}). \quad (19)$$

Учитывая уравнения (18) и (19), теплоемкость раствора углеродных нанотрубок можно определить, используя следующее уравнение (16) в зависимости от температуры, давления и концентрации:

$$C_{P,T} = \left[0,3845 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 0,6187 \right] \cdot \left[0,022 \left(\frac{P}{P_1} \right)^2 + 0,214 \left(\frac{P}{P_1} \right) + 0,76 \right] \cdot [260(N_{\text{сажа}}) + 2380] \cdot 10^{-3}, \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \quad (20)$$

Можно рассчитать теплоемкость экспериментального раствора (20), если известна концентрацию углеродных нанотрубок, а также используя эту величину, установить взаимосвязь с температурой и давлением. Анализируя теплоемкости раствора (20), присутствует погрешность (2–4,8 %), при давлениях (0,101–39,24) МПа и температурах (290–640) К.

Использование уравнения типа Тейта для расчета плотности исследуемых растворов при различных температурах и давлениях

Уравнение Тейта использовалось для расчета уравнения плотности наночастиц и коллоидных наножидкостей, которое включало обработку жидкости (метилбутилкетон химической чистоты) и наночастиц (коллоидная наножидкость).

$$\frac{\rho - \rho_0}{\rho} = C \ln \left[\frac{B + P}{B + P_0} \right], \quad (21)$$

где ρ_0 – плотность исследуемых веществ при $P_0 = 4,96$ МПа; ρ – плотность исследуемого образца при давлении P ; C и B – коэффициенты.

Исследована плотность растворов углеродных нанотрубок, полученных при многократном изменении температуры и давления, в системе метилбутилкетон + углеродная сажа, с использованием экспериментальных данных.

Диаграмма показывает, что $T = \text{const}$ можно выразить в виде прямой линии с помощью этого уравнения

$$\left(\frac{\partial P}{\partial \rho} \right)_T = f(P), \quad (22)$$

$$-\left(\frac{\partial P}{\partial \rho} \right)_T = \frac{B}{C} + \frac{P}{C}, \quad (23)$$

здесь P – внешнее давление, МПа; ρ – плотность, кг/м³.

Температура $B = f_1(T)$; $C = f_2(T)$ влияет на величину коэффициентов B и C , как показал анализ.

Соответственно следующим образом можно выразить (23):

$$-\left(\frac{\partial P}{\partial \rho}\right)_T = \frac{B(T)}{C(T)} + \frac{P}{C(T)}. \quad (24)$$

Для анализа данных графика мы обнаруживаем, что коэффициенты каждой изотермы $B(T)$ и $C(T)$ аппроксимируются полиномами второго и третьего порядка с ошибкой 0,12%, используя метод наименьших квадратов:

$$B(T) = \sum_{i=0}^2 b_i T^i, \quad C(T) = \sum_{i=0}^3 c_i T^i. \quad (25)$$

$$B = [0,45\left(\frac{T}{T_1}\right) + 0,55] \cdot B_1, \quad (26)$$

$$C = [2,5\left(\frac{T}{T_1}\right) - 1,5] \cdot C_1. \quad (27)$$

Мы наблюдали, что в зависимости от концентрации углеродных нанотрубок изменяются B_1 и C_1 в растворе «метилбутилкетон + УНТ».

$$B_1 = 126 m_{\text{УНТ}}^2 + 9,5 \cdot 10^3 m_{\text{УНТ}} + 7,51 \cdot 10^5 \text{Па} \quad (28)$$

$$C_1 = -0,275 \cdot 10^{-2} m_{\text{УНТ}}^2 - 0,662 \cdot 10^{-2} m_{\text{УНТ}} - 0,332 \cdot 10^{-2} \text{Па}. \quad (29)$$

– для растворов системы «метилбутилкетона + углеродных нанотрубок» из уравнений (26) – (27) и (28) – (28) получим:

$$B = \left[0,45\left(\frac{T}{T_1}\right) + 0,55\right] \cdot (1,34 \cdot 10^6 - 0,3996 \cdot 10^6 m_{\text{УНТ}}). \quad (30)$$

$$C \cdot (-0,275 \cdot 10^{-2} m_{\text{УНТ}}^2 - 0,662 \cdot 10^{-2} m_{\text{УНТ}} - 0,33 \cdot 10^{-2}) \quad (31)$$

Для системы «метилбутилкетона + УНТ» из уравнения (23) получим:

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 - C \ln \left[\frac{B+P}{B+P_0} \right]}, \text{ кг/м}^3. \quad (32)$$

Системы «метилбутилкетон+ углеродных нанотрубок и сажи» принимает вид, с учетом (30, 31, 32):

$$\rho = \frac{\rho_0}{\left[1 - \left(2,5\left(\frac{T}{T_1}\right) - 1,5\right) (-0,275 \cdot 10^{-6} m_{\text{ННЯК}} - 0,662 \cdot 10^{-2} m_{\text{ННЯК}} - 0,332 \cdot 10^{-2})\right]^x} \cdot \ln \left[\frac{\left(0,45\frac{T}{T_1} + 0,55\right) (1,34 \cdot 10^6 - 0,396 \cdot 10^6 m_{\text{ННЯК}}) + P}{\left(0,45\frac{T}{T_1} + 0,55\right) (1,34 \cdot 10^6 - 0,396 \cdot 10^6 m_{\text{ННЯК}}) + P_0} \right], \text{ кг/м}^3. \quad (33)$$

Согласно полученном уравнении для суммирования экспериментальных данных о плотности раствора системы с температурами $T = (293 - 433)$ К и давлением $P = (4,96 - 20,01)$ МПа, используется с погрешностью (0,13-2,23)%. Полученное выражение, связывает параметры и ТФС системы с коэффициентами B и C уравнения состояния Тейта.

Теплопроводность и теплоемкость наножидкостей (коллоидов и их суспензий) сравниваются с использованием подробных таблиц, представленных **в приложении**. Авторы предоставляют прямые данные для количественной оценки неопределенностей теплопроводности и теплоемкости исследуемых наножидкостей, путем расчета критической области и ее корреляции с температурой и давлением

ВЫВОДЫ

1. Теплоемкость углеродных нанотрубок и сажи увеличивается или уменьшается с температурой и давлением, на линии насыщения х.ч.метилбутилкетона внедренных наноразмерных фракций наночастиц была исследована в зависимости от их комплексной теплопроводности и плотности [1-А, 2-А, 4-А, 6-А, 8-А, 10-А, 11-А, 14-А, 16-А, 17-А, 18-А, 19-А, 21-А, 22-А, 23-А].

2. Экспериментальные значения плотности, коэффициента эффективной теплопроводности системы (метилбутилкетона жидкий), наноразмерная фракция УНТ и сажа) при температуре ($T = 293-433$ К) и давлении ($P = 0,101-39,24$ МПа) были использованы проектной организацией для проведения технических расчетов, что стало первым использованием этих данных [1-А, 2-А, 4-А, 6-А, 8-А, 10-А, 11-А, 14-А, 16-А, 17-А, 18-А, 19-А, 21-А, 22-А, 23-А].

3. С увеличением давления теплопроводность возрастает, а затем падает при определенной температуре. Это свидетельствует об эффективной теплопроводности исследованных растворов. Обнаружено увеличение давления и массовой концентрации наночастиц, а также характера изменения параметров базовой жидкости и линии насыщения с ростом температуры, [1-А, 2-А, 4-А, 6-А, 8-А, 10-А, 11-А, 14-А, 16-А, 17-А, 18-А, 19-А, 21-А, 22-А, 23-А].

4. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что теплоемкость коллоидной наножидкости (метилбутилкетон+УНТ и углеродная сажа) в системе увеличивается с ростом температуры и концентрации наночастиц, а увеличение давления снижает ее теплоемкость [1-А, 2-А, 4-А, 6-А, 8-А, 10-А, 11-А, 14-А, 16-А, 17-А, 18-А, 19-А, 21-А, 22-А, 23-А].

5. Анализ экспериментальных данных коллоидной системы (метилбутилкетон + наночастицы) посредством моделирования и обобщений, с аппроксимацией уравнений, устанавливающих связь между этими свойствами [1-А, 2-А, 4-А, 6-А, 8-А, 10-А, 11-А, 14-А, 16-А, 17-А, 18-А, 19-А, 21-А, 22-А, 23-А].

6. Используя наночастицы УНТ, непосредственно внедренные в химически чистый метилбутилкетон на основе уравнения состояния типа Тейта, можно оценить плотность непроверенных экспериментальных растворов [1-А, 2-А, 4-А, 6-А, 8-А, 10-А, 11-А, 14-А, 16-А, 17-А, 18-А, 19-А, 21-А, 22-А, 23-А].

7. Для определения теплотворных свойств исследуемых коллоидных растворов для расчетов разработаны и используются уравнения состояния наножидкостей типа Тейта и аппроксимации его зависимостей для студентов кафедры «Общая физика» ТГПУ имени С.Айни, БГУ имени Носира Хусрава и кафедры «Теплотехника и теплоэнергетика» ТТУ имени акад. М.С. Осими (приведены акты внедрения) [1-А, 2-А, 4-А, 6-А, 8-А, 10-А, 11-А, 14-А, 16-А, 17-А, 18-А, 19-А, 21-А, 22-А, 23-А].

8. Изученные коллоидные наножидкости характеризуются детальными значениями плотности в виде таблицы в широком диапазоне температур (293–433) К, давлений (0,101–39,24) МПа и массовых концентраций наночастиц (0–2,0) % теплоемкости и теплопроводности. Предоставленная информация может

облегчить работу многих устройств и процессов теплопередачи [1-А, 2-А, 4-А, 6-А, 8-А, 10-А, 11-А, 14-А, 16-А, 17-А, 18-А, 19-А, 21-А, 22-А, 23-А].

***Рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы
исследования диссертационной работы***

1. Исчерпывающие таблицы создаются на основе информации об изучаемых наножидкостях, включая их плотность, теплопроводность и теплоемкость. Эти таблицы охватывают широкий спектр значений температуры (от 300 до 440 К), давления (от 0,101 до 39,24 МПа) и массовой концентрации наночастиц (от 0 до 2 г/л). Подобные данные могут быть применены при разработке и использовании различных технологических процессов, включая эксплуатацию ТЭЦ-2 в Душанбе, а также в конструкции теплообменных устройств.

2. Используя уравнение состояния типа Тейта и аппроксимацию его результирующей зависимости, можно напрямую рассчитать тепловые свойства наножидкости. Таким образом студенты, магистранты и аспиранты кафедр "Общая физика" Таджикского государственного педагогического университета имени С. Айни, также Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава и кафедры "Теплотехника и теплоэнергетика" Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими активно используют данное уравнение. Акты о внедрении прилагаются.

3. Разницу в теплоемкости растворов разных растворителей можно определить, используя значения плотности образцов и уравнение состояния Тейта.

4. Микроскопическая теория переходных явлений в изучаемых материалах основана на экспериментальных и расчетных данных по эффективной теплопроводности, теплоемкости и плотности растворов, содержащих наночастицы и сажу.

5. Можно определить параметры экспериментально неизученного раствора с помощью приближенных зависимостей и уравнений состояния (типа Тейта), при различных изменениях параметров состояния, содержащего наночастицы и сажу, такие как температура, давление и массовая концентрация.

***Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК при
Президенте Республики Таджикистан:***

[1-А]. Шарипов, С.М., Влияние наночастиц (70%масс. Углеродных нанотрубок) на изменение теплопроводности жидкого метилбутилкетона. // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Бохтар, 2022, - № 2/1 (96)-С,49-52

[2-А]. Шарипов, С.М. Теплопроводность системы «жидкий метилбутилкетон+одностенные, многостенные углеродные нанотрубки при различных температурах и давлениях» Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. - Бохтар, 2022, 2/4 (105) – С, 41–47.

[3-А]. Шарипов, С.М. Ойматова Х.Х., Зайнидинов Д.Р., Сафаров М.М. Влияние 20% массовой концентрации углеродных нанотрубок на изменение

теплоёмкости жидкого метилбутилкетона. Технологического университета Таджикистана. Душанбе. – 2022. - № 4/1 (51) – С, 87–95.

[4-А]. Шарипов, С.М. Ойматова Х.Х., Сафаров Ш.Р., Зарипова М.А. Расчет термодинамических параметров (изменение внутренней энергии, энергии гелмгольца и энергии гибса) тернарных систем (методом ДСК). //Вестник Дангаринского государственного университета (научный журнал).-Дангара, 2022.-№3/3(90). – С. 52-55.

[5-А]. Шарипов, С.М., Хусайнов З.К. Экспериментальное исследование теплопроводности, температуропроводности водных растворов аэро-зина, диметилгидразина. Материалы Международной научной конференции «Молодые исследователи-регионам» Вологда-16-20 апреля 2018.-С. 367-369.

[6-А]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Зарипова М.А., Хусайнов З.К., Сафаров Ш.Р., Мухамадали К. Взаимосвязь между теплопроводностью и плотности водных растворов в зависимости от температуры и давления Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы преподавания математики и естественных наук в кредитной системы обучения» КТГУ имени Носира Хусрава, Бохтар-29-30 июня 2018. -С. 475-479.

Малый патент РТ

[7- А]. Шарипов С.М. ва дигарон. Дастгоҳ барои бо тавари автоматӣ муайян кардани гармигузаронии ҷисмҳои сахт. Ихтирооти хурди Ҷ.Т. №ТЧ 1185., аз 3.05.2021. 5с.

В других изданиях:

Публикации в международных и республиканских конференциях:

[8-А]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Тургунбоев М.Т., Хусайнов З.К. Теплофизические расчеты водных растворов диметилгидразина Материалы научно-практической конференции “ 8 Ломоносовские чтения” Актуальные проблемы естественных и гуманитарных наук.(Филиал МГУ в г. Душанбе, 27-28 апреля 2018).- С.43-46.

[9-А]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Хакимов Д.Ш., Тимеркаев Б.А. Влияние наночастиц (сажа+70%ОУНТ) на изменение плотности метилбутилкетона при различных температурах / Материалы VI международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ» 27 – 28 мая 2021 г. Санкт-Петербург. - С. 34-36 РИНЦ Scopus

[10-А]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Зарипова М.А., Умарзода Шарифмурод У. Тимеркаев Б.А. Влияние наночастиц на изменение плотности метилбутилкетона при различных температурах и давлениях. Материалы международная конференция «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах» (12 - 17 сентября 2021 г.) Институт физики им. Х.И. Амирханова Дагестанского федерального исследовательского центра РАН. Махачкала-2021.- С. 288-291 РИНЦ

[11-А]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Зарипова М.А., Сафарова Ф. А. Влияние наночастиц на изменение плотности фенилгидразина при различных

температурах и атмосферном давлении / Материалы республиканской научно-практической конференции (с международным участием) «Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ», посвященной 30-летию государственной независимости Республики Таджикистан, 65-летию ТТУ имени акад. М.С. Осими и 50-летию МТФШ (27-28 августа 2021), Душанбе).-С.141-144.

[12-А]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Ойматова Х.Х., Сафаров Ш. Р., Зарипова М.А. Расчет температуропроводности тернарных систем с использованием данным полученных сканирующим калориметром Материалы республиканской научно-практической конференции (с международным участием) «Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ», посвященной 30-летию государственной независимости Республики Таджикистан, 65-летию ТТУ имени акад. М.С. Осими и 50-летию МТФШ,(27,28 августа 2021).-Душанбе 2021.- С. 152-155

[13-А]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Ойматова Х.Х. Влияние наночастиц (сажи и 70% углеродных нанотрубок) на поведение теплопроводности метилбутилкетона при атмосферном давлении / Материалы Международной научно-практической конференции «Энергетика: Состояния и перспективы развития», 20 декабря 2021.-Душанбе: ЦИ и П, ТТУ имени акад. М.С. Осими . – С. 174-177.

[14-А]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Ойматова Х.Х., Зарипова М. А., Сафаров Ш.Р. Корреляция между экспериментальными данными по коэффициентом массопередачи и коэффициентом набухания опытных образцов тернарных систем. / Материалы Международной научно-практической конференции «Энергетика: Состояния и перспективы развития», 20 декабря 2021. Душанбе: ЦИ и П, ТТУ имени акад. М.С. Осими.-С. 178-181.

[15-А]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Ойматова Х.Х. Сафаров Ш. Р., Зарипова М.А. Расчетно-экспериментальные значения коэффициента теплоотдачи тернарных систем. Сборник трудов Первая Международная научно-практическая конференция и «Перспективы развития исследований в области химии координационных соединения и аспекты их применения» посвященной памяти профессора Баситовой С.М., 80-летию со дня рождения и 60-летию педагогического деятельности д.х.н., профессора Азизкуловой О.А. 30-31 марта 2022 г. Душанбе. -2020.- С. 160-164, РИНЦ.

[16-А]. Шарипов, С.М., Сафаров М.М., Ойматова Х.Х. Электрофизические свойства суспензии системы метилбутилкетона и углеродных нанотрубок Материалы республиканской научно-практической конференции на тему «Роль Абурайхони Беруни в развитии естественных, математических и технических наук», посвященной 1050 летию известного персидского-таджикского энциклопедиста Абурайхони Беруни «20 летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования» Бохтар 28 мая 2022 г.- С. 307-308.

[17-А]. Sharipov, S.M., Safarov M.M., Oimatova H.H. Influence (20wt % of carbon nanotube) on a change in the heat capacity of liquid metilbutilketon Proceedings of the Journal of International University Scientific Forum (Practice

Oriented Science)-UAE-Russia-India, Dubai-17 June 2022.-Pp.112-116. doi: 10.34660/INF 2022.61

[18-A]. Sharipov, S.M., Safarov M.M., Oimatova H.H. Correction bet-ween thermal conductivity and specific heat capacity of ternary systems (CA, MWCN and N₂H₄) Proceedings of the Journal of International University Scien-tific Forum (Practice Oriented Science). UAE-Russia- India, Dubai-17 June 2022., Dubai-17 June 2022.-Pp.121-128. doi:10.34660/INF 2022.16.28.046.

[19-A]. Шарипов, С.М., Ойматова Х.Х., Сафаров Ш.Р., Сафаров М.М. Корреляция между коэффициента теплоотдачи и удельной теплоём-кости тернарных систем кремниевой кислоты, многослойной углеродной нанотрубки и нанопорошка гидразина. МТФШ-13,2022. Тамбов-Душанбе 2022. С. 69-71.

[20-A]. Шарипов С.М., Ойматова Х.Х. теплопроводность коллоидного раствора метилбутилкетона при различных температурах и давлениях. Сборник материалов Республиканская научнопрактическая конференция «Актуальные проблемы перспективный развития естественный точных наук» Душанбе, 2023.- С. 161-163.

[21-A]. Шарипов С.М., Сафаров Ш.Р., Зоиров Х.А. Получение эмперических уравнений на основе экспериментальных данных и сравнение их значений. Россиская конференция (с международным свойства веществ (РКТС – 16) Махачкала, 26-29 сентиября 2023г.-С.71

[22-A]. Шарипов С.М., Сафаров М.М., Ойматова Х.Х., Сафаров Ш.Р. Таҳлили маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба гармигузаронии маҳлулҳои (метилбутилкетон+нанозаррачаҳо) вобаста аз ҳарорат ва фишор. Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. № 2/1 (108) 2023.-106-111.

[23-A]. Шарипов С.М., Сафаров М.М., Ойматова Х.Х., Сафаров Ш.Р, Шарипов М.Л. Гармигузаронии маҳлулҳои «метилбутилкетон+нанонайча-ҳои карбонии якқабата ва бисёрқабата» дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун. Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав, №2/3 (113) 2023, - С, 25-34.

ШАРҲИ МУХТАСАР

ба рисолаи номзоди Шарипов Сафарбой Муродалиевич дар мавзӯи “Таъсири нанозарраҳо (дуда, нанонайчаҳои карбонӣ) ба тағйирёбии гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши метилбутилкетон дар фазаи гузариш ва параметрҳои гуногуни ҳолат” барои дарёфти дараҷаи илмӣ номзоди илмҳои техникӣ, аз рӯи ихтисоси 01.04.14 – Физикаи ҳароратӣ ва назарияи техникаи гармо.

Вожакалимаҳо: метилбутилкетон, дуда, нанонайчаҳои карбонӣ, якҷабата ва бисёрҷабата, гармигузаронӣ, гармиғунҷоиш, фишор, ҳарорат.

Навгониҳои илмӣ: усулҳои ҳисобкунии коэффитсиентҳои вобастагӣҳои аппроксиматсионӣ барои маҳлулҳои тадқиқотӣ (коллоидӣ) таҳия карда шуд; дастгоҳҳои таҷрибавӣ барои чен кардани гармигузаронӣ (усули ноқили тафсон) ва гармиғунҷоиши моеъҳо ва буғи онҳо барои наномоеъҳои тадқиқотии системаҳои моеъҳои органикӣ + бо назардошти таъсири нанонайчаҳои карбонӣ ва дудаи наноандозадор таҳия карда шуд; маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба коэффитсиенти гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши хоси маҳлулҳои тадқиқотӣ (то 2г., нанонайчаҳои карбонӣ ва дудаи наноандозадор) дар ҳудуди ҳароратҳои (290-640) К ва фишорҳои (0,101-39,24) МПа; вобастагӣҳои аппроксиматсионии $\lambda - P - T - m$ -ро тавсиф-диҳанда ба даст оварда шудааст.

Аҳамияти амалӣ ва назариявии кор: чадвалҳои муфассасали гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши маводҳои аз ҷиҳати техники муҳими маҳлулҳои метилбутилкетон+ нанонайчаҳои карбонӣ ва дуда дар ҳудудҳои васеи ҳароратҳои (290-720 К) а фишорҳои (0,101-39,24 МПа) бо назардошти ҳудуди бӯхронӣ, ки метавонанд ташкилотҳои лоихакашӣ дар равандҳои гуногуни технологӣ, дар энергетикаи гармо ва мошинсозӣ истифода баранд, тартиб дода шудааст; дастгоҳи таҷрибавӣ таҳия шуда барои чен кардани гармигузаронӣ ва гармиғунҷоиши хос метавонад барои босуръат муайян намудани хосиятҳои номбаршудаи маводҳо дар шароити озмоишгоҳ истифода шаванд; бонки бузургӣҳои гармофизикии пайастагӣҳои химиявӣ бо маълумотҳои нав пур карда шуд; бузургӣҳои оид ба гармигузаронӣ ва гармиғунҷоишӣ системаҳои моеъ ва газмонанди ду- ва сетаҷибавӣ ба даст омада метавонанд барои ҳисобкунии муҳандисӣ, тартиб додани моделҳои физикӣ ва математикӣ, инчунин барои интихоби речаҳои қори механизмҳо ва таҷҳизотҳои гуногун истифода бурда шаванд; дастгоҳҳои сохташуда барои чен кардани гармигузаронӣ (усули ноқили тафсон) маҳлулҳои системаи метилбутилкетон, дуда ва нанонайчаҳои карбонӣ дар Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав ихтисоси физика, дар Донишгоҳи давлатии омӯзгорӣи Тоҷикистон ба номи Садриддин Айнӣ, дар Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ барои ихтисоси “Энергетикаи ҳароратӣ ва истгоҳҳои барқӣ ҳароратӣ”, инчунин дар Институти саноати ва технологияи навтарини Ҷумҳурии Тоҷикистон ва ғайраҳо истифода бурда мешаванд (санадҳои татбиқ пешниҳод карда шудааст).

Саҳми шахсии муаллиф: аз интихоби усулҳо ва коркарди алгоритмҳои ҳалли масъалаҳои ҳангоми иҷрои кор гузошташуда, маълум намудани қонуниятҳои асосӣ дар равандҳои физика-химиявӣ гузаранда ҳангоми ҳосил намудани гармибарандаҳо, гузаронидани тадқиқотҳои таҷрибавӣ (гармиғунҷоиш ва гармигузаронӣ дар речаҳои ламинарӣ ва турбулентӣ, ва коэффитсиентҳои модификатсияшудаи муодилаи намуди Тейта) дар шароити истеҳсолии реалӣ, коркард ва таҳлили натиҷаҳои ба даст омада, тавсифи хулосаҳои асосӣ рисолаи илмӣ мебошад.

Соҳаи истифодабарӣ: Метилэтилкетон ҳамчун ҳалкунанда барои лакҳои нитро-селлюлоза, полиакрилий, перхлоровинил, дар истеҳсоли рангҳои чопӣ, рангҳо ва нанонайчаҳои карбон дар ноқилҳои факулмустаҳкам, дар маводи таркибӣ, нанобалансҳо, дар микроэлектроника, дар оптика, тиб ва барои таъмин намудани полимерҳои электрогузарон истифода мешаванд.

АННОТАЦИЯ

на диссертацию Шарипова Сафарбой Муродалиевича на тему “Влияние наночастиц (сажи, УНТ) на изменение теплопроводности и теплоемкости метилбутилкетона при фазовом переходе и различных параметрах состояния” на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Ключевые слова: метилбутилкетон, сажа, углеродные нанотрубки, ОСУНТ и МСУНТ теплопроводность, теплоемкость, давление, температура.

Научная новизна: разработаны методы расчета коэффициентов аппроксимационной зависимости для исследуемых растворов (коллоидных и их суспензии); разработаны экспериментальные установки для измерения теплопроводности и теплоемкости (метод нагретой нити) жидкостей и их паров исследуемых наножидкостей системы жидкость + наноразмерная сажа с учетом влияния сажи и углеродных нанотрубок; получены экспериментальные данные по коэффициенту эффективной теплопроводности исследуемых растворов (до 2,0 г. наноразмерной сажи и углеродных нанотрубок) в интервале температур (280-660) К и давлений (0,101-39,24)МПа; получены аппроксимационные зависимости, описывающие. $\lambda - P - T - m$

Теоретическая и практическая значимость работы: составлены подробные таблицы теплопроводности и плотности технически важных веществ (растворов метилбутилкетона+ сажи и углеродных нанотрубок) в широком интервале температур (290–640)К и давлений (0,101–16,42) МПа), включая критическую область, которые могут быть использованы проектными организациями в различных химических процессах в теплоэнергетике и машиностроении; разработанная экспериментальная установка для измерения теплопроводности может быть использована для быстрого определения перечисленных свойств материалов в лабораторных условиях; банк теплофизических величин химических оснований пополнен новыми данными; полученные данные о теплопроводности и теплоемкости двух- и трехкомпонентных жидких и газообразных систем могут быть использованы для инженерных расчетов, построения физико-математических моделей, а также для выбора режимов работы различных механизмов и оборудования; созданный прибор для измерения теплопроводности (метод нагретого нити) растворов системы метилбутилкетона, сажи и углеродных нанотрубок используется в Бохтарском государственном университете имени Носира Хусрава по специальности физика, в Таджикском государственном педагогическом университете имени Садриддина Айни, в Таджикском техническом университете имени академика М.С.Осими по специальности «Тепловая энергетика и тепловые электростанции», а также в Институте промышленности Министерства промышленности и новых технологий РТ и др.

Личный вклад: состоит в постановке задач, выборе методов и разработке алгоритмов решения поставленных при выполнении работы задач, установлении основных закономерностей протекающих физико-химических процессов при получении теплоносителей проведения экспериментальных исследований (теплопроводности при ламинарных и турбулентных течений и коэффициентов модифицированного уравнения типа Тейта) в реальных производственных условиях, обработке и анализе полученных результатов, формулировке основных выводов диссертационной работы.

Область применения: Метилэтилкетон используют как растворитель для нитроцеллюлозных, полиакриловых, перхлорвиниловых лаков, в производстве краски для типографии, чернил, а углеродные нанотрубки используются в сверхпрочных нитях, в композитных материалах, нановесах, в микроэлектронике, в оптике и медицине, в обеспечении электрической проводимостью полимеров.

ABSTRACT

for the dissertation of Sharipov Safarboy Murodalievich on the topic “Influence of nanoparticles (soot, CNT) on the change in thermal conductivity and heat capacity of methyl butyl ketone during phase transition and various state parameters” for the degree of candidate of technical sciences, specialty 01.04.14 - Thermophysics and theoretical heat engineering.

Key words: methylbutyl ketone, carbon black, carbon nanotube, thermal conductivity, heat capacity, harmonica, pressure, temperature.

Scientific novelty: methods for calculating the coefficients of approximation dependencies for the studied solutions (colloidal and their suspensions) have been developed; experimental setups for measuring the thermal conductivity of liquids and their vapors (hot filament method) of the studied nanofluids of the organic liquid + nanoscale system were developed, taking into account the influence of soot and carbon nanotubes; obtained experimental data on the coefficient of effective thermal conductivity of the studied solutions (up to 2,0 g, nanosized carbon black and carbon nanotubes) in the temperature range (290-660) K and pressure (0.101-39,24) MPa; Approximation dependencies describing .

Theoretical and practical significance of the work: detailed tables of thermal conductivity and density of technically important substances (solutions of methyl butyl ketone + carbon black and carbon nanotubes) were compiled in a wide range of temperatures (290–720) K and pressures (0.101–39,24 MPa) including the critical region and which can be used by design organizations in various chemical processes in thermal power engineering and mechanical engineering; the developed experimental setup for measuring thermal conductivity can be used to quickly determine the listed properties of materials in laboratory conditions; the bank of thermophysical quantities of chemical bases has been replenished with new data; the data obtained on the thermal conductivity and heat capacity of two- and three-component liquid and gaseous systems can be used for engineering calculations, building physical and mathematical models, as well as for choosing the operating modes of various mechanisms and equipment; The created device for measuring the thermal conductivity (hot filament method) of solutions of the system of methyl butyl ketone, carbon black and carbon nanotubes is used at the Bokhtar State University named after Nasiri Khusrav in the specialty of physics, at the Tajik State Pedagogical University named after Sadridin Aini, at the Technical University of Tajikistan named after Academician M.S. Osimi in the specialty "Thermal Energy and Thermal Power Plants", as well as at the Institute of Industry and New Technologies of the Republic of Tatarstan, etc.

Personal contribution: consists of setting tasks, choosing methods and developing algorithms for solving the tasks set during the performance of the work, establishing the basic laws of the ongoing physical and chemical processes in obtaining coolants, conducting experimental studies (thermal conductivity in laminar and turbulent flows and coefficients of a modified equation of the type Tate) in real production conditions, processing and analysis of the obtained results, formulation of the main conclusions of the dissertation work.

Scope: Methyl ethyl ketone is used as a solvent for nitrocellulose, polyacrylic, perchlorovinyl varnishes, in the production of printing inks, inks, and carbon nanotubes are used in heavy-duty threads, in composite materials, nanobalances, in microelectronics, in optics and medicine, to provide electrical conductivity polymers.

*Чопи офсетӣ. Ҷузъи чопӣ 3.5. Андоза 60x84¹/16.
Адади нашр 100 нусха*

*Муассисаи нашриявии “Дониш”-и АМИТ
ш. Душанбе, 734063, кӯчаи Айни, 299/2.*