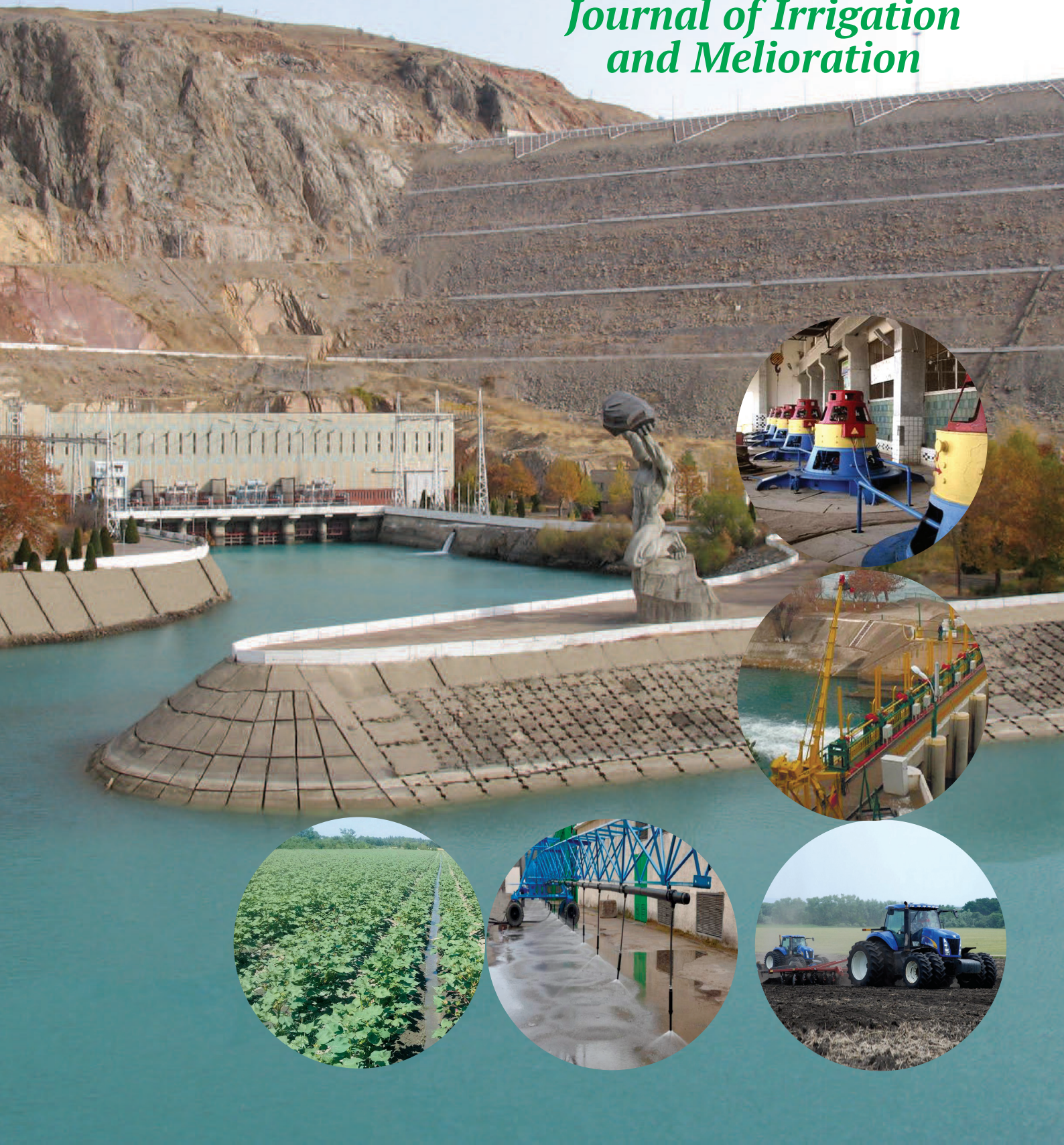


IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA

Maxsus son.2022

*Journal of Irrigation
and Melioration*



Бош муҳаррир:

Султанов Тахиржон Закирович
“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти”
Миллий тадқиқот университети
Илмий ишлар ва инновациялар бўйича проректори, техника фанлари доктори, профессор

Илмий муҳаррир:

Салоҳиддинов Абдулҳаким Темирхўжаевич
“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти”
Миллий тадқиқот университети
Халқаро ҳамкорлик бўйича проректори, техника фанлари доктори, профессор

Муҳаррир:

Ходжаев Сайдакрам Сайдалиевич
“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти”
Миллий тадқиқот университети, техника фанлари номзоди, доцент

ТАҲРИР ҲАЙЪАТИ ТАРКИБИ:

Мирзаев Б.С., техника фанлари доктори, профессор, “ТИҚХММИ” МТУ ректори; **Хамраев Ш.Р.**, қишлоқ хўжалик фанлари номзоди, Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазири; **Ишанов Х.Х.**, техника фанлари номзоди, Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси бош мутахассиси; **Салимов О.У.**, техника фанлари доктори, ЎзРФА академиги; **Мирсаидов М.**, техника фанлари доктори, ЎзРФА академиги; **Хамидов М.Х.**, қишлоқ хўжалик фанлари доктори, “ТИҚХММИ” МТУ профессори; **Бакиев М.Р.**, техника фанлари доктори, “ТИҚХММИ” МТУ профессори; **Рамазанов О.Р.**, қишлоқ хўжалик фанлари доктори, “ТИҚХММИ” МТУ профессори; **Исаков А.Ж.**, техника фанлари доктори, “ТИҚХММИ” МТУ профессори; **Арифжанов А.М.**, техника фанлари доктори, “ТИҚХММИ” МТУ профессори; **Маткаримов П.Ж.**, техника фанлари доктори, НМТИ профессори; **Икрамов Р.К.**, техника фанлари доктори, ИСМИТИ профессори; **Шеров А.Г.**, техника фанлари доктори, “ТИҚХММИ” МТУ профессори; **Умаров С.Р.**, иқтисод фанлари доктори, “ТИҚХММИ” МТУ профессори; **Исмаилова З.**, педагогика фанлари доктори, “ТИҚХММИ” МТУ профессори; **Худаяров Б.**, техника фанлари доктори, “ТИҚХММИ” МТУ профессори; **Султанов Б.**, “ТИҚХММИ” МТУ профессори; **Абдуллаев Б.Д.**, “ТИҚХММИ” МТУ профессори; **Каримов Б.К.**, “ТИҚХММИ” МТУ профессори; **Худойбердиев Т.С.**, техника фанлари доктори, АндҚХАИ профессори; **Янгиев А.А.**, техника фанлари доктори, “ТИҚХММИ” МТУ профессори.

ТАҲРИР КЕНГАШИ ТАРКИБИ:

Ватин Николай Иванович, т.ф.д., Буюк Пётр Санкт-Петербург политехника университети профессори; **Иванов Юрий Григорьевич**, т.ф.д., К.А. Тимирязев номидаги МҚХА – Россия давлат аграр университети профессори, А.Н.Костяков номидаги Мелиорация, сув хўжалиги ва қурилиш институти директори в.б.; **Козлов Дмитрий Вячеславович**, т.ф.д., Москва давлат қурилиш университети профессори, Гидротехника ва Гидроэнергетика қурилиши факультетининг “Гидравлика ва Гидротехника қурилиши” кафедраси мудири; **Lubos Jurik**, associate professor at “Department of Water Resources and Environmental Engineering” of Slovak University of Agriculture in Nitra; **Коваленко Петр Иванович**, т.ф.д., Украина қишлоқ хўжалиги фанлари Миллий академияси академиги, Мелиорация ва сув ресурслари илмий-тадқиқот институти директор маслаҳатчиси, профессор; **Ханов Нартмир Владимирович**, профессор, К.А.Тимирязев номидаги МҚХА – Россия давлат аграр университетининг “Гидротехника иншоотлари” кафедраси мудири; **Krishna Chandra Prasad Sah**, PhD, M.E., B.E. (Civil Engineering), M.A. (Sociology) Irrigation and Water Resources Specialist. Director: Chandra Engineering Consultants, Mills Area, Janakpur, Nepal; **Айнабеков Алпысбай Иманкулович** – т.ф.д., М.Ауезов номидаги Жанубий-Қозоғистон давлат университетининг “Механика ва машинасозлик” кафедраси профессори. **Элдиар Дилятов** – PhD, Миллий Фанлар Академияси Геология институти тадқиқотчи олим, Қирғизистон. **Гисела Домеж** – Милан-Бикокка университети, Ер ва атроф-муҳит фанлари кафедраси профессори, Италия. **Молдамуратов Жангазы Нуржанович** – PhD, М.Х.Дулати номидаги Тараз минтақавий университети, “Материаллар ишлаб чиқариш ва қурилиш” кафедраси мудири, доцент, Қозоғистон. **Муминов Абулкосим Оманкулович** – география фанлари номзоди, Тожикистон Миллий университети Физика факультети метеорология ва иқлимшунослик кафедраси катта ўқитувчиси. Тожикистон. **Мирзохонова Ситора Олтибоевна** – техника фанлари номзоди, Физика факультети метеорология ва иқлимшунослик кафедраси катта ўқитувчиси. Тожикистон Миллий Университети. Тожикистон. **Исмаил Мондиал** – Калкутта университети Хорижий докторантура факультети профессори, Хиндистон. **Исанова Гулнора Толегеновна** – PhD, У.У. Успанов номидаги Тупроқшунослик ва Агроқимё ИТИ “Тупроқ экологияси” кафедраси доценти, етакчи илмий ходим, Қозоғистон. **Комиссаров Михаил** – PhD, Уфа Биология институти, Тупроқшунослик лабораторияси катта илмий ходими, Россия. **Аяд М. Фадхил Ал-Қураиши** – PhD, Тишк халқаро университети, Муҳандислик факультети, Фуқаролик муҳандислиги бўлими профессори, Ироқ. **Ундрақш-Од Баатар** – Марказий Осиё Тупроқшунослик жамияти раҳбари, профессор, Монголия.

Муассис: “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” МТУ.

Манзил: 100000, Тошкент ш., Қори-Ниёзий, 39. <https://uzjournals.edu.uz/tiame/> E-mail: i_m_jurnal@tiame.uz

«Irrigatsiya va Melioratsiya» журнали илмий-амалий, аграр-иқтисодий соҳага ихтисослашган.

Журнал Ўзбекистон Матбуот ва ахборот агентлигида 2015 йил 4 мартда 0845-рақам билан рўйхатга олинган.

Обуна индекси: 1285.

Дизайнер: Маликова Мадинахон



Журнал «SILVER STAR PRINT» МЧЖ босмахонасида чоп этилди.

Манзил: Тошкент шаҳри, Учтепа тумани, 22-мавзе, 17-уй. Буюртма №3. Адади 400 нусха.

Главный редактор:
Султанов Тахиржон Закирович
доктор технических наук, профессор,
проректор по научной работе и инновациям
Национальный исследовательский университет
“Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства”

Научный редактор:
Салохиддинов Абдулхаким Темирхужаевич
доктор технических наук, профессор,
проректор по международному сотрудничеству
Национальный исследовательский университет
“Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства”

Редактор:
Ходжаев Сайдакрам Сайдалиевич
кандидат технических наук, доцент,
Национальный исследовательский университет
“Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства”

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Мирзаев Б.С., доктор технических наук, профессор, ректор НИУ “ТИИИМСХ”; **Хамраев Ш.Р.**, кандидат технических наук, Министр водного хозяйства Республики Узбекистан; **Ишанов Х.Х.**, кандидат технических наук, главный специалист Кабинета Министров Республики Узбекистан; **Салимов О.У.**, доктор технических наук, академик АНРУз; **Мирсаидов М.**, доктор технических наук, академик АНРУз; **Хамидов М.Х.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор НИУ “ТИИИМСХ”; **Бакиев М.Р.**, доктор технических наук, профессор НИУ “ТИИИМСХ”; **Рамазанов О.Р.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор НИУ “ТИИИМСХ”; **Исаков А.Ж.**, доктор технических наук, профессор НИУ “ТИИИМСХ”; **Арифжанов А.М.**, доктор технических наук, профессор НИУ “ТИИИМСХ”; **Маткаримов П.Ж.**, доктор технических наук, профессор НИТИ; **Икрамов Р.К.**, доктор технических наук, профессор НИИИВП; **Шеров А.Г.**, доктор технических наук, профессор НИУ “ТИИИМСХ”; **Умаров С.Р.**, доктор экономических наук, профессор НИУ “ТИИИМСХ”; **Исмаилова З.**, доктор педагогических наук, профессор НИУ “ТИИИМСХ”; **Худаяров Б.**, доктор технических наук, профессор НИУ “ТИИИМСХ”; **Султанов Б.**, доктор экономических наук, профессор НИУ “ТИИИМСХ”; **Абдуллаев Б.Д.**, профессор НИУ “ТИИИМСХ”; **Каримов Б.К.**, профессор НИУ “ТИИИМСХ”; **Худойбердиев Т.С.**, доктор технических наук, профессор АндИСХА; **Янгиев А.А.**, доктор технических наук, профессор НИУ “ТИИИМСХ”.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Ватин Николай Иванович, д.т.н., профессор Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, (Россия); **Иванов Юрий Григорьевич**, д.т.н., профессор Российской государственной аграрной университета МСХА имени К.А.Тимирязева, и.о. директора института Мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н.Костякова, (Россия); **Козлов Дмитрий Вячеславович**, д.т.н., профессор, заведующий кафедры “Гидравлика и гидротехническое строительство” факультета гидротехнического и гидроэнергетического строительства, (Россия) Московского государственного строительного университета; **Lubos Jurik**, associate professor at “Department of Water Resources and Environmental Engineering” of Slovak University of Agriculture in Nitra; **Коваленко Петр Иванович**, д.т.н., профессор, Академик Национальной академии сельскохозяйственных наук Украины, Советник директора Научно-исследовательского института Мелиорации и водных ресурсов; **Ханов Нартмир Владимирович**, профессор, заведующий кафедрой “Гидротехнические сооружения” ФГБОУ ВО РГАУ -МСХА имени К.А.Тимирязева; **Krishna Chandra Prasad Sah**, PhD, M.E., B.E. (Civil Engineering), M.A. (Sociology) Irrigation and Water Resources Specialist. Director: Chandra Engineering Consultants, Mills Area, Janakpur, Nepal; **Айнабеков Алпысбай Иманкулович**, д.т.н., профессор кафедры “Механика и машиностроение” Южно-Казахстанского государственного университета им. М.Ауезова; **Элдиар Дилятов**, PhD, научный сотрудник Института геологии Национальной академии наук Кыргызстана; **Гисела Домеж**, Университет Милана-Бикокка, профессор наук о Земле и окружающей среде, Италия; **Молдамуратов Жангазы Нуржанович**, PhD, Таразский региональный университет имени М.Х.Дулати, заведующий кафедрой «Материалопроизводство и строительство», доцент, Казахстан; **Муминов Абулкосим Оманкулович**, Кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры метеорологии и климатологии физического факультета Национального университета Таджикистана. Таджикистан; **Мирзохонова Ситора Олтибоевна**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры метеорологии и климатологии физического факультета. Национальный университет Таджикистана. Таджикистан; **Исмаил Мондиал**, профессор факультета иностранных докторантов Калькуттского университета, Индия; **Исанова Гулнора Толегеновна**, PhD, доцент кафедры экологии почв НИИ почвоведения и агрохимии им. Ю.У.Успанова, ведущий научный сотрудник, Казахстан; **Комиссаров Михаил**, PhD, Уфимский биологический институт, старший научный сотрудник лаборатории почвоведения, Россия; **Аяд М. Фадхил Ал-Кураиши**, PhD, Тишский международный университет, инженерный факультет, профессор гражданского строительства, Ирак; **Ундракш-Од Баатар**, председатель Центральноазиатского общества почвоведов, профессор, Монголия.

Учредитель: НИУ “Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства”.

Наш адрес: 100000, г. Ташкент, улица Кары - Ниязий, 39. <https://uzjournals.edu.uz/tiame/> E-mail: i_m_jurnal@tiame.uz

Журнал «Irrigatsiya va Melioratsiya» специализируется в научно-практической, аграрно-экономической сферах.

Журнал зарегистрирован Узбекским агентством по печати и информации 4 марта 2015 года за № 0845.

Индекс подписки: 1285.

Дизайнер: Маликова Мадинахон



Журнал изготовлен в ООО «SILVER STAR PRINT».

Адрес: г. Ташкент, Учтепинский район, 22 кв., дом 17. Заказ №3. Тираж 400 штук.

Chief Editor:

Sultanov Takhirjon

Vice-rector for scientific researches and innovations

Professor at "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"
National Research University, Doctor of technical sciences

Scientific Editor:

Salohiddinov Abdulkhakim

Vice-rector for international cooperation

Professor at "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"
National Research University, Doctor of technical sciences

Editor:

Hodjaev Saidakram

Associate professor at "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"
National Research University, Candidate of technical sciences

EDITORIAL TEAM:

Mirzaev B., doctor of technical sciences, professor, rector of "TIAME" NRU; **Khamraev Sh.**, candidate of technical sciences, minister of the Water Resources of the Republic of Uzbekistan; **Ishanov H.**, candidate of technical sciences, chief specialist Cabinet Ministers of the Republic of Uzbekistan; **Salimov O.**, doctor of technical sciences academician of ASRUz; **Mirsaidov M.**, doctor of technical sciences academician of ASRUz; **Khamidov M.**, doctor of agricultural sciences, professor "TIAME" NRU; **Bakiev M.**, doctor of technical sciences, professor "TIAME" NRU; **Ramazanov O.**, doctor of agricultural sciences, professor "TIAME" NRU; **Isakov A.**, doctor of technical sciences, professor "TIAME" NRU; **Arifjanov A.**, doctor of technical sciences, professor "TIAME" NRU; **Matkarimov P.J.**, doctor of technical sciences, professor NETI; **Ikramov R.**, doctor of technical sciences, professor SRIIWP; **Sherov A.**, doctor of technical sciences, professor "TIAME" NRU; **Umarov S.**, doctor of economic sciences, professor "TIAME" NRU; **Ismailova Z.**, doctor of pedagogical sciences, professor "TIAME" NRU; **Khudayarov B.**, doctor of technical sciences, professor "TIAME" NRU; **Sultonov B.**, professor "TIAME" NRU; **Abdullaev B.D.**, professor "TIAME" NRU; **Karimov B.K.**, professor "TIAME" NRU; **Xudoyberdiyev T.S.**, professor Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnologies; **Yangiev A.A.**, doctor of technical sciences, professor "TIAME" NRU;

EDITORIAL COUNCIL:

Vatin Nikolay Ivanovich, doctor of technical sciences, professor Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, (Russia); **Ivanov Yuriy Grigorievich**, doctor of technical sciences, professor Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, executive director of Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov (Russia); **Kozlov Dmitriy Vyacheslavovich**, doctor of technical sciences, professor Moscow State University of Civil Engineering – Head of the Department Hydraulics and Hydraulic Engineering Construction of the Institute of Hydraulic Engineering and Hydropower Engineering, (Russia); **Lubos Jurik**, associate professor at "Department of Water Resources and Environmental Engineering" of Slovak University of Agriculture in Nitra; **Kovalenko Petr Ivanovich**, doctor of technical sciences, Academician of the National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine, Advisor to the Director of the Research Institute of Melioration and Water Resources, Professor; **Xanov Nartmir Vladimirovich**, professor, Head of the Department of Hydraulic Structures RSAU – MAA named after K.A.Timiryazev; **Krishna Chandra Prasad Sah**, PhD, M.E., B.E. (Civil Engineering), M.A. (Sociology) Irrigation and Water Resources Specialist. Director: Chandra Engineering Consultants, Mills Area, Janakpur, Nepal. **Ainabekov Alpysbay Imankulovich**, doctor of technical sciences, professor of the Department Mechanics and mechanical engineering, South Kazakhstan State University named after M.Auezov; **Eldiir Duulatov**, PhD, Researcher at the Institute of Geology of the National Academy Sciences of Kyrgyzstan. **Gisela Domej**, University of Milan-Bicocca, Professor of Department of Earth and Environmental Sciences, Italy; **Moldamuratov Jangazy Nurjanovich**, PhD, Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati, Head of the Department of Material Production and Construction, Associate Professor, Kazakhstan; **Muminov Abulkosim Omankulovich**, Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer, Department of Meteorology and Climatology, Faculty of Physics, National University of Tajikistan. Tajikistan; **Mirzoxonova Sitara Oltiboevna**, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Meteorology and Climatology, Faculty of Physics. National University of Tajikistan. Tajikistan. **Ismail Mondial**, Professor at the Department of Foreign Doctoral Students, Calcutta University, India; **Isanova Gulnura Tolegenovna**, PhD, Associate Professor, Department of Soil Ecology, Research Institute of Soil Science and Agrochemistry. Yu.U.Uspanova, Leading Researcher, Kazakhstan; **Komissarov Mixail**, PhD, Ufa Biological Institute, Senior Researcher, Laboratory of Soil Science, Russia; **Ayad M. Fadxil Al-Quraishi**, PhD, Tish International University, Faculty of Engineering, Professor of Civil Engineering, Iraq; **Undrakh-Od Baatar**, Chairman of the Central Asian Society of Soil Scientists, professor, Mongolia;

Founder: "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University.

Our address: 39, Kari-Niyazi str., Tashkent 100000 Uzbekistan <https://uzjournals.edu.uz/tiame/> E-mail: i_m_jurnal@tiame.uz

The journal of "Irrigatsiya va Melioratsiya" specializes in scientific-practical, agrarian and economic spheres.

The journal was registered by the Uzbek Agency for Press and Information on March 4, 2015, under № 0845.

Subscription index is 1285.

Desingner: Malikova Madinakhon



The journal was published by LLC SILVER STAR PRINT.

Address: Tashkent, Uchtepa district, 22., house 17. Order №. 3. Circulation 400 pieces.

<i>А.С.Бердишев, А.А.Турдибаев, Н.А.Айтбаев</i> Сувни зарарсизлантириш учун лаборатория электрогидравлика қурилмасини ишлаб чиқиш.....	169
<i>Р.Ф.Юнусов, Д.М.Акбаров</i> Эксплуатационная надёжность электроприводов водохозяйственного оборудования.....	173
<i>А.С.Бердишев, З.З.Джумабаева</i> Сув таъминот тизимида энергиятежамкор технологиянинг математик моделли ва унга таъсир этувчи факторлар.....	177
<i>М.Ибрагимов, Ф.Кушназаров</i> Сунъий кўлларда балиқларни табиий озиклантириш самарадорлигини оширишда импульс кенгайтиргич модулини қўллаш.....	182
<i>М.Ибрагимов, С.Н.Нематов</i> Янги йиғилган пиёз ва картошкага озон газини орқали ишлов бериш ҳамда сақланиш сифатини ошириш ва озон ҳосил бўлиш жараёнининг тадқиқоти	187
<i>А.А.Турдибоев</i> Оқова сувларни тозалашда электр активаторнинг параметрларини асослаш	191
<i>Н.М.Эшпулатов, Н.Т.Тошмаматов</i> Қишлоқ хўжалик маҳсулотларини қуритиш жараёнида энергиядан фойдаланиш самарадорлигини ошириш омиллари.....	199
<i>Н.М.Эшпулатов, Д.У.Диниқулов</i> Данакли меваларга шарбат олишдан олдин ўта юқори частотали электромагнит майдон энергияси билан ишлов бериш электротехнологияси	203
<i>А.С.Бердишев, У.Д.Едилбаев, Н.А.Айтбаев</i> Вопросов энергосбережения термодинамики	209
<i>Ш.Р.Рахманов</i> Реализация математических моделей и алгоритмов в задачах управления процессом культивирования микроводорослей.....	216
<i>А.С.Бердишев, Н.М.Маркаев</i> Узумни “Қишмиш чёрный” навининг новда қаламчасидан маълум вақт оралиғида ўтадиган электр ток жичлигини тадқиқ этиш.....	221
<i>Н.М.Маркаев, А.С.Бердишев</i> “Қишмиш чёрный” навли узум қаламчаларига экишдан олдин электр ишлов беришда электр занжирнинг энергетик хусусиятларини тадқиқ этиш	226
<i>С.К.Шеръязов, Р.Ф.Юнусов, А.Х.Доскенов, Д.М.Акбаров, Ш.А.Усманов</i> Показатели эффективности гелиоустановки в системе солнечного теплоснабжения....	231
<i>М.Ибрагимов, Н.М.Эшпулатов, Ш.И.Муртазов</i> Қишлоқ электр тармоқларида филтрли компенсатор қурилмаси ёрдамида реактив қувватни компенсациялаш.....	236
<i>Н.М.Эшпулатов, А.И.Хуррамов</i> Қуруқ меваларни чақиш универсал қурилмаси иш жараёнини назарий асослаш ва техник талаблари.....	242
<i>П.И. Каландаров, А.А. Муталов</i> Дон сақлашнинг технологик жараёнини таҳлил қилишнинг автоматлаштириш объекти сифатида	246
<i>Н.М.Ешпулатов, А.И.Хуррамов</i> Қуруқ меваларни чақиш ва о‘симлик мойини олиш универсал қурилмаси	250

УДК: 631.37.045

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕЛИОУСТАНОВКИ В СИСТЕМЕ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

С.К.Шерьязов^{1*}, Р.Ф.Юнусов², А.Х.Доскенов¹, Д.М.Акбаров², Ш.А.Усманов¹.

¹Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение Высшего Образования "Южно-Уральский Государственный Аграрный Университет", ²Национальный исследовательский университет "Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства"

Аннотация

Для оценки эффективности использования солнечной энергии в системе теплоснабжения требуется разработка необходимых показателей. Для этого рассмотрены показатели работы солнечных коллекторов и гелиоустановки в целом. Приведены режимные параметры гелиоустановки и их зависимость от предлагаемых технических решений. При этом рассмотрена эффективность солнечных коллекторов при различных схемах их соединения. Показаны результаты исследования показателей эффективности гелиоустановки в зависимости от схемы соединения солнечных коллекторов.

Ключевые слова: солнечная энергия; гелиоустановка; солнечное теплоснабжение; солнечный коллектор; аккумулятор энергии; схема соединения; эффективность.

INDICATORS OF EFFICIENCY OF A SOLAR PLANT IN A SOLAR HEATING SYSTEM

S.K.Sheryazov^{1*}, R.F.Yunusov², A.Kh.Doskenov¹, D.M. Akbarov², Sh.A. Usmanov¹.

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "South Ural State Agrarian University", ²National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"

Abstract

To assess the efficiency of using solar energy in the heat supply system, the development of the necessary indicators is required. For this, the performance indicators of solar collectors and solar power plants as a whole are considered. The operating parameters of the solar plant and their dependence on the proposed technical solutions are presented. At the same time, the efficiency of solar collectors is considered for various schemes of their connection. The results of a study of the efficiency indicators of a solar power plant are shown, depending on the connection scheme of solar collectors.

Key words: solar energy; solar plant; solar heat supply; solar collector; energy accumulator; connection diagram; efficiency.



Введение. Постоянный рост цен на энергоресурсы приводит к увеличению общих затрат на энергообеспечение, и как следствие, развитию и внедрению энергоэффективных технологий и поиску более экономичных источников энергии. Снижение затрат на энергоснабжение возможно путем экономии топлива за счет замещения их возобновляемыми источниками [1–5].

Из числа возобновляемых источников наиболее перспективной является солнечная энергия [6]. Использование энергии солнца для получения тепловой энергии приводит к экономии первичных энергоресурсов, и является более эффективным способом преобразования. При этом за счет экономии топлива возможно снижение затрат на потребляемую энергию, что важно для потребителя в условиях роста стоимости энергоносителей. В этих условиях система солнечного теплоснабжения должна быть работать эффективно и быстрее окупаться необходимые затраты [7, 8].

Наибольшее распространение получили активные системы солнечного теплоснабжения. В таких системах имеются специальные устройства для сбора и хранения солнечной энергии. Существуют различные схемы гелиоустановки в зависимости от ее назначения [9].

Преобразование солнечного излучения в тепловую энергию осуществляется посредством солнечных коллекторов (СК), объединенных в коллекторное поле (КП). Нагретый теплоноситель аккумулируется в баке. Величина и время прогрева теплоносителя зависит от эффективности работы КП.

Необходимость аккумуляции энергии обусловлена с периодичностью поступления солнечной энергии, как в течение суток, так и внутри года, и несоответствием максимумов потребления тепловой энергии с поступающей солнечной энергией. Как правило, для суточного аккумуляирования энергии рекомендуется удельный показатель в диапазоне от 200 до 400 л/м² [10].

Методы и материалы. Необходимость аккумуляции энергии обусловлена с периодичностью поступления солнечной энергии, как в течение суток, так и внутри года, и несоответствием максимумов потребления тепловой энергии с поступающей солнечной энергией. Как правило, для суточного аккумуляирования энергии рекомендуется удельный показатель в диапазоне от 200 до 400 л/м² [10].

Известно несколько выражений для определения тепловой мощности СК [10–15]. Наиболее широко используется выражение, основанное на трудах Хоттеля, Уиллера и Блисса.

$$Q_{\Pi} = A_c F_r [H_T \tau \alpha - U_l (T_{\text{вх}} - T_{\text{ос}})] \quad (1)$$

где: F_r – коэффициент отвода тепла из коллектора; $\tau \alpha$ – приведенная поглощательная способность коллектора; U_l – коэффициент тепловых потерь, Вт/(м²·°С).

Данное выражение позволяет определить полезный тепловой поток Q_{Π} с площади СК (A_c), как функцию в двух переменных – плотности потока суммарного солнечного излучения в плоскости СК (H_T) и разности температур теплоносителя на входе в СК ($T_{\text{вх}}$) и температуры окру-

жающей среды (ТОС).

Эффективность СК зависит от материалов (в частности абсорбера и теплопередающего элемента), которые в нем используются. Для хорошо спроектированного СК, значение F_r лежит в диапазоне 0,9–0,95.

Мерой эффективности работы СК является его КПД. Наиболее используемым является выражение, предложенное Даффи, Клейном и Бекманом, определяющее КПД СК как отношении полезного теплового потока к плотности потока суммарного солнечного излучения [16]:

$$\eta_{СК} = F_r \tau \alpha - F_r U_1 \frac{T_{вх} - T_{ос}}{H_T} \quad (2)$$

Анализ данного выражения позволяет разделить его на две части. Первая часть выражения описывает техническую часть СК и зависит от материалов, которые в нем используются и конструкции самого коллектора. Вторая часть зависит от режимов работы СК и вносит корректировку в зависимости от параметров теплоносителя, температуры окружающей среды и поступающей солнечной энергии.

Для покрытия необходимой потребной тепловой энергии с помощью солнечного излучения используют определенное количество СК, объединенные в КП площадью

$$A_{кп} = \frac{Q_{потр}}{Q_{п.уд}} \quad (3)$$

где $A_{кп}$ – площадь КП, m^2 ; $Q_{потр}$ – потребная энергия; $Q_{п.уд}$ – полезная выработка с удельной площади, $Dж/m^2$.

Для упрощения анализа работы примем ряд допущений не искажающие сущности физического процесса преобразования солнечного излучения в тепловую энергию:

1 Все СК одинаково сориентированы и не затеняют друг друга и поступающая солнечное излучение:

$$H_{T1} = H_{T2} = \dots = H_{Tn} = H_T \quad (4)$$

2. Все СК одной конструкции и имеют одинаковую площадь:

$$A = const \quad (5)$$

$$A_{c1} = A_{c2} = \dots = A_{cn} = A_c$$

что позволяет КП представить как один СК, площадь которого равна сумме площадей всех СК находящихся в его составе.

3. Расход теплоносителя через каждый СК одинаково

$$G_1 = G_2 = \dots = G_n = G \quad (7)$$

В случае, когда мы имеем КП с n количеством СК, суммарная полезная энергия будет равна:

$$Q_{кп} = \sum_{i=1}^n Q_{пi} = Q_{п1} + Q_{п2} + \dots + Q_{пn} \quad (8)$$

где $Q_{пi}$ – полезная энергия от каждого СК находящегося в составе КП.

Мерой эффективности работы КП будет являться его КПД:

$$\eta_{кп} A_{кп} H_{Ткп} = \sum_{i=1}^n \eta_{скi} A_{ci} H_{Ti} = \eta_{ск1} A_{c1} H_{T1} + \eta_{ск2} A_{c2} H_{T2} + \dots + \eta_{скn} A_{cn} H_{Tn} \quad (9)$$

С учетом выражений изложенных выше можно записать:

$$\eta_{кп} n A_c H_T = (\eta_{ск1} + \eta_{ск2} + \dots + \eta_{скn}) A_c H_T \quad (10)$$

Тогда КПД КП, состоящего из n количества СК можно переписать как

$$\eta_{кп} = \frac{\eta_{ск1} + \eta_{ск2} + \dots + \eta_{скn}}{n} \quad (11)$$

$$\eta_{кп} = \frac{Q_{кп}}{H_{Ткп}} \quad (12)$$

Полученное выражение показывает, что КПД КП зависит от КПД каждого СК. При этом КПД СК зависит от схемы их соединения между собой в КП.

Теплопроизводительность КП можно представить как

$$Q_{кп} = G_{кп} C_p \frac{dT}{dt} \quad (13)$$

где $G_{кп}$ – расход теплоносителя через КП; dT/dt – приращение температуры теплоносителя после прохождения через КП.

Тогда приращение температуры теплоносителя можно определить:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{Q_{кп}}{G_{кп} C_p} \quad (14)$$

Для анализа эффективности СК при различных схемах соединения в составе КП рассмотрим два основных: параллельное и последовательное включения СК. При этом общее количество СК в составе КП можно представить выражением:

$$n = n_1 + n_2 \quad (15)$$

где: n_1 – количество последовательно соединенных СК;

n_2 – количество параллельно соединенных СК.

Рассмотрим параллельное соединение СК (рис.1).

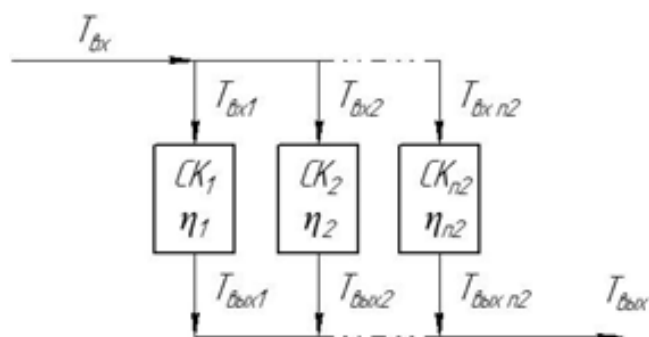


Рис.1. Схема параллельного соединения СК в КП

При параллельном соединении СК в составе КП:

$$G_{кп} = G_{n2} \quad (16)$$

$$Q_{кп} = \sum_{i=1}^n Q_{пi} = Q_{п1} + Q_{п2} + \dots + Q_{пn2} \quad (17)$$

Тепловая производительность КП определяется следующим образом:

$$Q_{кп} = \sum_{i=1}^n Q_{пi} = Q_{п1} + Q_{п2} + \dots + Q_{пn2} \quad (18)$$

$$\dots + A_c F_r [H_T \tau \alpha - U_1 (T_{вхn2} - T_{ос})] Q_{кп} = A_c F_r [H_T (\tau \alpha) - U_1 (T_{вх1} - T_{ос})] + A_c F_r [H_T \tau \alpha - U_1 (T_{вх2} - T_{ос})] + \dots$$

При параллельном соединении СК

$$T_{вх1} = T_{вх2} = \dots = T_{вхn2} = T_{вх} \quad (19)$$

Тогда выражение (21) примет вид

$$Q_{кп} = n_2 A_c F_r [H_T(\tau\alpha) - U_l(T_{вх} - T_{oc})] \quad (20)$$

Тогда КПД КП с учетом выше изложенного

$$\eta_{кп} = F_r \tau\alpha - F_r U_l \frac{T_{вх} - T_{oc}}{H_T} \quad (21)$$

Приращение температуры теплоносителя

$$n_2 G C_p \frac{dT}{dt} = n_2 A_c F_r [H_T(\tau\alpha) - U_l(T_{вх} - T_{oc})] \quad (22)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{A_c F_r [H_T(\tau\alpha) - U_l(T_{вх} - T_{oc})]}{G C_p}$$

Рассмотрим последовательное соединение СК (рис.2).

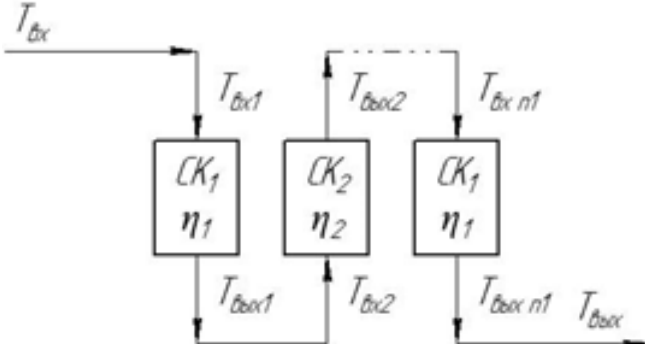


Рис. 2. Схема последовательного соединения СК в КП

При последовательном соединении СК в составе КП:

$$n = n_1 \quad (24)$$

$$G_{кп} = G \quad (25)$$

Тепловая производительность КП определяется следующим образом:

$$Q_{кп} = \sum_{i=1}^n Q_{пi} = Q_{п1} + Q_{п2} + \dots + Q_{пn1} \quad (26)$$

При последовательном соединении СК в составе КП, параметры теплоносителя каждого последующего СК напрямую зависят от производительности предыдущего СК:

$$T_{вхi+1} = T_{вхi} + \frac{Q_{пi}}{G C_p} \quad (27)$$

Тогда согласно модификационному уравнению [17, 18]

$$Q_{кп} = n_1 A_c F_r [H_T(\tau\alpha) - U_l(T_{вх} - T_{oc})] \left[\frac{1 - (1 - K)^{n_1}}{n_1 K} \right] \quad (28)$$

где

$$K = \frac{A_c F_r U_l}{G C_p} \quad (29)$$

дальнейшее решение позволяет определить КПД КП

$$\eta_{кп} = \left[F_r \tau\alpha - F_r U_l \frac{T_{вх} - T_{oc}}{H_T} \right] \left[\frac{1 - (1 - K)^{n_1}}{n_1 K} \right] \quad (30)$$

Данное выражение показывает, что каждый последующий СК включенный в КП снижает его КПД, а степень его влияния в значительной степени обусловлено как конструктивными, так и режимными параметрами работы СК. Величина снижения эффективности можно оценить множителем:

$$M_1 = \frac{1 - (1 - K)^{n_1}}{n_1 K} \quad (31)$$

Тогда приращение температуры теплоносителя

$$G C_p \frac{dT}{dt} = n_1 A_c F_r [H_T(\tau\alpha) - U_l(T_{вх} - T_{oc})] \left[\frac{1 - (1 - K)^{n_1}}{n_1 K} \right] \quad (32)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{n_1 A_c F_r [H_T(\tau\alpha) - U_l(T_{вх} - T_{oc})]}{G C_p} \left[\frac{1 - (1 - K)^{n_1}}{n_1 K} \right] \quad (33)$$

Данное выражение показывает, что каждый последующий СК включенный в КП приводит к увеличению прироста температуры теплоносителя. Так же анализ данного выражения позволяет выразить из него множитель определяющий повышение прироста температуры теплоносителя при последовательном включении

$$M_2 = n_1 \left[\frac{1 - (1 - K)^{n_1}}{n_1 K} \right] \quad (34)$$

$$M_2 = \left[\frac{1 - (1 - K)^{n_1}}{K} \right] \quad (35)$$

Исследование множителей M_1 и M_2 при различных схемах соединения СК в коллекторном поле позволили установить необходимые зависимости. При этом наиболее характерные зависимости получены при последовательном соединении СК (рис. 3 и 4).

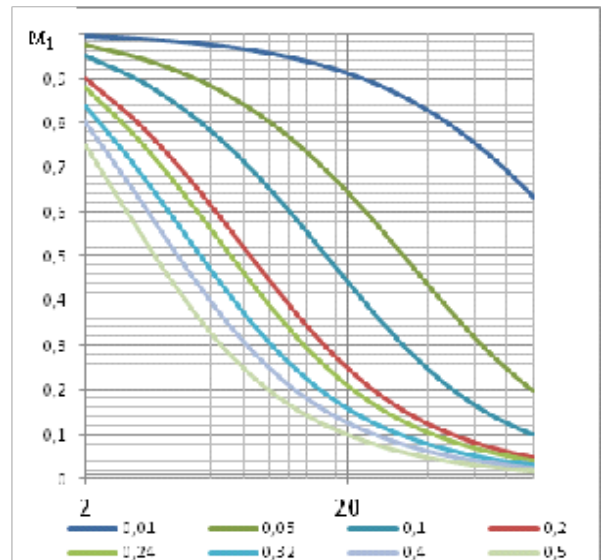


Рис. 3. Зависимость множителя M_2 от количества последовательно соединенных СК при различных значениях показателя K

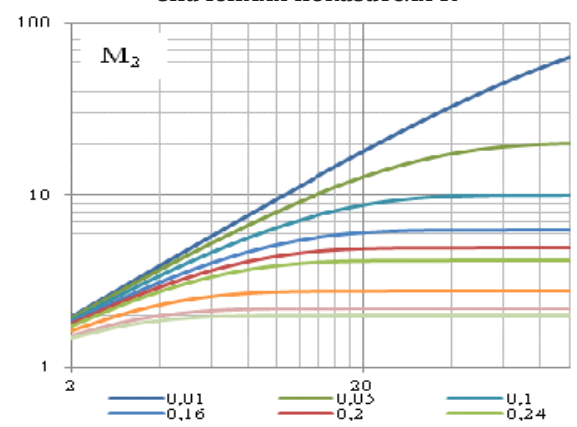


Рис. 4. Зависимость множителя M_2 от количества последовательно соединенных СК при различных значениях показателя K

Результаты

Анализ зависимостей данных множителей от количества последовательных соединений позволил сделать следующие выводы:

КПД КП зависит не только от конструктивных и режимных параметров СК, но и от схемы их соединения в составе КП. Так максимальное значение КПД следует ожидать при параллельном соединении СК.

Последовательное соединение приводит к росту температуры теплоносителя, но снижению КПД КП. Режим работы СК можно оценить множителем M_1 и его существенное изменение ожидается с изменением расхода теплоносителя в СК. Так увеличение расхода приводит к снижению значения M_1 , и приводит к росту затрат энергии на прокачку теплоносителя.

3. При последовательном соединении СК в составе КП, степень температурного прироста зависит от множителя M_2 . Значение данного множителя в свою очередь зависит от количества последовательных соединений и конструктивных параметров СК. Для более совершенных СК, с меньшим значением K , наблюдается существенное увеличение множителя M_2 .

4. Рост количества последовательных соединений имеет ограничение по приросту температуры, так, при невысоких значениях K , например, при $K=0,5$ не рекомендуется последовательное включение больше 6 СК, а при $K=0,24$ – не более 14 СК, поскольку дальнейшее увеличение последовательных соединений СК не дает прироста температуры в условиях снижения КПД (рис. 3).

При существующих ограничениях, когда потребное количество СК больше рекомендованного числа последовательных соединений, требуется создать несколько параллельных контуров, в которых СК включены последовательно. Такая смешанная схема соединения СК позволяет поддерживать температуру теплоносителя на выходе КП и КПД установки (рис. 5).

Описанные выше методы можно использовать и при определении эффективности КП, в составе которого СК включены по смешанной схеме. При смешанной схеме соединения СК в составе КП

$$n = n_1 n_2; G_{кп} = n_2 G.$$

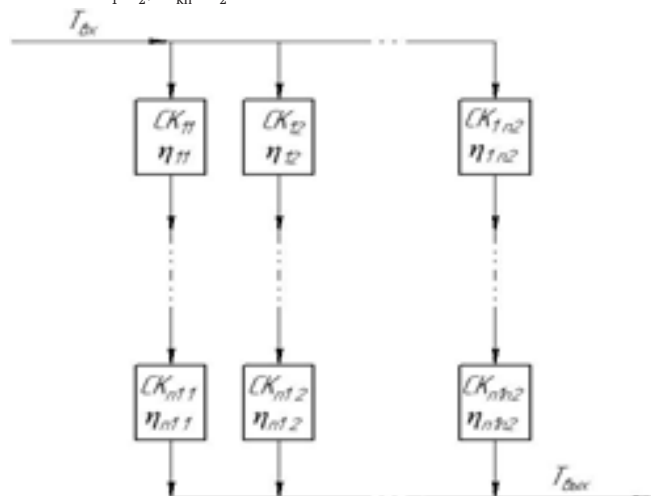


Рис 5. Смешанная схема соединения СК в составе КП

Тогда приращение температуры теплоносителя

$$Q_{кп} = \sum_{i=1}^n Q_{пi} = Q_{п11} + \dots + Q_{пn_1 n_2} \quad (36)$$

или

$$Q_{кп} = n_1 n_2 A_c F_r [H_T(\tau\alpha) - U_l(T_{вх} - T_{oc})] \left[\frac{1-(1-K)^{n_1}}{n_1 K} \right] \quad (37)$$

Тогда КПД КП

$$\eta_{кп} = \left[F_r \tau\alpha - F_r U_l \frac{T_{вх} - T_{oc}}{H_T} \right] M_1 \quad (38)$$

Приращение температуры теплоносителя

$$n_2 G C_p \frac{dT}{dt} = n_1 n_2 A_c F_r [H_T(\tau\alpha) - U_l(T_{вх} - T_{oc})] \left[\frac{1-(1-K)^{n_1}}{n_1 K} \right] \quad (39)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{A_c F_r [H_T(\tau\alpha) - U_l(T_{вх} - T_{oc})]}{G C_p} M_2 \quad (40)$$

Обсуждение

Анализ приведенных выше выражений показывает, что КПД КП и температурный прирост при смешанной схеме соединения зависит от количества последовательно включенных СК в контуре. При росте температуры выше требуемых значений следует уменьшать число последовательно соединенных СК в контуре, что благоприятно и для КПД КП. Так, при определенных высоких значениях мощности солнечного излучения для наиболее эффективного использования солнечной энергии, следует исключить все последовательные соединения в пользу параллельных, что повышает КПД КП.

Зависимость температурного режима от уровня поступающего солнечного излучения и схемы соединения СК показывает широкие возможности управления режимом работы КП. В зависимости от интенсивности солнечного излучения можно управлять схемой соединения СК в составе КП в течение дня и года.

Заключение

Для эффективной работы СТС, необходимо поддерживать заданные параметры теплоносителя на выходе КП в зависимости от солнечной инсоляции и температуры окружающей среды. Важным параметром теплоносителя, является его температура, значение которой должно соответствовать желательной, для потребителя тепловой энергии. При этом необходимо поддерживать эффективную работу КП, с высоким значением КПД.

Получение желаемых параметров теплоносителя и показателей КП возможно путем применения различных схем соединения СК в его составе. При этом возможно последовательное, параллельное и смешанное соединения СК.

Последовательное соединение СК в КП позволяет получить теплоноситель с высокой температурой при низких значениях инсоляций. Однако, следует ожидать снижения КПД КП. В условиях максимального использования солнечной энергии в АССТС температура теплоносителя на выходе КП является важным показателем. Прирост температуры теплоносителя зависит от степени совершенства СК и имеет предел при определенных количествах последовательных соединений.

При параллельном включении СК следует ожидать максимального значения КПД КП. При незначительном уровне мощности солнечного излучения следует ожидать незначительного прироста температуры теплоносителя, недостаточного для использования его в системе теплоснабжения, что приведет к фактическому снижению времени использования СК и в итоге к недоиспользованию солнечной энергии в системе теплоснабжения потребителя.

Особый интерес представляют смешанная схема соединения СК в составе КП. Значение их производительности и уровня прогрева теплоносителя будут лежать в диапазоне от значений для параллельного или последовательного включения.

Для каждого уровня инсоляции, температур тепло-

носителя и окружающей среды существует оптимальная схема соединения СК в составе КП, позволяющая получать теплоноситель с желаемой температурой. Параметры соединений СК (количество последовательных и параллельных включений) зависят от конструкции СК и режимов циркуляции теплоносителя в них (параметр К).

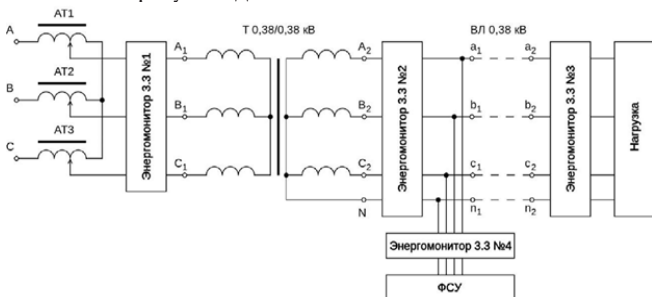
Литература

1. Sheryazov, S.K., Ptashkina-Girina, O.S. Increasing power supply efficiency by using renewable sources. 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing. Publisher: IEEE - 2017. DOI: 10.1109/ICIEAM.2016.7910986.
2. Шерязов С.К., Пташкина-Гирина О.С., Ахметшин А.Т., Гусева О.А. Методика оценки энергетических характеристик возобновляемых источников // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2018. – №1. – С. 114-124.
3. Шерязов С.К., Шелубаев М.В. Разработка метода определения параметров ветропарка. Вестник КрасГАУ. 2014. № 10 (97). С. 182-187.
4. Sheryazov, S. K., Chigak, A.S., Taimanov, S.T. Research of energy characteristics of solar batteries. International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing. Publisher: IEEE - 2019. DOI: 10.1109/ICIEAM.2019.8743093.
5. Шерязов С.К., Пташкина-Гирина О.С., Телюбаев Ж.Б. Переработка отходов животноводства для использования их в качестве удобрения // Вестник ИрГСХА. – И., 2017. – Вып. 80. – С. 184-189.
6. Шерязов С.К., Велькин В.И., Семенов А.Ю., Чернов Н.А. Основы исследования системы энергоснабжения с использованием возобновляемых источников // Ж.: «Альтернативная энергетика и экология». 2012. – №4 (109). – С. 147-149.
7. Шерязов С.К., Новикова В.А. Особенности использования солнечной энергии для теплоснабжения. Материалы I Всероссийской научно-практической конференции «Приоритетные направления развития энергетики в АПК». – Курган: Курганская ГСХА. – 2017. – С. 28-33.
8. Шерязов С.К. Методология рационального сочетания традиционных и возобновляемых энергоресурсов в системе энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Красноярск, 2011. – 32 с.
9. Шерязов С.К. Исследование системы комплексного энергоснабжения с использованием возобновляемых источников // Вестник КрасГАУ. – К., 2008. – № 5. – С. 302-305.
10. Klein S. A., Beckman W.A. A Generalized Design Method for Closed-Loop Solar Energy Systems // Solar Energy. V. 22, 1979. – 26 p
11. A.Whiller. Design factors influencing collector performance //Low Temperature Engineering Applications of Solar Energy, ASHRAE, New York, 1967 – pp: 37-39.
12. J.A. Daffie, W.A. Beckman. Solar Energy Thermal Process// John Willey & Sons, New York, 1974.– 386 p.
13. C.T. Smith, W.A. Beckman. Design applications of the Hottel-Whiller- Blis equation// ISES Congress, Los Angeies, Extended Abstracts, 1975. pp: 109-113.
14. S. Tanaka, R. Suda. Solar House Primer//OHMSHA Ltd, Tokyo, 1983.– 184 p.
15. Васильев Л.Л., Гракович Л.П., Хрусталева Д.К.. Тепловые трубы в системах с возобновляемыми источниками энергии // Минск: Наука и техника, 1988. – 159 с.
16. J. A. Daffie, W.A. Beckman, S.A. Klein. Solar Heating Design// John Willey & Sons, New York, 1977. - 200 p.
17. J.A. Daffie, W.A. Beckman. Solar Energy Thermal Process// John Willey & Sons, New Jersey, 2013
18. Oonk R., Jones D. E., Cole-Appel B. E. Calculation of Performance of N Collectors in Series from Test Data on a Single Collector, // Solar Energy V. 23,1979 - P535.

фларини экспериментал ўрганиш.

“Standart Elektro Texnika” МЧЖ томонидан 0,38 кВ кучланишли электр тармоғининг физик модели ишлаб чиқилган (2-расм). Номинал қуввати 25 кВА ва трансформация коэффициентлари 1 га тенг бўлган Т қувват трансформаторининг кириш кучланишини бошқариш учун учта бир фазага АТ1, АТ2 ва АТ3 автотрансформаторларини ўз ичига олади. Трансформаторнинг чиқиш зажимларига умумий узунлиги 370 м бўлган, 25 мм 2 кесим юзали СИП-4 маркали изоляцияланган сим билан бажарилган ҳаво линияси уланган. Линиянинг охирида 25 кВт қувватга эга тартибга солинадиган актив юклардан, ҳар бирининг номинал қуввати 4,5 кВт бўлган иккита уч фазага асинхрон электр моторларидан иборат юклар уланади, уларнинг юклармаси ўзгармас ток генераторлари ҳисобланади.

ФКҚнинг ABCN зажимлари орқали “Энергомонитор 3.3” №2 дан кейин 0,38 кВ электр тармоғининг a1, b1, c1, n1 зажимлари уланади.



2-расм. 0,38 кВ электр тармоғи физик моделининг функционал схемаси

Кучланиш, ток, актив, реактив ва тўла қувватлар ва бошқа физик катталикларни ўлчаш схеманинг тўртта нуқтасида амалга оширилди: трансформаторнинг кириш қисмида («Энергомонитор 3.3», №1), трансформаторнинг чиқишида («Энергомонитор 3.3», №2), юклар тугунларида (линиянинг чиқишида – «Энергомонитор 3.3», №3) ва ФКҚ киришида («Энергомонитор 3.3», №4). «Энергомонитор 3.3» ўлчов комплекси юқори аниқлик синфига эга – 0,1 ва электр энергиясини тадқиқ қилиш учун мўлжалланган.

0,38 кВ тармоқнинг физик моделида тўртта ўлчов комплексидан фойдаланиш трансформатордаги қувват исрофларини ва линиядаги қувват исрофларини бир вақтнинг ўзида ўлчаш имконини беради, бу 0,38 кВ электр тармоғининг ҳар бир физик элементида исрофларни ўрганишда жуда муҳимдир. Токлар носимметриклигида қувват исрофларини ўрганиш линиядаги ҳар қил турдаги носимметрик юклар учун чулғамлари Y/YN уланиш схемали трансформатор учун ишлаб чиқилган методика бўйича амалга оширилди: бир фазага, икки фазага, уч фазага асинхрон электр моторни бир фазага ишлатиш. Юклар аста-секин куч трансформаторининг салт ишлашидан номиналгача кўтарилди; барча физик катталикларнинг ўлчовлари одатда бешта тажриба учун амалга оширилди (№1 дан №5 гача тажрибалар).

Уч фазага трансформатор ва тўрт симли линиядаги токлар носимметриклигида қувват исрофларини ўлчаш учун токлар носимметриклигида қувват исрофи мезони (K_ϵ) [18, 19, 20] ишлаб чиқилган бўлиб, бу уч фазага трансформаторлар ва тўрт симли линиялардаги асосий исрофлар ва токлар носимметриклигидаги исрофларни ажратиш имконини беради:

$$K_\epsilon = K_{2i}^2 + K_{0i}^2 \frac{R_0}{R} \quad (2)$$

бу ерда K_{2i} , K_{0i} - токларнинг тескари нол кетма-кетлигининг коэффициентлари;

R_1 , R_0 - трансформатор ёки тўрт симли линиянинг тўғридан-тўғри ва нол кетма-кетлигининг актив қаршиликлари.

(2) ифодадан кўриниб турибдики, уч фазага трансформаторда токлар носимметриклигида қувват исрофи мезони юклар токларининг носимметриклик кўрсаткичларига (K_{2i} , K_{0i}) ва трансформаторнинг конструктив параметрларига (R_1 , R_0) боғлиқ.

Тадқиқот натижалари. 0,38 кВ кучланишли қишлоқ электр тармоқларида қувват исрофларини ўрганиш ФКҚ (1-расм) ёрдамида тармоқнинг физик моделида (2-расм) амалга оширилди. 0,38 кВ тармоғи чулғамлар уланиши Y/YN схемали уч фазага қувват трансформаторини ўз ичига олади, қишлоқ электр тармоқларида трансформатор, фаза ва нейтрал симларнинг бир хил кесим юзали изоляцияланган сим билан бажарилган тўрт симли линиялар кенг тарқалган. 1 ва 2-жадвалларда Энергомонитор 3.3 қурилмалари ёрдамида ўлчанган натижалардан фақат трансформатор ва линиядаги қувват исрофларини ҳисоблаш учун зарур бўлган физик катталиклар келтирилган:

$R_{\text{квир}}$, $R_{\text{чик1}}$, $R_{\text{чик2}}$ актив қувватлар;

$Q_{\text{чик1}}$ реактив қувват;

тўғри I_1 , тескари I_2 ва нол I_0 кетма-кетликларининг токларини;

1-жадвал

Y/YN трансформаторли 0,38 кВ тармоқдаги токлар носимметриклигида қувват исрофларини ўлчаш ва ҳисоблаш натижалари: бир фазага актив юклар №1 асинхрон мотор билан ўзгаради

Физик катталиқ	Ўлчов бирлиги	Тажриба рақами					Изоҳ
		№1	№2	№3	№4	№5	
Ўлчанган							
$R_{\text{квир}}$	Вт	6340	7425	9042	9905	10488	-
$R_{\text{чик1}}$	Вт	6100	7100	8520	9220	9632	
$R_{\text{чик2}}$	Вт	5905	6750	7840	8338	8550	
$Q_{\text{чик1}}$	вар	2860	2980	3231	3370	3470	
I_1	А	10,4	12,1	14,8	16,3	17,3	
I_2	А	2,38	3,87	6,2	7,4	8,3	
I_0	А	2,45	4,1	6,7	8,1	9,1	
$K_{\text{н1}}$	ш.б.	0,23	0,32	0,42	0,45	0,48	
$K_{\text{н1}}$	ш.б.	0,24	0,34	0,45	0,5	0,53	
$K_{\text{св}}$	ш.б.	3,25	5,65	9,04	10,78	11,88	
Ҳисобланган							
ΔP_1	Вт	65,54	88,72	132,74	161,01	181,37	$Z_1=0,269 \text{ Ом}$ $R_0=0,202 \text{ Ом}$ $Z_0=4,95 \text{ Ом}$ $R_0=2,72 \text{ Ом}$
ΔP_2	Вт	3,43	9,08	23,29	33,18	41,75	
ΔP_0	Вт	48,98	137,17	366,3	535,38	675,73	
K_ϵ	ш.б.	0,8	1,65	2,94	3,53	3,96	
ΔP_ϵ	Вт	52,41	146,25	389,6	568,56	717,48	
$\Delta P'_\epsilon$	Вт	52,43	146,39	390,26	568,37	718,23	
ΔP_T	%	3,79	4,38	5,77	6,92	8,16	
Линия							
ΔP_1	Вт	149,91	202,92	303,59	368,25	414,82	$Z_1=0,464 \text{ Ом}$ $R_1=0,462 \text{ Ом}$ $Z_0=1,467 \text{ Ом}$ $R_0=1,411 \text{ Ом}$
ΔP_2	Вт	7,85	20,76	53,28	75,9	95,48	
ΔP_0	Вт	25,41	71,16	190,02	277,73	350,53	
K_ϵ	ш.б.	0,222	0,453	0,801	0,96	1,075	
ΔP_ϵ	Вт	33,26	91,91	243,3	353,62	446,02	
$\Delta P'_\epsilon$	Вт	33,28	91,92	243,18	353,52	445,93	
ΔP_T	%	3,2	4,93	7,98	9,57	11,23	