

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ  
ВА «ИЛМИЙ-ТЕХНИКА МАРКАЗИ» МАСЪУЛИЯТИ ЧЕКЛАНГАН  
ЖАМИЯТ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.27.06.2017.Т.03.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

**КОЛЕСНИКОВ ИГОР КОНСТАНТИНОВИЧ**

**ЯГОНА ЭЛЕКТРОМАГНИТ МАЙДОНИ АСОСИДА  
ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОР ТЕХНОЛОГИЯЛАРНИ  
ИШЛАБ ЧИҚИШ ВА НАЗАРИЯСИНИ РИВОЖЛАНТИРИШ**

**05.05.01-Энергетика тизимлари ва мажмуалари**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент–2020**

Докторлик (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации

Content of the abstract of Doctoral (DSc) dissertation

**Колесников Игор Константинович**

Ягона электромагнит майдони асосида энергия тежамкор технологияларни ишлаб чиқиш ва назариясини ривожлантириш..... 3

**Колесников Игорь Константинович**

Развитие теории и разработка энергосберегающих технологий на основе единого электромагнитного поля..... 27

**Kolesnikov Igor Konstantinovich**

The development of theory and the development of energy-saving technologies based on a single electromagnetic field..... 51

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 55

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ  
ВА «ИЛМИЙ-ТЕХНИКА МАРКАЗИ» МАСЪУЛИЯТИ ЧЕКЛАНГАН  
ЖАМИЯТ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.27.06.2017.Т.03.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

**КОЛЕСНИКОВ ИГОР КОНСТАНТИНОВИЧ**

**ЯГОНА ЭЛЕКТРОМАГНИТ МАЙДОНИ АСОСИДА  
ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОР ТЕХНОЛОГИЯЛАРНИ  
ИШЛАБ ЧИҚИШ ВА НАЗАРИЯСИНИ РИВОЖЛАНТИРИШ**

**05.05.01-Энергетика тизимлари ва мажмуалари**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент–2020**

**Фан доктори (DSc) диссертациясининг мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2019.4.DSc/T308 рақами билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент темир йўл муҳандислари институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.tgtu.uz](http://www.tgtu.uz)) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий маслаҳатчи:**

**Аллаев Кахрамон Рахимович**  
техника фанлари доктори, профессор, академик

**Расмий оппонентлар:**

**Бабабажанов Максуд Каландарович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Соколов Валерий Константинович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Коровкин Николай Владимирович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Фарғона политехника институти**

---

Диссертация химояси Тошкент давлат техника университети ва «Илмий-техника маркази» МЧЖ ҳузуридаги DSc 27.06.2017.Т.03.03 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «\_\_» \_\_\_\_\_ соат \_\_\_\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, 2-уй. Тел. (99871) 246-46-00; факс (99871) 227-10-32, e-mail: [tstu\\_info@tdtu.uz](mailto:tstu_info@tdtu.uz)).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (\_\_\_\_ рақами билан рўйхатга олинган) (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси 2-уй. Тел. (99871) 227-03-41)

Диссертация автореферати 2020 йил «\_\_» \_\_\_\_\_ кунни тарқатилган  
(2020 йил «\_\_» \_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_\_ рақамли реестр баённомаси)

**Р.А. Захидов**

Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш раис ўринбосари,  
т.ф.д., профессор, академик

**Н.Б. Пирматов**

Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш илмий котиби,  
т.ф.д., профессор

**М.И. Ибадуллаев**

Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш қошидаги Илмий семинар раиси,  
т.ф.д., профессор

## КИРИШ (Фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда, электр энергия билан таъминлашнинг ишончлилиги масалалари муҳим аҳамиятга эга бўлиб бормоқда, бу биринчи навбатда электр манбалари ва қўлланиладиган электр ускуналарининг ҳолатлари билан аниқланиб, шунга мувофиқ равишда энергетик самарадорлик ортади ҳамда энергетик ресурсларнинг асосий кўрсаткичлари яхшиланади. Шу жиҳатдан, ҳозирда табиий газни ёқиш, электр кўмирли ва қувурли электр иситгичлар асосида иссиқлик олувчи усул ва технологияларнинг ривожлантиришга асосий эътибор қаратилмоқда. Ушбу қурилмаларнинг ишлаш ишончлилиги, асосан энергия ташувчиларнинг ўз вақтида етказилиши билан боғлиқдир. Шу билан бирга, иссиқлик энергиясининг муқобил манбалари: шамол генераторлари, қуёш панеллари, ядровий манбалари, хусусан, кавитацион иссиқлик генераторларининг назарияси ва уларни ишлаб чиқариш усуллари такомиллаштирилмоқда.

Жаҳонда, иссиқлик манбаларининг вазифасини бажарувчи электр энергия, табиий газ ва кўмирни ёқишдаги йўқотишларни аниқлаш, хизмат қилиш вақтини узайтириш ва фойдали иш коэффициентини ошириш, уларга ўз вақтида техник хизмат кўрсатиш, шунингдек энергия тежамкор қурилмалари, шу жумладан, кавитацион иссиқлик генераторларининг назарий усуллари ва уларни ишлаб чиқаришни ривожлантириш масалаларига йўналтирилган тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишдаги ишлар, жумладан иссиқлик қурилмаларининг хизмат қилиш муддатига таъсир кўрсатадиган асосий омилларни аниқлаш, улардан фойдаланиш ва хизмат кўрсатиш харажатларини камайтириш, иссиқлик энергиясини ҳосил қилувчи мавжуд технологияларни такомиллаштириш ҳамда энергия ва ресурс тежовчи технологияларни ишлаб чиқиш долзарб ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикасида истеъмолчиларни узлуксиз ва сифатли иссиқлик билан таъминлашга, шу жумладан энергетика соҳасидаги ва саноат корхоналарида электр ва иссиқлик энергиясидан фойдаланиш самарадорлигини оширишга, шунингдек энергия ҳамда ресурс тежовчи техника ва технологияларни яратиш ва уларни жорий этишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан “... иқтисодиётнинг энергия ва ресурс сиғимларини қисқартириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий қилиш, қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланишни кенгайтириш»<sup>1</sup> вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш учун, хусусан, юқори фойдали иш коэффициентга эга, кавитацион иссиқлик генераторларининг ресурс ва энергияни тежаш технологияларни ишлаб чиқиш ва жорий этиш, шунингдек иссиқлик энергетикасида электр энергияни ва табиий ресурсларни

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги №ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони

истеъмолини камайтирувчи кавитация жараёнларининг назариялари ва услубияти устувор ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ – 4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3238-сон «Замонавий энергия самарадор ва энергия тежайдиган технологияларни янада жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори, 2017 йил 26 майдаги ПҚ-3012-сон «2017-2021 йилларда қайта тикланувчан энергетикани янада ривожлантириш, иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳада энергия самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари дастури тўғрисидаги» Қарори ва Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 6 ноябрдаги ПҚ-4005-сон «Балиқчилик соҳасини янада ривожлантиришга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида ва ресурс тежамкор технологиялар ва инновацияларни кенг кўламда жорий қилиш» Қарори, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бўлган меъерий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожланишининг II «Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи<sup>2</sup>.** Кавитацияга асосланган қурилмаларни ишлаб чиқиш ва яратишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар дунёнинг етакчи олий ўқув юртлири ва илмий марказлари, жумладан Mississippi State University (АҚШ), University of Stuttgart (Германия), University of Zilina (Словакия), South China University of Technology (Хитой), National Institute Technology (Ҳиндистон), Қозон давлат энергетика университети (Россия), Томск политехника университети (Россия), Москва энергетика институти (Россия), “Техносервис-Электро” ИИЧБ (Россия), «Молекуляр технологиялар маркази» МЧЖ, “ЗПЗ – Сервис” ИТМ (Украина) ва “Эпром инжиниринг” ИИЧК (Украина) ва Тошкент темир йўл муҳандислари институти (Ўзбекистон) томонидан амалга оширилмоқда.

Иссиқлик таъминоти манбаларини ишлаб чиқиш ҳамда сувни тозалаш ва зарарсизлантириш усуллариини такомиллаштириш бўйича тадқиқотлар натижасида, шу жумладан: кавитацион уюрма иссиқлик генераторлари, сувни тозалаш ва зарарсизлантириш қурилмалари бўйича илмий натижалар (Ҳиндистон, Россия, Ўзбекистон, АҚШ, Германия, Хитой) олинган.

Жаҳонда кавитацион уюрма иссиқлик генераторлари, сувни тозалаш ва зарарсизлантириш қурилмалари бўйича: уйларни ва ҳовли олди участкаларини иссиқлик билан таъминлаш учун кавитация асосидаги қурилмалар, кавитация жараёнларини бошқариш учун замонавий технологиялар асосида

---

<sup>2</sup> Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотларнинг шарҳида манбалардан фойдаланилди: <http://www.ejta.org/en/ashokkumar1>, <http://bulletin-bsu.com/arch/2012/3/1-1/>, <https://www.omicsonline.org/ArchiveJCEPT/chemical-engineering-2018-proceedings-posters-accepted-abstracts.php>

частота қиймати ва импульслар давомийлигини бошқариш ҳамда ўзгартириш тизимларини ишлаб чиқиш йўналишларида тадқиқотлар олиб борилмоқда.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Иссиқлик тизимлари ва уларда ишлатиладиган энергия тежайдиган технологияларнинг ишлашига таъсир этувчи омилларни аниқлаш бўйича илмий муаммоларни ҳал қилишда қуйидаги хорижий олимлар J.L. Griggs, W.W. Thomson, R.K. Neiderjohn, G.G. Sanmann, V.V. Tichy, F.F. Huges, P.A. Липштейн, Ю.А. Жулай, И.В. Брай, Б.В. Лосиков, И.С. Аптов, Л.О. Маневич, Б.П. Бурьянов, В.В. Иванов, А.С. Курочкин, И.М. Богачков, Ю.С. Потапов, Ю.П. Рассадкин, Б.Г. Кипелов, Е.А.Коваль, Л.П.Фоминский, А.П. Долин, Д.В. Шуварин ва бошқалар улкан ҳисса қўшганлар.

Ўзбекистонда энергия ва ресурс тежовчи технологияларни ишлаб чиқиш ва жорий қилиш билан боғлиқ илмий тадқиқотлар қуйидаги олимлар: Д.А. Абдулаев, Р.А. Зоҳидов, Т.Х. Носиров, К.Р. Аллаев, М.И. Ибадуллаев, Н.М. Арипов, Х.М. Муратов, Ф.А. Хошимов, Т.П. Салихов, Ф.М. Мусабеков, М.К. Бобожонов, З.С. Искандеров, А.А. Халиков, С.Ф. Амиров, Д.Ф. Хамраев ва бошқалар томонидан ўтказилмоқда.

Ушбу тадқиқотлар натижаларига кўра энергия ва ресурсларни тежовчи қурилмаларнинг технологияси ишлаб чиқилган, иссиқлик тизимларидаги энергия йўқотишлар аниқланган ва баҳоланган. Шу билан бирга, ушбу тадқиқотларда кавитация усули орқали, экологик муҳитни бузмасдан электр энергиясини кам сарфи билан уй хоналарини ва иссиқхоналарни иситиш учун арзон иссиқлик генераторларнинг турларини яратиш мақсадида иссиқлик энергиясини ишлаб чиқиш, сувни тозалаш ва зарарсизлантириш бўйича мавжуд технологияларни такомиллаштириш масалалари етарли даражада ўрганилмаган. Мазкур ишда ягона электр магнит майдони асосида энергия тежамкор технологияларни ишлаб чиқиш ва назариясини ривожлантириш муҳим вазифалар ҳисобланади.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент темир йўл муҳандислари институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг №84 «Кавитация иссиқлик генераторини яратишда ягона фазовий майдоннинг қўлланилиши» мавзуси ҳамда ТошДАУ ва «ECO AGRO INDUSTRIUS NOU HAU» МЧЖ ларнинг грант режаларидаги АИФ№2/1 «Кавитация жараёнлари асосида сувни зарарсизлантириш ва тозалаш учун электр магнит қурилмаси учун инновацион жиҳозлар тайёрлаш» ва АИФ№2/2 «Кавитация генератори учун инновацион жиҳозлар тайёрлаш» мавзулари бўйича лойиҳалар доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади.** Ягона электр магнит майдонда, сувни тозалаш ва зарарсизлантиришда кавитацион иссиқлик генераторнинг ресурс ва энергия сақловчи қурилмаларини ишлаб чиқиш ва назарий асосларини ривожлантиришдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

ягона электр магнит майдоннинг назарий асослари ҳамда методологиясини ишлаб чиқиш ва ривожлантириш;

суяқлик оқими, иссиқлик ўтказувчанлиги, айланаётган электр магнит майдон ҳамда кавитация жараёнларининг математик моделларини ишлаб чиқиш;

ягона электр магнит майдон асосида иссиқлик энергиясини олиш усулларини ишлаб чиқиш;

кавитацион уюрмали иссиқлик генератори, сувни тозалаш ва зарарсизлантириш қурилмалари ҳамда уларни микропроцессорли бошқариш тизимларини ишлаб чиқиш;

кавитацион иссиқлик генератори ҳамда Ер энергияси асосида уйлар ва йўловчи поездлар вагонларининг иситиш тизимлари, фермер хўжаликлари учун инновацион технологияларни яратиш;

кавитацияга асосланган қурилмаларни яратиш ва жорий этиш бўйича амалий тавсияларни ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида иссиқлик таъминоти тизимлари, шунингдек, ягона электр магнит майдон асосида ҳосил бўладиган тозалаш ва генерациялаш жараёни таъсиридаги ичимлик суви олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** ягона электр магнит майдон асосида иситиш учун иссиқлик генераторларини яратиш, ичимлик сувини тозалаш ва зарарсизлантиришнинг ресурс ва энергия тежовчи технологияларининг назарияси ва амалиётини ривожлантиришни ташкил этади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида замонавий инструментал ва аналитик усуллар, электр магнит майдонлар назарияси ва ишлаб чиқилган қурилмаларнинг хусусиятларини ўрганиш учун экспериментал усуллар, гидродинамик жараёнлар назарияси, математик моделлаштириш, айланиш жараёнларини ҳисобга олган ҳолда нисбийлик назарияси усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйдагилардан иборат:

иссиқлик генераторларини лойиҳалаштириш учун Максвелл тенгламалар тизимлари асосида материал жисмларнинг кучли ўзаро ҳаракатидаги ягона электр магнит майдонининг назарияси ишлаб чиқилган;

суяқлик оқими, иссиқлик ўтказувчанлиги, электр магнит майдон айланиши, иссиқлик генераторида иссиқлик ажралиши жараёнларининг математик моделлари орқали кавитацион жараёнлар технологияси ишлаб чиқилган;

бактерия ва микроорганизмларни сифатли йўқ қилувчи тавсифга эга бўлган ҳамда кавитация асосида сувни зарарсизлантириш ва тозаловчи янги қурилма ишлаб чиқилган;

юқори фойдали иш коэффициентига эга бўлган ҳамда электр магнит майдони асосида айланма кавитация иссиқлик генератор қурилмаси ишлаб чиқилган;

катта ва кичик турар жой биноларини иситиш учун иссиқлик энергиясини олиш усули ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйдагилардан иборат:

ичимлик сувига электр магнит майдонлар таъсир ўтказганда кавитация жараёнларининг пайдо бўлиши исботланган;



иссиқлик тарқатиш, сувни тозалаш ва зарарсизлантириш жараёнларини автоматлаштирилган назорати учун янги микропроцессорли паст частотали техникага асосланган кавитацион қурилмаларнинг бошқариш схемаси ишлаб чиқилган;

кавитация қурилмаларининг кўрсаткичларини ўзгартириш учун замонавий юқори частотали электрон базага асосланган иссиқлик генераторлари, сувни тозалаш ва зарарсизлантириш учун бошқариш тизимлари ишлаб чиқилган;

иситиш тизимлари, сувни тозалаш ва зарарсизлантиришда фойдаланиш учун кавитацияга асосланган қурилмаларни яратиш бўйича амалий тавсиялар ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Замонавий математик моделлаштириш назариясининг исботланган усулларида фойдаланган ҳолда ягона электр магнит майдон назарияси асосида кавитация жараёнларини автоматлаштирилган бошқаришнинг назарий жиҳатдан асосланган концепцияларини қўллаш, шунингдек, назарий қарашларнинг амалий натижалари ва уларнинг ўзаро мос келишини таъминлаш билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти иссиқлик ўтказувчанлик ва суюқлик оқишидаги кавитация жараёнларининг муаммоларини самарали ечишга имкон берадиган барча ўзаро таъсирларнинг ягона электр магнит майдони тенгламаларини, шунингдек, иссиқлик жараёнлари билан боғлиқ кавитацион қурилмаларнинг хусусиятларини аниқлаш усуллари ва моделлаштиришнинг математик асосларини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти қурилмаларнинг тавсифларини таҳлил қилиш ва ўзгартириш имкон берадиган дастурий мажмуалар кўринишидаги кавитацион қурилмаларини автоматлаштирилган бошқаришнинг инструментал воситаларини, шунингдек, ичимлик сувини юқори сифатли тозалаш ва зарарсизлантириш қурилмаларини ишлаб чиқиш ҳамда турли соҳаларда фойдаланиш учун ресурс ва энергия тежамкор манбаларни яратиш билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Ягона электр магнит майдони асосида энергия тежамкор технологияларни ишлаб чиқиш ва назариясини ривожлантириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

бактерия ва микроорганизмларни сифатли йўқ қилувчи тавсифга эга бўлган ҳамда кавитация асосида сувни зарарсизлантириш ва тозаловчи янги қурилма «ECO AGRO INDUSTRIUX NOU HAU» МЧЖга балиқ хўжалигидаги сув ҳовузларини тозалаш учун жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Ветеринария ва чорвачиликни ривожлантириш давлат қўмитасининг 2019 йил 8 ноябрдаги 03/23-1684-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида балиқ хўжалигининг сув ҳовузларида экологик тоза сув билан таъминлаш ва балиқларини озиқлантириш имконини яратган;

электр магнит майдони асосида айланма кавитация иссиқлик генератор қурилмаси «ECO AGRO INDUSTRIUX NOU HAU» МЧЖга балиқ хўжаликларидаги сув ҳовзаларидаги катта ва кичик хоналарни иситиш учун

жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Ветеринария ва чорвачиликни ривожлантириш давлат қўмитасининг 2019 йил 8 ноябрдаги 03/23-1684-сон маълумотномаси). Натижада майда балиқлар сув ҳовзалар ҳароратини бир меъёрда ушлаб туриш ҳамда бир соатда 1-7 кВтли кичик электр энергия қувватларини сарфлаш имконини берган;

суюқлик оқими, иссиқлик ўтказувчанлиги, электр магнит майдон айланиши, иссиқлик генераторида иссиқлик ажралиши жараёнларининг математик моделлари орқали кавитацион жараёнлар технологияси «ЕСО АГРО ИНДАСТРИУХ НОУ НАУ» МЧЖга балиқ хўжалигида катта ва кичик биноларни иситиш учун жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Ветеринария ва чорвачиликни ривожлантириш давлат қўмитасининг 2019 йил 8 ноябрдаги 03/23-1684-сон маълумотномаси). Натижада бошқариш қурилмасининг 10-30 мс импульс узунлиги, 5 Гцдан 30 кГцгача частотали параметрлари орқали хоналардаги намгарчилик ва доимий ҳароратни таъминлаш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари, 11 та илмий-амалий анжуманларда, шу жумладан 6 та халқаро ва 5 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Тадқиқот мавзуси бўйича жами 40 илмий мақолалар, шу жумладан 1 та монография, Олий аттестация комиссияси томонидан тавсия этилган журналларда 22 та мақола, жумладан чет эл журналларида 2 та мақола, бундан ташқари халқаро ва республика журналларида 5 та мақола чоп этилган, ҳамда ЭХМ дастурига 1 та гувоҳнома мавжуд.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 192 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида муаммони ҳал этишнинг муҳимлиги ва диссертацияда ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, Ўзбекистон Республикаси илм ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг амалиётга жорий этилиши, нашр қилинган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Ягона электр магнит майдон таъсири остида сувда содир бўладиган жараёнлар назариясининг ҳозирги ҳолати**» деб номланган биринчи бобида ягона электр магнит майдон барча ўзаро таъсирга эга майдонлар гравитацион, электр ҳамда кучли ва кучсиз майдонларнинг умумий таъсиридан иборатлиги исботланган.

Олинган тенгламалар Максвеллнинг умумлашган электр магнит майдон тенгламалари кўринишига эга.

$$\begin{aligned} \text{rotrot}\bar{E}_{\text{полн}} &= \text{graddi}\vartheta\bar{E}_{\text{полн}} - \Delta\bar{E}_{\text{полн}} = -\sqrt{\varepsilon_0\mu_0} \frac{\partial^2\bar{E}_{\text{полн}}}{\partial t^2} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2\bar{E}_{\text{полн}}}{\partial t^2}; \\ \text{rotrot}\bar{A}_{\text{полн}} &= \text{graddi}\vartheta\bar{A}_{\text{полн}} - \Delta\bar{A}_{\text{полн}} = -\sqrt{\varepsilon_0\mu_0} \frac{\partial^2\bar{A}_{\text{полн}}}{\partial t^2} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2\bar{A}_{\text{полн}}}{\partial t^2}, \end{aligned} \quad (1)$$

бу ерда  $A_{\text{тўлик}}$  – кучли майдоннинг вектор потенциали;

$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}} = 3 * 10^8 \text{ м/с}$  – ягона

электр магнит майдонининг тарқатиш тезлиги.

Ушбу тенгламалар, уларни туташмаган тоқлар ва айрим зарядлар учун, шунингдек, майдонларни (векторли ва скалярли) ҳар хил турлари учун, чекловсиз қўллаш имкониятини беради.

Ягона электр магнит майдон назарияси нуктаи назаридан, электрон тузилмаси халқа ўққача  $R_1$  радиусли ва ўзининг кўндаланг кесими  $R_2$  радиусли (1- ва 2-расмлар) тор кўринишидаги модел ҳисобланади.

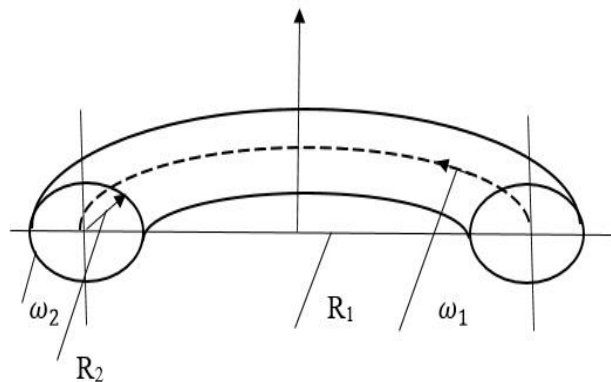
Электр магнит майдони  $\omega_1$  тезлик билан тор атрофида, марказ ўқида эса  $\omega_2$  тезлик билан айланади, унда  $\omega_2 = 6\omega_1$  бўлади.

Ташқи таъсирлар натижасида тороидал юзасининг айланасида тормозланиш ҳосил бўлиши ҳисобига сувнинг тузилмаси ўзгаради.

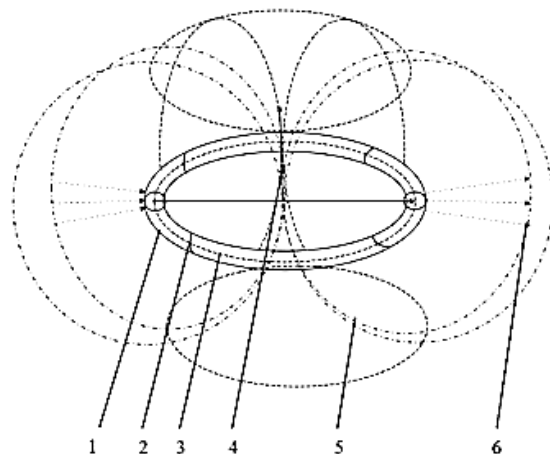
Ягона электр магнит майдонининг таъсири остида сувда магнитогидродинамик жараёнларнинг тезлигининг ўзгариши қуйидаги тенглама асосида аниқланади:

$$\eta \frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} - \gamma B_x^2 v_z = \frac{\delta p}{\delta z} + \gamma E_y B_x = -\gamma B_x^2 v_z. \quad (2)$$

Чегаравий шартларни инобатга олган ҳолда, қуйидаги (3) тенглама ечим ҳисобланади



1-расм. Электроннинг тороидал модули



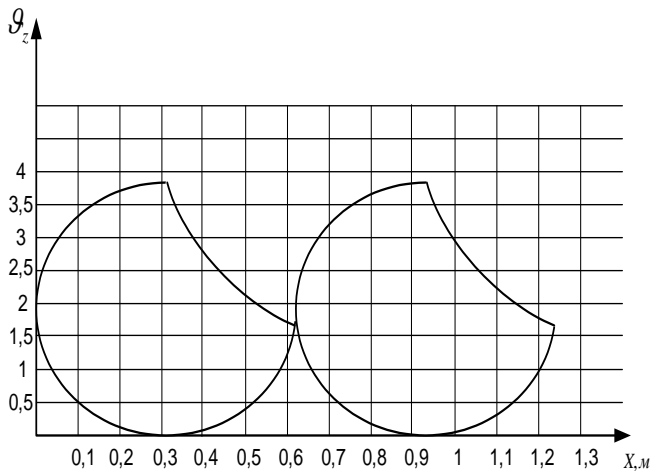
- 1 – электр магнит майдонининг тори;
- 2 – электр магнит майдонининг айланаси;
- 3 – торнинг халқали ўқи; 4 – марказий ўқ;
- 5 – ягона электр магнит майдонини кўндаланг ташкил қилувчилар; 6 – майдонларни бўйлама ташкил қилувчилар;

2-расм. Электроннинг электр магнит модули

$$g_z(x) = g_0 \left(1 - \frac{ch \frac{d_0}{d} x}{ch d_0}\right). \quad (3)$$

3-расмда тезликни ўзгариш графиги тасвирланган.

Бизга маълумки, ҳар қандай ҳаракатланаётган зарядлар уярма, электр ва электр магнит майдон ҳосил қилади. Айланаётган электр магнит майдони



3-расм. Масофага боғлиқ холда, қувурдаги сувнинг оқими бўйлаб тезликни ўзгариши

босим ҳосил бўлиши ҳисобига кавитацион жараёнларни келтириб чиқаради:

$P = J/\vartheta(1 + R) \cos^2 \varphi$ , (4)  
бу ерда:  $J$  – электр магнит майдонининг жадаллиги,  $\vartheta$  – тезлик,  $\varphi$  – тушиш бурчаги,  $R$  – аксланиш коэффициентини.

Ягона электр магнит майдон таъсири остида сувдаги квантларнинг тушиши ва ютилишини тушунтириб бериш, ташқи майдонларнинг сув тузилмасига таъсирини

исботлаш, шунингдек иссиқлик энергиясини олишнинг асоси ҳисобланган тебраниш жараёнларининг турларини аниқлаш имконини берди.

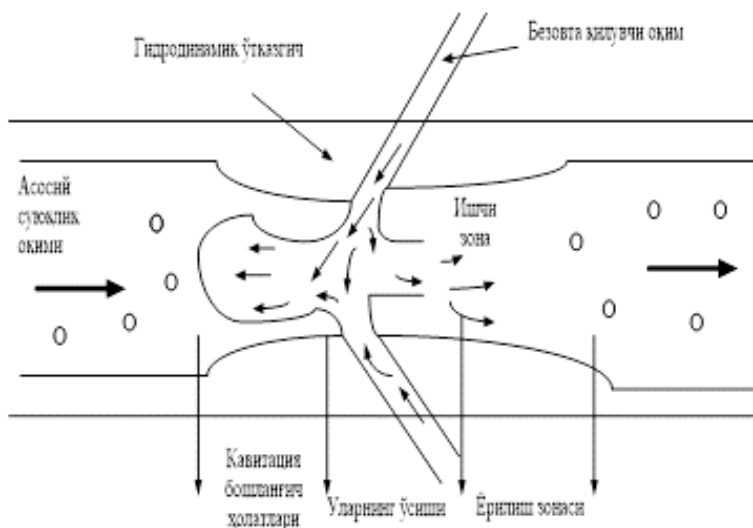
**«Кавитация жараёнларни тадқиқ қилиш ва уларнинг сув тузилмасига таъсири»** деб номланган иккинчи бобда, сувнинг босими тўйинган буғ босимидан паст бўлганида кавитация ҳосил бўлиши исботланган. Бу ҳолат суюқликнинг оқиш тезлиги ўзгарганида, қуврларнинг кесими турлича ва диафрагма мавжуд бўлганда ҳамда сувни томчилаб пуркаш натижасида ҳосил бўлади. Сувнинг катта тезликда ҳаракатланиши гидродинамик кавитацияни ҳосил қилади. Юқори интенсивликга эга товуш тўлқинларининг таъсири остида акустик кавитация пайдо булади. Электр магнит майдони таъсирида пайдо бўлган кавитация, сунъий ёки электр магнит кавитация деб аталади. 4-расмда маҳаллий торайишга эга найча ва каверн пуффакчаларининг пайдо бўлиш кавитация зонаси кўрсатилган.

Суюқлик оқимнинг тезлиги паст бўлган ҳолатда пуффакчалар ичидаги босимнинг катталиги  $p_k > p_n$  кўринишида бўлади, шунинг сабабли кавернларни кучли ривожланиши учун шароитлар яратилади.

Оқиш кавитация режимида генерацияланувчи энергия қуйидаги кўринишга эга:

$$E = k * (P - P_{НП}) * (R^3 - R_0^3), \quad (5)$$

бу ерда:  $k$  – пропорционал коэффициент,  $P$  ва  $P_{НП}$  – пуффакчаларнинг ёрилиш зонасидаги ҳамда тўйинган буғнинг босими;  $R$  ва  $R_0$  – кавитацион пуффакчанинг максимал ҳамда ёрилиш пайтидаги радиуси.



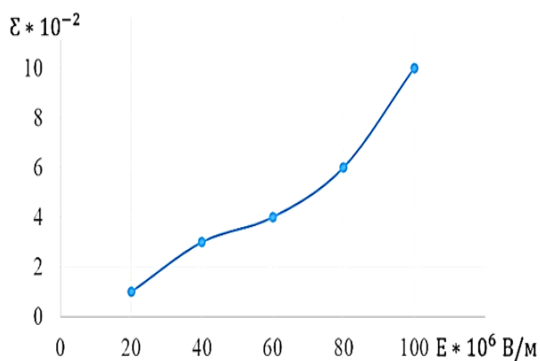
**4-расм. Қувурдаги кавитацион зона, каверн ва пуфакчаларни ҳосил қилиш**

$\vartheta_0$  – ягона майдоннинг таъсиригача қувурдаги суёқликнинг ўртача тезлиги;  $\vartheta_1$  – ягона майдоннинг таъсиридан сўнг қувурдаги суёқликнинг ўртача тезлиги;  $c$  – тўлқин тезлиги.

Кучли электр майдон таъсири остида сувнинг диэлектрик ўтказувчанлиги ўзгаради.

Бу ўзгариш сувнинг тузилмасини бузилиши ва унинг майдон таъсири остида деформацияланиши ҳисобига амалга ошади.

5-расмда ташқи электр майдон таъсирида сувнинг диэлектрик сингувчанлигининг кўрсатилган.



**5-расм. Ташқи майдон таъсирида сувнинг диэлектрик сингувчанлигининг ўзгариши.**

Каверн парчаланган пайтидаги ажралиб чиқаётган иссиқлик энергия, қуйидагича аниқланади:

$$E = (P - P_H)V_K + \rho V_K r + \sigma S_K, \quad (7)$$

Кавитацияни яратиш учун сарфлаш лозим бўлган энергияни қуйидагича аниқлаш мумкин

$$E_0 = 4\pi r^2 \sigma + \frac{4}{3\pi r^3 (P_0 + P_H)}. \quad (8)$$

Кавитацион пуфакчани ёрилиши учун сарфланадиган энергия:

$$E_c = \frac{4}{3\pi P (r_{max}^3 - r_{min}^3)} \approx \frac{4}{3\pi P r_{max}^3}. \quad (9)$$

6-расмда босим ўзгарган пайтдаги  $E_c/E_0$  муносабат кўрсатилган.

Ягона электр магнит майдони кавитацион пуфакчаларга зарбали тўлқин каби таъсир қилади.

Берилган тезликдаги босимнинг ошиши Н.Е. Жуковскийнинг ифодаси билан аниқланади:

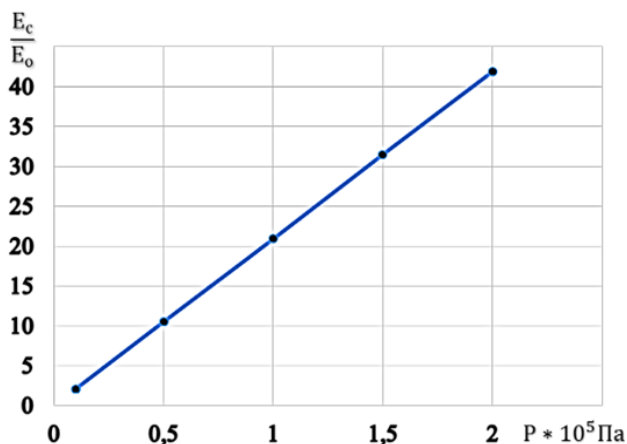
$$\Delta P = \rho(\vartheta_0 - \vartheta_1)c, \quad (6)$$

бу ерда:  $\Delta P$  – босимнинг ошиши (Па);  $\rho$  – суёқликнинг зичлиги ( $\text{кг/м}^3$ );

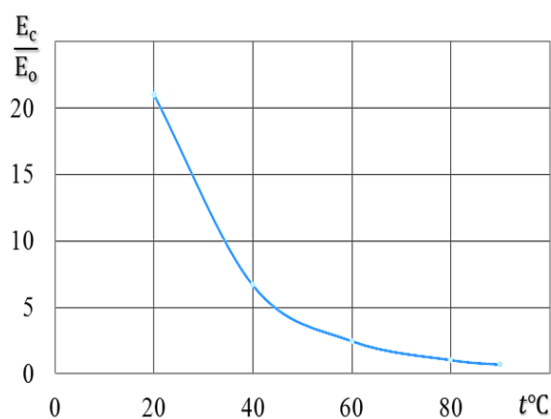
6-расмда кўринадикки ёпиқ пуфакча энергиясини босимга боғлиқ бўлган куйилтирилган буғ билан тўлдирилган энергиясига муносабати, тўғри чизикли қонуният бўйича ўзгаради.

7-расмда  $E_c/E_0$  муносабатни ҳароратга боғлиқлиги кўрсатилган.

7-расмдан келиб чиққан ҳолда ҳароратига  $100^\circ\text{C}$  етган пайтида ушбу энергиялар муносабати бирга тенг. Энергияни ҳароратга нисбатан ўзгариши экспоненциал қонуният бўйича амалга ошади.



6-расм. Босим ўзгаришига боғлиқ ҳолда  $E_c/E_0$  муносабати



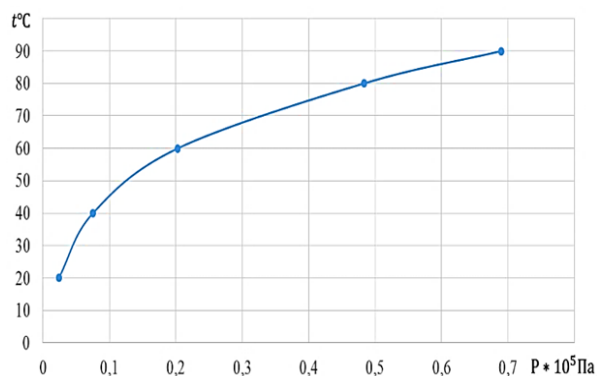
7-расм. Ҳароратни ўзгаришидан  $E_c/E_0$  муносабати

Кавитация пайтида ҳароратни босимга боғлиқлиги 8-расмда кўрсатилган.

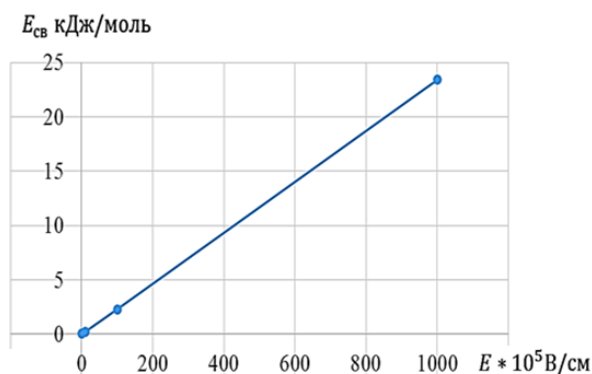
Молекулалар орасидаги ўзаро таъсирини кучайтирувчи қўшимча энергия:

$$\Delta U = \{e^2 / [4R_{OH} \sin^3(\varphi_0/2)]\} [2\sin^3(\varphi_0/2)3 \sin^2(\varphi_0/2) + 1] + (2\alpha e / R_{OH}^2) S(R_0) E \cos(\varphi_0/2) + \alpha E^2 / 2. \quad (10)$$

9-расмда ўзаро молекуляр алоқалар энергиясига ташқи майдоннинг таъсири берилган.



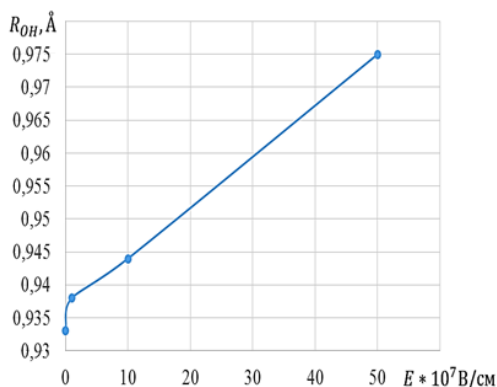
8-расм. Кавитация пайтида ҳароратни босимга боғлиқлиги



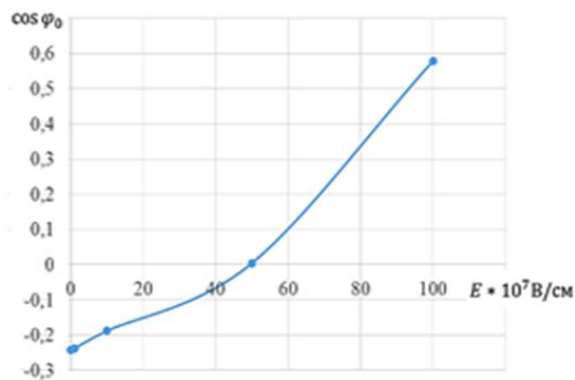
9-расм. Ўзаро молекуляр алоқалар энергиясига ташқи майдоннинг таъсири

Майдоннинг кучланиш  $E=10^5 \div 10^6$  В/см га тенг бўлган пайтдаги ўзаро молекуляр алоқалар энергияси унча катта эмас ва у  $\Delta G=0,023 \div 0,23$  кДж/мольга га тенгдир.

Ташқи электр майдон сув молекулалари қуйидаги тавсифларни ўзгартиради:  $O - H$  алоқанинг ўртача узунлиги, алоқалар орасидаги бурчак ва дипол momenti. 10-, 11- ва 12-расмларда ташқи электр майдон таъсирида сув кўрсаткичларининг ўзгариши берилган.



10-расм.  $E$  га боғлиқ холда алоқа узунлигини ўзгариши



11-расм.  $E$  га боғлиқ холда қутбли бурчакни ўзгариши

Яхши ўтказувчанлик муҳитда ( $\gamma \gg \omega \epsilon \epsilon_0$ ) скаляр шаклидаги кучланиш вектори учун ушбу тенглик ўринлидир:

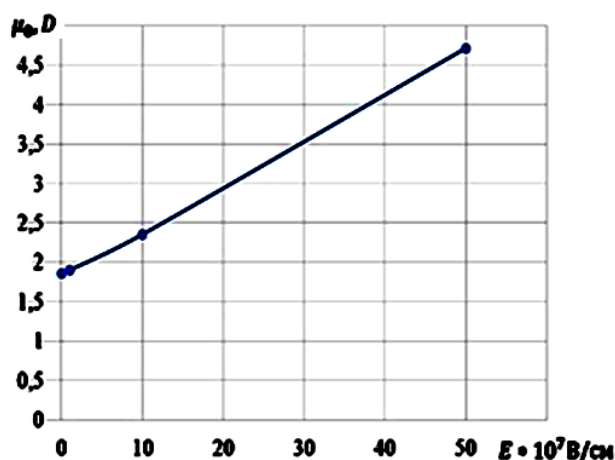
$$\nabla^2 E_{\text{полн}} = \mu \mu_0 \gamma \frac{\partial E_{\text{полн}}}{\partial t} . \quad (11)$$

Ушбу тенглик диффузия ёки иссиқликни тарқатиш тенгламасини билдиради. Иссиқлик жараёнларининг тарқалиш тенгламаси:

$$\nabla^2 n = \frac{1}{\gamma} \partial n / \partial t . \quad (12)$$

Кучланиш  $E$  нинг ўсиши билан кислород – водород алоқа узунлиги ортади ва  $E = 10^9$  В/см бўлган пайтда эса молекула парчаланadi. Алоқалар орасидаги қутб бурчагининг камайиши молекуланинг кучли қутбланишини ва протонлар орасидаги электрон концентрациясини ортишини англатади.

Сув молекулаларининг дипол momenti ташқи майдон кучланишнинг ортиши билан ортади.



12-расм.  $E$  га боғлиқ бўлган дипол momentининг ўзгариши

Иссиқлик тенгламаларини ягона электр магнит майдони тенгламалари билан таққослаб, қуйидаги хулосага келишимиз мумкин, яъни улар ёрдамида ҳароратни тарқалиш жараёнларини ёққол тасаввур қилиш мумкин.

**«Кавитацион қурилмаларини бошқариш тизимларини ишлаб чиқиш муаммолари ва уларни математик моделлаштириш»** деб номланган учинчи бобда кавитацион қурилмаларни бошқариш тизимлари ишлаб чиқилган. Ушбу бошқариш тизимлари паст - 6 дан 25 Гц ва юқори - 10 дан 60Гц гача бўлган частоталар диапазонида ишлаши лозим. Ишлаб чиқилган бошқариш тизими, кичик ўлчамлиги, ишидаги ишончилиги ва юқори кучланиш керак эмаслиги талабларга жавоб бериш лозим.

13-расмда бошқариш тизими ҳамда сувни тозалаш ва зарарсизлантириш ўзгартиргичининг кўринишлари берилган. Бошқариш қурилмаларида C++ Builder 6 дастури қўлланилган. Кавитацион жараёнларни рақамли моделлари яратилган.

Бир фазали тизим учун турбулентлик фақат сув учун ҳисобланади. Рақамли моделлар асосида пуфакчанинг динамик тенгламаси олинган:

$$\frac{dR}{dt} = \sqrt{\frac{2}{3} \left( \frac{p_H - p}{\rho} \right)}. \quad (13)$$

Соддалаштирилган тенглама (13) учта моделни аниқлаш имконини беради: Singhal модели, Zwart-Gerber-Belamri модели, Schnerr-Sauer модели. Singhal модели фазалар оралиғидаги ўтказувчанликни аниқлайди. Ўхшашликни ошириш мақсадида буғ учун тенглама такомиллаштирилди. Буғни ўтказиш, ҳажмий концентрацияга боғлиқ ҳолда математик статистика ва кавитация пуфакчаларининг сони билан аниқлаш орқали амалга оширилади:

$$\alpha = \frac{n^* \pi R_0^3}{1 + n^* \pi R_0^3}. \quad (14)$$



13-расм. Ўзгарткич ва бошқариш тизимининг кўриниши



Schnerr–Sauer модел жараёнининг тенгламаси куйидагича бўлади, агар  $p < p_H$ , унда

$$m_e = \frac{\rho_{var}\rho_1}{\rho} \alpha(1 - \alpha) \frac{3}{R_0} \sqrt{\frac{2}{3} \frac{p_H - p}{\rho_1}},$$

агар  $p > p_H$

$$m_c = \frac{\rho_{var}\rho_1}{\rho} \alpha(1 - \alpha) \frac{3}{R_0} \sqrt{\frac{2}{3} \frac{p - p_H}{\rho_1}}. \quad (15)$$

Гидродинамик кўп фазали оқимларнинг моделлаш «ANSYS CFX» дастурида амалга оширилган. Рақамли моделлаш жараёнида уюрмали камерадаги суюқлик харакатининг тавсифлари олинган. 14-расмда вақтга нисбатан статик босимнинг ўзгариши кўрсатилган.

Электр магнит, иссиқлик ва бошқа майдонларни таҳлил қилиш учун ELCUT дастури қўлланилган.

Иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси физик моделда ечилган:

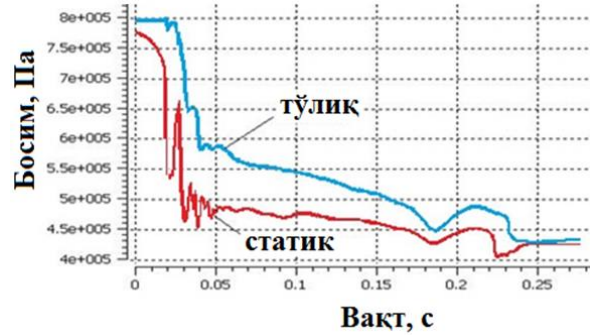
$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) = -q(T) - c(T)\rho \frac{\partial T}{\partial t}; \quad (16)$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( \lambda(T)r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -q(T) - c(T)\rho \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (17)$$

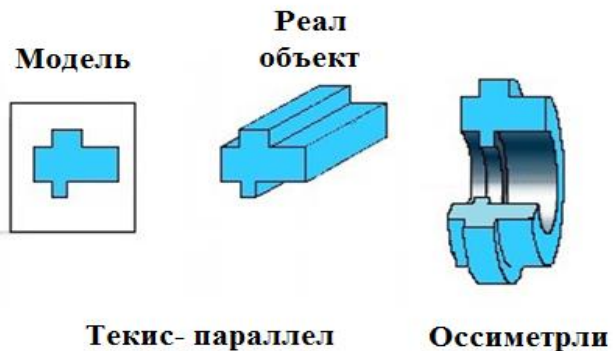
бу ерда:  $T$  – харорат,  $t$  – вақт;  $\lambda(x,y,z,r)$  – иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси коэффициентининг ташкил этувчилари;  $\lambda(T)$  – иссиқлик ўтказувчанликнинг ҳароратга боғлиқлиги;  $q$  – иссиқлик ўтказувчанликни солиштирма қуввати;  $c(T)$  – ҳароратга боғлиқ бўлган солиштирма иссиқлик ҳажми;  $\rho$  – материал зичлиги.

Харорат майдони ҳар доим трансляцион ёки ўқли симметрияга эга бўлган геометрияни ифодалаш билан бошланади (15-расм).

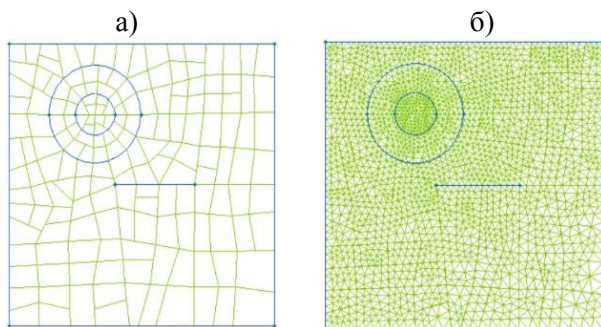
16- ва 17-расмларда геометрик моделни дискретизациялаш учун ҳисоблаш соҳаси берилган.



14-расм. Уюрмали камерадаги статик ва тўлик сингувчанлигининг ўзгариши

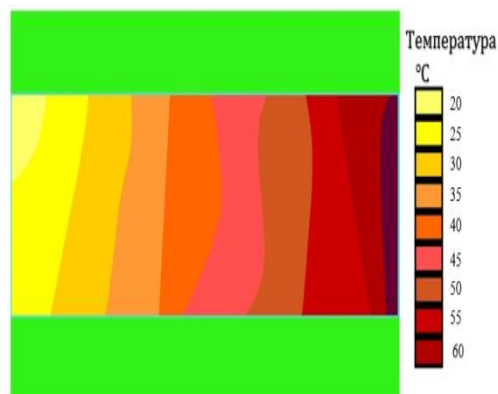


15-расм. Ҳисоблаш соҳасининг геометрияси



а) оптимал элементлар сони билан доменларга бўлиш; б) доменларни учбурчакка ажратилиши ва тўр билан тўлдирилиши

**16-расм. Ҳисоблаш соҳасини дискретизациялаш**



**17-расм. Кавитацион қувурдаги ҳароратни тақсимланиши**

Айланаётган майдонида токни ва кучланишни тақсимланиши олинган:

$$\delta = p\dot{H}_0 \frac{chp(a-z)}{shpa};$$

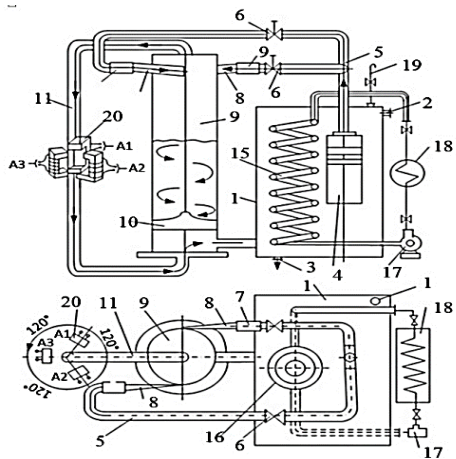
$$\dot{H} = \dot{H}_0 \frac{shp(a-z)}{shpa}, \quad (18)$$

бу ерда:  $p = \sqrt{\mu\mu_0\gamma\omega e^{j45^\circ}}$ ;  $\dot{H}_0 = Iw/l - z = 0$  нуқтадаги майдоннинг кучланиши.

Олинган тавсифлар шундан далолат берадики, айланаётган сув оқимида электр куч чизиклари тўпланеди, унда майдон сув оқимининг йўналишига перпендикуляр йўналишга эгадир.

**«Кавитация асосида энергия тежовчи қурилмаларини амалиётга қўллаш»** номли тўртинчи бобда, кавитацион жараёнлар асосида суюқликдан иссиқликни ажратиш усули ва сувни тозалаш, зарарсизлантириш ва кавитацион иссиқлик генераторининг қурилмаси ишлаб чиқилган.

18-расмда кавитацион иссиқлик генераторининг қурилмаси келтирилган.



- 1 – кенгайтириш баки; 2 – сувни айлантириш учун қувур; 3 – тўр; 4 – тормоз қурилмаси;
- 5 – байпас линияси; 6 – бошқариладиган дроссел; 7 – механик кавитатор;
- 8 – қискарувчи сопло; 9 – уюрма қувури;
- 10 – диафрагма; 11 – байпасли қувур ўтказгич;
- 12 – конфузур ўрнатгич; 13 – диффузор ўрнатгич; 14 – шайба; 15 – кавитация пластинаси; 16 – илонсимон иссиқлик ўзгартиргич; 17 – марказий насос;
- 18 – ташқи иссиқлик истеъмолчи;
- 19 – ҳаво крани;
- 20 – электр магнит кавитатори

**18-расм. Кавитацион генератор қурилмаси**

19-расмда иссиқлик генераторининг саноатдаги ускуна расми келтирилган.

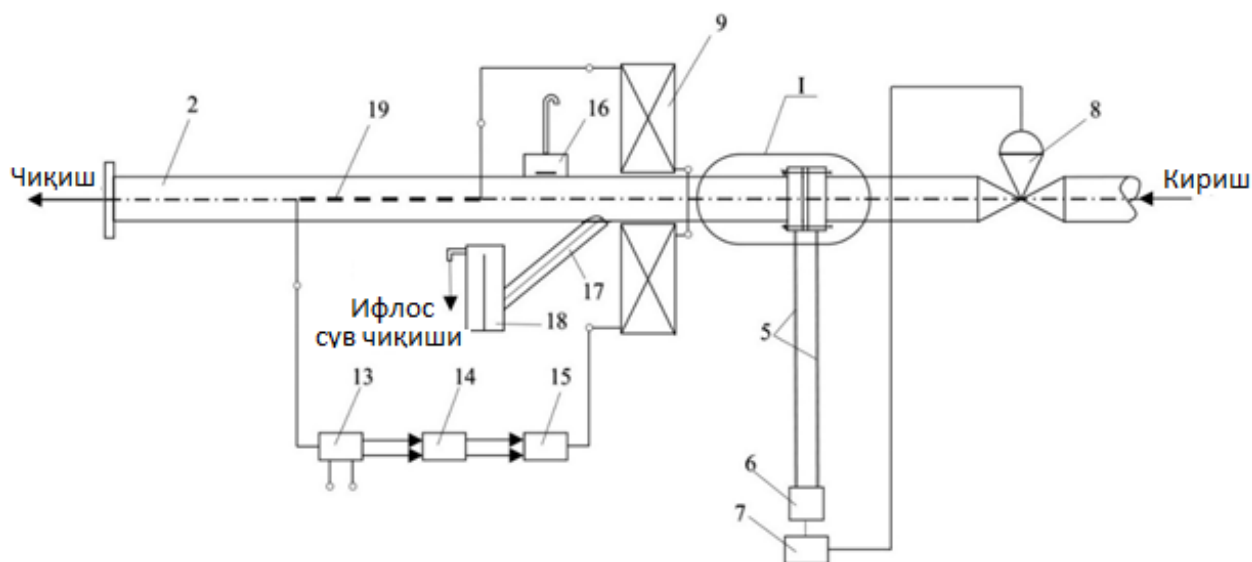
20-расм кавитация асосида сувни ва зарарсизлантириш учун ишлаб чиқилган қурилмасини фотосурати, саноат ускунасининг чизмаси эса 21-расмда келтирилган.



**19-расм. Кавитацион иссиқлик генераторининг кўриниши**



**20-расм. Саноат ускунасининг кўриниши**



1 – сув ўтказувчи магистрал; 2 – горизонтал ўрнатилган қувур; 3 – қисқариб борувчи диафрагма; 4 – фланцлар; 5 – импульсли линия; 6 – дифманометр; 7 – Пи-тўғирлагичли иккиламчи ускуна; 8 – бажарувчи клапан; 9 – соленоид ғалтаклари; 10 – ғалтаклар ўрамлари; 11 – чиқиш клеммалари; 12 – ғалтаклар; 13 – трансформатор; 14 – бошқарув блоки; 15 – паст частотали генератор; 16 – газ чиқарувчи камера; 17 – қия четлатиш; 18 – гидравлик беркитгич; 19 – мис ўзак.

**21-расм. Кавитация асосида сувни тозалаш ва зарарсизлантириш қурилмаси**

1-жадвалда сув молекулаларини буриш ва кавитациядан фойдаланган ҳолда ишлаб чиқилган ва мавжуд иссиқлик генераторларининг таҳлили келтирилган.

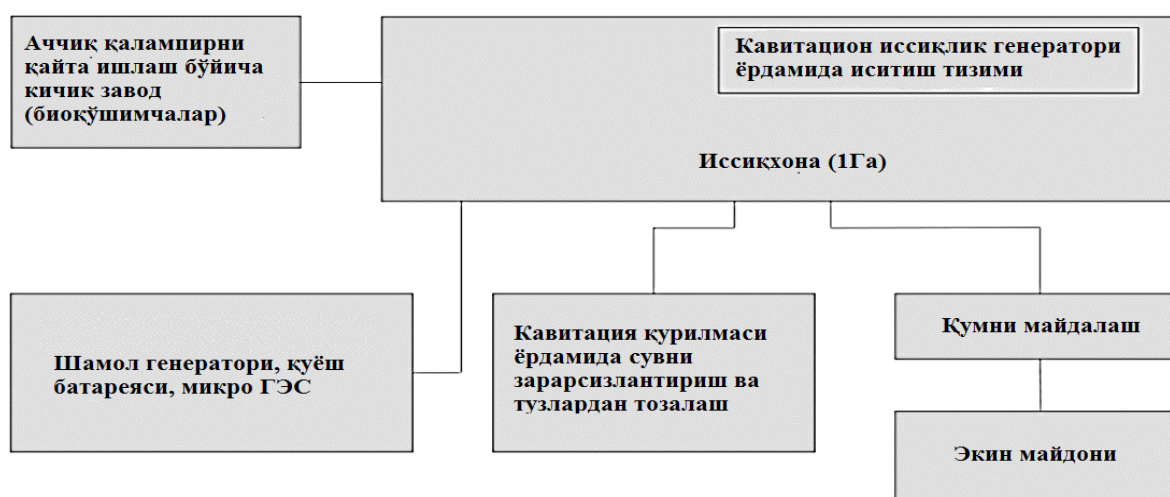
1-жадвал

Сув молекулаларининг кавитацияси асосида ишлаб чиқилган ва чиқарилаётган иссиқлик генераторларининг кўрсаткичлари

Раҳбарлар	Фирмалар	Куввати, кВт	Иссиқлик самарадорлиги
Потапов Ю.С.	«Юсмар»	2,7÷65	1,2÷1,55
Потапов Ю.С.	«Энергоресурс»	18÷78	2,2÷8,8
Осипенко С.Б	«Текмаш»	2÷4	0,98
Дж. Григс	«Гидр.помпа»	2÷3	1,3÷1,8
Курносоев Н.Е.	«Темовихрь»	3÷3,8	1,5
Павловский П.Я.	«Энергоресурс»	7,5	2,38
Осаул А.И.	«Элита-Фонд»	5	1,3÷1,7
Скорлыгин В.	«Урал – СВ»	15	1,4
Перкинс Ю.	«Hydrodynamichs»	3,4÷4,6	1,64÷7
Мартыненко С.А.	«Термер»	400	0,96
Глухов Н.	«ВВТ ТГШ-11»	7,8÷8,6	1,44÷2,95
Колесник В.Г	«Энергоресурс»	-	1
Разработанное устройство	ТашИИТ	7,5÷100	2,38÷2,79

Энергия ва ресурс тежамкор технологиялар асосида Ўзбекистоннинг қуруқ ҳудудларида фермер хўжаликларини инновацион ривожлантириш таклиф қилинган.

22-расмда фермер хўжалигининг тузилмавий схемаси келтирилган.

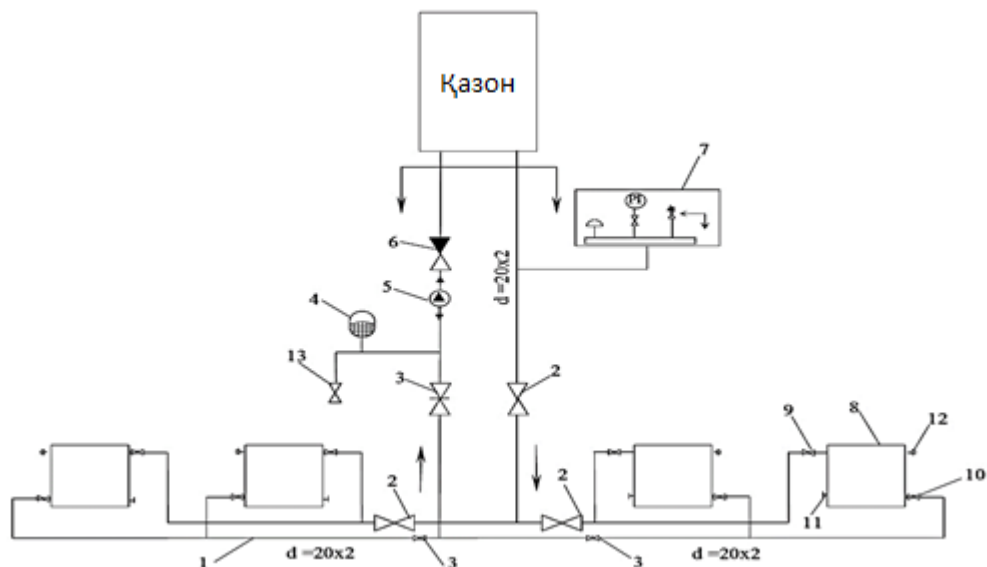


22-расм. Инновацион фермер хўжалигининг тузилмавий схемаси

Иссиқликни таъминлаш кавитацион иссиқлик генераторидан ташкил топган бўлиб, у механик кавитаторлар, уюрма қувири, каверн сонини кўпайтирувчи электр магнит, насос ва назорат қурилмаси ҳамда ёрдамчи қурилмалардан иборат.



23-расмда хонадонни иситиш тизими чизмаси келтирилган.

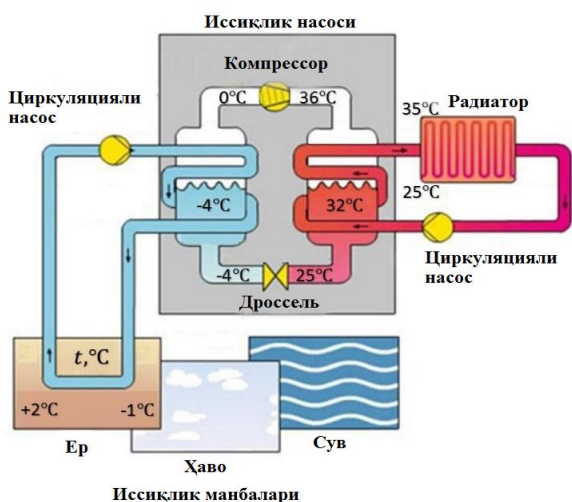


1 – металлополимер қувур; 2 – шарли кран; 3 – тўғри нуктали паррак; 4 – иситиш учун мембран баки; 5 – циркуляция насоси; 6 – тескари клапан; 7 – иссиқлик ҳимояси; 8 – биметаллик секцион радиатор; 9 – қўл ёрдамида ростловчи қопқок; 10 – тўғирловчи қопқок; 11 – радиатор ёпқичи; 12 – қўл ёрдамида хавони четлаштирувчи;

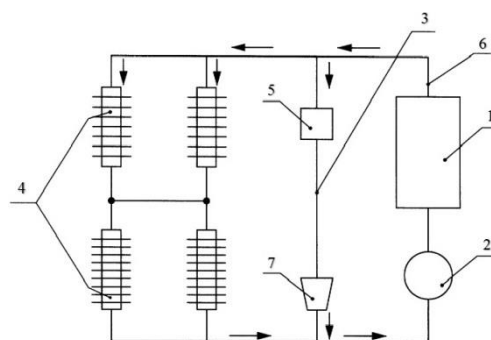
**23-расм. Хонадонни иситиш тизимининг чизмаси**

Хонадонларни иситиш учун Ер энергиясини қўллаш таклиф қилинган. Берилган технология 1 кВт электр энергиясидан 3...7 кВт иссиқлик энергиясини олиш, имконини беради. Бундай жараён иссиқлик энергиясини кўпайтирувчи иссиқлик насос ишлари билан боғлиқ, яъни улар Ер иссиқлик энергиясини кўпайтиради

24-расмда Ернинг потенциал энергиясини қўллаш чизмаси келтирилган.



**24-расм. Иссиқлик тизимларида ер энергиясини қўллаш**



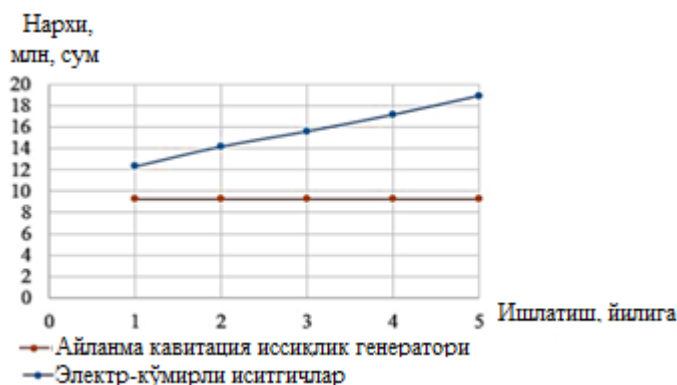
1 – иссиқлик генератор; 2 – сувли электронасос; 3 – байпасли линия; 4 – сув билан иситиладиган радиаторлар; 5 – дроссель; 6 – сув етказиб берувчи магистрал; 7 – паст босимли эжектор.

**25- расм. Йўловчи поезд вагонини иситиш тизими**

Ишлаб чиқилган уюрма иссиқлик генератор тизимини йўловчи поезд вагонларини иситиш учун қўллаш мумкин. 25-расмда ушбу иситиш тизиминининг чизмаси кўрсатилган.

26-расмда темир йўл транспортида йўловчи вагонларни иситиш учун уюрма кавитация иссиқлик генератори ва электр-кўмир истиш тизими қўлланилганда 6 ойлик иситиш мавсумидаги электр энергия сарф ҳаражатларини таққослаш келтирилган

Ушбу графикка мувофиқ ҳар бир уюрма иссиқлик генераторининг 5 йил фойдаланилганда электр энергияни тежашдаги фойдаси 64,8 миллион сўмни ташкил қилади (Ўзбекистонда иситиш мавсуми йилига 3 ойни ташкил этади).



26-расм. Электр энергия сарф ҳаражатини таққослаш

**«Кавитация асосда қурилмаларни яратиш ва тадбиқ қилиш бўйича тавсияларни ишлаб чиқиш»** деб номланган бешинчи бобда, кавитация усули билан сувни тозалаш ва зарарсизлантириш ускунасини экспериментал тадқиқотлари берилган.

Экспериментлар чиқишдаги қарши босим ўзгаришининг катталигига боғлиқ бўлмаган сувни доимий сарф қилиш пайтида ўтказилган.

Сув сарфи венти́лллар ёрдамида ўрнатилган, датчиклар ёрдамида тезлик аниқланган ҳамда босим манометр ёрдамида ўлчанган. Кавитация тешигининг катталиги дресселлар ёрдамида бошқарилган.

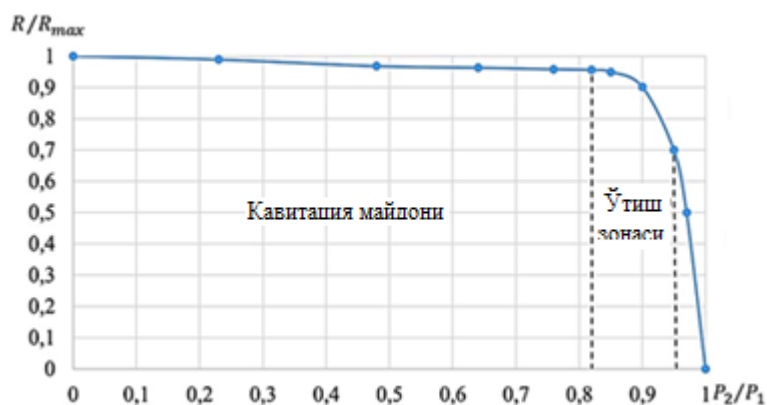
Тажириба натижасида қуйидагилар аниқланган, яъни қурилмадан чиқаётган пайтидаги босимнинг ўзгариши унинг ишига таъсир этмайди, сабаби кириш пайтидаги босим ва сарф қилинган сув ўзгаришсиз қолади. Чиқиш босими чегаравий босимдан кўп бўлмаган ҳолатда ( $P_2 < P_{2кр}$ ) бу шарт бажарилади. Қурилма орқали сув сарфи 0 дан 1.95 л/с гача, босим 0 дан  $0,9 \cdot 10^6$  Па гача бўлган.

27-расмда  $P_2/P_1$  муносабатга нисбатан сарф қилинган сувнинг ўзгариши берилган.

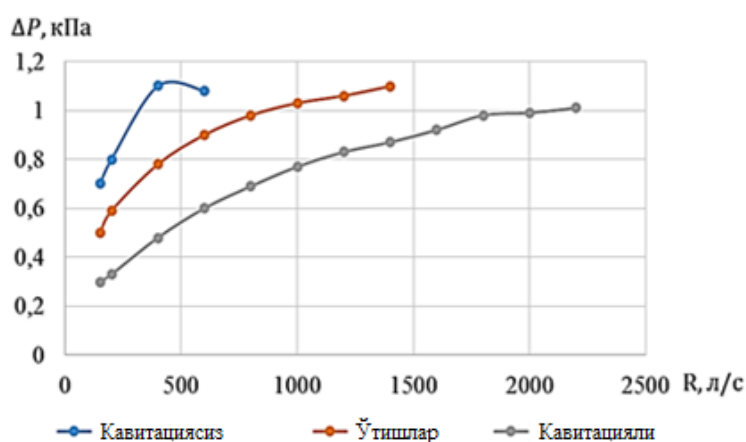
28-расмда сарф қилинган сувнинг ўзгаришидан босимнинг йўқотилиши  $\Delta P = P_1 - P_2$  ҳақидаги маълумотлар келтирилган.

0,7 дан 1,1 литргача бўлган сарфланган сув диапазонида кавитациясиз режим кузатилган.

Қувурнинг тор жойидаги қаршилиқни камайиши билан  $P_c$  босими тўйиниш босимига яқинлашган ва бу режим сув сарфининг барча ўзгаришларида сақланган.

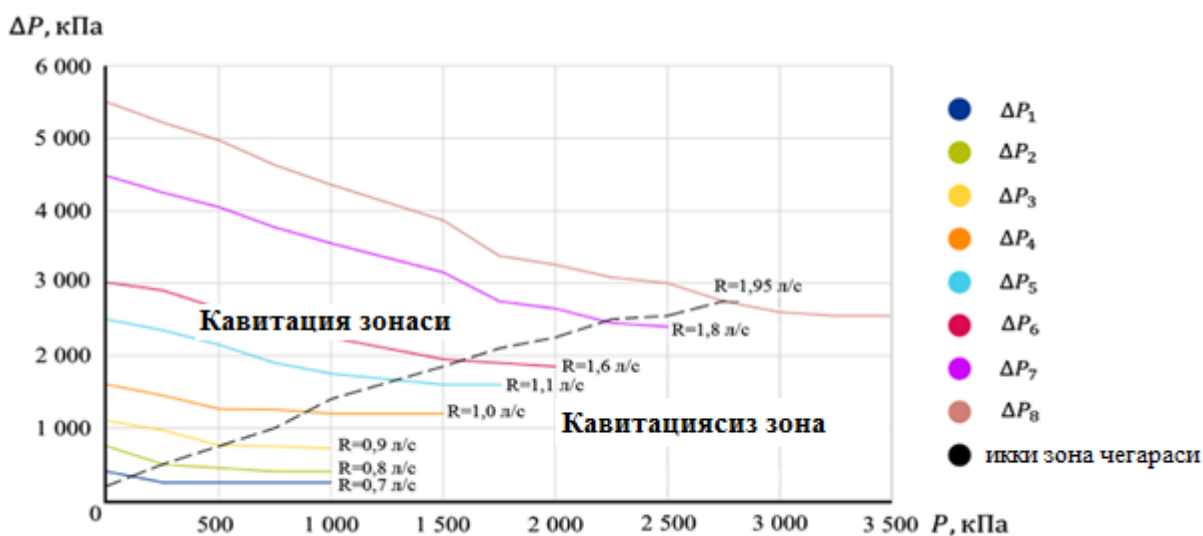


27-расм. Босимга нисбатан сув сарфининг ўзгариши



28-расм. Сарф қилинган сув туфайли йўқотилган босимнинг ўзгариши

30-расмда  $R=1,2$  л/с бўлганда қурилма чиқишидаги қарши таъсирга кавитация зона узунлигининг боғлиқлиги кўрсатилган.

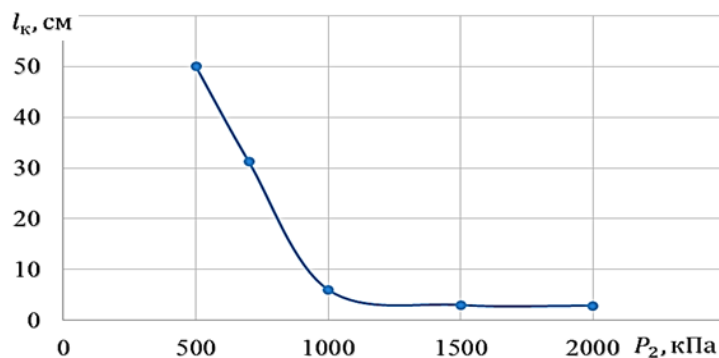


29-расм. Қурилманинг тадқиқот натижалари

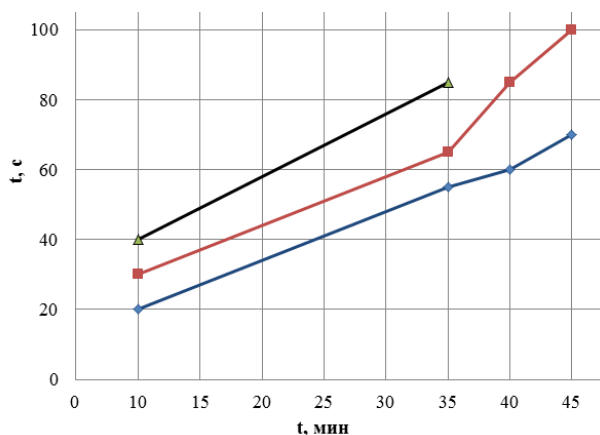
Тажрибалар шунингдек, кавитацион диффузор узунлигини ўзгартириш билан ҳам ўтказилган. Кавитацион диффузор  $20^\circ$  оғиш бурчагига эга бўлган иккита конусдан иборатдир.

Кавитацион узунлиги, 50 мм диаметрغا эга, ўзининг узунлиги 500 мм бўлган найча билан аниқланган. 29-расмда қурилманинг чиқишидаги босимни ошган босимга боғлиқ бўлган тажрибалар натижалари кўрсатилган.

Сувни тозалаш ва зарарсизлантириш қурилмасини синовдан ўтказиш натижасида оптимал диффузорнинг бурчаги  $20^\circ$  тенглиги аниқланган, чунки у бунда минимал йўқотишларни таъминлайди.

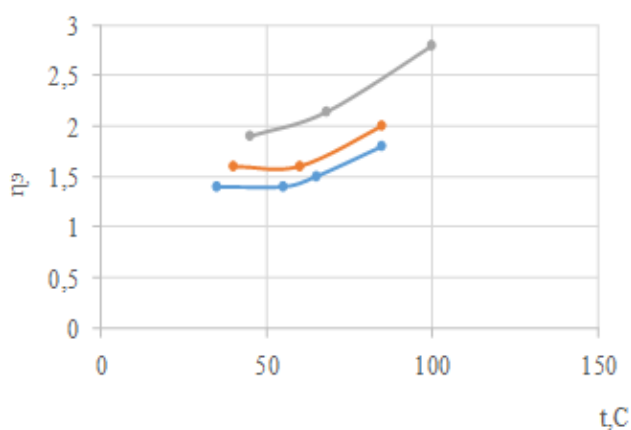


**30-расм. Чиқишдаги қарши таъсирнинг кавитация зона узунлигига боғлиқлиги**



**31-расм. Иссиқлик генераторидаги сув ҳароратининг ортиш графиги**

Кавитаторнинг тор қисмида сув оқимнинг ҳаракат тезлиги 80...100 м/с етган. Кавитация зонаси сув сарфининг 1,1 дан 1,95 л/с гача етган пайтида кенгаяди.



1 – насосиз; 2 – насосли;  
3 – ЯЭМ қурилмали ва насосли  
**32- расм. Иссиқлик генератор самарадорлигининг ҳароратга боғлиқ бўлган ўзгариши**

31-расмда иссиқлик генераторидаги сув ҳароратининг ўсиш графиги берилган.

32-расмда иссиқлик генераторининг самарадорлигининг ҳароратига боғлиқлик ўзгариши келтирилган.

2-жадвалда хоналарни иситиш учун иссиқлик генераторининг синов натижалари келтирилган. Кавитацион услуб билан сувни тозалаш ва зарарсизлантириш қурилмасининг 16 711,845 ш.б. ни ташкил қилувчи иқтисодий самарадорлиги аниқланган ва у асосий техник кўрсаткичлар бўйича устунликга эгадир.



## Хоналарни иситиш синовларининг натижалари

Давр	Бошланғич маълумотлар					Ҳисобланган маълумотлар				
	Сувнинг ҳарорати, °C			Харажат ўлчагичнинг кўрсаткичи	Ҳисоблагичнинг кўрсаткичи	Электр энергиянинг харажати		Сувнинг ҳажми, л	Иссиқлик энергиясининг харажати МДж	Энергия ўзгартриш коэффициенти, K=Q/P
	узатиш	қайиш	фарқ			кВт*соат	МДж			
1-босқич. Бақдаги сувни иситиш ва қурилмани ишга тушириш										
18:00- 20:00 (ёқиш)	20	-	-	56384,3	4728,4	-	-	-	-	-
19:00 (ўчириш)	85	-	65	56384,3	4728,7	1	1,2	3	1,15	1,2
2-босқич. Қурилмани такроран ишга тушириш										
19:10 (ёқиш)	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19:15	4664	29	17Б4	56385,4	4729,0	-	-	-	-	-
19:30	55,8	39	16,8	56386,7	4729,4	0,84	1,1	1,4	1,2	1,3
19:45	65,6	48	17,6	56387,8	4729,7	0,84	1,1	1,3	1,3	1,3
19:57 (ўчириш)	70	54	16	56387,8	4729,9	0,6	1,03	0,8	1,18	1,71
Жамп						2,28	3,23		3,68	1,4

Тажрибаларнинг натижалари шуни кўрсатадики, қурилма қуйидагиларнинг концентрацияларини: фенолни 70%, бензопиренни 90%, нефть маҳсулотларини 40%, коли-индекс бўйича сувни зарарсизлантиришни 99%, ОМЧ ни 97% га камайтириш имконини берган.

## ХУЛОСА

Ягона электр магнит майдони асосида энергия тежамкор технологияларни ишлаб чиқиш ва назариясини ривожлантиришга доир ўтказилган тадқиқотлар натижалари бўйича қуйидаги хулоса тақдим этилади:

1. Кавитация жараёнларини изоҳлаш мақсадида ягона электр магнит майдоннинг назарий асослари ҳамда услубияти ва унинг электрон модели ишлаб чиқилган.

2. Ичимлик сувидаги кавитация жараёнлари рақамли моделлар асосида ҳисобланган ва кавитацияга асосланган сувни тозалаш ва зарарсизлантириш бўйича қурилманинг лойиҳалаш учун асосий кўрсаткичларни танлаб олиш бўйича тавсиялар берилган. «ELCUT» дастури ва электр магнит жараёнлари учун ишлаб чиқилган моделлар ичимлик суви сифатини назорат қилиш ва ташхислаш имконини беради.

3. Кавитация асосида сувни сифатли зарарсизлантириш учун частота қиймати, импульсларнинг давомийлиги, тоқларнинг амплитудасини танлаш учун дастурий таъминотга эга бўлган бошқариш тизими ишлаб чиқилган. Сувни зарарсизлантириш ва тозалашнинг мақбул режими аниқланган, шунингдек оптимал қувват манбалари эга бўлган электр энергияси сарф-ҳаражати камайтириш мақсадида элементларнинг энергия тежайдиган улаш схемаси яратилган.

4. Ягона электр магнит майдон назарияси асосида кенг функционал имкониятларга эга кавитацион уюрма иссиқлик генераторининг қурилмаси ва бошқариш тизимининг принципиал электр схемаси ишлаб чиқилган.

5. Кавитацион иссиқлик генераторларининг мақбул иш режимини таъминловчи транзисторли частота ўзгартиргич драйверлари платасининг бошқариш схемаси таклиф этилган.

6. Сувни тозалаш ва зарарсизлантириш қурилмаси учун, частота қиймати 4 Гц дан 25 Гц гача, импульс давомийлиги 30 мс дан 100 мс гача ва ток амплитудаси 100 А дан 300 А гача бўлган кўрсаткичларни таъминловчи дастурий таъминотга эга бошқариш тизими ҳамда АТМega8 микроконтроллер асосида Proteus дастури (5 Гц дан 30 кГц гача) ёрдамида хоналардаги ўзгармас ҳароратни ва намликни ушлаб туриш учун иссиқлик генераторининг бошқариш тизимини электр схемаси ишлаб чиқилган.

7. Йўловчи вагонларни электр энергия сарфи кичик (1...7 кВт соатига) бўлган ҳолда иситиш ҳамда қайнатилган сув (100°C гача) билан узлуксиз таъминлаш учун ягона электр магнит майдонга асосланган кавитация иссиқлик генератори йилига 51 млн. сўмдан ортиқ иқтисодий самарадорлик билан жорий этилди.

8. «ECO AGRO INDASTIUS NOU HAU» МЧЖга кавитацион уюрма иссиқлик генератори ҳамда сувни тозалаш ва зарарсизлантириш қурилмалари жорий этилди, қурилмалардан фойдаланиш йиллик иқтисодий самара 1,2 млрд. сўмдан ортиқни ташкил қилади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017. Т.03.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И  
ООО «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР»**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

**КОЛЕСНИКОВ ИГОРЬ КОНСТАНТИНОВИЧ**

**РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ И РАЗРАБОТКА  
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
НА ОСНОВЕ ЕДИНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ**

**05.05.01 – Энергетические системы и комплексы**

**АВТОРЕФЕРАТ  
ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА (DSc)  
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

**Ташкент–2020**

**Тема докторской (DSc) диссертации зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2019.4. DSc/T308**

Диссертация выполнена в Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) и информационном портале «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Научный консультант:** **Аллаев Кахрамон Рахимович**  
доктор технических наук, профессор, академик

**Официальные оппоненты:** **Бабабажанов Максуд Каландарович**  
доктор технических наук, профессор

**Соколов Валерий Константинович**  
доктор технических наук, профессор

**Коровкин Николай Владимирович**  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:** **Ферганский политехнический институт**

Защита диссертации состоится « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г. в \_\_\_ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.03.03 при Ташкентском техническом университете и ООО «Научно-технический центр» (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: [tstu\\_info@tdtu.uz](mailto:tstu_info@tdtu.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрировано № \_\_\_\_). Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-03-41.

Автореферат диссертации разослан « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 года.  
(реестр протокола рассылки № \_\_\_ от « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 года)

**Р.А. Захидов**  
Зам. председателя Научного совета  
по присуждению учёных степеней,  
д.т.н., профессор, академик

**Н.Б. Пирматов**  
Ученый секретарь Научного совета  
по присуждению учёных степеней,  
д.т.н., профессор

**М.И. Ибадуллаев**  
Председатель Научного семинара  
при Научном совете по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

## ВВЕДЕНИЕ (Аннотация докторской (DSc) диссертации)

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире важное значение приобретают вопросы обеспечения надёжности снабжения электроэнергией, которые, в первую очередь, определяются состоянием электрических источников и применяемых в них электрооборудования и в соответствие с этим, вопросам повышения энергетической эффективности и улучшения основных показателей энергетических ресурсов. Вместе с тем, в настоящее время особое внимание уделяется разработке технологии и методов получения тепла на базе сжигания природного газа, электроугольного, трубчатых электронагревателей. Надёжность работы этих устройств в основном зависит от поставок энергоносителей. В то же время, создается теория и разработки альтернативных источников тепловой энергии, какими являются ветрогенераторы, солнечные панели, ядерные источники, в том числе и кавитационные теплогенераторы.

В мире проводятся исследования, посвященные вопросам определения потерь электрической энергии, сжигания природного газа и угля, выполняющие роль тепловых источников, повышения коэффициента полезного действия и продления их срока службы с длительной эксплуатацией, своевременного технического обслуживания с целью бесперебойной работы, по развитию теоретических методов и разработке энергосберегающих устройств, таких как кавитационные теплогенераторы. Работы в этом направлении считаются актуальными, в том числе, определение основных факторов, влияющих на срок службы тепловых устройств, уменьшение затрат на их эксплуатацию и обслуживание, совершенствование существующих технологий по получению тепловой энергии и разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий.

В Республике Узбекистан уделяется особое внимание бесперебойному и качественному теплоснабжению потребителей, в том числе, повышению эффективности использования электрической и тепловой энергии в энергетической сфере и на промышленных предприятиях, а также разработке и внедрению энерго- и ресурсосберегающей техники и технологий. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы поставлена задача «... сокращение энергоёмкости и ресурсоёмкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий, расширение использования возобновляемых источников энергии ...»<sup>1</sup>. Для выполнения указанных задач приоритетными являются, в частности, разработка и внедрение ресурса- и энергосберегающей технологии кавитационных теплогенераторов, которые обладают большим коэффициентом полезного действия, а также теории и методики кавитационных процессов при сокращении потребления природных ресурсов и электроэнергии в теплоэнергетике.

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-3238 от 23 августа 2017 года «О мерах по дальнейшему внедрению современных энергоэффективных и энергосберегающих технологий» и №ПП-3012 от 26 мая 2017 года «О программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017-2021 годы», в постановлении Президента Республики Узбекистан от 6 ноября 2018г. №ПП-4005 «О дополнительных мерах по дальнейшему развитию рыболовецкой отрасли и по широкому внедрению энергосберегающих технологий и инноваций», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной области.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II «Энергетика, энерго-ресурсосбережение».

**Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации.<sup>2</sup>** Научные исследования, направленные на разработку и создание устройств на базе кавитации, осуществляется в ведущих высших образовательных учреждениях и научных центрах мира, в том числе: Mississippi State University (США), University of Stuttgart (Германия), University of Zilina (Словакия), South China University of Technology (Китай), National Institute Technology (Индия), Казанский государственный энергетический университет (Россия), Томский политехнический университет (Россия), НИУ «Московский энергетический институт» (Россия), НПО «Техносервис-Электро» (Россия), ООО «Центр молекулярных технологий» (Россия), НИЦ «ЗТЗ-Сервис» и НПП «Эпром Инжиниринг» (Украина), Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (Узбекистан),

В результате исследований по совершенствованию методов по разработке источников теплоснабжения и очистки, обеззараживания воды были получены научные результаты, в том числе, разработаны: кавитационные вихревые теплогенераторы, устройства обеззараживания и очистки воды (Индия, Россия, США, Узбекистан, Германия, Китай).

В мире исследования по устройствам кавитационных вихревых теплогенераторов, обеззараживания и очистки воды ведутся по следующим направлениям: разработка устройств на основе кавитации для теплоснабжения домов и приусадебных участков, а также разработка систем управления и преобразования частоты, длительности импульса на основе современных технологий для управления процессами кавитации.

---

<sup>2</sup>При обзоре зарубежных научных исследований по теме диссертации использовались источники <http://www.ejta.org/en/ashokkumar1>, <http://bulletin-bsu.com/arch/2012/3/1-1/>, <https://www.omicsonline.org/ArchiveJCEPT/chemical-engineering-2018-proceedings-posters-accepted-abstracts.php>

**Степень изученности проблемы.** Научные исследования, направленные на повышение эффективности использования энергетических ресурсов, определение факторов, влияющих на эксплуатацию кавитационных теплогенераторов, а также на сокращение потерь электрической энергии и природных ресурсов в получении тепловой энергии, разработки теории и методики кавитационных теплогенераторов изучаются в ведущих высших образовательных учреждениях и научных центрах мира, в том числе: Mississippi State University (США), University of Stuttgart (Германия), University of Zilina (Словакия), South China University of Technology (Китай), National Institute Technology (Индия), Казанский государственный энергетический университет (Россия), Томский политехнический университет (Россия), НИУ «Московский энергетический институт» (Россия), НПО «Техносервис-Электро» (Россия), ООО «Центр молекулярных технологий» (Россия)..

Значительный вклад в решение научных проблем по определению факторов, влияющих на эксплуатацию тепловых систем и энергосберегающих технологий, применяемых в них, внесли такие зарубежные ученые, как J.L.Griggs, W.W.Thomson, R.K.Neiderjohn, G.G.Sanmann, V.V.Tichy, F.F.Huges, Р.А.Липштейн, Ю.А.Жулай, И.В.Брай, Б.В.Лосиков, И.С.Аптов, Л.О.Маневич, Б.П.Бурьянов, В.В.Иванов, А.С.Курочкин, И.М.Богачков, Ю.С.Потапов, Ю.П.Рассадкин, Б.Г.Кипелов, Е.А.Коваль, Л.П.Фоминский, А.П.Долин, Д.В.Шуварин и др.

Научные исследования, связанные с разработкой и внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий в Узбекистане, проводились и проводятся следующими учеными: Р.А.Зохидовым, Т.Х.Насировым, К.Р.Аллаевым, М.И.Ибадуллаевым, Н.М.Ариповым, Х.М. Муратовым, Ф.А. Хошимовым, Т.П. Салиховым, Ф.М. Мусабековым, М.К. Бобожановым, З.С. Искандаровым, А.А.Халиковым, С.Ф. Амировым, Д.Ф. Хамраевым и др.

На основании результатов этих исследований разработаны технологии энерго- и ресурсосберегающих устройств, определены и проведены оценки потери энергии в тепловых системах. Однако, в этих исследованиях недостаточно изучены вопросы совершенствования существующих технологий получения тепловой энергии, очистки и обеззараживания воды кавитационным методом, с целью получения дешевых видов теплогенераторов для отопления помещений, теплиц с наименьшими затратами электрической энергии без нарушения экологической среды. В настоящей работе важнейшими задачами считаются развитие теории и разработка энергосберегающих технологий на основе единого электромагнитного поля.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкенского института инженеров железнодорожного транспорта по теме: №84 «Применение единого пространственного поля для создания кавитационного теплового генератора»; по гранту АИФ№2/1 по теме: «Изготовление инновационного оборудования электромагнитного устройства обеззараживания и очистки

воды на основе кавитационных процессов»; и по гранту АИФ№2/2 по теме: «Изготовление инновационного оборудования для кавитационного генератора» по плану ТашГАУ с ООО «ECO AGRO INDASTRIOUS NOU HAU».

**Целью исследования** является развитие теории и разработка ресурсо- и энергосберегающих технологий на основе единого электромагнитного поля.

**Задачи исследования:**

разработка и развитие теоретических основ и методологии единого электромагнитного поля;

разработка математических моделей течения жидкости, теплопроводности, вращающегося электромагнитного поля и численных моделей кавитационных процессов;

разработка способов получения тепловой энергии на основе единого электромагнитного поля;

разработка устройств вихревого кавитационного теплогенератора, обеззараживания, очистки воды и систем управления режимами работы с программным обеспечением для управления режимами;

создание инновационных технологий для фермерских хозяйств, систем отопления дома, вагонов пассажирского поезда на основе кавитационного теплогенератора и энергии Земли;

разработка рекомендаций по созданию и внедрению устройств на основе кавитации.

**Объектом исследования** являются системы теплоснабжения, а также вода, подвергаемая процессам очистки и регенерации под действием единого электромагнитного поля.

**Предметом исследования** является развитие теории и разработка ресурсо- и энергосберегающих технологий очистки и обеззараживания воды, создание теплогенераторов для отопления на основе единого электромагнитного поля.

**Методы исследования.** В процессе исследований использованы современные инструментальные и аналитические методы, аппарат теории электромагнитного поля, методы экспериментальных исследований характеристик разработанных устройств, теория гидродинамических процессов, математическое моделирование, теория относительности, теории вращения.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработана теория единого электромагнитного поля силовых взаимодействий материальных тел на основе систем уравнений Максвелла для проектирования теплогенераторов;

разработана технология кавитационных процессов с помощью математических моделей, процессов течения жидкости, теплопроводности, вращающегося электромагнитного поля, тепловыделение в теплогенераторе;

разработано новое устройство очистки и обеззараживания воды на основе кавитации, имеющее характеристики, позволяющие качественно уничтожать бактерии и микроорганизмы;

разработано новое устройство вихревого кавитационного теплогенератора, на основе электромагнитного поля, имеющий высокий КПД;



разработаны способы получения тепловой энергии для отопления малых и больших жилых помещений.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана схема управления с программным обеспечением кавитационными устройствами на основе новой микропроцессорной низкочастотной техники для автоматизированного контроля процессами тепловыделениями, очистки и обеззараживания воды;

разработаны системы управления устройствами теплогенератора, очистки и обеззараживания воды на основе современной высокочастотной электронной базы, для изменения параметров устройств кавитации;

разработаны рекомендации по созданию устройств на основе кавитации для отопительных система, очистки и обеззараживания воды;

доказаны возникновения процессов кавитации при воздействии электромагнитных полей.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследований достигнута применением теоретически обоснованных концепций автоматизированного управления кавитационными процессами, на основе теории единого электромагнитного поля с использованием апробированных методов современной теории математического моделирования, а также совпадением теоретических предпосылок с практическими результатами и их взаимной согласованности.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследований заключается в разработке уравнений единого электромагнитного поля всех взаимодействий, позволяющие эффективно решать задачи кавитационных процессов течения жидкости, теплопроводности, методики определения характеристик кавитационных устройств, связанных с тепловыми процессами и в разработке математических основ моделирования.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке инструментального средства автоматизированного управления кавитационных устройств в виде программных комплексов, позволяющие изменять и анализировать характеристики устройств, а также в разработке устройств для качественной очистки, обеззараживания воды и получение ресурсо- и энергосберегающих источников тепловой энергии для различных отраслей.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по теории и практики кавитационных процессов для теплогенераторов, а также очистки и обеззараживания воды:

устройство обеззараживания и очистки воды от микробов и бактерий внедрено в рыбное хозяйство на ООО «ECO AGRO INDUSTRIUS NOU HAU» (справка Государственного комитета ветеринарии и животноводства Республики Узбекистан от 8 ноября 2019 года № 03/23-1684). Разработанное в результате научных исследований устройство обеззараживания и очистки воды позволяет получать экологически чистую воду для питания мальков;

устройство кавитационного теплогенератора внедрено в помещениях для устойчивого поддержания температуры при выращивании мальков рыб

на ООО «ECO AGRO INDASTRIUS NOU HAU» (справка Государственного комитета ветеринарии и животноводства Республики Узбекистан от 8 ноября 2019 года № 03/23-1684). Разработанное в результате научных исследований устройство позволяет отапливать малые и большие помещения и обеспечивает постоянство температуры окружающей среды и воды в бассейнах.

Технология кавитационных процессов, разработанная на основе математических моделей под действием вращающегося электромагнитного поля позволили нагревать поток жидкости и внедрена для отопления малых и больших помещений в рыбоводческом хозяйстве ООО «ECO AGRO INDASTRIUS NOU HAU» (справка Государственного комитета ветеринарии и животноводства Республики Узбекистан от 8 ноября 2019 года № 03/23-1684). В результате с помощью устройства управления параметрами обеспечена определенная влажность и постоянство температуры воды.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования диссертации докладывались и обсуждались на 11 научно-практических конференциях, в том числе, на 6 международных и 5 республиканских конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы: 1 монография, рекомендованные списком Высшей аттестационной комиссией РУз 22 журнальные статьи (в том числе 2 статей в зарубежных журналах), 5 статей в международных и республиканских журналах, то есть всего 40 научных работ, а также имеется 1 свидетельство на программу ЭВМ.

**Структура и объём диссертации.** Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 194 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты научная и практическая значимость полученных результатов, приведены перечень внедрений в практику результатов исследования, список апробаций результатов работы, сведения об опубликованных работах и структура диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние теории процессов, происходящих в воде под действием единого электромагнитного поля»** доказано, что единое электромагнитное поле представляет собой поле всех взаимодействий: гравитационного, электрического,

слабых и сильных. Выведенные уравнения представляют собой обобщенные уравнения электромагнитного поля Максвелла.

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \operatorname{rot} \bar{E}_{\text{полн}} &= \operatorname{grad} \operatorname{div} \bar{E}_{\text{полн}} - \Delta \bar{E}_{\text{полн}} = -\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} \frac{\partial^2 \bar{E}_{\text{полн}}}{\partial t^2} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \bar{E}_{\text{полн}}}{\partial t^2}; \\ \operatorname{rot} \operatorname{rot} \bar{A}_{\text{полн}} &= \operatorname{grad} \operatorname{div} \bar{A}_{\text{полн}} - \Delta \bar{A}_{\text{полн}} = -\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} \frac{\partial^2 \bar{A}_{\text{полн}}}{\partial t^2} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \bar{A}_{\text{полн}}}{\partial t^2}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\bar{A}_{\text{полн}}$  – векторный потенциал силового поля;  $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = 3 * 10^8 \text{ м/с}$  – скорость распространения единого электромагнитного поля.

Эти уравнения позволяют применять их для незамкнутых токов и отдельных зарядов, а также для любых видов полей (векторных и скалярных), без ограничений.

С точки зрения единой теории электромагнитного поля структура электрона является модель в виде тора с радиусом  $R_1$  до кольцевой оси,  $R_2$  по поперечному сечению тора (рис.1, 2).

Электромагнитное поле вращается вокруг тора со скоростью  $\omega_1$ , а вокруг центральной оси  $\omega_2$ , причем  $\omega_2 = 6\omega_1$ .

В результате внешних воздействий происходит изменение структуры воды за счёт торможения тороидальной поверхности.

Под действием единого электромагнитного поля магнитогидродинамические процессы в воде изменяют скорость, согласно уравнению:

$$\eta \frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} - \gamma B_x^2 v_z = \frac{\delta p}{\delta z} + \gamma E_y B_x = -\gamma B_x^2 v_z, \quad (2)$$

Решением является уравнение (3) при соблюдении граничных условий:

$$g_z(x) = g_0 \left( 1 - \frac{ch \frac{d_0}{d} x}{ch d_0} \right). \quad (3)$$

График изменения скорости показан на рис.3.

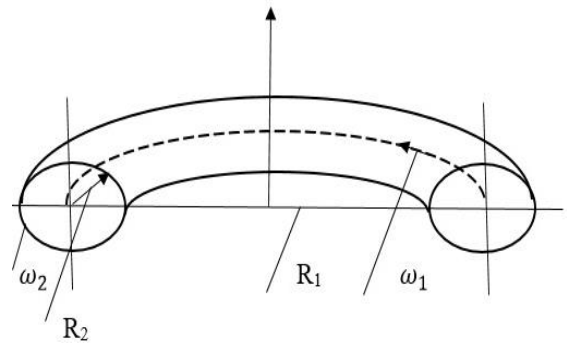


Рис 1. Тороидальная модель электрона

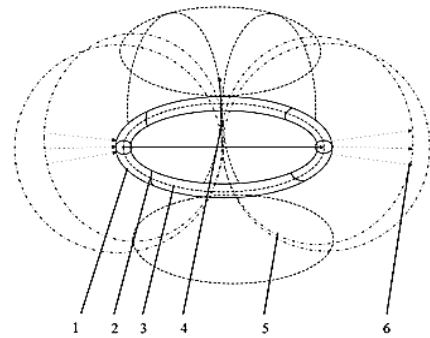


Рис.2. Электромагнитная модель электрона

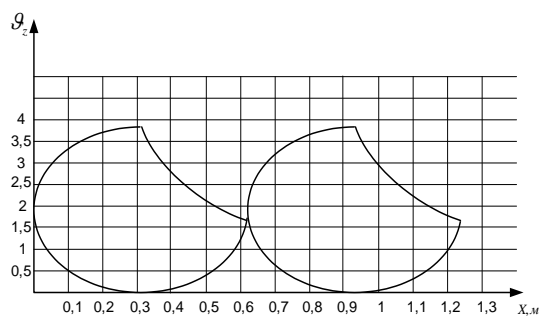
- 1 – тор электромагнитного поля;
- 2 – вихрь электромагнитного поля;
- 3 – кольцевая ось тора; 4 – центральная ось;
- 5 – поперечные составляющие единого электромагнитного поля;
- 6 – продольные составляющие поля

Известно, что любые движущиеся заряды создают вихревые, электрические и электромагнитные поля.

Вращающееся электромагнитное поле может вызвать кавитационные процессы, за счет возникновения давления:

$$P = J / (\vartheta(1+R)\cos^2\varphi), \quad (4)$$

где  $J$  – интенсивность электромагнитного поля;  $\vartheta$  – скорость;  $\varphi$  – угол падения;  $R$  – коэффициент отражения.



**Рис.3. Изменение скорости в зависимости от расстояния вдоль течения воды в трубе**

Исследование процессов в воде под действием единого электромагнитного поля позволило объяснить испускание и поглощение квантов, доказать влияние внешних полей на структуру воды, а также определить виды колебательных процессов, которые являются основой получения тепловой энергии.

Во второй главе «Исследование кавитационных процессов и их влияния на структуру воды» доказано, что кавитация возникает, если давление становится ниже давления насыщенного пара. Это происходит при изменении скорости течения жидкости, при разных сечениях труб, наличии диафрагмы капельном разбрызгивание воды.

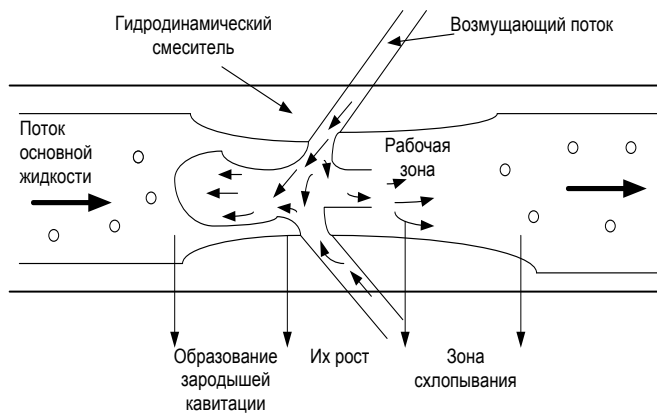
Движение воды с большими скоростями вызывает гидродинамическую кавитацию. При воздействии звуковых волн большой интенсивности возникает акустическая кавитация.

Кавитация, возникающая при действии электромагнитного поля, называется искусственной или электромагнитной. Кавитационная зона в трубке с местным сужением и образование каверн пузырьков представлена на рис.4.

При малых скоростях потока жидкости величина давления внутри пузырьков  $p_k > p_n$ , поэтому создаются условия для сильного развития каверн. Энергия, генерируемая при кавитационном режиме течения может быть представлена в виде:

$$E = k * (P - P_{нп}) * (R^3 - R_0^3), \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности;  $P$  и  $P_{нп}$  – давление в зоне схлопывания и давление насыщенного пара;  $R$  и  $R_0$  – радиус кавитационного пузырька максимальный и в момент схлопывания.

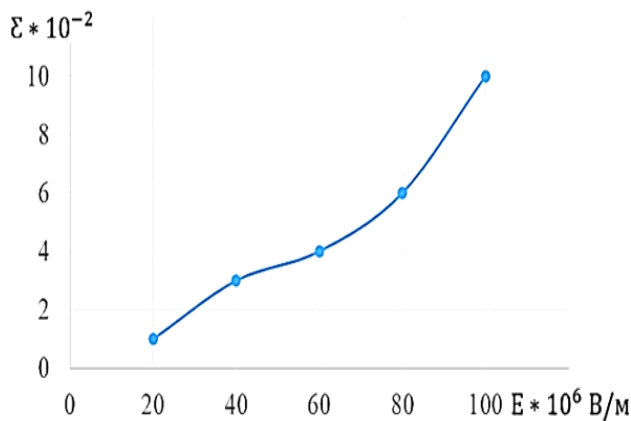


**Рис.4. Кавитационная зона в трубе, образование каверн и пузырьков**

жидкости в трубопроводе до действия единого поля;  $\vartheta_1$  – средняя скорость жидкости в трубопроводе после действия единого поля;  $c$  – скорость волны.

Под действием сильного электрического поля меняется диэлектрическая проницаемость воды. Это изменение происходит за счет нарушения структуры воды, за счет ее деформации под действием поля.

На рис. 5 показано изменение диэлектрической проницаемости воды от внешнего электрического поля.



**Рис.5. Изменение диэлектрической проницаемости воды от внешнего поля**

Единое электромагнитное поле действует как ударная волна на пузырьки кавитации. Увеличение давления при данной скорости определяется формулой Н.Е. Жуковского:

$$\Delta P = \rho(\vartheta_0 - \vartheta_1) * c, \quad (6)$$

где  $\Delta P$  – увеличение давления в Па;  $\rho$  – плотность жидкости в кг/м<sup>3</sup>;  $\vartheta_0$  – средняя скорость

жидкости в трубопроводе до действия единого поля;  $\vartheta_1$  – средняя скорость жидкости в трубопроводе после действия единого поля;  $c$  – скорость волны.

Под действием сильного электрического поля меняется диэлектрическая проницаемость воды. Это изменение происходит за счет нарушения структуры воды, за счет ее деформации под действием поля.

На рис. 5 показано изменение диэлектрической проницаемости воды от внешнего электрического поля.

Тепловая энергия, выделяемая при разрушении каверн, определяется:

$$E = (P - P_n)V_k + \rho V_k r + \sigma S_k, \quad (7)$$

Энергию, которую надо затратить для создания кавитации можно определить:

$$E_0 = 4\pi r^2 \sigma + 4/3\pi r^3 (P_0 + P_n), \quad (8)$$

Энергия, затрачиваемая на схлопывание кавитационного пузырька:

$$E_c = 4/3\pi P(r_{max}^3 - r_{min}^3) \approx 4/3\pi P r_{max}^3, \quad (9)$$

Отношение  $E_c/E_0$  от изменения давления показано на рис.6. Как видно из рис.6 отношение энергии захлопывания пузырька к энергии заполненная насыщенным паром в зависимости от давления меняется по прямолинейному закону.

Зависимость от температуры показана на рис.7.

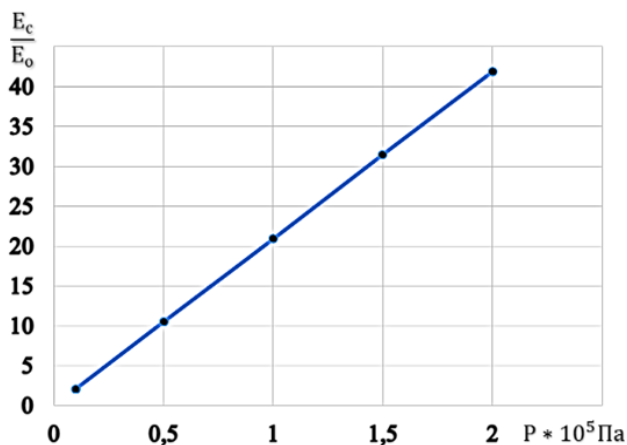


Рис.6. Отношение  $E_c/E_0$  от изменения давления

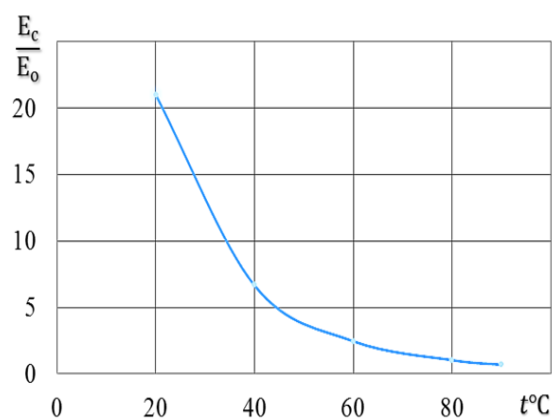


Рис. 7. Отношение  $E_c/E_0$  от изменения температуры

Из рис.7 видно, что отношение энергии равно единице при достижении температуры  $100^\circ\text{C}$ . Изменение энергии от температуры происходит по экспоненциальному закону. Зависимость температуры от давления при кавитации представлено на рис.8.

Добавочная энергия, которая приводит к усилению взаимодействия между молекулами:

$$\Delta U = \{e^2/[4R_{OH} \sin^3(\varphi_0/2)]\}[2\sin^3(\varphi_0/2)3 \sin^2(\varphi_0/2) + 1] + (2\alpha e/R_{OH}^2)S(R_0)E \cos(\varphi_0/2) + \alpha E^2/2, \quad (10)$$

Зависимость энергии связей от электрического поля показана на рис. 9.

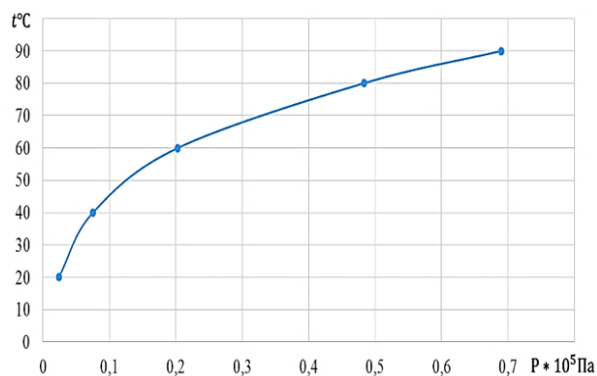


Рис. 8. Зависимость температуры от давления при кавитации

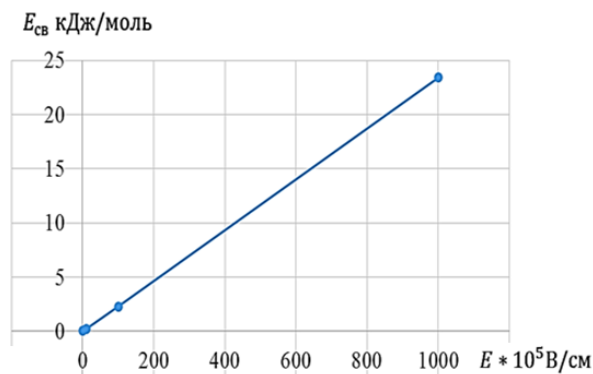


Рис. 9. Влияние внешнего поля на энергию межмолекулярных связей

Энергия межмолекулярных связей при напряженности поля  $E=10^5 \div 10^6 \text{ В/см}$  незначительна и равна  $\Delta G=0,023 \div 0,23 \text{ кДж/моль}$ .

Внешнее электрическое поле изменяет характеристики молекул воды: среднюю длину связи  $O - H$ , угол между этими связями и дипольный момент. Изменение параметров воды от внешнего электрического поля представлены на рисунках 10, 11 и 12.

В хорошо проводящей среде  $\gamma \gg \omega \epsilon \epsilon_0$ . Вектор напряженности в скалярной форме:

$$\nabla^2 E_{\text{полн}} = \mu \mu_0 \gamma \frac{\partial E_{\text{полн}}}{\partial t}, \quad (11)$$

Это уравнение представляет собой уравнение диффузии или распространения тепла. Уравнение излучения тепловых процессов:

$$\nabla^2 n = \frac{1}{\gamma} \frac{\partial n}{\partial t}, \quad (12)$$

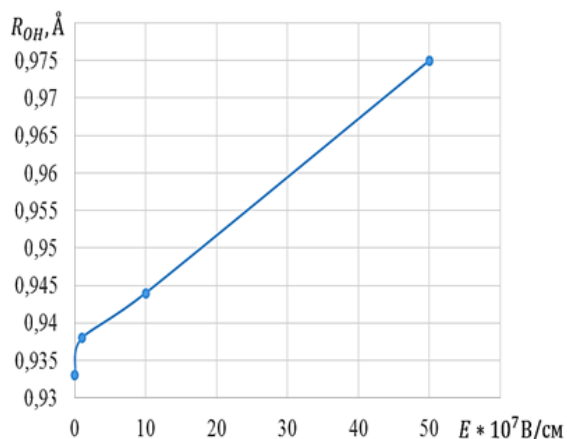


Рис.10. Изменение длины связи от  $E$

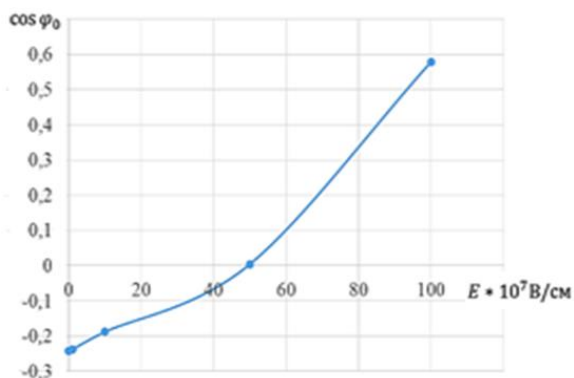


Рис.11. Изменение полярного угла от  $E$

С ростом напряженности  $E$  длина связи кислород-водород возрастает и при  $E = 10^9$  В/см происходит развал молекулы. Уменьшение полярного угла между связями говорит о сильной поляризации молекулы и увеличении концентрации электронов между протонами. Дипольный момент молекул воды возрастает с увеличением напряженности внешнего поля.

Сопоставляя тепловые уравнения с уравнениями единого электромагнитного поля, можно прийти к выводу, что с помощью них можно наглядно представить процессы распространения температуры.

В третьей главе «Проблемы разработки систем управления устройствами кавитации и их математическое моделирование» разработаны системы управления устройствами кавитации.

Эти системы управления должны работать как в низкочастотном диапазоне от 6 до 25 Гц так и на частотах от 10 до 60 кГц. Разработанная система управления должна отвечать требованиям малогабаритности, надежности в работе, не требовать высокого напряжения.

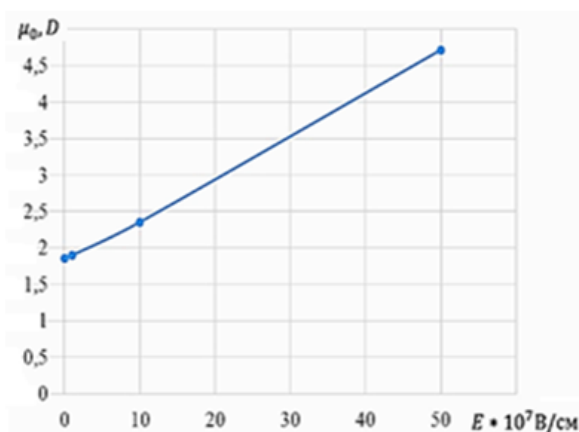


Рис.12. Изменение дипольного момента от  $E$

Фотография системы управления и преобразователя для очистки, обеззараживания воды представлена на рис.13. В устройствах управления использовалась программа С++ Builder 6. Созданы численные модели кавитационных процессов.

Для однофазной системы турбулентность считается только для воды. На основании численных моделей было получено динамическое уравнение пузырька:

$$\frac{dR}{dt} = \sqrt{\frac{2}{3} \left( \frac{p_H - p}{\rho} \right)}. \quad (13)$$



Рис.13. Фотография системы управления и преобразователя

Упрощенное уравнение (13) позволяет определить три модели: модель Singhal, модель Zwart-Gerber-Belamri, модель Schnerr – Sauer.

Модель Singhal определяет межфазный перенос.

В целях повышения сходимости было усовершенствовано уравнение для пара. Перенос пара осуществляется в зависимости от объемной концентрации, которая определяется математической статистикой и количеством кавитационных пузырьков:

$$\alpha = \frac{n \cdot \frac{4}{3} \pi R_0^3}{1 + n \cdot \frac{4}{3} \pi R_0^3}, \quad (14)$$

Уравнения процесса модели Schnerr–Sauer будут:

если  $p < p_H$ ,

$$\text{то } m_e = \frac{\rho_{var} \rho_1}{\rho} \alpha (1 - \alpha) \frac{3}{R_0} \sqrt{\frac{2}{3} \frac{p_H - p}{\rho_1}},$$

если  $p > p_H$ ,

$$\text{то } m_c = \frac{\rho_{var} \rho_1}{\rho} \alpha (1 - \alpha) \frac{3}{R_0} \sqrt{\frac{2}{3} \frac{p - p_H}{\rho_1}}. \quad (15)$$



Моделирование гидродинамических многофазных потоков проводилось в программе «ELCUT». При численном моделировании получены характеристики движения жидкости в вихревой камере. На рис.14 показано изменение статического давления от времени.

Для анализа электромагнитных, тепловых и других полей применяется программа ELCUT.

Уравнение теплопроводности решается на физической модели:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) = -q(T) - c(T)\rho \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (16)$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( \lambda(T)r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -q(T) - c(T)\rho \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (17)$$

где  $T$  – температура;  $t$  – время;  $\lambda_{(x,y,z,r)}$  – компоненты коэффициентов уравнения теплопроводности;  $\lambda(T)$  – теплопроводность как функция от температуры;  $q$  – удельная мощность теплопроводности;  $c(T)$  – удельная теплоемкость, зависящая от температуры;  $\rho$  – плотность материала.

Температурное поле всегда начинается с описания геометрии, которая обладает трансляционной или осевой симметрией (рис.15).

Расчетная область для дискретизации геометрической модели показана на рисунках 16,17.

Во вращающемся поле были получены распределения тока и напряженности:

$$\begin{aligned} \delta &= p \dot{H}_0 \frac{chp(a-z)}{shpa}; \\ \dot{H} &= \dot{H}_0 \frac{shp(a-z)}{shpa}, \end{aligned} \quad (18)$$

где  $p = \sqrt{\mu\mu_0\gamma\omega e^{j45^\circ}}$ ;  $\dot{H}_0 = Iw/l$  – напряженность поля в точке  $z = 0$ .

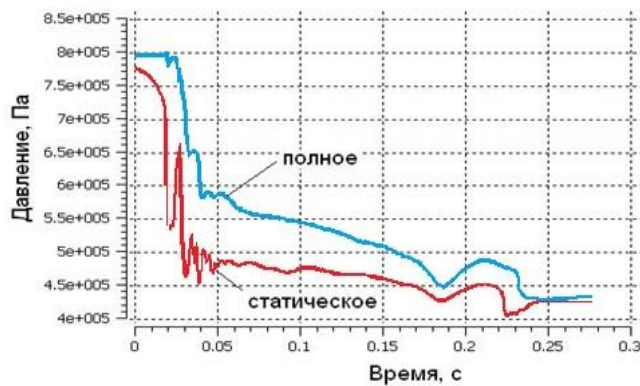


Рис.14. Статическое и полное давление в вихревой камере

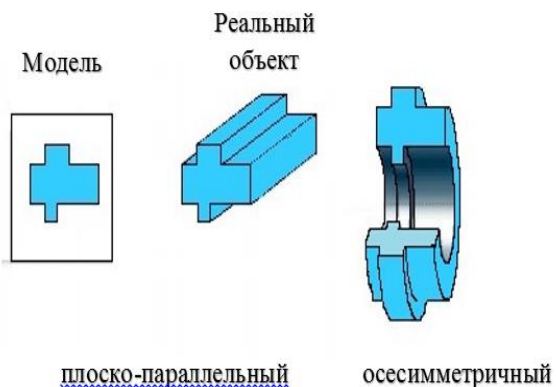
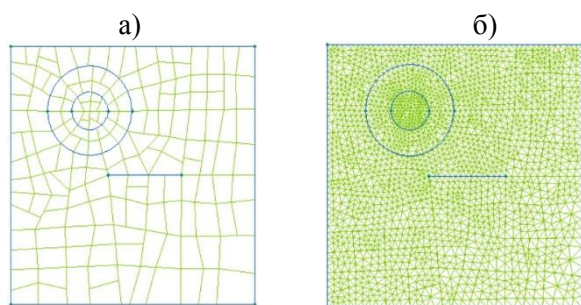


Рис.15. Геометрия расчетной области

Полученные характеристики показывают, что происходит скопление электрических силовых линий в закрученном потоке воды, где поле имеет направление, перпендикулярное направлению потока воды.



а) деление на домены с оптимальным числом элементов; б) разбивка доменов на треугольники и заполнение сеткой

Рис.16. Дискретизация расчетной области

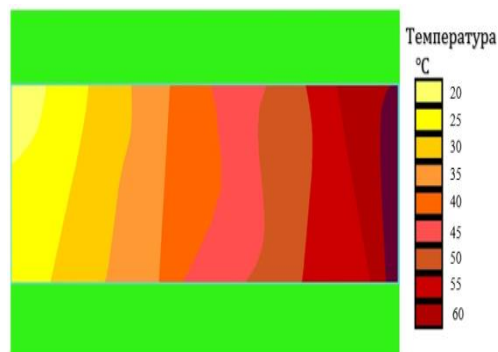
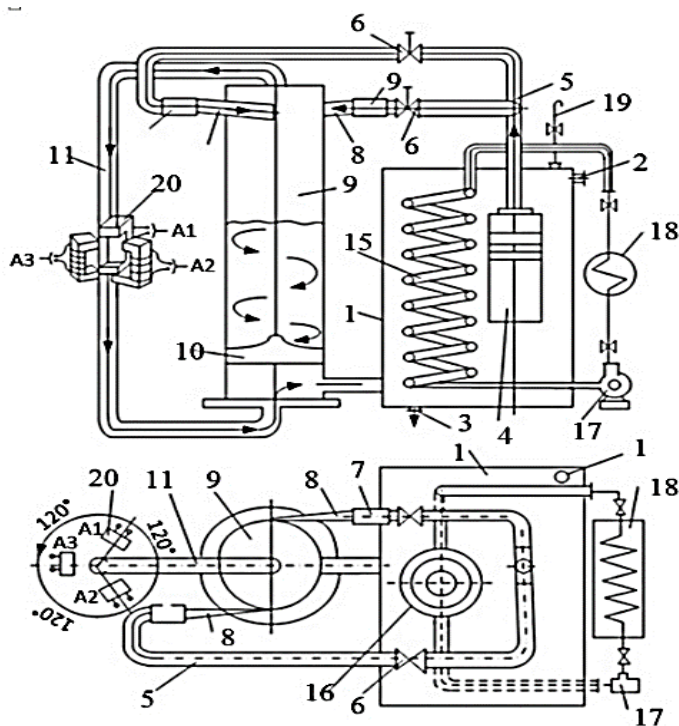


Рис.17. Распределение температуры в кавитационной трубе

В четвертой главе «Практическая реализация энергосберегающих устройств на основе кавитации» разработан способ для тепловыделения в жидкости и устройства кавитационного теплогенератора и очистки, обеззараживания воды на основе кавитационных процессов.

Устройство кавитационного теплогенератора показано на рис.18.



- 1 – расширительный бак;
- 2 – труба для закрутки воды;
- 3 – сетка; 4 – тормозное устройство; 5 – байпасная линия;
- 6 – регулируемый дроссель;
- 7 – механический кавитатор;
- 8 – сужающее сопло;
- 9 – вихревая труба;
- 10 – диафрагма; 11 – байпасный трубопровод; 12 – конфузорная насадка; 13 – диффузорная насадка; 14 – шайба;
- 15 – кавитирующая пластина;
- 16 – змеевиковый теплообменник;
- 17 – центробежный насос;
- 18 – внешний теплопотребитель;
- 19 – воздушный кран;
- 20 – электромагнитный кавитатор

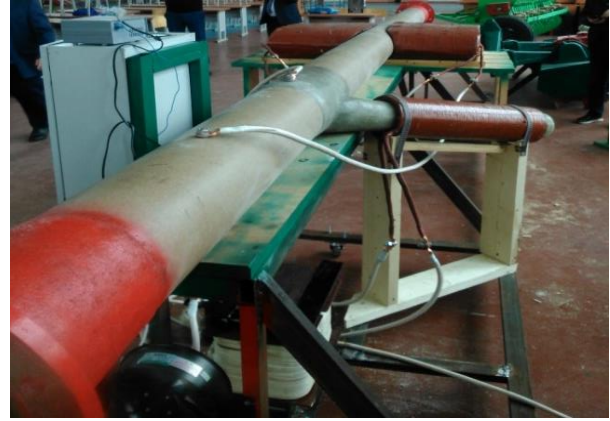
Рис.18. Устройство кавитационного генератора

Фотография промышленной установки теплогенератора представлена на рис.19.

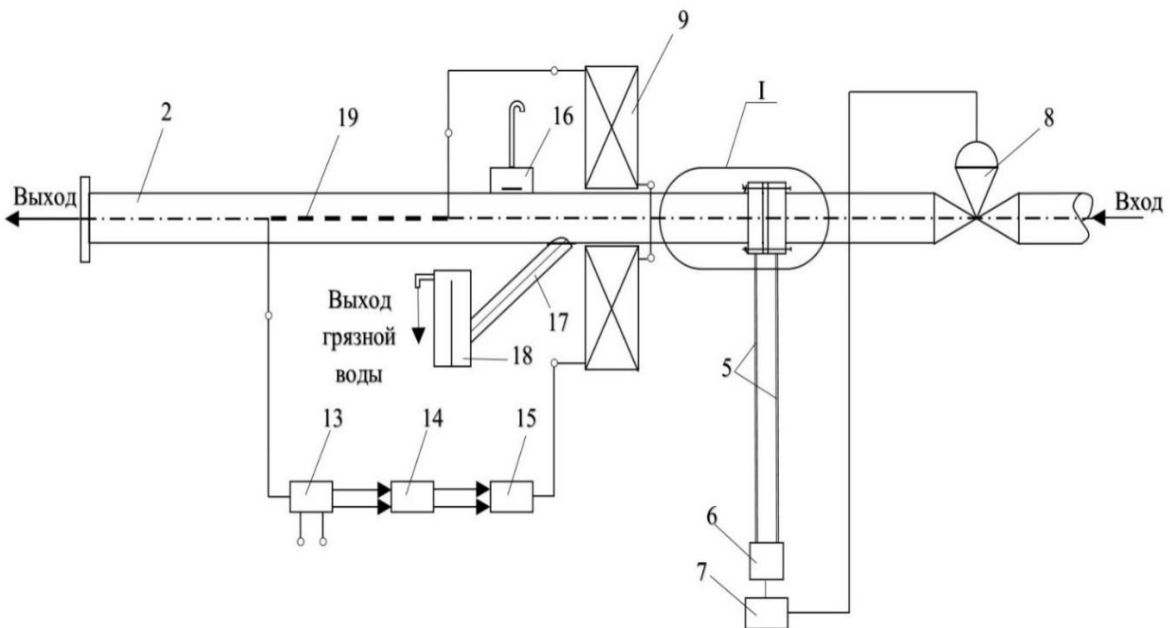
Фотография разработанного устройства очистки и обеззараживания воды на основе кавитации представлена на рис.20, а схема промышленной установки на рис.21.



**Рис.19. Фотография кавитационного теплогенератора**



**Рис.20. Фотография промышленной установки**



- 1 – водопроводная магистраль; 2 – горизонтально установленная труба;  
 3 – сужающая диафрагма; 4 – фланцы; 5 – импульсная линия;  
 6 – дифманометр; 7 – вторичный прибор с Пи-регулятором;  
 8 – исполнительный клапан; 9 – соленоидальные катушки;  
 10 – обмотки катушек; 11 – выходные клеммы; 12 – катушки;  
 13 – трансформатор; 14 – блок управления; 15 – низкочастотный генератор;  
 16 – газоотводящая камера; 17 – наклонный отвод; 18 – гидравлический затвор;  
 19 – медный стержень

**Рис.21. Устройство очистки и обеззараживании воды на основе кавитации**

Проведен сравнительный анализ разработанного и существующих теплогенераторов, использующие закрутку и кавитацию молекул воды (табл.1).

Таблица 1

Параметры разработанного и выпускаемых теплогенераторов на основе кавитации молекул воды.

Руководители	Фирма	Мощность кВт	Тепловая эффективность
Потапов Ю.С.	«Юсмар»	2,7÷65	1,2÷1,55
Потапов Ю.С.	«Энергоресурс»	18÷78	2,2÷8,8
Осипенко С.Б.	«Текмаш»	2÷4	0,98
Дж. Григс	«Гидр.помпа»	2÷3	1,3÷1,8
Курносос Н.Е.	«Темовихрь»	3÷3,8	1,5
Павловский П.Я.	«Энергоресурс»	7,5	2,38
Осаул А.И.	«Элита-Фонд»	5	1,3÷1,7
Скорлыгин В.	«Урал – СВ»	15	1,4
Перкинс Ю.	«Hydrodynamichs»	3,4÷4,6	1,64÷7
Мартыненко С.А.	«Термер»	400	0,96
Глухов Н.	«ВВТ ТГШ-11»	7,8÷8,6	1,44÷2,95
Колесник В.Г.	«Энергоресурс»	-	1
Разработанное устройство	ТашИИТ	7,5÷100	2,38÷2,79

Предложено инновационное развитие фермерских хозяйств в засушливых районах Узбекистана на основе энерго и ресурсосберегающих технологий. Структурная схема фермерского хозяйства показана на рис.22.

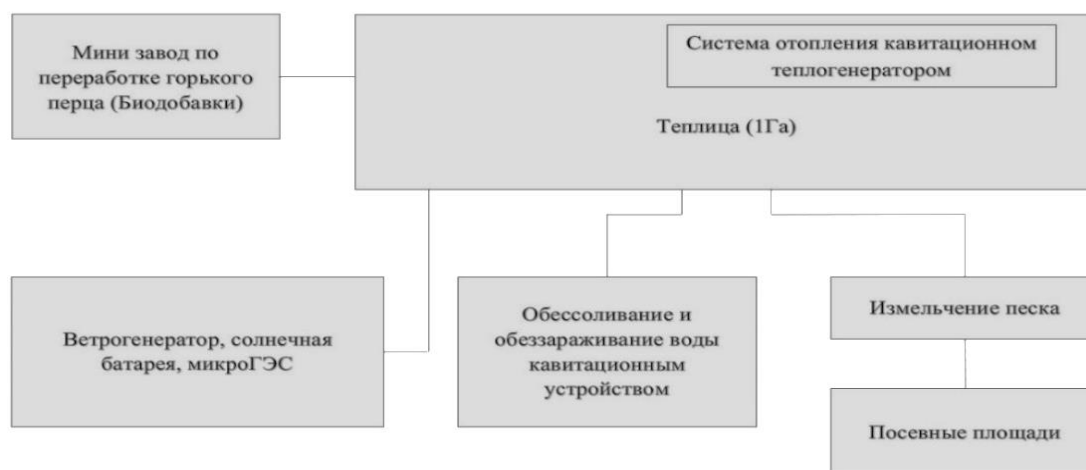
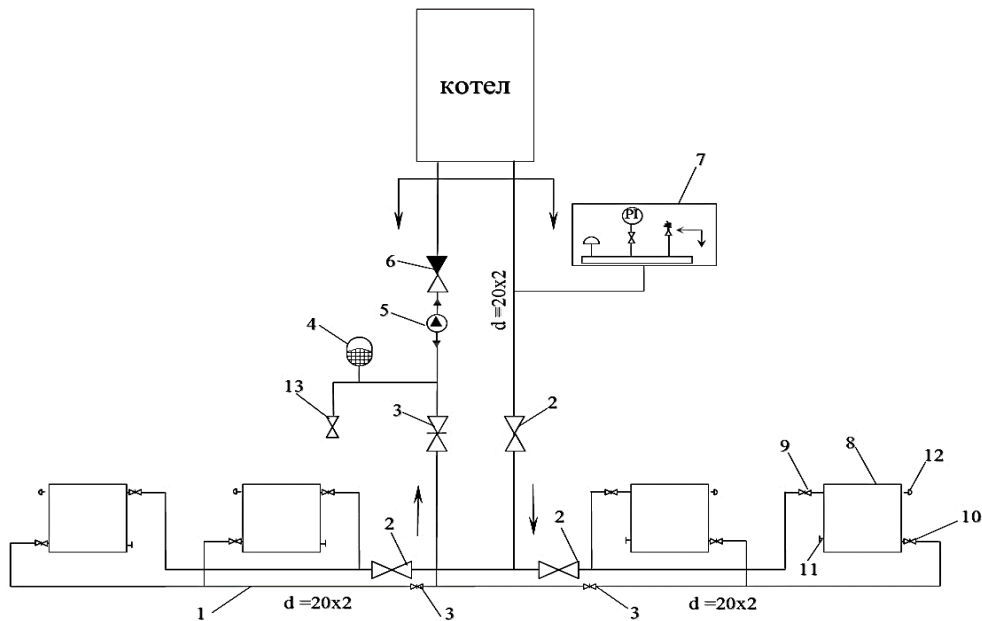


Рис.22. Структурная схема инновационного фермерского хозяйства

Теплоснабжение состоит из кавитационного теплогенератора, включающего в себя механические кавитаторы, вихревую трубу, электромагнит для увеличения числа каверн, насосное и контрольное оборудование и вспомогательные устройства.

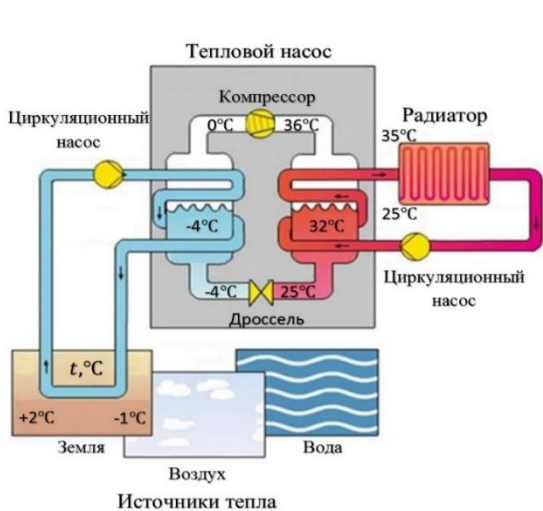
Схема системы отопления квартиры показана на рис.23.



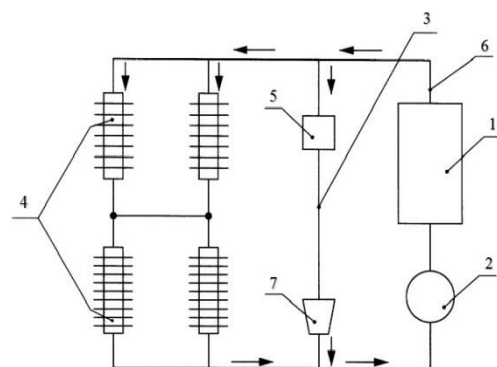
- 1 – труба металлополимерная; 2 – кран шаровой; 3 – вентиль прямоточный;  
 4 – бак мембранный для отопления; 5 – насос циркуляционный; 6 – клапан обратный; 7 – тепловая защита; 8 – радиатор биметаллический секционный;  
 9 – клапан регулировочный ручной; 10 – клапан настроечный;  
 11 – пробка радиаторная; 12 – воздухоотводчик ручной;

**Рис.23. Схема системы отопления квартиры**

Предложено использование энергии Земли для отопления помещений. Данная технология позволяет получать из 1 кВт электрической энергии 3...7 кВт тепловой энергии. Такой процесс связан с работой тепловых насосов, которые умножают тепловую энергию Земли. Схема использования потенциальной энергии Земли показана на рис.24.



**Рис.24. Использование энергии земли в отопительных системах**



- 1 – теплогенератор; 2 – водяной электронасос; 3 – байпасная линия; 4 – радиаторы водяного отопления; 5 – дрессель; 6 – магистрали подачи воды; 7 – эжектор низкого давления

**Рис.25. Система отопления вагона пассажирского поезда**



Разработанную систему вихревого теплогенератора можно применить для отопления вагонов пассажирского поезда. На рис.25 представлена схема построения данной системы отопления.

На рис.26 показано сравнение расходов электроэнергии за 6 месяцев отопительного сезона, при использовании вихревого кавитационного теплогенератора и электро-угольной системы отопления для отопления пассажирских вагонов на железнодорожном транспорте.

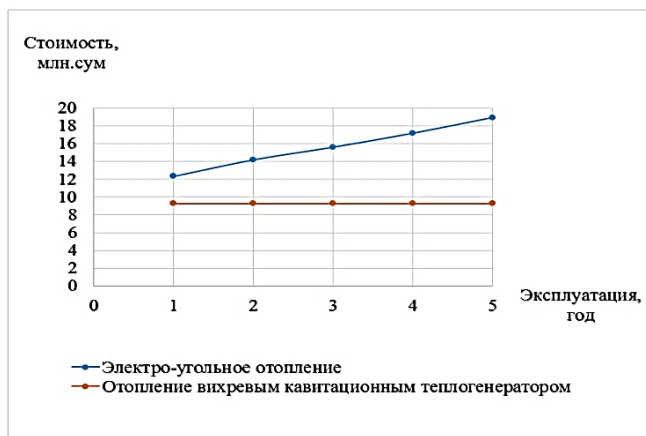


Рис.26. Сравнение расходов электроэнергии

Согласно этому графику каждый вихревой теплогенератор дает экономию электроэнергии за 5 лет эксплуатации 64,8 миллионов сум (отопительный сезон в Узбекистане 3 месяца в год).

В пятой главе «Разработка рекомендаций по созданию и внедрению устройств на основе кавитации» даны экспериментальные исследования установки очистки и обеззараживания воды кавитационным способом.

Эксперименты проводились при постоянном расходе воды, независимо от величины изменения противодавления на выходе. Расход воды устанавливался с помощью вентиля, скорость определялась датчиками, давления измерялись манометрами. Величина кавитационного отверстия регулировалась дросселями (заслонками). В результате эксперимента было установлено, что изменение давления на выходе устройства не влияло на его работу, так как давления на входе и расход воды оставался неизменным. Это условие соблюдалось до тех пор, пока давление на выходе не превышало критического давления  $P_2 < P_{2кр}$ . Расход воды через устройство менялся от 0 до 1,95 л/с, давление от 0 до  $0,9 \cdot 10^6$  Па. На рис.27 дано изменение расхода воды от отношения  $P_2/P_1$ .

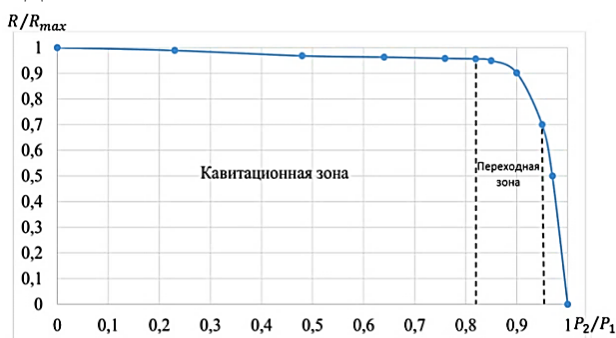
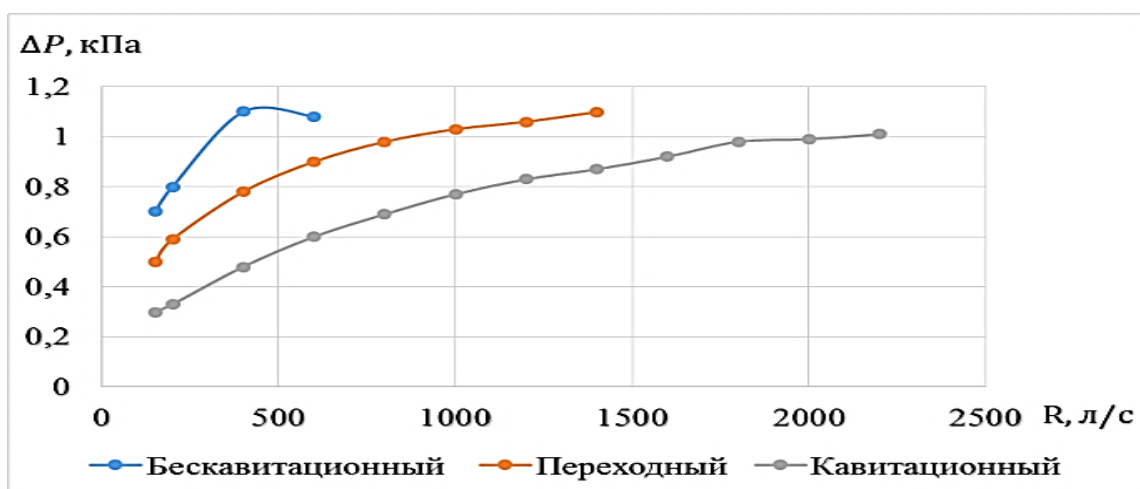


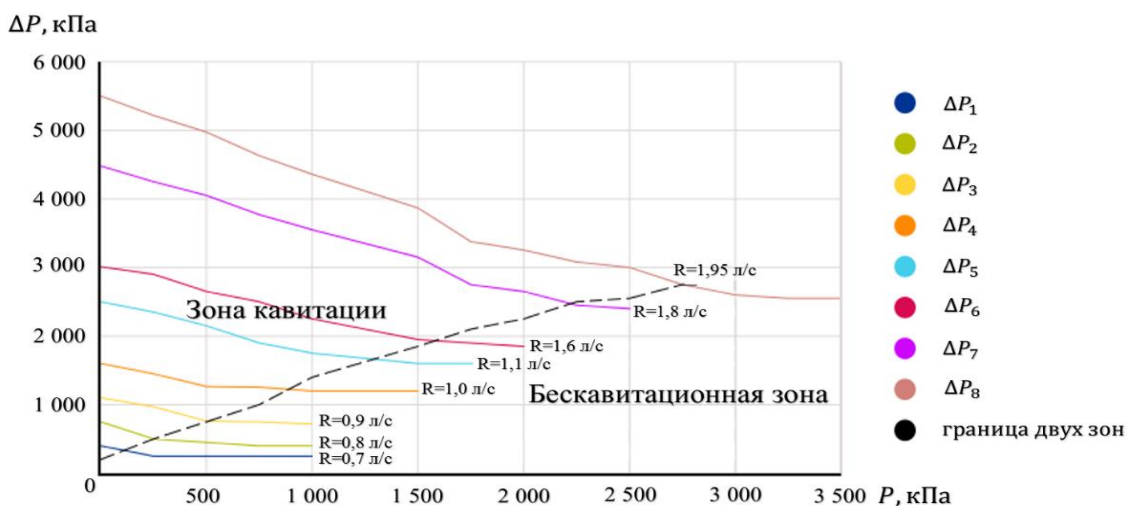
Рис.27. Изменение расхода воды от давления

На рис. 28 приведены данные о потери давления  $\Delta P = P_1 - P_2$  от изменения расхода воды. В диапазоне расхода воды от 0,7 до 1,1 литров наблюдается бескавитационный режим. С уменьшением сопротивления в узкой части трубы давление  $P_c$  приближается к давлению насыщения и этот режим сохраняется при всех изменениях расхода воды.



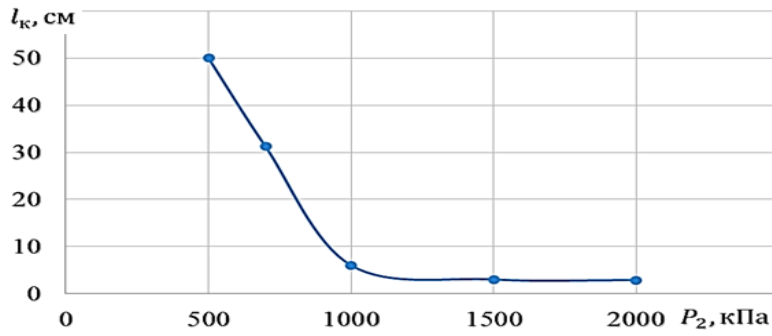
**Рис.28. Изменение потерь давления от расхода воды**

Эксперименты проводились также с изменением длины кавитационного диффузора. Диффузор кавитации состоит из двух конусов с углом при вершине  $20^\circ$ . Длина кавитации определяется трубкой с диаметром отверстия 50мм и длиной 500 мм. Результаты экспериментальных значений зависимости превышения давления от давления на выходе устройства показаны на рис.29.



**Рис.29. Результаты исследования устройства**

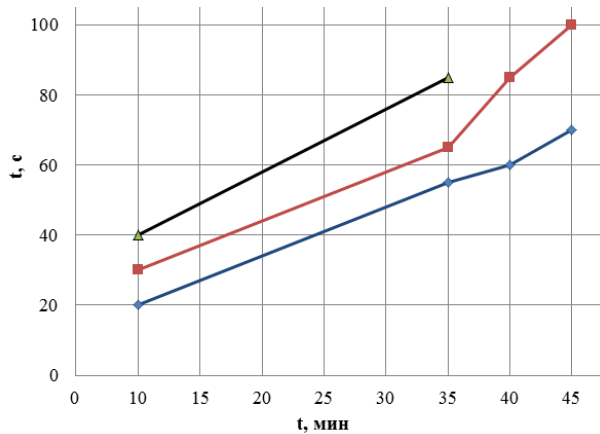
На основании испытания устройства очистки и обеззараживания воды определен оптимальный угол диффузора  $20^\circ$ , так как он обеспечивает минимальные потери. Зависимость длины кавитационной зоны от противодействия на выходе устройства при  $R=1,2$  л/с показана на рис.30.



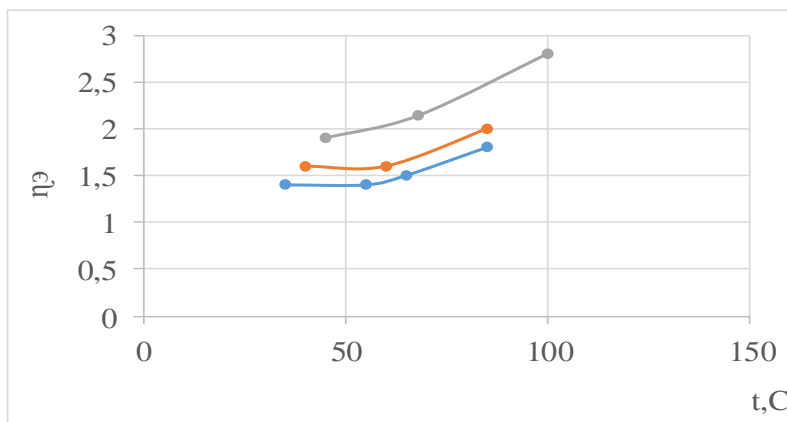
**Рис.30. Зависимость длины кавитационной зоны от противодействия на выходе**

Скорость движения потока воды в узкой части кавитатора достигала 80...100 м/с. Зона кавитации увеличивается при достижении расхода воды от 1,1 до 1.95 л/с.

Графики подъема температуры воды в теплогенераторе показаны на рис. 31.



**Рис.31. График подъема температуры воды в теплогенераторе**



1 – без насоса; 2 – с насосом;  
3 – с насосом и устройством ЕПЭП

**Рис.32. График изменения эффективности теплогенератора от температуры**

Эффективность теплогенератора в зависимости от температуры показана на рис.32. Результаты испытаний теплогенераторов для отопления помещения представлены в таблице 2.

Определена также экономическая эффективность устройства очистки и обеззараживания воды способом



кавитации, которая составляет 16 711,845 условных единиц и имеет превосходство по основным техническим параметрам.

Таблица 2

Результаты испытаний отопления помещения

Период	Исходные данные					Расчетные данные				
	Температура воды, °С			Показания расходомера	Показания счетчика	Расход электроэнергии, кВт*час		Объем воды, л	Расход теплоты, МДж	Коэффициент преобразования энергии, K=Q/P
	подача	обратка	разница			кВт*час	МДж			
1 этап. Включение установки и нагрев воды в баке										
18:00-20:00 (включение)	20	-	-	56384,3	4728,4	-	-	-	-	-
19:00 (отключение)	85	-	65	56384,3	4728,7	1	1,2	3	1,15	1,2
2 этап. Повторное включение установки										
19:10 (включение)	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19:15	46,4	29	17,4	56385,4	4729,0	-	-	-	-	-
19:30	55,8	39	16,8	56386,7	4729,4	0,84	1,1	1,4	1,2	1,3
19:45	65,6	48	17,6	56387,8	4729,7	0,84	1,1	1,3	1,3	1,3
19:57 (отключение)	70	54	16	56387,8	4729,9	0,6	1,03	0,8	1,18	1,71
Итого:						2,28	3,23		3,68	1,4

Результаты эксперимента показали, что данное устройство дало возможность уменьшить концентрацию фенола на 70%, бензопирена 96%, нефтепродуктов 40%, обеззараживания воды по коли-индексу 99%, ОМЧ 97%.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований по развитию теории и разработка энергосберегающих технологий на основе единого электромагнитного поля» представлено следующее заключение:

1. Разработаны теоретические основы и методология единого электромагнитного поля, и модель электрона для пояснения процессов кавитации.

2. Рассчитаны кавитационные процессы в питьевой воде на основе численных моделей и даны рекомендации выбора основных параметров при проектировании устройств обеззараживания и очистки воды на основе кавитации. С помощью разработанной модели электромагнитных процессов и программы «ELCUT» позволило осуществлять контроль и диагностику качества воды.

3. Разработана система управления с программным обеспечением для выбора величины частоты, длительности импульсов, амплитуд токов для качественного обеззараживания очистки воды на основе кавитации. Определён оптимальный режим обеззараживания и очистки воды, а также разработана энергосберегающая схема соединения элементов для уменьшения затрат на электроэнергию с оптимальными источниками питания.

4. Разработано устройство вихревого кавитационного теплогенератора с многофункциональными возможностями на основе единой теории электромагнитного поля и разработана принципиальная электрическая схема системы управления.

5. Предложена схема управления платы драйверов транзисторного частотного преобразователя, обеспечивающего оптимальный режим работы кавитационного теплогенератора.

6. Разработана система управления с программным обеспечением для устройства обеззараживания и очистки воды по величине частоте от 4 до 25 Гц, длительности импульсов от 30 до 100 мс, токов от 100 до 300 А и электрическая схема систем управления теплогенератором на основе микроконтроллера ATmega8 и смоделирована в программе Proteus (от 5 Гц до 30 кГц) для поддержания постоянства температуры и влажности в помещениях.

7. Разработанное устройство теплового кавитационного генератора на базе единого электромагнитного поля применены для отопления пассажирских вагонов и бесперебойного снабжения кипяченой водой (до 100°C) при малых затратах электроэнергии (1...7 кВт на час) с экономическим эффектом свыше 51 млн. сум.

8. Разработанные устройства на основе кавитации обеззараживания, очистки воды и вихревой кавитационный теплогенератор внедрены в ООО «ECO AGRO INDASTIUS NOU HAU» с общим годовым экономическим эффектом от применения устройств составляет более 1,2 млрд. сум

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREE  
DSc27.06.2017. T.03.03 AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL  
UNIVERSITY AND LLC “SCIENTIFIC TECHNICAL CENTER”**  

---

**TASHKENT INSTITUTE OF RAILWAY ENGINEERING**

**KOLESNIKOV IGOR KONSTANTINOVICH**

**DEVELOPMENT OF THE THEORY AND DEVELOPMENT OF  
ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES BASED ON THE SINGLE  
ELECTROMAGNETIC FIELD**

**05.05.01 – Energy systems and complexes**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF SCIENCE (DSc)  
ON TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent - 2020**

**The theme of the doctoral dissertation (DSc) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under B2019.4. DSc/T308**

The dissertation has been prepared at Tashkent Institute of Railway Engineering.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the Scientific Council ([www.tashiit.uz](http://www.tashiit.uz)) and on the web site of “Ziyonet” Information and education portal ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Scientific supervisor:** **Allaev Kaxramon Raximovich**  
doctor of technical sciences, professor, academic

**Official opponents:** **Bababajanov Maksud Kalandarovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Sokolov Valeriy Konstantinovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Korovkin Nikolay Vladimirovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:** **Ferghana polytechnic university**

The defense of the dissertation will take place on «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 at \_\_\_ o'clock at meeting of Scientific Council at the Scientific Council DSc27.06.2017.T.03.03. Tashkent State Technical University and LLC «Scientific Technical Center». (Address: 2, University str., Tashkent 100095, Uzbekistan. Phone: (99871)227-03-41, fax (99871)227-10-32, e-mail: [tstu\\_info@tdtu.uz](mailto:tstu_info@tdtu.uz)).

The doctoral (DSc) dissertation can be reviewed at the Information – resource Center of the Tashkent State Technical University (Registered number \_\_\_\_). ( Address: 2, University str., Tashkent 100095, Uzbekistan. Phone: (99871) 227-03-41.

Abstract of dissertation was distributed on «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 year.  
(mailing report № \_\_\_ on «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 year).

**R.A. Zahidov**  
Deputy chairman of Scientific Council  
on awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor, academician

**N.B. Pirmatov**  
Scientific secretary of the Scientific Council  
on awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

**M.I. Ibadullayev**  
Chairman of the scientific seminar under  
Scientific Council on awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of DSc dissertation)

**The aim of the research** is the development of theoretical foundations and the development of resource and energy-saving devices for cavitation heat generator, water purification and disinfection in a single electromagnetic field.

**Tasks of their search:**

development and development of the theoretical foundations and methodology of a single electromagnetic field;

development of mathematical models of fluid flow, thermal conductivity, a rotating electromagnetic field and numerical models of cavitation processes;

development of methods for generating thermal energy based on a single electromagnetic field;

development of devices of a vortex cavitation heat generator, disinfection, water purification and control systems for operating modes with software for managing modes;

creation of innovative technologies for farms, home heating systems, passenger train wagons based on cavitation heat generator and Earth energy;

development of recommendations for the creation and implementation of devices based on cavitation.

**Object of their search** are heat supply systems, as well as water subjected to cleaning and regeneration processes under the influence of a single electromagnetic field.

**Scientific novelty of the research** is as following:

the theory of a single electromagnetic field of force interactions of material bodies based on the systems of ELCUT equations for the design of heat generators was developed;

mathematical models of cavitation processes of fluid flow, heat conduction, rotating electromagnetic field, based on analyzes of heat generation in a heat generator;

Resource-and energy-saving technologies based on a single electromagnetic field have been developed;

a new device for cleaning and disinfecting water based on cavitation has been developed, which has characteristics that allow the qualitative destruction of bacteria and microorganisms;

A new device of a vortex cavitation heat generator based on an electromagnetic field having a high C.P.

**Implementation of the research results.** Based on the obtained scientific results on the theory and fundamentals of vortex cavitation heat generators, water treatment and disinfection based on cavitation, the following have been put into practice:

a device for disinfecting and purifying water from germs and bacteria into fisheries at ECO AGRO INDASTRIUS NOU HAU LLC (certificate of the State Veterinary and Animal Husbandry of the Republic of Uzbekistan dated 08.11.2019, No. 03 / 23-1684). As a result of the study, when introducing into the fishery on the basis of the theory of a single electromagnetic field, a device for the

disinfection and purification of water based on cavitation was developed to produce environmentally friendly water for feeding fry; Based on the analyzes of the water in the fishery basins, the conditions for keeping fish, the temperature of the environment, the mineral composition of the water were determined, and the possibilities for the destruction of microbes in water by pulsed electromagnetic fields were identified; new methods and methods have been developed for cleaning and disinfecting water based on cavitation processes, which are based on mathematical models for determining the parameters of a cavitation diffuser under the pulsed action of an electromagnetic field for the qualitative destruction of microbes and microorganisms; An energy-saving circuit has been developed for connecting the elements of a disinfection and water treatment device based on cavitation processes to reduce the cost of electricity with optimal power sources. From the implementation of the results, the economic effect amounted to more than 700 million soums per year;

the device of a thermal cavitation generator based on a single spatial electromagnetic field, providing stable heating for small and large rooms (up to 350 m<sup>2</sup>), including ensuring a constant temperature in the pools, rearing fry of fish and uninterrupted supply of boiled water for residential houses (up to 1000 C), at low energy costs (from 1 ... 7 kW per hour); a control system with software has been developed that allows you to regulate and control the modes of operation of the heat generator, pulse duration (from 10 ms ... 30 ms), frequency (from 5 Hz ... 30 kHz) to maintain a constant temperature and humidity in the premises of ECO AGRO INDASTRIUS NOU LLC HAU ”(certificate of the State Committee of Veterinary and Animal Husbandry of the Republic of Uzbekistan dated 08.11.2019. No. 03 / 23-1684). As a result of the study, a cavitation heat generator device with multifunctional capabilities based on a single spatial electromagnetic field was introduced. A circuit diagram of the control system based on the ATmega8 microcontroller and modeled in the Proteus program has been developed. For the developed frequency converter based on IGBT transistors, a driver board control circuit is proposed. Based on the device of a single spatial electromagnetic field, the optimal operation mode of the cavitation heat generator is determined. The introduction of this installation ensured resource and energy savings, the ecological situation during fish farming, the comfort of living quarters and the improvement of working conditions for staff. Economic efficiency amounted to more than 500 million soums per year.

**The structure and volume of the research work.** The structure of the dissertation consists of introduction, five chapters, conclusion, list of used literature and applications. The volume of the dissertation is 192 pages and a list of published works.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Халиков А.А., Колесников И.К., Курбанов Ж.Ф. Исследование и разработка единого пространственного электромагнитного поля и устройств на их основе (монография)// Fan va texnologiya. 2019 й.

2. Колесников И.К., Халиков А.А., Кадиров О.Х., Яронова Н.В. О возможности выделения из каолина железа, алюминия и окиси кремния импульсным электромагнитным способом. Проблемы энерго т ресурсосбережения. Ташкент, 2007, №3-4 стр. 163. (05.00.00. №21).

3. Колесников И.К. Назирова З.Г. Энергетические соотношения в рельсовых цепях. Журнал «Проблемы энерго и ресурсосбережение» – Ташкент, –2009, №3-4 –С. 32. (05.00.00. №21)

4. Колесников И.К. Назирова З.Г. Энергические соотношения для расчета режимов работы трехчастной системы автоматики на ж.д транспорте. Журнал «Проблемы энерго и ресурсосбережение» –Ташкент, –2010, №1 –С. 27. (05.00.00. №21)

5. Колесников И.К., Кадиров О.Х., Курбанов Ж.Ф. Теория измельчения и извлечения материалов из сыпучих минералов и сплавов единым пространственным полем. // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари. 2011. №3-4, с.173-181.ТашТГТУ (05.00.00; №21).

6. Колесников И.К., Кривопишин В.А., Кадиров О.Х., Яронова Н.В. Теоретические основе обеззараживания, обессоливания и очистки воды единым пространственным полем. Горный вестник Узбекистан. 2011 г.№2 стр. 131. (05.00.00. №21).

7. Колесников И.К., Кадиров О.Х., Яронова Н.В., Курбанов Ж.Ф. Новые инновационные технологии на основе теории единого пространственного поля // ТошТЙМИ ахбороти, 2012. – №2, (05.00.00; №11).

8. Колесников И.К., Халиков А.А., Кадиров О.Х., Ибрагимова О.А. Создание единого электромагнитного поля для обеззараживания, обессоливания и очистки воды // Химическая технология. Контроль и управление. 2012. №1. С. 20-25. (05.00.00; №8).

9. Колесников И.К., Кадиров О.Х., Курбанов Ж.Ф. Системы управления устройствами единого пространственного поля // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари. 2012 й. №3-4, с.173-181.ТашТГТУ (05.00.00; №21).

10.Kolesnikov I.K., Khalikov A. A., Ibragimova O.A., Kurbanov J.F. Theoretical bases of the disinfection, removing of salts and peelings of water by united spatial field //European Applied Sciences, ISSN 2195– 2183. Nationales ISSN–Zentrum fur Deutschland. 2013, №11. Volum 1. PP. 82–85. (05.00.00.№3).

11.Колесников И.К., Курбанов Ж.Ф. Применение единого пространственного поля для создания кавитационного теплового генератора

// Журнал «Проблемы энерго и ресурсосбережение» –Ташкент, –2014, №3 – С. 181–185. (05.00.00.№21).

12.Халиков А.А., Колесников И.К., Ибрагимова О.А., Курбанов Ж.Ф. // Пространственное вращающего электромагнитное поле основе обеззараживания, обессоливания воды. «Проблемы энерго-и ресурсосбережения», 2014 г., №1-2 ТашГТУ, Ташкент. С.204-208. (05.00.00; №21).

13.Ибрагимова О.А., Колесников И.К., Халиков А.А. Очистка, обеззараживание и обессоливания воды пространственным электромагнитным полем. Энергосбережение и водоподготовка. М. 2014. №5(89). С.9-14. (05.00.00; №97).

14.Халиков С.С., И.К. Колесников, Халиков А.А. Устройство получения единого пространственного поля очистки биохимических материалов // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари. 2015 й. №1-2, с.194-197.ТашГТУ (05.00.00; №21).

15.Колесников И.К., Джурабаев Ф.Б.. Контроль безопасности перевозки грузов. Вестник ТашИИТ 2015, №1, С 73-77. (05.00.00; №11).

16. Колесников И.К., Курбанов Ж.Ф. О теории единого пространственного поля // «Проблемы энерго- и ресурсосбережения», 2016 г., №1-2 ТашГТУ, Ташкент. С.35-41. (05.00.00; №21).

17.Колесников И.К., Курбанов Ж.Ф., А.А. Саитов, Ф.Б. Джурабаева. Размагничивание рельсовых плетей в рельсосварочном производстве с помощью единого пространственного поля // «Проблемы энерго- и ресурсосбережения», 2016г., №3-4 ТашГТУ, Ташкент. С.35-41. (05.00.00; №16).

18.Колесников И.К., Курбанов Ж.Ф. Обогащение полезных ископаемых на основе устройства единого электромагнитного пространственного поля // ТАЙИ ахбороти, №1, 2017 й. (05.00.00; №15).

19.Колесников И.К., Курбанов Ж.Ф. Оптимизация режимов извлечения компонентов из материалов на основе устройства единого пространственного поля // ТАЙИ ахбороти, №1, 2017 й. (05.00.00; №15).

20.Колесников И.К., Курбанов Ж.Ф. Получение высококачественного мела единым пространственным электромагнитным полем // ТАЙИ ахбороти, №1, 2017 й. (05.00.00; №15).

21.Курбанов Ж.Ф., Колесников И.К., Ортиков М.С.. Применение ультразвуковых волн для рельсовой дефектоскопии. Вестник ТашИИТ. 2018, №4, С 97-101. (05.00.00; №11).

22.Курбанов Ж.Ф., Колесников И.К., Ортиков М.С., Применение ультразвуковых волн для рельсовой дефектоскопии. Вестник ТашИИТ 2018, №4, С.97-101. (05.00.00; №11).

23.Саитов А., Колесников И.К. Дон маҳсулотларини куриштиш учун ўта юқори частотали электр магнит майдони қўллаш. O'zbekiston qishloq va suv xo'jaligi. №7, 2019, С.33. (05.00.00; №3).



## II бўлим (часть II; part II)

24. Халиков А.А., Колесников И.К. Промышленная установка для очистки и обеззараживания воды импульсным электромагнитным полем. – Т.: Сборник трудов «Современное состояние и перспективы развития энергии, 2002. стр. 202 – 205. ТашИИТ.

25. Халиков А.А., Абидов К.Г., Колесников И.К., Колесников Н.И. Автоматизированный контролер давления жидкости и газа. Известия Вузов технические науки Ташкент 2002 стр. 83.

26. Рашидов Ю.Р., И.К. Колесников, К.Г. Абидов, Электродинамика и распространение радиоволн, Ташкент 2003, 242 стр.

27. Колесников И.К., Халиков А.А., Кадыров О.Х., Яронова Н.В. Влияние электромагнитного поля на свойства жидких и твердых тел. Наука, образование, техника. №4 2007, Ош, стр. 104.

28. Колесников И.К., Халиков А.А., Кадиров О.Х., Яронова. Влияния электромагнитного поля на свойства жидких и твердых тел // Наука образование техника №4, 2007 г. Ош, Кыргызия, С. 104-106.

29. Колесников И.К., Халиков А.А., Кадиров О.Х., Яронова Н.В. Расчет вихревого электромагнитного поля, как источник энергии установки обеззараживания воды // Наука образование техника №3, 2008 г. Ош, Кыргызия, С. 46-49.

30. Колесников И.К., В.А. Кривопишин А.А., А.А. Халиков. Теория единого поля – основа нанотехнологии. Научные труды «Ресурсосберегающие технолгии на ж.д. транспорте. Т1, стр. 10-12, Ташкент 2009.

31. Колесников И.К., Кривопишин В.А., Кадыров О.Х., Ахмедов Ш.А. Устройство единого пространственного поля для измельчения материалов сплавов и минералов. Сборник научных статей. Инновация-2010, Ташкент. стр. 185.

32. Kolesnikov Igor, Akbarkhodjaev Shamsiddin, Janibek Kurbanov, Akbarkhodjaev Khurshid, Alimkhodjaeva N.T. Splitting of Kaolin into Individual Components under one Spatial Field //2013 International Conference in Central Asia on Internet (ICI 2013), 8th, 9th and 10th of October, 2013 Tashkent University of Information Technologies and Hotels in Tashkent, Uzbekistan.

33. Колесников И.К., Кадиров О.Х., Хайдаркулов А.Д., Курбанов Ж.Ф. Система управления многофункциональным устройством единого пространственного поля // Оптика-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. 2013 г. С.336-338. Россия, г. Курск.

34. Kolesnikov I.K., O.Kh.Kadirov. Курбанов Ж.Ф. The dynamics of the progress of separation of minerals by united spatial field // WCIS-2014 Eighth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation, Tashkent.

35. Колесников И.К., Акбарходжаев Ш.Н. Устройство единого пространственного поля – залог экономического эффекта. Сборник статей международной научно – технической конференции. 1 Том, Ташкент. 2015. стр. 532.

36. Kolesnikov I.K., Kurbanov J.F. The control system and the hardware implementation of a single unit of the spatial field // Perspectives for the development of information technologies, ИТРА – 2015, 4-5 November, Tashkent university of information technologies (TUIT), P. 171-175, Tashkent – 2015.

37. Халиков А.А., Колесников И.К., Ибрагимова О.А., Курбанов Ж.Ф. «Вопросы определения скорости закрутки воды при её очистке и обеззараживания единым пространственным электромагнитным полем». // Международная научно – практическая конференция «Инновация-2015» Сборник научных статей, Ташкент – 2015г. С.147-148.

38. Халиков А.А., Колесников И.К., Ибрагимова О.А., Курбанов Ж.Ф. Энергосберегающие технологии обеззараживания и очистки воды в едином пространственном электромагнитном поле // Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте», научные труды республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых, 2-3 декабрь 2015 г., ТашИИТ, Ташкент.

39. Назаров А.И., Колесников И.К., Курбанов Ж.Ф. Программа управления устройством единого пространственного поля // Электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий руйҳатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги Гувоҳнома DGU 03429, 04.11.2015 й.

40. Колесников И.К., Курбанов Ж.Ф. Программное обеспечение системы управления единым пространственным полем // Современные состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении, доклады республиканской научно – технической конференции, 5-6 сентябрь 2016 г., Джизак.

Автореферат «ТошТЙМИ ахборотномаси» илмий-амалий журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ва матнларни мослиги текширилди (23.12.2019 йил).

---

Қоғоз бичми: 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.  
Шартли босма табағи: 3,75 б.т. Адади: 100 нусха. Буюртма № 19-1/2020  
Нашрга рухсат этилди: 10.01.2020 й.

«Тошкент темир йўл муҳандислари институти» босмахонасида чоп этилган.  
Босмахона манзили: 100167, Тошкент шаҳар, Одилхўжаев кўчаси, 1-уй.