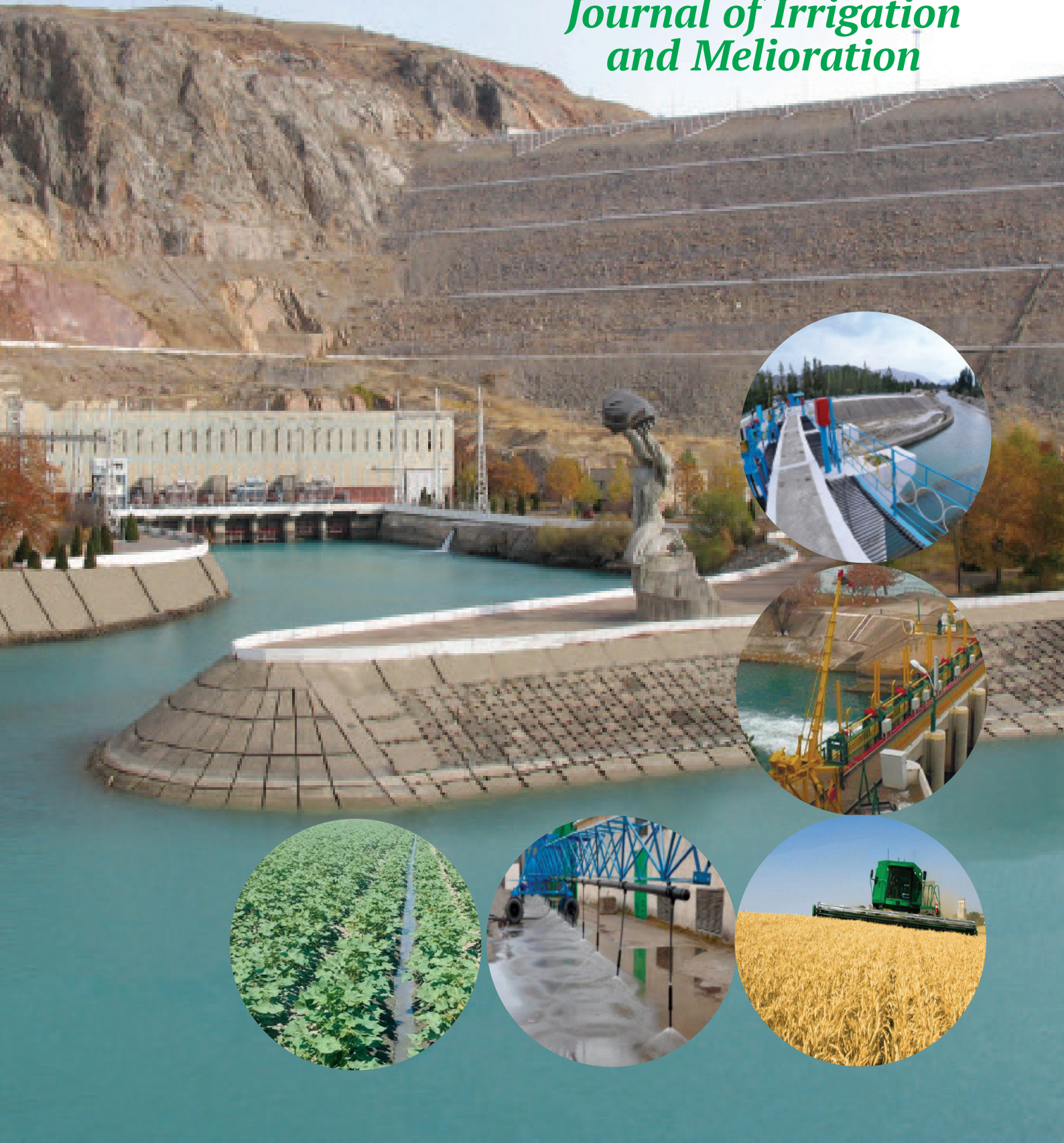


# IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA

№2(32).2023

*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 олими, 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** – Калькутта университети Хорижий докторантура факультети профессори, Ҳиндистон; **Исанова Гулнора Толегеновна** – PhD, У.У. Успанов номидаги Тупроқшунослик ва Агрохимё 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; **Ундракш-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](mailto: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, Олмазор тумани, Иброҳим Ота кўчаси, 3226-уй. Буюртма №30. Адади 550 нуска.

**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 Российского государственного аграрного 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-Бикоцца, 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 Гулнара Толегановна**, 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; **Ундрагш-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](mailto: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: город Ташкент, Алмазарский район, улица Ибрагима Ота, дом 3226. Заказ № 30. Тираж 550 экземпляров.

**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](mailto: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 city, Almazor district, Ibrahim Ota street, 322b. Order № 30. The number is 550 copies.

## ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ

*J.K.Ishchanov, J.Z.Ergashev*

Trend analysis of precipitation time series in the Kashkadarya river basin .....6

*Х.Машиарипова*

Хоразм вилоятида суғориш режимини аниқлашда “Cropwat” дастурини қўллаш.....14

## ГИДРОТЕХНИКА ИНШОТЛАРИ ВА НАСОС СТАНЦИЯЛАР

*А.М.Арифжанов, А.Х.Самторов, М.М.Мадрахимов*

Насос станциялари аванкамераларида оқим ҳаракатининг модели ва ҳисоблаш .....20

*Н.М.Икрамов, Ф.О.Касимов, А.У.Мухаммаджонов*

Ўзгармас кесим юзали ирригация каналларида сув сатҳини ўлчаш ақлли қурилмаси.....26

## ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ ЭЛЕКТРЛАШТИРИШ ВА АВТОМАТЛАШТИРИШ

*А.Р.Қодиров, Қ.А.Шавазов, Н.А.Махмудов, Б.К.Башанов*

Элементлари кетма-кет уланган автоматлаштирилган бошқарув тизимининг ишончилилик кўрсаткичлари асосида оғир дала шароитида иш жараёнини баҳолаш.....34

*Р.Т.Газиева, Э.О.Озодов*

Разработка устройства очистки оросительной воды с автоматической системой управления .....39

*Н.М.Маркаев*

Ток қаламчаларига электротехнологик дастлабки ишлов беришнинг энергетик хусусиятлари.....47

*Я.Т.Адылов, У.Жуманиязов, А.М.Нигматов*

Влияние работы регулируемого электропривода центробежного насоса на уровень загрязнения электромагнитными помехами.....55

*А.С.Бердешев, М.Ибрагимов, З.З.Джумабайева*

Ultrabinafsha nuridan foydalanib suvini zararsizlantirishni asoslash.....60

## СУВ ХЎЖАЛИГИ СОҲАСИ УЧУН КАДРЛАР ТАЙЁРЛАШ

*У.Х.Нигмаджанов*

Теория и практика развития человеческого капитала в Узбекистане.....66

UDC: 631

## TREND ANALYSIS OF PRECIPITATION TIME SERIES IN THE KASHKADARYA RIVER BASIN

*J.Z.Ergashev – doctorate student, J.K.Ishchanov – PhD, Associate Professor, National Research University “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers”*

### Abstract

Precipitation has been widely considered a starting point for the apprehension of climate change courses, constituting one of the most substantial components of the hydrologic cycle. The purpose of this work is to investigate the temporal variability of precipitation in order to contribute to a better interpretation of the hydrological status of the study area located in the Kashkadarya River basin within the prefecture of the Kashkadarya region. The precipitation data refer to the period 1961–2015. The methodology adapts various statistical approaches to detect possible precipitation changes on an annual, monthly, and seasonal basis, including both tests for monotonic trend (Mann-Kendall test, Sequential version of the Mann-Kendall test, Sen's slope estimator). The results of the analysis showed that the main significant growing trends on a monthly basis, were observed in February, April and September in the south-eastern part of the region (Akroabad, Chimkurgan, Dekhanabad). Throughout the period, only April month showed a significant decreasing trend in 5 stations out of 9. The most extreme rainfall events have been observed in 1969 and 1998 years with annual precipitation of more than 1000 mm which is well above than annual average of 660 mm.

**Key words:** precipitation, trend analysis, non-parametric tests, Man-Kendall, Sen's slope estimator, Kashkadarya river basin.

## ҚАШҚАДАРЁ ДАРЁ ҲАВЗАСИДАГИ ЁҒИНГАРЧИЛИК ТЕНДЕНЦИЯСИ ТАҲЛИЛИ

*Ж.З.Эргашев – таянч докторант, Ж.К.Ишчанов – PhD, доцент, “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети*

### Аннотация

Ёғингарчилик гидрологик циклининг энг муҳим таркибий қисмларидан бирини ташкил этувчи иқлим ўзгаришларини тушуниш учун бошланғич нуқта сифатида кенг тарқалган. Ушбу ишнинг мақсади Қашқадарё вилояти доирасидаги Қашқадарё дарёси ҳавзасида жойлашган тадқиқот ҳудудининг гидрологик ҳолатини яхшироқ талқин қилишга ҳисса қўшиш учун ёғингарчиликнинг вақтинчалик ўзгарувчанлигини ўрганишдан иборат. Ёғингарчилик маълумотлари 1961–2015 йиллар даврига тўғри келади. Ушбу таҳлил методологияси ёғингарчиликнинг йиллик, ойлик ва мавсумий ўзгаришларини аниқлаш учун турли статистик ёндашувларини, шу жумладан монотон тенденция учун Манн-Кендалл тести ва Манн-Кендалл тестининг кетма-кет версияси ҳамда Сеннинг нишаб баҳолаш тестларини мослаштиради. Таҳлил натижалари ойлар кесимида асосий сезиларли ўсувчи тенденциялар февраль, апрель ва сентябрь ойларида вилоятнинг жануби-шарқий (Акробод, Чимқўрғон, Деҳқонобод) қисмида кузатилганлигини кўрсатди. Бутун давр мобайнида (ойликлар кесимида) фақат апрель ойида 9 та станциядан 5 тасида сезиларли пасайиш тенденцияси кузатилди. Энг экстремал ёғингарчилик 1969 ва 1998 йилларда кузатилган, йиллик ёғингарчилик миқдори 1000 мм. дан ортиқ бўлиб, йиллик ўртача 660 мм. дан анча юқори.

**Таянч сўзлар:** ёғингарчилик, тренд таҳлили, параметрик бўлмаган тестлар, Манн-Кендалл, Сеннинг нишаблик баҳолаш тести, Қашқадарё ҳавзаси.

## АНАЛИЗ ТРЕНДОВ ОСАДКОВ В БАСЕЙНЕ РЕКИ КАШКАДАРЬЯ

*Ж.З.Эргашев – докторант, Ж.К.Ишчанов – PhD, доцент, Национальный исследовательский университет “Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства”*

### Abstract

Осадки, составляющие один из наиболее важных компонентов гидрологического цикла, широко используются в качестве отправной точки для понимания изменения климата. Целью данной работы является исследование временной изменчивости осадков с целью содействия более полной интерпретации гидрологического состояния исследуемой территории, расположенной в бассейне реки Кашкадарья в пределах Кашкадарьинской области. Данные об осадках относятся к периоду 1961–2015 гг. Методология адаптирует различные статистические подходы для обнаружения возможных изменений осадков на годовой, месячной и сезонной основе, включая оба теста на монотонный тренд (тест Манна-Кендалла, последовательная версия теста Манна-Кендалла, оценка наклона Сена). Результаты анализа показали, что основные значимые тенденции роста в месячном разрезе наблюдались в феврале, апреле и сентябре в юго-восточной части области (Акроабод, Чимкурган, Деҳанабад). На протяжении всего периода только в апреле месяце на 5 станциях из 9 наблюдалась значительная тенденция к снижению. Наиболее экстремальные осадки наблюдались в 1969 и 1998 годах с годовым количеством осадков более 1000 мм, что значительно выше среднегодового показателя 660 мм.

**Ключевые слова:** осадки, трендовый анализ, непараметрические тесты, Ман-Кендалл, оценка уклона Сена, бассейн реки Кашкадарья.



## Introduction.

While the global temperature rise through climate change is on average  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  [1] and the regional average is by  $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$  [2], in Central Asia the situation appears to be more dramatic. Central Asia is experiencing a global warming above average, as exemplified by an average temperature gain of  $1.2\text{--}2.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  since the 1950s, and a  $1\text{--}2\text{ }^{\circ}\text{C}$  increase was observed during the last century in Central Asia [1,2]. Christensen et al. also projects a temperature increase of  $3\text{--}4\text{ }^{\circ}\text{C}$  until 2100 in Central Asia. Furthermore, it is assumed that the annual average of precipitation would decrease about  $3\text{--}4\%$ , with summer decreases by  $9\text{--}13\%$  and increases during the winter by  $3\text{--}4\%$ . The above-average climatic change predicted for Central Asia on a long-term scale translate into lower water inflow from the mountains, and higher water losses to the atmosphere.

As the effects of climate change become increasingly prevalent, understanding the variability and trends in precipitation has become a critical area of research in both hydrology and climatology. Researchers A. Salokhiddinov [3,4], A. Savitsky [5,6], V.E. Chub [7], S. Ibatullin and N. Bobrovitskaya[8], and Sh. Bobokulov [8] have all studied the effects of climate change on several of Uzbekistan's regions. V. Dukhovny [10], V. Chub [7], A. Salokhiddinov, and S. Myagkov studied the effects of climate change on Uzbekistan's water resources as a whole.

Precipitation trend analysis can provide valuable insights into climate change scenarios and enhance climate impact research, but evaluating climatology and hydrology trends remains a contentious issue. By distinguishing between deterministic trends and stochastic variability, trend analysis of hydroclimatic time series can help confirm statistically significant variations in extreme or characteristic events [11,12]. Recent climatologic studies have shown that the observed trend in precipitation is a complex function of various factors, including the climatic environment, precipitation intensity, and season [13,14]. Relevant reviews on trend analysis in precipitation time series include the studies of Zhang [15], Xu [16], Mosmann [17] and Patal and Kahya [18].

While the existing literature has reviewed trend

analysis in precipitation time series, this study focuses on more examining the variability of precipitation in the Kashkadarya river basin located in the Kashkadarya region, during the period 1961-2015, by detecting changes in the temporal structure of precipitation. The Kashkadarya region is characterized by high temporal and spatial variability in its precipitation regime, making this analysis essential for gaining a better understanding of the hydrological status of the region and providing insights into precipitation variability and climate change.

## Methodology.

**Study area.** The study area is located within the prefecture of Kashkadarya region in Uzbekistan covering an extent of 12000 ha. Uzbekistan has many different climates, but is dominated by BSk (annual precipitation is less than the threshold but more than half the threshold), according to the Koppen Geiger climate classification [19]. In particular, in the target area of Kashkadarya region of Uzbekistan in this study is marked Csa (Hot-summer Mediterranean climate) in the classification. The northern region of Uzbekistan has a temperate climate, while the southern region is subtropical. The climate is dry, continental, summer is long, hot and dry; the winter season is short and mild with cold and little snow. The average annual temperature is  $13^{\circ}\text{C}$  -  $14^{\circ}\text{C}$ , the average January temperature is  $0^{\circ}\text{C}$  -  $2^{\circ}\text{C}$ , the average July temperature is  $26^{\circ}\text{C}$  -  $28^{\circ}\text{C}$ , the annual rainfall is 400-600 mm [20,21].

**Materials and methods.** In this study, we aimed to examine the variability of precipitation in the Kashkadarya river basin located in the Kashkadarya region. We used records of precipitation collected from 9 meteorological stations with an elevation range of 288 to 2121 meters above sea level, covering a period of 55 years from 1961 to 2015. To ensure the statistical validity of the trend analysis, we followed the recommendation of Burn and Elnur and utilized a minimum record length of 25 years [22]. The data included monthly and annual totals, as well as four-seasons totals (spring, summer, autumn, winter).

To obtain reliable and accurate results, it is crucial to have homogenous climate data that is free from non-climatic factors. Therefore, we conducted various homogeneity tests,

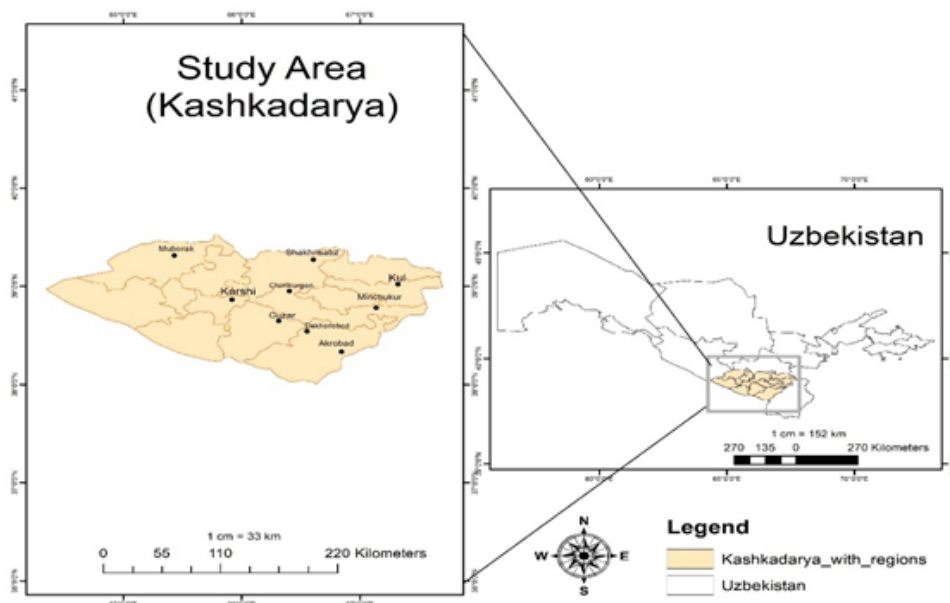


Figure 1. Location of meteorological stations in Kashkadarya region

including the Standard Nomal Homogeneity Test (SNHT), Buishand Range Test, and Pettitt's test. We used the ACMANT software to correct for any identified inhomogeneity in the data. Additionally, we checked the data for serial correlation and stationarity using the Durbin-Watson and Dickey-Fuller tests, respectively.

The presence of sequential correlations in hydrometeorological time series may complicate the

examination of trends, leading to underestimation of the standard error and false-positive results for the Mann-Kendall test [23]. To mitigate this issue, we conducted various trend and step change tests, including non-parametric tests, as many hydrologic time series data are not normally distributed. We conducted trend analyses for all available annual extreme data and used Mann-Kendall or other tests to determine statistically significant trends. We utilized a comprehensive

Table 1

Information of meteorological stations used in this study

№	Station name	Conducted observations	Latitude	Longitude	Elevation (m)	Data length
1	Karshi	Meteorological	38.25N	66.83E	1601.0m	53
2	Akrabat	Meteorological Agrometeorological	38.80N	66.20E	466.0m	55
3	Guzar	Meteorological Agrometeorological	38.40N	66.50E	841.0m	55
4	Dechanabad	Meteorological Agrometeorological	38.62N	66.27E	524.0m	55
5	Kul	Meteorological	38.80N	65.72E	376.0m	55
6	Minchukur	Meteorological Agrometeorological	39.06N	67.31E	2034.0m	55
7	Mubarec	Meteorological Agrometeorological	38.65N	66.93E	2121.0m	55
8	Chimkurgan	Meteorological Agrometeorological Water balance	39.30N	65.20E	288.0m	55
9	Shahrizjzbz	Meteorological Agrometeorological	39.20N	67.10E	627.0m	55

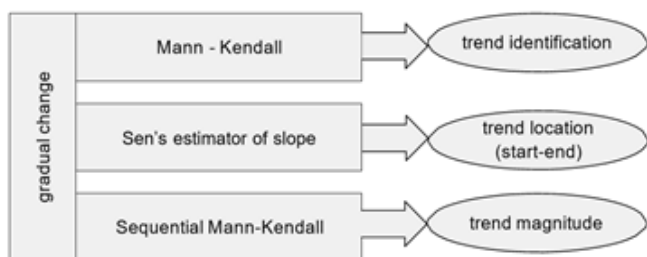


Figure 2. Trend analysis framework

trend analysis framework, as outlined in Figure 2, to examine the variability of precipitation in the Kashkadarya river basin. Our methodology ensures the reliability and validity of the results, providing a better understanding of the hydrological status of the region.

Mann-Kendall test. The Mann-Kendall test is a widely used non-parametric test for evaluating hydrological time series trends [24]. It can be considered as a non-parametric test for the zero slope of the linear regression of time-regulated data. In the Mann-Kendall test, the zero hypothesis (Ho) represents a non-trending state in writing, while the alternative hypothesis (Ha) indicates that there is a monotonic trend up or down in the data. The test statistics for the Mann-Kendall test are calculated using Equation (1):

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \tag{1}$$

Where:  $x_j$  and  $x_k$  are measurements obtained at time  $j$  and  $k$ .  $n$  is the number of observed events. The function  $\text{sgn}$  is described using Eq. (2):

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \tag{2}$$

The variance of the test statistics ( $S$ ) is calculated using Eq. (3):

$$\text{Var}(S) = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)]}{18} \tag{3}$$

Where:  $n$  is the number of observations,  $m$  is the total number of tied groups, and  $t_i$  denotes the number of ties of extent  $i$ . The standardized test statistics ( $z$ ) is computed using Eq. (4):

$$z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \tag{4}$$

The null hypothesis ( $H_0$ ) is accepted if  $|z| \leq z_{\alpha/2}$  where:  $\alpha$  is user specified level of significance. To quantify the magnitude of the trend detected by the Mann-Kendall test, the Theil-Sen's slope estimate can be used. According to Sen [11], the slope of the lines ( $Q_i$ ) connecting  $N$  distinct pairs can be computed using Eq. (5):

$$Q_i = \frac{Y_j - Y_k}{j - k} \quad \text{for } i=1, \dots, N \tag{5}$$

Where:  $Y_j$  and  $Y_k$  are data values corresponding to  $j$  and  $k$  ( $j > k$ ), respectively. After arranging the values of  $Q_i$ 's in ascending order of magnitude, the median of the slopes (Sen's slope estimator) ( $Q_{med}$ ) is computed using Eq. (6). Theil-Sen is used to estimate the slope, while the original observations are used to obtain a slope estimate. Using the averaged



numbers of slopes in the Theil-Sen procedure makes it non-parametric:

$$Q_{med} = \left\{ \begin{array}{ll} Q_{(N+1)/2} & \text{if } N \text{ is odd} \\ \frac{Q_{(N/2)} + Q_{(N+2)/2}}{2} & \text{if } N \text{ is even} \end{array} \right\} \quad (6)$$

The Theil-Sen slope helps to estimate the magnitude of the trend through a solid linear regression. The Theil-Sen slope procedure does not require an estimation of the norm for the residue and is not rigid with respect to homoscedasticity.

*Sen's Slope estimator.* Sen's Slope estimator. Along with the Mann-Kendall test, Sen's estimator is another non-parametric test that helps to observe the trend and its magnitude. In order to compute Sen's slope test statistics in time series, at least 10 values are required. This test generates both the slope (i.e. linear rate of change) and intercept values according to Sen's method [24].

The positive slope  $Q_i$  indicates an upward trend where the negative slope  $Q_i$  indicates a downward trend. However, if the slope is zero, there will be no trend everything else remains the same. To get the value of B (constant) on the equation. (8),  $x_i - Q_i$  are the n values of the differences. The median of these values gives a constant B value, while the constant B values of the lines between 99% and 95% confidence are obtained by a similar procedure.

*Sequential Mann-Kendall test.* The SQ-MK test proposed by Sneyers is used to determine the approximate year of onset of a significant trend. This test sets two sequences, the progressive  $u(t)$  and the reverse  $u(t)$ . If they cross each other and move away from the set limit value, then there is a statistically significant trend. The point where two indicators intersect means the year in which the trend began. Where  $(t)$  is a standardized variable with zero mean and unit average deviation. Therefore, its series motion varies at zero level.  $u(t)$  is the same as the z values found at the data point from the first to the end. This test considers the relative values of all terms in the time series.  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ .

**Results**

To ensure the validity of our analysis, we initially performed an autocorrelation test on all time series to verify the randomness of the data. As the lag-1 serial correlation coefficients were not statistically significant, we concluded that there was no need to pre-whiten the data, and all statistical tests described in this study were applied to the original time series.

To make predictions from any time series, it is necessary to ensure that the data is stationary. Therefore, we used the ACF plot and Dickey-Fuller test to identify stationarity in the data. Using both methods, we confirmed that the data were stationary.

To examine homogeneity in the precipitation data, we conducted well-known homogeneity tests in climatological studies such as the Standard Normal Homogeneity Test

(SNHT), Buishand Range Test, and Pettitt's test. Based on the results, we divided the data into three categories:

- Useful if one or more of the above three tests rejects the null hypothesis;
- Doubtful, if two tests reject the null hypothesis;
- Suspect, if three or all the tests reject the null hypothesis

Out of 113 series in precipitation data, all the records of 8 stations found as "useful" in homogeneity tests, only Kul station showed significant heterogeneity (Table 2)

We analyzed the precipitation time series data using the Mann-Kendall test for each station separately. Table 3 provides the calculations of the Mann-Kendall statistics and p-values derived for each distinct station according to the time scales described above.

We detected significant monthly trends of precipitation time series among 9 meteorological stations, as shown in Figure 3. These trends were based on the time-period 1961–2015.

We calculated the Sen's slope estimator to determine the magnitude of trend (Table 4). Monthly precipitation is generally on an upward trend, with the highest magnitude observed in February and November. We observed a significant upward trend during the irrigation period (May to September) across four stations within the Kashkadarya river basin (Akrobad, Chimkurgan, Dekhanabad, and Kul) in February, and a significant downward trend in April. Additionally, we observed a significant growth trend in June at Dekanabad station, in September at Chimkurgan, Dekhanabad, and Guzar, and in late Autumn (November) at Kul and Shakhrisabz. These trends were statistically significant at a 95% confidence level during the period 1961–2015.

Regarding the seasonal analysis, all seasonal trends showed a non-significant upward trend (except Kul and Dekhanabad, which showed a significant trend at a 95% confidence level). Only in the Karshi station, an upward trend was identified during the Spring season. An upward trend during the Summer season was observed at Akrobad, Dekhanabad (where Dekhanabad showed a significant trend), and Minchukur stations. A non-significant Autumn upward trend was observed at Akrobad and Dekhanabad, while Chimkurgan and Kul showed an upward trend. The annual time series did not reveal a statistically significant trend, except for Kul, which showed a significant increasing trend during the period 1961–2015. Generally, the stations within the Kashkadarya river basin showed an upward trend in precipitation on both monthly and seasonal scales during the late winter (Figure 4), while a decreasing trend was observed in the spring season.

Moreover, our trend analysis revealed few significant trends in precipitation time series, with the most notable ones occurring in February, April, and September in the southeastern part of the region, specifically in Akrobad,

Table 2

**Homogeneity test results**

Parameters	Total stations	Station class		
		Class A: Useful	Class B: Doubtful	Class C: Suspect
Precipitation	9	319(98.46%)	3(0.92%)	2(0.62%)

Chimkurgan, and Dekhanabad. We observed a significant increasing trend in February and September, while a significant decreasing trend was detected in April. Given that spring (March, April, May) is the main rainy season in Uzbekistan, the observed downward trend in April could be attributed to climate change. However, our extreme rainfall analysis showed that the region has experienced several extreme wet years, with 1969 and 1998 being the most extreme during the

studied period. These years recorded annual precipitation amounts exceeding 1000 mm, well above the annual average of 660mm, which have caused significant harm to agriculture and human lives. The increasing frequency of floods in recent years further highlights the vulnerability of the region to extreme precipitation events.

Table 3

Mann-Kendall test results of Precipitation series

Precipitation totals	Akrobad			Chimkurgan			Dekhanabad		
	Z	S stat	P-value	Z	S stat	P-value	Z	S stat	P-value
January	2.004	170	0.220	1.931	267	0.053	1.484	211	0.138
February	2.004	277	0.045*	2.018	279	0.044*	2.043	290	0.041*
March	-0.58	-82	0.557	-0.60	-84	0.547	0.565	81	0.572
April	-2.67	-370	0.007*	-2.08	-288	0.037*	-1.94	-276	0.052
May	0.283	40	0.777	0.356	50	0.722	1.195	170	0.232
June	1.509	207	0.131	0.970	123	0.332	2.509	327	0.012*
July	0.211	27	0.833	-0.99	-108	0.321	-0.25	-26	0.798
August	1.408	136	0.159	0.385	35	0.701	1.936	136	0.053
September	-0.67	-88	0.500	2.554	346	0.011*	2.093	291	0.036*
October	0.341	48	0.733	0.022	4	0.983	-0.23	-34	0.815
November	1.408	195	0.159	1.133	157	0.257	1.894	269	0.058
December	0.399	56	0.690	0.022	4	0.983	0.262	38	0.794
Spring	-1.33	-185	0.182	-1.49	-207	0.135	-0.72	-104	0.467
Summer	1.744	241	0.081	-0.14	-21	0.883	2.450	335	0.014*
Autumn	1.800	249	0.072	0.966	134	0.334	1.788	254	0.074
Winter	1.336	185	0.182	1.735	240	0.083	1.491	212	0.136
Annual	0.697	97	0.486	0.813	113	0.416	1.562	222	0.118
	Minchukur			Muborak			Shakhrisabz		
	Z	S stat	P-value	Z	S stat	P-value	Z	S stat	P-value
January	0.763	109	0.445	0.601	86	0.548	-0.45	-63	0.653
February	0.572	82	0.567	0.537	75	0.591	0.835	116	0.404
March	-0.50	-73	0.611	-0.32	-47	0.745	-0.80	-112	0.420
April	-2.06	-293	0.039*	-1.39	-198	0.164	-1.72	-238	0.085
May	0.226	33	0.821	-0.17	-25	0.865	-0.53	-74	0.596
June	1.700	241	0.089	-0.53	-62	0.595	0.755	101	0.450
July	0.136	19	0.892	-1.11	-124	0.263	-0.62	-71	0.534
August	1.097	127	0.273	0.140	13	0.889	0.617	58	0.537
September	0.589	84	0.556	0.572	80	0.567	-0.21	-29	0.830

October	0.693	99	0.489	-1.59	-227	0.110	-0.06	-10	0.948
November	1.654	235	0.098	1.421	202	0.155	1.975	273	0.048*
December	0.368	53	0.713	-0.89	-127	0.373	0.849	118	0.396
Spring	-1.14	-163	0.252	-0.94	-135	0.344	-1.40	-195	0.159
Summer	1.881	267	0.060	-1.44	-194	0.150	0.286	40	0.775
Autumn	1.590	226	0.112	0.360	52	0.719	1.082	150	0.279
Winter	0.650	93	0.516	0.092	14	0.927	0.740	103	0.459
Annual	0.728	104	0.467	0.346	50	0.729	0.102	15	0.919
	Karshi			Guzar			Kul		
	Z	S stat	P-value	Z	S stat	P-value	Z	S stat	P-value
Jan	-0.09	-13	0.922	0.472	66	0.637	1.982	274	0.047*
Feb	0.796	99	0.426	0.915	127	0.360	3.148	423	0.002*
Mar	-1.95	-241	0.051	0.283	40	0.777	1.866	258	0.0620
Apr	-0.97	-121	0.330	-0.95	-132	0.342	-0.40	-57	0.6843
May	-0.00	-2	0.994	0.327	46	0.744	0.189	27	0.8502
Jun	0.902	88	0.367	1.851	238	0.064	1.307	181	0.1912
Jul	-1.42	-117	0.155	-0.62	-56	0.534	-0.05	-9	0.9536
Aug	0.427	28	0.670	-0.29	-23	0.767	-1.48	-204	0.1376
Sep	-0.34	-34	0.732	2.019	276	0.044*	-0.24	-34	0.8105
Oct	-1.60	-197	0.109	-0.45	-63	0.652	0.167	24	0.8673
Nov	1.016	126	0.310	1.408	195	0.159	1.917	265	0.055*
Dec	-0.26	-33	0.795	0.051	8	0.959	1.183	164	0.2366
Spring	-1.88	-233	0.060	-0.52	-73	0.601	0.588	82	0.5565
Summer	-0.08	-11	0.930	0.917	124	0.359	0.668	93	0.5041
Autumn	-0.28	-36	0.776	0.849	118	0.396	1.575	218	0.1151
Winter	0.414	52	0.679	0.486	68	0.627	3.209	443	0.001*
Annual	-0.66	-83	0.505	0.508	71	0.611	2.581	347	0.010*

\* statistically significant at 95% confidence level

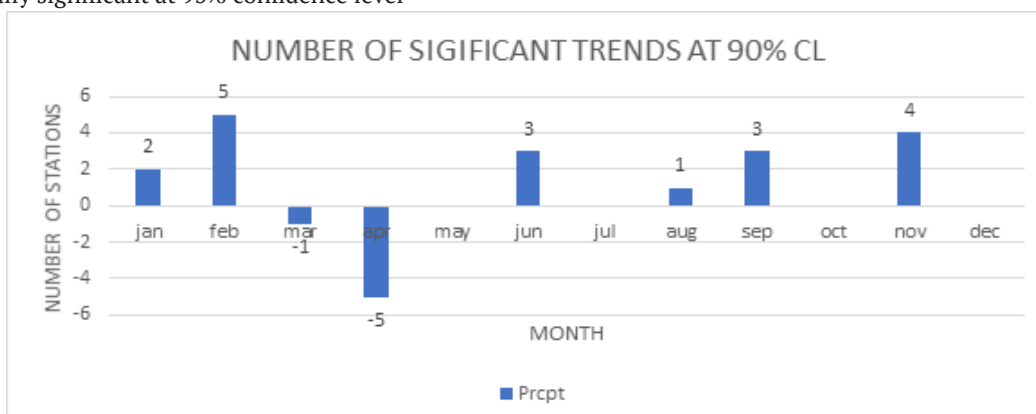


Figure 3. Number of stations with significant trend above the 90% confidence level (Mann-Kendall statistics) for precipitation time-series data in Kashkadarya region, 1961-2015. The charts below 0 indicates "Negative trend", the charts above 0 indicates "positive trend".

Table 4

Sen`s slope values

	AKR	CHIM	DEKH	GUZ	MIN	MUB	SHAKH	KUL	KAR
Jan	0.220	0.374	0.213	0.090	0.218	0.066	-0.105	0.462*	0.018
Feb	0.491*	0.460*	0.425*	0.172	0.272	0.020*	0.254	0.976*	0.126
Mar	-0.167	-0.167	0.084	0.080	-0.203	-0.040	-0.295	0.700	0.458*
Apr	-0.917*	-0.497*	-0.535	0.217	-1.008*	-0.176	-0.636	0.184	0.188
May	0.059	0.044	0.238	0.038	0.076	-0.017	-0.144	0.070	0.000
Jun	0.030	0.000	0.000	0.000	0.107	0.000	0.000	0.286	0.000
Jul	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
Aug	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.000
Sep	0.000	0.014*	0.015*	0.026*	0.008	0.000	0.000	0.012	0.000
Oct	0.026	0.000	-0.012	0.036	0.102	-0.091	-0.003	0.072	0.078
Nov	0.289	0.291	0.320	0.250	0.466	0.133	0.532*	0.615	0.117
Dec	0.084	0.024	0.076	0.013	0.144	-0.102	0.294	0.419	0.058
Spring	-0.291	-0.268	-0.108	0.083	-0.300	-0.081	-0.333	0.168	0.319
Summer	0.027	0.000	0.006*	0.000	0.063	0.000	0.000	0.076	0.000
Autumn	0.130	0.073	0.114	0.050	0.220	0.017	0.154	0.276	0.023
Winter	0.173	0.259	0.155	0.067	0.147	0.011	0.143	0.537*	0.033
Annual	0.038	0.051	0.090	0.030	0.080	0.012	0.008	0.284*	0.038

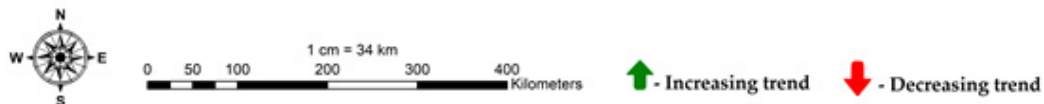
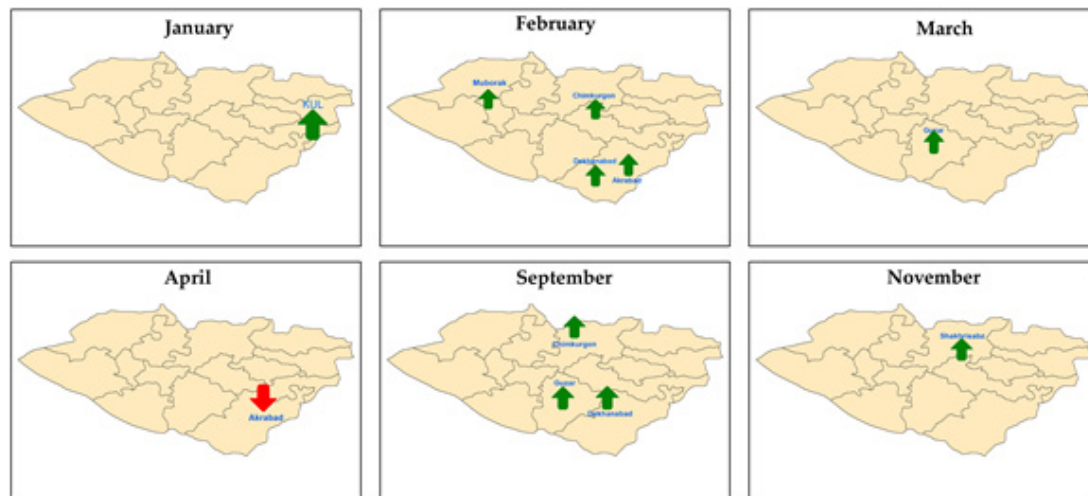


Figure 4. Result of MK-test in Precipitation time series at 95% confidence level

№	Адабиётлар	References
1	Giese, E., Mossig, I., Rybski, D., Bunde, A., 2007. Long-term analysis of air temperature trends in Central Asia. <i>Erdkunde</i> 61, 186–2002	1. Giese, E., Mossig, I., Rybski, D., Bunde, A., 2007. Long-term analysis of air temperature trends in Central Asia. <i>Erdkunde</i> 61, 186–2002
2	Christensen, J.H., Hewitson, B., Busuioic, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R.K., Kwon, W.-T., Laprise, R., Magaña Rueda, V., Mearns, L., Menéndez, C.G., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr, A., Whetton, P., 2007. Regional Climate Projections.	2. Christensen, J.H., Hewitson, B., Busuioic, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R.K., Kwon, W.-T., Laprise, R., Magaña Rueda, V., Mearns, L., Menéndez, C.G., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr, A., Whetton, P., 2007. Regional Climate Projections.
3	A. Salokhiddinov, A. Savitskiy, P. Khakimova, R. Toryannikova, O. Ashirova, A. Gofurov, J. Irrigation and Melioration, 2, 7-12 (2021)	3. A. Salokhiddinov, A. Savitskiy, P. Khakimova, R. Toryannikova, O. Ashirova, A. Gofurov, J. Irrigation and Melioration, 2, 7-12 (2021)
4	A. Salokhiddiov, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 883, 1207 (2020)	4. A. Salokhiddiov, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 883, 1207 (2020)
5	A. Savitsky, O. Ashirova, R. Razzakov, J. Ecological Bulletin, 11, 36, (2019)	5. A. Savitsky, O. Ashirova, R. Razzakov, J. Ecological Bulletin, 11, 36, (2019)
6	A. G. Savitsky, O. A. Ashirova, P. A. Khakimova, Impact of climate change on precipitation in Uzbekistan, J. Ecological Bulletin, 10 (2019)	6. A. G. Savitsky, O. A. Ashirova, P. A. Khakimova, Impact of climate change on precipitation in Uzbekistan, J. Ecological Bulletin, 10 (2019)
7	V. Y. Chub, Climate Change and Its Impact on Hydrometeorological and Agroclimatic Processes and on Water Recourses in the Republic of Uzbekistan (Voris, Tashkent, 2007)	7. V. Y. Chub, Climate Change and Its Impact on Hydrometeorological and Agroclimatic Processes and on Water Recourses in the Republic of Uzbekistan (Voris, Tashkent, 2007)
8	S. Ibatullin, N. Bobrovitskaya, Impact of climate change to water resources in Central Asia Consolidated report (Regional Center of Hydrogeology, Almaty, 2009)	8. S. Ibatullin, N. Bobrovitskaya, Impact of climate change to water resources in Central Asia Consolidated report (Regional Center of Hydrogeology, Almaty, 2009)
9	Sh. Babakholov, Empirical assessment of climate change impacts on agriculture in Samarkand region, J. Irrigation and Melioration 4, 28-33 (2020)	9. Sh. Babakholov, Empirical assessment of climate change impacts on agriculture in Samarkand region, J. Irrigation and Melioration 4, 28-33 (2020)
10	V. A. Dukhovny, D. R. Ziganshina et al, The future of the Amu Darya basin in conditions of climate change, ed by V A Dukhovny (SIC ICWC of Central Asia, Tashkent, 2018)	V. A. Dukhovny, D. R. Ziganshina et al, The future of the Amu Darya basin in conditions of climate change, ed by V A Dukhovny (SIC ICWC of Central Asia, Tashkent, 2018)
11	Jain, S. and Lall, U., 2000. Magnitude and timing of annual maximum floods: trends and large-scale climatic associations of the Blacksmith Fork River, Utah. <i>Water Resources Research</i> ; 36,12: 3641-3651.	Jain, S. and Lall, U., 2000. Magnitude and timing of annual maximum floods: trends and large-scale climatic associations of the Blacksmith Fork River, Utah. <i>Water Resources Research</i> ; 36,12: 3641-3651.
12	Xu, Z.X., Takeuchi, K., Ishidaira, H., 2003. Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. <i>Journal of Hydrology</i> ; 279: 144-150.	Xu, Z.X., Takeuchi, K., Ishidaira, H., 2003. Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. <i>Journal of Hydrology</i> ; 279: 144-150.
13	Osborn, T.J. Hulme, M., Jones, P.D., Basnett, T.A., 2000. Observed trends in the daily intensity of United Kingdom precipitation. <i>International Journal of Climatology</i> ; 20:347-364.	Osborn, T.J. Hulme, M., Jones, P.D., Basnett, T.A., 2000. Observed trends in the daily intensity of United Kingdom precipitation. <i>International Journal of Climatology</i> ; 20:347-364.
14	Ventura, F., Rossi Pisa, P., Ardizzoni, E., 2002. Temperature and precipitation trends in Bologna (Italy) from 1952 to 1999. <i>Atmospheric Research</i> ; 61: 203-214.	Ventura, F., Rossi Pisa, P., Ardizzoni, E., 2002. Temperature and precipitation trends in Bologna (Italy) from 1952 to 1999. <i>Atmospheric Research</i> ; 61: 203-214.
15	Zhang, X., Vincent, L.A., Hogg, W.D., & Niitsoo, A. (2000). Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century. <i>Atmosphere-Ocean</i> , 38, 395-429. doi: 10.1080/07055900.2000.9649657	Zhang, X., Vincent, L.A., Hogg, W.D., & Niitsoo, A. (2000). Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century. <i>Atmosphere-Ocean</i> , 38, 395-429. doi: 10.1080/07055900.2000.9649657
16	Xu, Z.X., Takeuchi, K., & Ishidaira, H. (2003). Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. <i>Journal of Hydrology</i> , 279, 144-150. doi: 10.1016/S0022-1694(03)00186-3	Xu, Z.X., Takeuchi, K., & Ishidaira, H. (2003). Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. <i>Journal of Hydrology</i> , 279, 144-150. doi: 10.1016/S0022-1694(03)00186-3
17	Mosmann, V., Castro, A., Fraile, R., Dessens, J., & Sanchez, J.L. (2004). Detection of statistically significant trends in the summer precipitation of mainland Spain. <i>Atmospheric Research</i> , 70, 43-53. doi: 10.1016/j.atmosres.2004.01.010	Mosmann, V., Castro, A., Fraile, R., Dessens, J., & Sanchez, J.L. (2004). Detection of statistically significant trends in the summer precipitation of mainland Spain. <i>Atmospheric Research</i> , 70, 43-53. doi: 10.1016/j.atmosres.2004.01.010
18	Partal, T. and Kahya, E. (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data. <i>Hydrological Processes</i> , 20, 2011-2026. doi: 10.1002/hyp.6024	Partal, T. and Kahya, E. (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data. <i>Hydrological Processes</i> , 20, 2011-2026. doi: 10.1002/hyp.6024
19	Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. <i>Meteorologische Zeitschrift</i> , 15(3), 259-263.	Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. <i>Meteorologische Zeitschrift</i> , 15(3), 259-263.
20	Anarbekov, O., Gaipnazarov, N., Akramov, I., Djumaboev, K., Gafurov, Z., Solieva, U., Khodjaev, S., Eltazarov, S., & Tashmatova, M. (2018). Overview of existing river basins in Uzbekistan and the selection of pilot basins.	Anarbekov, O., Gaipnazarov, N., Akramov, I., Djumaboev, K., Gafurov, Z., Solieva, U., Khodjaev, S., Eltazarov, S., & Tashmatova, M. (2018). Overview of existing river basins in Uzbekistan and the selection of pilot basins.
21	Gafurov, Z.; Eltazarov, S.; Akramov, B.; Djumaboev, K.; Anarbekov, O.; Solieva, U. 2018. Geodatabase and diagnostic atlas: Kashkadarya Province, Uzbekistan. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 74p. doi: 10.5337/2018.217	Gafurov, Z.; Eltazarov, S.; Akramov, B.; Djumaboev, K.; Anarbekov, O.; Solieva, U. 2018. Geodatabase and diagnostic atlas: Kashkadarya Province, Uzbekistan. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 74p. doi: 10.5337/2018.217
22	Burn, D.H. and Elnur, M.A.H., 2002. Detection of hydrological trends and variability. <i>Journal of Hydrology</i> ; 255: 107-122.	Burn, D.H. and Elnur, M.A.H., 2002. Detection of hydrological trends and variability. <i>Journal of Hydrology</i> ; 255: 107-122.
23	von Storch, H. (1995). <i>Misuses of Statistical Analysis in Climate Research</i> . Springer-Verlag: Berlin, Germany.	von Storch, H. (1995). <i>Misuses of Statistical Analysis in Climate Research</i> . Springer-Verlag: Berlin, Germany.
24	Karpouzou, D.K., Kavalieratou, S., & Babajimopoulos, C. (2010). Trend Analysis of Precipitation Data in Pieria Region (Greece). <i>Water Resources Management</i> , 24(13), 3563-3576. doi: 10.1007/s11269-010-9626-3	Karpouzou, D.K., Kavalieratou, S., & Babajimopoulos, C. (2010). Trend Analysis of Precipitation Data in Pieria Region (Greece). <i>Water Resources Management</i> , 24(13), 3563-3576. doi: 10.1007/s11269-010-9626-3
25	Drapela, K. and Drapelova, I. (2011) Application of Mann-Kendall Test and the Sen's Slope Estimates for Trend Detection in Deposition Data from Bily Kriz (Beskydy Mts., the Czech Republic) 1997-2010. <i>Beskydy</i> , 4, 133-146.	Drapela, K. and Drapelova, I. (2011) Application of Mann-Kendall Test and the Sen's Slope Estimates for Trend Detection in Deposition Data from Bily Kriz (Beskydy Mts., the Czech Republic) 1997-2010. <i>Beskydy</i> , 4, 133-146.

УЎТ: 631.671+675

## ХОРАЗМ ВИЛОЯТИДА СУҒОРИШ РЕЖИМИНИ АНИҚЛАШДА “CROPWAT” ДАСТУРИНИ ҚЎЛЛАШ

*Х.Машарипова – Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Сув муаммолари илмий-тадқиқот маркази(СМИТМ)нинг “Суғориш ва сув тежамкор технологиялар” лабораторияси кичик илмий ходими.*

### Аннотация

Ҳозирги кунда амалда қўлланилиб келаётган суғориш режими 1980 йилларда ишлаб чиқилган бўлиб, ҳозирги иқлим ва хўжалик шароитлари ўзгарган бир пайтга тўғри келмаслиги боис, ушбу тавсия этилаётган суғориш меъёрлари қайта кўриб чиқишни талаб этади. Қолаверса, йил сайин тобора кучайиб бораётган сув танқислиги, иқлим ўзгаришининг салбий таъсирлари туфайли сувни аниқ ўлчовларда, экиннинг сувга бўлган талабидан келиб чиқиб суғориш режими ишлаб чиқиш лозим. Бунда моделлаштириш усули ҳозирги кунда қулай усуллардан ҳисобланади. Лекин бу усулда ҳам бошқа усуллар каби аниқлик даражасини юқори қилишда уни маҳаллий табиий ва биологик маълумотлар асосида параметрлаш ва маҳаллийлаштириш талаб этилади. Ушбу мақолада мазкур эмпирик тадқиқот материаллари келтирилиб танланган фермер хўжалиги шароитидаги суғориш ишлари мавсум давомида 4200 м<sup>3</sup> ни ва модель кўрсаткичларида 2579 м<sup>3</sup> ни ташкил этганлигини кўрсатмоқда.

**Таянч сўзлар:** суғориш режими, Cropwat дастури, Хоразм вилояти, иқлим ўзгаришлари.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ “CROPWAT” ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ В ХОРЕЗМСКОЙ ОБЛАСТИ

*Х.Машарипова – младший научный сотрудник лаборатории «Орошение и водосберегающие технологии» Научно-исследовательского центра водных проблем при Кабинете Министров Республики Узбекистан.*

### Аннотация

Нынешний режим орошения был разработан в 1986 году, и эти рекомендуемые оросительные нормы необходимо адаптировать к новым климатическим и хозяйственным условиям. Кроме того, в связи с нарастающим дефицитом водных ресурсов и негативными последствиями изменения климата, необходимо разработать режим орошения, исходя из фактической водопотребности сельскохозяйственных культур в точных измерениях. При этом метод моделирования является одним из самых удобных на сегодняшний день. Однако этот метод, как и другие методы, требует параметризации и локализации на основе местных полевых данных для повышения уровня точности. В данной статье представлены материалы этого эмпирического исследования и их результаты которые показывают, что на выбранном участке фермерского хозяйства оросительные нормы составляли 4200 м<sup>3</sup>, в свою очередь модель показывает 2579 м<sup>3</sup> в течение всего вегетационного периода.

**Ключевые слова:** режим орошения, программа Cropwat, Хорезмская область, климатические изменения.

## APPLICATION OF THE “CROPWAT” PROGRAM IN DETERMINATION OF THE IRRIGATION REGIME IN THE KHOREZM REGION

*Kh.Masharipova – junior researcher at the laboratory "Irrigation and water-saving technologies" of The Scientific Research Center of Water Problems under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan.*

### Abstract

The current irrigation regime was developed in 1986 and these recommended irrigation norms need to be adapted to the new climatic and land conditions. In addition, due to the growing shortage of water and the negative effects of climate change, it is necessary to develop an irrigation regime based on the water demand of crops with accurate measurements. Indeed, the modeling method is one of the most convenient methods to date. However, this method, like many other methods, requires parameterization and localization based on local field data to improve the level of its accuracy. This article presents the materials of this empirical study and analyzes show that at selected farmer's field the irrigation norms was 4200 м<sup>3</sup>, and the model showed 2579 м<sup>3</sup> for the whole vegetation period.

**Key words:** irrigation regime, Cropwat program, Khorezm region, climate changes.



**Кириш.** Сув энг муҳим табиий ресурслардан бири бўлиб, дунё бўйлаб турли мақсадларда кенг қўлланилмоқда. Хусусан, қишлоқ хўжалиги соҳаси дунёдаги мавжуд сувнинг 70 фоизини истеъмол қилади, бироқ кўпгина мамлакатларда сувдан фойдаланиш самарадорлиги 50 фоиздан ошмайди [1, 2, 3, 4, 5]. Бунинг асосий сабабларидан, далада экинларни нотўғри суғориш режими қўлланишдадир. Айниқса, дала экинларига ортиқча сув берилиши туфайли юқори буғланиш ва сизот сувларини кўтарилиши ва иккиламчи шўрланишни келтириб чиқармоқда [7, 8]. Қолаверса, сўнгги йилларда алмашлаб экиш тизими кенг қўлланилиши боис суғориш тармоқлари доимий равишда ишлаши оқибатида сизот сувларининг кўтарилиши билан бирга тупроқ хоссасига таъсир этади. Ўзбекистон Республикаси Президенти Статистика агентлигининг эълон қилган демографик ҳисоботида юртимиз аҳолиси сони 2023 йил 1 январь ҳолатига кўра 36,024 миллион кишини ташкил этади. Ушбу маълумотда қайд этилишича, йил давомида мамлакат аҳолиси 753 минг кишига ёки 2,1 фоизга ошган. Демак, келгуси ўттиз-эллик йилликларда аҳоли қатлами билан бирга сув ресурсларига талаб ҳам шу йўсинда ўсган бўлади. Маълумотларга кўра, кейинги 15 йил ичида аҳоли жон бошига сув таъминоти 3 048 куб метрдан 1 589 куб метрга қисқарган [9].

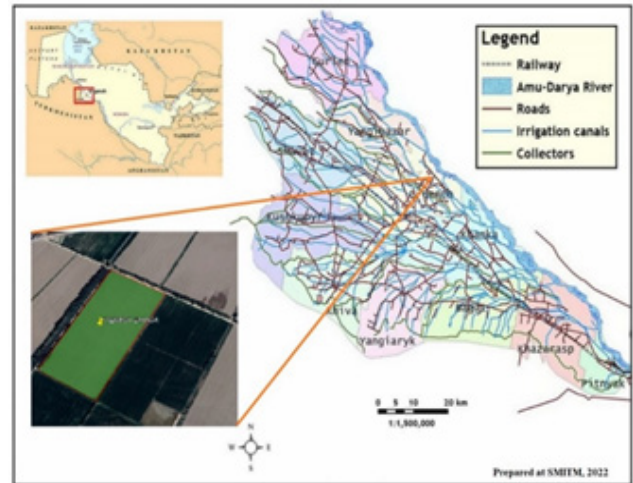
Юқорида келтириб ўтилган йил сайин тобора кучайиб бораётган сув танқислиги, иқлим ўзгаришининг салбий таъсирларини бартараф этиш учун сувни аниқ ўлчовларда, экинни сувга бўлган талабидан келиб чиқиб суғориш режимини ишлаб чиқишни талаб этади [1, 2, 3, 5, 7, 8]. Ўсимликлар мақбул ўсиши учун маълум миқдорда сув талаб этади ҳолос ва ортиқчаси эвапотранспирация ва ер остига сингши орқали йўқотилади. Бундай исрофгарчиликни олдини олишда эса моделлаштириш усули ҳозирги кунда қулай усуллардан ҳисобланади [6].

Тўғри суғориш стратегияси ортиқча суғоришнинг салбий таъсирини камайтириши мумкин. Бошқа томондан, экинларнинг сувга бўлган талаби ва мавжуд сув ресурслари ўртасидаги мувозанатни сақлаш мумкин. Суғорма деҳқончиликнинг сувга бўлган эҳтиёждан келиб чиқиб суғоришни тўғри бошқаришда моделлаштириш қўл келмоқда. Бу нафақат мавжуд сув ресурсларидан фойдаланишни мақбуллаштириш, балки келгуси мақбул сценарийларни ишлаб чиқишда ёрдам беради.

**Масаланинг қўйилиши.** Ушбу тадқиқот иши эмпирик ва назарий методлар асосида Хоразм вилоятининг гидроморф тупроқ шароитида Урганч туманидаги “Ражаб ота Жуманов” фермер хўжалигининг пахта даласида олиб борилиб, унда маълумотлар ва далилларни излаш, таснифлаш, тўллаш орқали керакли маълумотлар йиғиндисини яратилди ва таҳлил қилинди. Маълумотлар тадқиқот учун танланган CROPWAT дастурига киритилиши билан бирга ишчи гипотезани шакллантиришга хизмат қилади. Тадқиқот мобайнида суғориш меъёри ва сонларини бевосита фермернинг ўз ихтиёрига қўйилди ва бошқа бир томондан дастурнинг бирламчи кўрсаткичларидан келиб чиқиб суғориш графиги тузилди ва қиёсланди. Фермер хўжалигининг ушбу даласи тўғрисида барча маълумотлар Чапқирғоқ Амударё ирригация тизимлари ҳавза бошқармасининг Урганч тумани ирригация бўлими ва Мелиоратив экспедиция ташкилотларидан олинди. Тупроқ ва сув маълумотлари Хоразм вилоятидаги Сув муаммолари илмий-тадқиқот маркази (СМИТМ)нинг илмий ходимлари томонидан ўлчаниб борилди. Иқлим кўрсаткичлари маҳаллий метеостанция ва интернет очик маълумотлар базасидан олиниб таҳлил қилинди. Тадқиқот ўтказилган

дала жойида Чапқирғоқ Амударё ИТХБ ҳузуридаги Мелиоратив экспедициянинг “Ражаб ота Жуманов” фермер хўжалиги пахта даласи майдонлари жойлашган 61-ер ости сув сатҳини кузатув мелиоратив қудуғи ўрнатилганлиги боис ер ости маълумотлари тўғридан-тўғри ушбу ер ости қудуғидан ўлчанди.

**Ечиш усули.** Тадқиқот Урганч туманидаги “Ражаб ота Жуманов” фермер хўжалигининг 6 гектар пахта даласида олиб борилди (1-расм). Ушбу далани суғориш учун сув “Қазақөп” каналидан олинади.



1-расм. Тадқиқот даласининг жойлашуви (Манба: Google Earth сунғий йўлдош тасвиридан олинган)

Республикамызда асосий қишлоқ хўжалик экин турларидан ҳисобланган пахта экинни тадқиқот учун танлаиб олинди. Биламизки, пахтанинг сувга бўлган талаби ривожланиш фазаларига қараб турлича бўлади. Хусусан, ғўза гуллаш ва мева туғиш даврида сувга талабчан бўлади. Ғўза асосан сувни буғланиш орқали сарфлайди. Демак, буғланган сув миқдорини аниқлаш ва ўрнини тўлдириш орқали экиннинг сувга бўлган талаби қондирилади. Суғориш тартибини ўрганиш ва уни қўллаш бўйича тавсияларни ишлаб чиқиш давомида ҳал этилиши керак бўлган асосий масалалардан бири бу – тупроқ намлигини суғориш олди пастки чегарасини ўрганиш. Қолаверса, ўсимликнинг ўсиш даврининг турли фазалари муҳим кўрсаткич бўлган  $K_c$  индекси - ўсимликнинг биологик коэффициенти бўлиб, ўша ўсиш даврида сувга бўлган талаби турлича бўлади. Масалан ўсув фазалари:

Чинбарг чиқиши-шоналаш	(6-10%)
Шоналаш-гуллаш	(12-16%)
Гуллаш-етилиш	(55-65%)
Етилиш	(16-20%)

Тадқиқотда эгат олиб одатий усулда суғоришга берилган сув миқдори “Чиполетти ВЧ-50” сув ўлчагичи ёрдамида олиб борилди. Сизот сувлари жойлашуви далада ўрнатилган 61-қудуқдан ҳар ўн кунда олинди. Тупроқ намлигини дала бўйлаб ва вегетация мобайнида ўзгаришини ўрганиш термостат-тарози усулида СМІТМ кичик илмий ходимлари томонидан ўлчаб борилди ва лаборатория шароитида ўлчаш ишлари бажарилди. Иқлим кўрсаткичлари маҳаллий метеостанция ва интернет очик маълумотлар базасидан олинди ва барча маълумотлар CROPWAT дастурига киритилиб, таҳлил қилинди.

**Суғориш суви ва унинг ҳисобини юритиш.** Вегетация даврида тадқиқот даласида тўрт мартаба суғориш тадбирлари ўтказилди. Тадқиқот даласида ғўзага берилган сув миқдорини ўлчаш ишларида 2 та сув олиш қу-

лоқларида "Чиполетти ВЧ-50" сув ўлчаш асбобидан фойдаланилди.

Вегетация даврида мавсум давомида тўрт мартаба суғориш амалга оширилган бўлиб, бир гектар майдонга 4200 м<sup>3</sup>/га сув сарфланди. Ушбу тадқиқот ишининг бошланғич босқичида суғориш тадбирлари бевосита фермернинг ўз қарори билан ўтказилган суғориш ишларига таянилди. Бу табиий шароитларда реал ҳолатни таҳлил қилиш учун муҳим тадқиқот ҳисобланади. Бу бир томондан суғориш ишларида фермерлар қандай вазият ва маълумотлардан келиб чиқиб суғоришни амалга оширишини мониторинг қилиш ва сув бошқаруви муҳитини ўрганишга ёрдам берди (2-расм).



2-расм. Тадқиқот даласида суғориш сувини ўлчаш жараёни

Маълумки, аэрация зонасидаги тупроқларнинг механик таркиби, тузилиши ва таркиби ва ер ости сувларининг чуқурлигига қараб 9 та гидромодулли районлар шкаласи тавсия этилган (Н.Ф.Беспалов (3-расм)).

Вегетация мобайнида бир гектар далага суғориш меъёрларининг солиштирма графиги, м<sup>3</sup>



3-расм. Мавсум давомида фермернинг ўзи қўллаган одатий суғориш амалиёти, гидромодуль райони тавсияси ва модель ишлаб чиққан суғориш меъёрларининг таққослаш графиги

Ушбу кўрсаткичларда, вегетация давомида олиб берилган суғориш тадбирларини, гидромодуль районининг белгиланган меъёри ва "Сгорwat" дастури ишлаб чиққан бир гектар мисолида суғориш меъёрлари таққосланмоқда. Далада фермер томонидан қўлланилган суғориш миқдори деярли гидромодуль рақами бўйича берилган меъёрга яқин. Модель ёрдамида ишлаб чиқилган суғориш режимида тўрт мартаба суғориш белгиланган бўлиб, улар 780–900 м<sup>3</sup> дан ошмаган. Фермер даласида ер ости сувлари саёз жойлашган, айниқса, суғориш мавсумининг июнь-август ойларини кўрадиган бўлсак, сизот суви сатҳи ҳатто 1,14 метр чуқурликда бўлган (5-расм). Бу

ўсимликнинг гуллаш-етилиш даврига тўғри келиб, бундай шароитда экин доимо сувга тўйинган бўлган ва уни бостириб суғориш талаб этилмаган. Июнь-август ойларида ғўза бўйи чўзиб ғовлаб кетган. Суғорилганидан кейин ўсимлик тупроқ най капиллярлари орқали кўтарилган намликни ҳам ўзлаштиради. Шунини ҳисобга олманган фермер "ғўзани гуллаш даврида кўп сув бериш керак" ёки "қанча кўп сув берсанг, шунча ҳосил кўп бўлади" деган тушунчага эга. Бундай ҳолатда ғўза ҳосилдорлиги ошмайди, фақатгина ғўзапояни ғовлаб кетади холос. Шунини таъкидлаш керакки, қишлоқ хўжалик экинларини суғориш режимида асосланган сувдан фойдаланишни режалаштириш, тегишли гидромодуль майдонини ҳисобга олган ҳолда, ҳудуд етарли даражада барқарор сув таъминоти билан таъминланган давр учун тузилган. Ҳозирги пайтда сув ресурсларини истеъмолчиларга лимит бўйича тақсимланиб бериладиган ва кам сувдан фойдаланиш талаблари қўйилган режимга жавоб бермайди [5].

Дастурнинг асосий моҳияти шундаки, сув танқис шароитда, ортиқча сув йўқотилишига йўл қўйилмайди ва айнан илдиз қатламда ушлаб қолинадиган, ўсимлик ўзлаштира оладиган меъёрни белгилайди. Аммо ҳозирда модель параметрлаш жараёнида бўлганлиги боис у ишлаб чиққан графа келгусида қўллашда тавсия этилмайди. Бу иш фақат бир неча тажрибадан ўтгандан сўнра амалга ошириш тавсия этилади.

**Тупроқ намлиги.** Тадқиқот даласининг тупроқ механик таркиби ўрта қумоқ бўлиб экинни суғориш режалаштириш бевосита фермер иштироки ва ихтиёрида бўлди. Ҳар бир суғоришдан олдин тупроқнинг 0–30, 30–60, 60–90 см қатламларидан даланинг учта нуқтасидан намуналар олиниб, термостат тарози усули ёрдамида аниқланди. Ҳар бир суғоришга кетган сув сарфи "Чиполетти ВЧ-50" сув ўлчашчи ёрдамида ўлчаб борилди. Даладан олинган тупроқ намуналарида қуруқ вазн бўйича намлик миқдори қуйидаги формула бўйича ҳисобланди (тенглама 1):

$$\theta_d = \frac{W_{wt} - W_{dt}}{W_d - W_t} \quad (1)$$

Бу ерда: "θ<sub>д</sub>" - Тупроқ намлиги;

"W<sub>wt</sub>" - Тупроқнинг буюк билан бирга нам оғирлиги;

"W<sub>dt</sub>" - Тупроқнинг қуруқ оғирлиги (печда қуритилганидан кейин) буюк билан бирга;

"W<sub>д</sub>" - Тупроқнинг қуруқ оғирлиги;

"W<sub>т</sub>" - Буюкнинг оғирлиги.

Ер ости сув сатҳи маълумотлари Чапқирғоқ Амударё ИТХБ ҳузуридаги Мелиоратив экспедициянинг Сизот сувлари мониторинги бўлимида олинди. Ер ости сув сатҳи дала ёнида жойлашган 61-қудуқдан ҳар 10 кунда ўлчаб борилди. Ер ости сув сатҳи маълумоти аниқ ва етарли бўлганлиги сабабли даладан қўшимча ўлчаш ишлари бажарилмади.

Маълумотлар шунини кўрсатадики, тадқиқот даласида ер ости сувлари сатҳининг кўрсаткичи 1,5–2 м (5-расм), тупроқ механик таркиби ўрта қумоқ бўлиб, саккизинчи гидромодуль районга киритилади (6-расм). Яқин жойлашган сизот сувлари илдиз қатламини маълум даражада намлантиради, шунга кўра, суғоришни амалга оширганда чегаравий намлик миқдорини ҳисобга олган ҳолда тупроқни керакли миқдорда намлантириш ва ортиқча сув бермаслик зарур.





4-расм. Тадқиқот пахта даласида ўрнатилган ер ости қудуғининг вегетация давридаги кўрсаткичлари

4-расмдан кўриш мумкинки, ер сатҳига нисбатан ер ости сизот сувлари жойлашуви ер ости сув сатҳи вегетация даврида ўртача 1,6 метрни кўрсатмоқда. Бу дегани, тупроқда ер ости сувларининг ҳам капилляр кўтарилиш натижаси қисман илдиз зонасига намлик таъминланиб туради. Чунки ғўзанинг илдизи 1–1,2 метргача етади. Демак, суғоришни режалаштиришда ушбу маълумотлар ҳам эътиборга олинishi керак.

Гидромодуль район рақами	Тупроқнинг механик таркиби	Сизот сувлари сатҳи, м
1	Энгил	3-4 дан чуқур
2	Ўрта	->-
3	Оғир	->-
4	Энгил	2 дан 3 гача
5	Ўрта	->-
6	Оғир	->-
7	Энгил	1 дан 2 гача
8	Ўрта	->-
9	Оғир	->-

5-расм. Гидромодуль районларининг рақамлаштирилиши

**Натижалар таҳлили ва мисоллар.** Хоразм вилояти ёгингарчилик ва нисбий намликнинг камлиги, ҳаво ҳарорати, радиация ва шамол тезлигининг юқорилиги билан ажралиб туради. Ёгингарчилик одатда киш-баҳор даврига тўғри келиб, ўртача йилига 80–90 мм. дан ошмайди, кишлоқ хўжалик экинлари фақат суғорма дехқончилик асосида етиштирилади. Ҳозирда сунъий йўлдош технологиясидан фойдаланиб даладаги экинни зондлаш орқали NDVI кўрсаткичи ўлчаниб, ўсимликнинг индексини аниқлаш имкони мавжуд. Бу боради келгусида танланган муайян бир экин тури ва навига хос бўлган  $K_c$  – экин коэффициентини олиш бўйича 2023 йилда тадқиқотнинг кейинги босқичи олиб борилади. NDVI индекси инфрақизил ва қизил нурлар таъсирида ўсимликдан қайтган нурлар натижасида аниқланади. Кўпчилик олимларнинг изланишлари натижаларида ушбу индексни экин коэффициенти билан илҳобий корреляцияга киришиши тасдиқланган [1, 4].

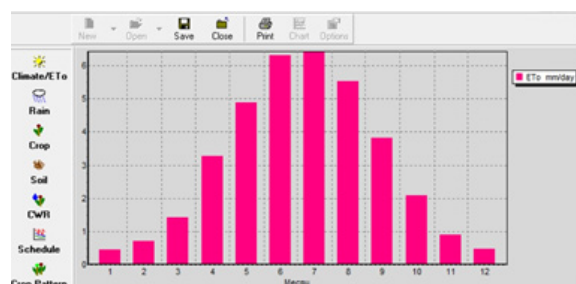


6-расм. Вегетив индекснинг мақбуллашган фарқи, мм

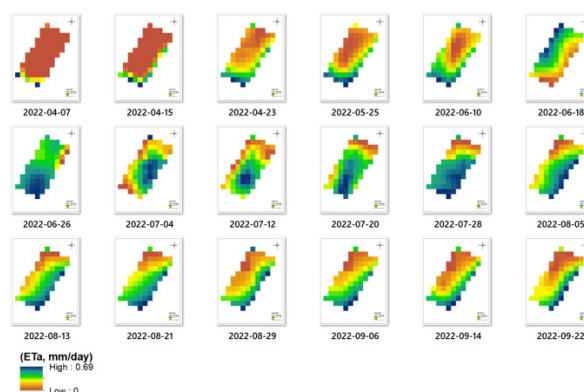
Таҳлиллар шуни кўрсатдики, экин индекси (NDVI) июнь-июль ойларида энг юқори кўрсаткични кўрсат-

моқда. Август ойидан индекснинг камайиб бориши ғўза кўсақлари очилиши ҳисобига вегетатив индекс камайди, ва мавсум сўнгига қараб ғўзанинг пояси яшиллик тусидан жигарранг тусга кира бошлайди.

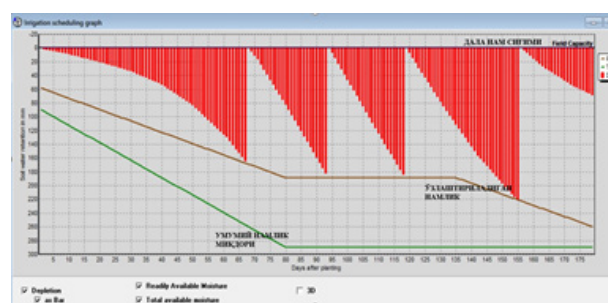
Олинган иқлим кўрсаткичлари, тупроқ ва экин маълумотлари дастурга киритилиб дала майдонидаги буғланиш маълумотлари олинди. Ушбу маълумотлар кўнлик ва “мм” кўрсаткичда берилган (7–9-расмлар).



7-расм. Cropwat дастури орқали вегетация даврида даланинг эвапотранспирацияси



8-расм. ETa – далада вегетация даври мобайнида буғланиш кўрсаткичлари



9-расм. Модель ёрдамида ишлаб чиқилган суғориш режими

Ушбу тадқиқотда вегетация мобайнида спутник таъсирлар орқали дала юзидан чиқаётган буғланиш жараянини кузатиб аниқ буғланиш кўрсаткичлари ҳам олинди. Ҳақиқий буғланиш (фактическая эвапотранспирация ETa) – буғланиш ва транспирация жараянлари натижасида юзадан чиқарилган сув миқдори миллиметр (мм)да ўлчанди. Эвапотранспирация (ETa) гидрологик циклининг асосий таркибий қисми бўлганлиги боис, ETa ни ҳисоблаш орқали экиннинг сув сарфи ва унга бўлган талаби ҳам аниқланди (8-расм).

Тасвирдан кўриб турибмизки, қизғиш тус паст кўрсаткични, тўқ яшил ранглар юқори кўрсаткичларни беради. Тасвирда июнь, июль, август ойларида юқори, аммо нотекис юқори буғланишни кузатиш мумкин. Айниқса, даланинг сув очиш қулоғидан даланинг ўртасига-

ча бир томонлама жуда юкори кўрсаткичларда буғланиш кўрсатилган. Ортиқча буғланиш бу сув ресурсини энг катта йўқотиш омилдир, ўсимлик тупроқдаги фақатгина 30–40 фоизгина сувни ўзлаштира олади [7].

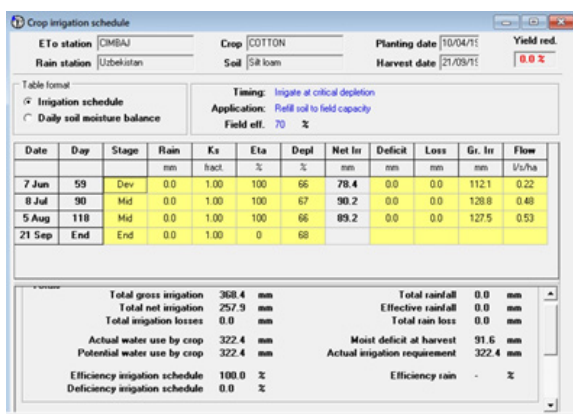
Мазкур дастурнинг афзал томонларидан бири, бу унинг нафақат самарали сув режимини ишлаш, балки сув танқис шароитларда энг мақбул бўлган суғориш режимини ишлаб чиқишда яхши ечим ҳисобланади. Унда, ғўзанинг сувга бўлган талаби ва мавжуд сув таъминотидан келиб чиқиб ҳосилдорликка минимал таъсир этиб суғориш режими ишланади.

Ушбу тадқиқотда, фермер томонидан олиб борилган суғориш режими ва дастур белгиланган мавсумий суғориш меъёрлари деярли бир хил миқдорда бўлгани билан, бир марталик суғориш меъёри муҳим аҳамият касб этади. Чунки, дастур ғўзани суғориш тартиби ва режими (муддати, сони ва миқдори) экиннинг физиологик ривожланиши, иқлим шароити ва илдииз қатламидаги намлик ўзгаришидан келиб чиқиб белгиланади. Дастур ҳар бир таъсир этувчи омилларни ҳисобга олади.

Тупроқнинг турли қатламларида дала намлигининг кўрсаткичи қатламнинг зичлигига қараб 18 фоиздан 20 фоизгача. Даланинг илдииз қатлампидан капилляр кўтарилиши ва буғланиш жараёнида ер ости сувларининг катта ҳиссаси борлигини кўрсатди.

“Cropwat” дастурини керакли маълумотларни киришиб параметрлаш, шу ҳудудга мослаштириш зарур. Бу эса ҳеч қандай қийинчилик туғдирмайди, бироқ вақт талаб этади. Хусусан моделга керак барча маълумотлар осон топиладиган кўрсаткичлардир.

Юқоридаги графикдан шуни кўриш мумкин, бу ерда қизил чизиқ дала нам сифимидаги намликнинг камайишини ифодалайди. Ўртадаги жигарранг чизиқ ўсимлик осонгина ўзлаштира оладиган сув миқдори чегарасини билдиради. Бу ерда яшил чизиқ тупроқдаги умумий мавжуд бўлган намлик миқдори бўлиб, ўсимлик унинг ҳаммасини ўзлаштира олмайди. Демак, биз ортиқча йўқотишларни бартараф этиш учун, фақат ўсимлик ўзлаштира оладиган намлик чегарасигача сув бериш керак. Ушбу графикдан айнан ўсимлик ўзлаштира оладиган суғориш меъёрини белгилаб ишлаб чиққанлиги кўриш мумкин (10-расм).



10-расм. “Cropwat” дастури бўйича суғориш режими

Ушбу олиб борилган тадқиқот мобайнида “Ражаб ота Жуманов” фермер хўжалигининг мавсум давомида бир гектар ҳисобига 4200 м<sup>3</sup> миқдорда суғориш суви фойдаланилган. Далада фермер томонидан қўлланилган суғориш миқдори деярли гидромодуль рақами бўйича берилган меъёрга яқин. Модель ёрдамида ишлаб чиқил-

ган суғориш режимида тўрт мартаба суғориш белгиланган бўлиб 2579 м<sup>3</sup> ни ташкил этиб бир суғориш 780–900 м<sup>3</sup> дан ошмаган.

Дастурнинг асосий моҳияти шундаки, унда ортиқча сув йўқотилишига йўл қўйилмайди ва айнан илдииз қатламда ушлаб қолинадиган, ўсимлик ўзлаштира оладиган меъёрни белгилайди. ПСУЕАИТИ тавсиялари бўйича эса бундай шароитли далага (8 гидромодуль) 6100–6800 м<sup>3</sup>/га этиб белгиланган.

**Хулоса.** Умуман олганда, бундай шароитда индивидуал ёндашувни талаб этиб ПСУЕАИТИ тадқиқотлари белгиланган меъёрлар дала миқёсида суғориш режимини такомиллаштириш лозим. Шуни таъкидлаш керакки, қишлоқ хўжалиги экинларини суғориш режимида асосланган сувдан фойдаланишни режалаштириш, тегишли гидромодуль майдонини ҳисобга олган ҳолда, ҳудуд етарли даражада барқарор сув таъминоти билан таъминланган давр учун тузилган. Ҳозирги пайтда сув ресурсларини истеъмолчиларга лимит бўйича тақсимланиб бериладиган ва кам сувдан фойдаланиш талаблари қўйилган режимга жавоб бермайди.

Ҳозирги суғориш режими мавжуд ресурслардан оқилана фойдаланиб қишлоқ хўжалик маҳсулотларини ҳосилдорлигини оширишни қўллаб-қувватлаш ва ҳозирги рўй бераётган ва келажақда авж олиш эҳтимоли юқори бўлган сув танқис шароитларига тўғриланиши лозим:

- ҳозирги кунда яратилган – такомиллаштирилган, тезпишар ёки кам сув талаб этадиган ғўза навлари олдинги белгиланган суғориш меъёрлари асосида суғорилиши ва фермер хўжаликларига ғўза экинларини суғориш учун ажратиладиган сув лимитлари қайта кўриб чиқиши ва ҳудуд ҳамда экин нави хусусиятларини келиб чиқиб белгиланиши тавсия этилади;

- спутник тасвирлар, Cropwat дастури (ёки экинни сувга бўлган талабини ҳисобловчи ҳар қандай дастур/модель) ва дала шароитида олинган маълумотларнинг интеграллашуви ёрдамида экинни сувга бўлган талабини ҳисоблашга ёрдам берибгина қолмай, моделни параметрлаш, яъни шу ҳудудга мослаштириш, ва турли сценарийлар яратиш (сув етарли ва танқис шароитлар учун) имконини беради. Ушбу сценарийлар фермер ва бошқа сув истеъмолчиларига ҳамда сувни бошқарувчи ташкилотларга қишлоқ экинларига мақбул бўлган суғориш режимларини танлашда амалий қўлланма бўлиб хизмат қиладиган тавсиялар ишлаб чиқишда ёрдам беради;

- ҳар қандай моделини танлашда, тегишли кириш маълумотларини олиш мумкинлигига ишонч ҳосил қилиш керак. Моделни танлагандан сўнг, барча керакли маълумотлар ушбу вазият учун ишончли ва мавжуд маълумотларга мос келиши ва тасдиқланиши керак. Модел натижаларининг ишонччилигини турли моделлар натижаларини солиштириш ёки моделлаштирилган ва эмпирик маълумотларни солиштириш ёки моделлаштирилган натижаларни аналитик ечимлар билан таққослаш орқали баҳолаш мумкин;

- ушбу тадқиқот иши бошлангич этапда бўлганлиги боис биринчи йилги суғориш тадбирлари бевосита фермернинг ўз қарори билан ўтказилган суғориш ишларига таянилди. Бу бир томондан суғориш ишларида фермерлар қандай вазият ва маълумотлардан келиб чиқиб суғоришни амалга оширишини ўрганишга ва сув бошқаруви муҳитини ўрганишга ёрдам берди;

- келгуси тадқиқот ишларида дала шароитида буғланишни аниқлаш тажрибалари олиб борилиши тавсия этилади. Чунки далада экиннинг сув истеъмоли транспи-

рацияси ва эвапотранспирация жараёнларидан иборат бўлади. Демак, дала майдонида кичик метеостанция ўрнатиш, лизиметрлардан фойдаланиш тавсия этилади;  
- хусусан, суғориш режимида кўп йиллардан бери фойдаланиб келинаётган гидромодуль районининг кўрсаткичлари ҳозирги иқлим, хўжалик табиий биологик кўрсаткичлар асосида янгиланиши муҳим вазифа хи-

сбланади. Бунда комплекс ёндашув асосида тадқиқот ўтказилиб суғориш меъёрларини аниқлаш ва маълумот янгиланиши тавсия этилади. Шунга кўра, тадқиқот на- тижалари озиқ-овқат ишлаб чиқаришни яхшилаш ва сув ресурсларини назорат қилиш учун фойдали бўлади

№	Адабиётлар	References
1	Allen R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. "Crop Evapotranspiration" (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, 1998. p. 300.	Allen R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., "Crop Evapotranspiration" (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, 1998. p. 300.
2	Беспалов Н.Ф., Рыжов С.Н. Водопотребление и орошение хлопчатника на гидроморфных почвах // Вестник с/х науки. – Ташкент, 1973. – №2. – С. 1-8.	Bespalov N.F., Rijov S.N. Vodopotreblenie i oroshenie khlopchatnika na gidromorfnykh pochvakh [Water consumption and irrigation of cotton on hydromorphic soils]. Tashkent.: Bulletin of agricultural science, 1973. No 2., Pp. 1-8. (in Russian)
3	Bausch, W.C.; Neale, C.M.U. Crop coefficients derived from reflected canopy radiation: a concept. Transactions of the ASAE - American Society of Agricultural Engineers (USA) 30, 1987. 703-709 pp.	Bausch, W.C.; Neale, C.M.U. Crop coefficients derived from reflected canopy radiation: a concept. Transactions of the ASAE - American Society of Agricultural Engineers (USA) 30, 1987. 703-709 pp.
4	Рыжов С.Н. Методы определения физических свойств почв. – Ташкент, 1951. – С. 13–18.	Rijov S.N. Metody opredeleniya fiicheskix svoystv pochv. (The methods of determining physical properties of soils). Tashkent, 1951. – S. 13–18. (in Russian)
5	Стулина Г.В., Солодкий Г.Ф. Использование усовершенствованной методики ФАО для оценки водопотребления сельскохозяйственных культур в процессе орошения в Центральной Азии. НИЦ МКВК. – Ташкент, 2010. – 126 с.	Stulina G.V., Solodky G.F. Ispolzovaniye usovershenstvovannoy metodikiFAO dlya otsenki vodopotrebleniya selskoxozyaystvennix kultur v protsesse orosheniya v Tsentralnoy Azii (Using the FAO Improved Methodology to Estimate Crop Water Consumption for Irrigation in Central Asia). NIS ICWC. Tashkent, 2010. P.126.
6	Soomro A.G., Memon, A.H., Panhwar, S., Keerio H.A. Estimation of irrigation water requirement and irrigation scheduling for major crops using the CROPWAT model and climatic data. Water Practice and Technology. doi: 10.2166/wpt.2023.024.	Soomro A.G., Memon, A.H., Panhwar, S., Keerio H.A. Estimation of irrigation water requirement and irrigation scheduling for major crops using the CROPWAT model and climatic data. Water Practice and Technology. doi: 10.2166/wpt.2023.024.
7	Хамидов М., Матяқубов Б. Ғўзани суғориш тартиби ва тежамкор суғориш технологиялари (Монография). – Тошкент: ТИҚХММИ, 2018. – 130 б.	Xamidov M.X., Matyaqubov B. Guzani sugorish tartibi va tejamkor sugorish texnologiyalari. (Irrigation regime of cotton and efficient irrigation technologies). Monograph. Tashkent. TIAME. Pp.130. (in Uzbek).
8	Эргашев Ш., Бекмирзаев И., Назаркулов У. Қурғоқчил ҳудудларда сув ресурсларини минимал сарфлайдиган ирригация ва мелиорация ҳамда қишлоқ хўжалигини юритиш усуллари бўйича қўлланма. – Тошкент, 2012. БМТТД/UNDP. 48 б.	Ergashev Sh., Bekmirzaev I., Nazarkulov U., 2012. Qirg'oqchil hududlarda suv resurslarini minimal sarflaydigan irrigatsiya va melioratsiya hamda qishloq hujaligini yuritish usullari buyicha qullanma. (A Guide to Water-Minimal Irrigation and Land Reclamation and Agricultural Practices in Arid Areas). UNDP. p.48.
9	Хамидов М.Х., Суванов Б.У. Сув ресурслари ва улардан самарали фойдаланиш муаммолари // "Ирригация ва мелиорация" журналі. – Тошкент, 2017. – № 4(10). – Б. 5-9.	Xamidov M.X., Suvanov B.U. Suv resurslari va ulardan samarali foydalanish muammolari ["Water resources and their effective use". Journal of Irrigation and Melioration]. 2017. No 10. Pp. 5-9. (in Uzbek)
10	Ўзбекистон Республикаси Президентининг 10.07.2020 йилдаги ПФ-6024-сонли Фармони	Uzbekiston Respublikasi Prezidentining 10.07.2020 yildagi PF-6024-sonli Farmoni. (The Decree No. 6024 dated 10.07.2020 of the Republic of Uzbekistan (in Uzbek).

УЎТ: 626.83

## НАСОС СТАНЦИЯЛАРИ АВАНКАМЕРАЛАРИДА ОҚИМ ҲАРАКАТИНИНГ МОДЕЛИ ВА ҲИСОБЛАШ

*А.М.Арифжанов – т.ф.д., профессор, А.Х.Сатторов – докторант, “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети,*

*М.М.Мадрахимов – катта ўқитувчи, Фарғона политехника институти.*

### Аннотация

Ҳозирда долзарб муаммоларидан бири бўлган, сув олиш иншоотининг аванкамерадасидаги оқим тезлигининг тенг тақсинланмаслиги туфайли сув сатхи, сувдаги лойқалик миқдори, фракциянинг йириклиги, тезлик ўзгариши оқимнинг структураси бузилишига олиб келади. Бунинг оқибатида аванкамерада лойқа чўқиши, сўриш тармоғида гидравлик қаршилиқнинг ортиши, насосларнинг сув узатиши камайиши, кавитация ҳосил бўлиши ва ички деталларнинг емирилишини кузатиш мумкин. Ушбу мақолада суғориш насос станциясининг аванкамераси ва сув қабул қилишда сувнинг тезлиги майдон бўйлаб тарқалиши, аванкамеранинг шаклидан келиб чиққан ҳолда бўйлама ва кўндаланг бўйича тақсимооти динамикасининг математик модели тузилиб, сонли натижалар олинди. Бунда киришдаги оқимнинг 1-тажриба бўйлама тезлиги 0,9 м/с бўлганда  $L$ -12 м масофадан кейинги оқим 0,03 м/с, 2-тажрибада аванкамера киришида тезлик 0,85 м/с бўлганда 0,04 м/с, 3-тажрибада тезлик 0,80 м/с бўлганда 0,06 м/с пасайиши кузатилди. Юқоридагиларни инобатга олиб, оқим ҳаракати учун Эйлер дифференциал тенгламасидан фойдаланган ҳолда сонли усулда ечишда Лакс схемасидан фойдаланилди ва аванкамерадаги оқим тезлигининг бўйлама ва кўндаланг тақсимланишини оқим ҳолатини чегаравий шартлар қўйиб ҳисоблаш ишлари амалга оширилди.

**Таянч сўзлар:** оқимнинг тезлиги, аванкамера, насос станцияси, сув олиш иншооти, канал, лойқа, кўндаланг тезлик, бўйлама тезлик.

## МОДЕЛЬ И РАСЧЕТ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА В АВАНКАМЕРАХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

*А.М.Арифжанов – д.т.н., профессор, А.Х.Сатторов – докторант,*

*Национальный исследовательский университет “Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства”*

*М.М.Мадрахимов – старший преподаватель, Ферганский политехнический институт*

### Аннотация

В настоящее время актуальных проблем является неравномерное распределение скорости потока в аванкамере водозаборного сооружения, из-за чего нарушаются уровень воды, количество мутности в воде размер фракции и изменение скорости структура потока. В результате этого можно наблюдать замутнение в аванкамере, увеличение гидравлического сопротивления во всасывающей сети, снижение расхода насосов, образование кавитации и эрозии внутренних деталей.

В данной статье в аванкамере оросительной насосной станции и в водозаборном приведена математическая модель динамики распределения воды по полю скоростей, продольному и поперечному сечениям получены следующие результаты исследований. Когда продольная скорость потока опыт 1 на входе составила 0,9 м/с, скорость потока на дистанции  $L$ -12 метров уменьшилась на 0,03 м/с, когда скорость на входе была 0,85 м/с, в опыте 2, она снизилась до 0,04 м/с, когда скорость на входе была 0,80 м/с, опыте 3, она снизилась до 0,06 м/с. С учетом изложенного по выявленной схеме Лакс численно решалось дифференциальное уравнение Эйлера движения потока, расчет продольного и поперечного распределения скоростей в крыльчаткой камере и водозаборном устройстве проводился путем задания граничных условий течения потока.

**Ключевые слова:** скорость потока, аванкамера, насосная станция, водозабор, канал, мутность, поперечная скорость, продольная скорость.

## MODEL AND CALCULATION OF FLOW MOVEMENT IN THE FOREBAY OF PUMPING STATIONS

*A.M.Arifjanov – DSc., professor, A.X.Sattorov – doctorate, “Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers” National research university,*

*M.M.Madraximov – Senior Lecturer “Ferghana Polytechnic Institute”.*

### Abstract

Currently, the urgent problems are the uneven distribution of the flow velocity in the fore chamber of the water intake structure, which disrupts the water level, the amount of turbidity in the water, the size of the fraction and the change in the speed of the flow structure. As a result, it is possible to observe turbidity in the antechamber, an increase in hydraulic resistance in the suction network, a decrease in pump consumption, the formation of cavitation and erosion of internal parts. In this article, in the fore chamber of the irrigation pumping station and in the water intake, a mathematical model of the dynamics of water distribution over the velocity field is given, longitudinal and cross sections, the following research results were obtained.

When the longitudinal flow velocity of experiment 1 at the inlet was 0.9 m/s, the flow velocity at a distance of  $L$ -12 meters decreased by 0.03 m/s, when the velocity at the inlet was 0.85 m/s, in experiment 2, it decreased to 0.04 m/s, when the inlet velocity was 0.80 m/s,

run 3, it decreased to 0.06 м/с. Taking into account the above, according to the identified Lax scheme, the Euler differential equation of flow motion was numerically solved, the calculation of the longitudinal and transverse velocity distributions in the impeller chamber and the intake device was carried out by setting the boundary conditions for the flow.

**Key words:** flow velocity, forebay, pumping station, water intake, channel, turbidity, transverse velocity, longitudinal velocity

**К**ириш. Сўнгги йилларда иқлимнинг глобал ўзгариши натижасида кузатилаётган сув танқислигининг салбий таъсирини юмшатиш мақсадида сув ресурсларини бошқариш, суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш, сув ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш, шунингдек, сув хўжалиги объектларини модернизация қилиш ва ривожлантириш бўйича изчил ислохотлар амалга оширилмоқда.

Республикамизда 2020–2030 йилларда аҳолини ва иқтисодиётнинг барча тармоқларини сув билан барқарор таъминлаш, суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш, сув хўжалигига бозор тамойиллари ва механизмларини ҳамда рақамли технологияларни кенг жорий этиш, сув хўжалиги объектларининг ишончли ишлашини таъминлаш, шунингдек, ер ва сув ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш борасида кенг қўламли вазибалар белгилаб олинган [1].

Сув ресурсларини бошқариш ва сув хўжалиги объектларидан фойдаланиш тизимини янада такомиллаштириш, ирригация ва мелиорация лойиҳаларини амалга ошириш самарадорлигини таъминлаш, сув хўжалигини бошқариш соҳасида бозор тамойиллари ва механизмларини жорий этиш, шунингдек, ушбу соҳада илм-фанни ривожлантириш масалаларига ҳам алоҳида эътибор берилмоқда [2].

Қуйи бўғинда сув ресурсларини бошқаришни такомиллаштириш ҳамда сув истеъмолчилари орасидаги муносабатларни тартибга солиш масалалари ҳам долзарб аҳамият касб этмоқда [3].

Суғориш тизимининг насос станцияларини ишлатиш жараёнида сув тақсимотини бошқариш самарадорлигини ошириш жидди эътиборга молик масаладир [4]. Насос станцияси аванкамерасида оқим схемаси ва ректификация схемаси бўйича қўлаб экспериментал тадқиқот олиб борилган [5]. Уларда тупроқ ўзанли суғориш каналларида оқим ҳаракати динамикаси қўрилган бўлиб, насос станцияларининг сув олиш қурилмалари самарадорлигини ошириш қаратилган [6, 7].

Аванкамерадан ўтадиган сув таркибидаги зарраларнинг чўкишини аниқлаш бағишланган тадқиқотларда насос станцияларининг ишлаш режимига гидрологик ва гидравлик параметрларнинг таъсири ўрганилган [8, 9]. Шунингдек, тўсиқсиз сув олишнинг операцион самарадорлиги, насос станциясининг аванкамерасида чўкинди зарраларини чўктириш масаласи кўриб чиқилган [10, 11].

Мелиоратив насос станциялари аванкамерасининг лойқаланишининг камайиши масаласига бағишланган тадқиқотларда, насос станциясининг аванкамераси пастки қисмидаги чўкинди тўпланишини оқимнинг тасирига боғлиқлиги кўриб ўтилган [12, 13].

Бундан ташқари, очиқ каналларда турғун бўлмаган сув оқими хусусиятларининг дифференциал тенгламаларини сонли усулда ечиш, ўзандаги жараёнлар ва дарё чўқиндилари масаласи, барқарор канал бўлимларини шакллантириш бўйича тадқиқотлар олиб борилган [14-16]. Сув ҳавзаларида чўкиш натижасида фойдали

ҳажмнинг камайишини аниқлаш, катта дарё ўзанларининг мураккаб участкаларини, насос станциясининг иш режимларини математик моделлаштириш масалалари ҳам кўриб чиқилган. Насос станциялари тизимидаги каналларда сув оқимининг ҳаракатини математик моделлаштиришда қўлланиладиган гидродинамик тенгламалар системаси яратилган [17-20].

Юқорида ўрганилган адабиётлардан қуйдагича хулоса қилиш мумкинки, суғориш тизимининг насос станцияларини ишлатиш жараёнида сув тақсимотини бошқариш самарадорлиги, фойдаланиш харажатларини камайтириш долзарб масалалигича қолмоқда.

Сув олиш иншоотларининг иш режимига канал ва очиқ ўзанларни таъсирини баҳолаш масаласи ўз ечимини кутаётган илмий ва амалий аҳамиятга эга бўлган долзарб муаммодир. Амалиётида оқим билан боғлиқ гидравлик ва гидрологик жараёнларни ўрганишда маълум масштабдаги тадқиқот ва экспериментлар ўтказилиб, улар натижасида асосан, эмперик ва ярим эмперик формулалар олинади ҳамда ҳисоб-китоб ва лойиҳалаштиришда улардан кенг фойдаланилади. Мазкур мақолада ўзгарувчан кесимли гидротехник ишлар оқим ҳаракатини кинематик параметрларини ўзгариши математик модели ва ҳисоблаш эришишда қулай, харажати кам ва кўп вариантли ҳисоблашлар бажариш имкониятини берадиган математик модель яратиш илмий тадқиқотимизнинг асосий мақсади ҳисобланади.

**Масаланинг қўйилиши.** Бугунга қадар суғориш насос станцияларининг эксплуатацион самарадорлигини ошириш ва сув олиш иншоотлари оқимини тақсимотини бошқариш ва тизимларнинг ишончилигини таъминлаш масаласи бўйича дунёнинг ҳамда Ўзбекистонда етакчи илмий-тадқиқот институтларида, жумладан, Hohai университети, Wuhan University (Китай), Chuntsin University, Wageningen University (Голландия), К.А.Тимирязев номидаги Россия давлат аграр университети, Москва давлат қишлоқ хўжалиги академияси, Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети, “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари” Миллий тадқиқот университети, Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институти, Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти олимлари томонидан илмий изланишлар олиб борилмоқда.

Хусусан, сув олиш иншоотларидаги оқим тезлигини математик усулда, яъни сонли ҳисоб-китоб ишлари асосида амалга ошириш бирмунча қулайдир. Аванкамерадаги оқимнинг тезликлари масофа ўзгариши билан тезликни камайишини кўриш мумкин, лекин амалиёт учун керакли натижа берадиган кўринишини сақлаб қолиш имкониятини берадиган айрим чекланишлар қабул қилинди.

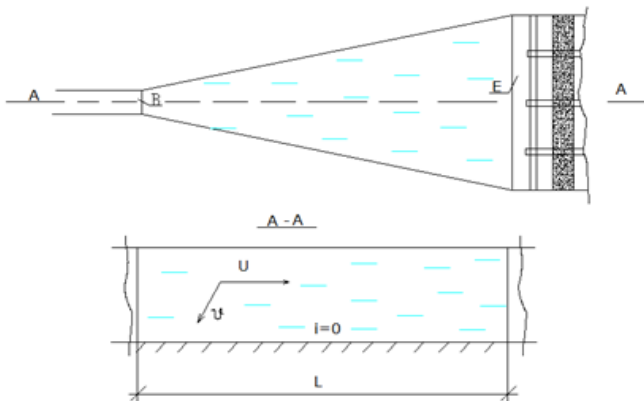
Суғориш насос станцияларидаги аванкамеранинг оқим тезлигини ўлчашдан кўзланган мақсад, сув режимининг асосий элементи ҳисобланган, сув сарфини аниқлаш ҳамда чўкаётган лойқани таҳлил қилиб, мақбул тезликни танлаб, шу асосида сув олиш иншоотидаги лойқа заррачаларини ҳаракат динамикаси ўрганилади.

**Ечиш усули.** Насос станциялари аванкамераларида сув оқимини бошқариш ва унинг мақбул тузилмасини аниқлаш, аванкамераларда лойқа чўкишининг олдини олиш ва аванкамердаги кириб келаётган оқимнинг тезлик тақсимоти динамикаси ҳаракатини тавсифлашда Рейнольдс, Буссинеск, Эйлер, Навье-Стокс, Сен-Венан тенгламаларидан кенг фойдаланилди.

Гидродинамик тенгламаларни ечиш учун юқоридагиларни инобатга олиб оқим ҳаракати учун Эйлер дифференциал тенгласидан, сонли усулда ечишда Лакс схемасидан фойдаланилди ва аванкамерадаги оқим тезлигининг бўйлама ва кўндаланг тақсимланишини, оқим ҳолатини чегаравий шартлар қўйиб ҳисоблаш ишлари амалга оширилди.

Бу тенгламалар системасини ечиш учун қулай шаклга келтириш учун унинг дивергент шаклига келтириш керак. Бунинг учун тенгламалар системасини алоҳида қўриб чиқиб, уларнинг мантиқан моҳиятини кам ўзгартирадиган, лекин амалиёт учун керакли натижа берадиган кўринишини сақлаб қолиш имкониятини берадиган айрим чекланишлар қабул қилинди.

**Натижалар таҳлили ва мисоллар.** Юқорида келтирилган муаммоларни ҳал этиш мақсадида, суғориш насос станцияларидаги аванкамерадаги оқимнинг кинематик структурасини тадқиқ қилиш учун қуйидаги схема (1-расм) қабул қилинди.



1-расм. Оқимни ҳисоблаш схемаси

Танланган схема бўйича икки ўлчамли оқимнинг математик моделини қуйидаги кўринишда ифодаланган:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial \tau} + u \frac{\partial u}{\partial x} + \vartheta \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} &= 0 \\ \frac{\partial \vartheta}{\partial \tau} + u \frac{\partial \vartheta}{\partial x} + \vartheta \frac{\partial \vartheta}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial p}{\partial \tau} + k \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial \vartheta}{\partial y} \right) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

бу ерда:  $u, \vartheta$  – оқимнинг тезлигини бўйланма ва кўндаланг ташкил этувчиси,  $P$  – босим,  $\rho$  – суюқликнинг зичлиги ( $\rho = \text{const}$ ),  $t$  – вақт,  $x, y$  – Декарт координаталар системаси,  $k$  – тўғрилиовчи коэффициент.

Аванкамерадаги оқим тарқалишини топиш учун бошланғич ва чегаравий шартлари белгилаб, оқимнинг кириш тезликларини бир неча хил тезликда ҳисоб-китоб қилиш ишлари амалга оширилди.

$\frac{U}{U_0} = 0,9$ ;  $\frac{U}{U_0} = 0,85$ ;  $\frac{U}{U_0} = 0,8$ ; деворда шартдан  $U=0, V=0$  чиқишда барча тезликлар учун экстраполяция шартидан фойдаланилди:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = 0, \quad \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 0$$

Координаталар системаси ёрдамида ечишни амалга оширишда тўғри чизикли бўлганлиги учун маълум математик ўзгартиришлар киритилади. Координатани алмаштиришлари ёрдамида  $(x, y) \rightarrow (\xi, \eta)$  янги координаталар қабул қилинди.

Оқимнинг бошланғич функцияси

$$f(x) = \frac{E}{L}x + v; \quad \eta = \frac{y}{f(x)}$$

бу ерда:  $B$  – оқимнинг киришдаги кенглиги,  $E$  – оқимнинг чиқишдаги кенглиги,  $L$  – аванкамеранинг узунлиги.

У ҳолда тенглама қуйидаги кўринишга келади:

$$\frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \eta} = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial u}{\partial \xi} - \frac{y f''(x)}{f(x)^2} \frac{\partial}{\partial \eta} = 0.$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial u}{\partial \xi} - \frac{y f''(x)}{f(x)^2} \frac{\partial}{\partial \eta} = 0; \quad \frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial \xi} - \frac{y f''(x)}{f(x)^2} \frac{\partial}{\partial \eta}; \quad \frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial \xi} - \frac{y f''(x)}{f''(x)^2} \frac{\partial}{\partial \eta}$$

$$\frac{\partial}{\partial y} = \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial y} \frac{\partial}{\partial \eta}; \quad \frac{\partial}{\partial y} = \frac{1}{f(x)} \frac{\partial}{\partial \eta}; \quad f'' = \frac{E}{L}; \quad f = \frac{E}{L}x + v;$$

Ҳисоблаш ишларини соддалаштириш мақсадида қуйидагича белгилаш киритилди:

$$A = \frac{\eta f''}{f}; \quad \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \eta}$$

Тенглама (1)ни координата алмаштиришлардан сўнг қуйидаги кўринишга келади:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial \tau} + u \left( \frac{\partial u}{\partial \xi} - A \frac{\partial u}{\partial \eta} \right) + \frac{\vartheta}{f} \frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial p}{\partial \xi} + A \frac{\partial p}{\partial \eta} \right) &= 0 \\ \frac{\partial \vartheta}{\partial \tau} + u \left( \frac{\partial \vartheta}{\partial \xi} - A \frac{\partial \vartheta}{\partial \eta} \right) + \frac{\vartheta}{f} \frac{\partial \vartheta}{\partial \eta} + \frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial p}{\partial \xi} + A \frac{\partial p}{\partial \eta} \right) &= 0 \\ \frac{\partial p}{\partial \tau} + \frac{\partial u}{\partial \xi} - A \frac{\partial \vartheta}{\partial \eta} + \frac{1}{f} \frac{\partial \vartheta}{\partial \eta} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Тенгламалар системасини (2) сонли ечиш учун қуйидаги кўринишда ёзилди ва бўйлама тезликни қуйидаги (3) схемада чекли айирмалари кўринишга келтириб олинди:

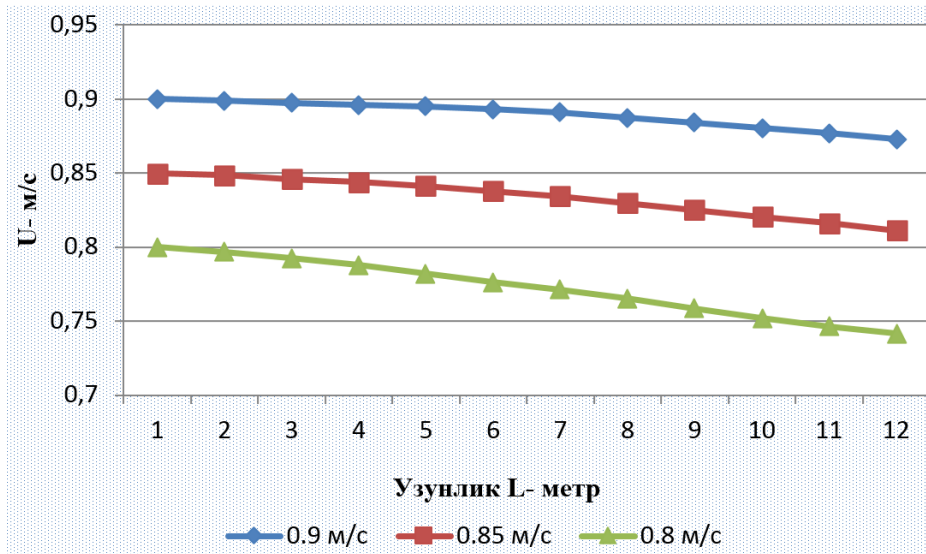
$$\frac{u_{ij}^{n+1} - 0,25(u_{i+1j} + u_{i-1j} + u_{ij+1} + u_{ij-1})}{\Delta \tau} + u \left( \frac{u_{i+1j} - u_{i-1j}}{\Delta \xi} - A \frac{u_{ij+1} - u_{ij-1}}{\Delta \eta} \right) + \frac{\vartheta}{f} \frac{u_{ij+1} - u_{ij-1}}{\Delta \eta} + \frac{1}{\rho} \left( \frac{p_{i+1j} - p_{i-1j}}{2\Delta \xi} - A \frac{p_{ij+1} - p_{ij-1}}{2\Delta \eta} \right) = 0 \quad (3)$$

Кўндаланг тезликни (4) схемада чекли айирмалари кўринишга келтириб олинди:

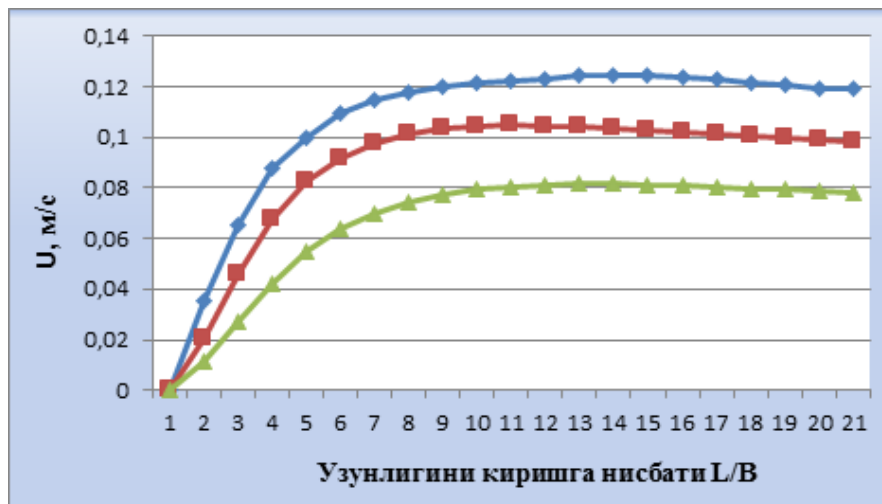
$$\frac{\vartheta_{ij}^{n+1} - 0,25(\vartheta_{i+1j} + \vartheta_{i-1j} + \vartheta_{ij+1} + \vartheta_{ij-1})}{\Delta \tau} + u_{ij} \left( \frac{\vartheta_{i+1j} - \vartheta_{i-1j}}{2\Delta \xi} - A \frac{\vartheta_{ij+1} - \vartheta_{ij-1}}{2\Delta \eta} \right) + \frac{\vartheta_{ij}^n}{f} \frac{\vartheta_{ij+1} - \vartheta_{ij-1}}{2\Delta \eta} + \frac{1}{\rho f} \left( \frac{p_{i+1j} - p_{i-1j}}{2\Delta \eta} \right) = 0 \quad (4)$$

Юқоридаги (3, 4) тенгламаларни ечиш учун Паскаль дастурида ҳисоблаш ишлари амалга оширилди: аванкамерадаги оқим киришдаги тезликлари  $u = 0,9$ ;  $0,85$ ;  $0,8$  м/с бўлган (2-расм) кўндаланг ва (3-расм) бўйлама кесим бўйича тақсимланиши графиклари келтирилди.

Берилган 2-расмда  $x$  – ўқи бўйича  $L/B$ ,  $y$  – ўқи бўйича  $U$  – қийматлари келтирилган. Оқимнинг кўндаланг тезлик тақсимоти (3-расм)да келтирилганидек, диффузор шаклидаги аванкамеранинг киришида кўндаланг тез-



2-расм. U- Бўйлама тезлик тақсимоти



3-расм. 9- Кўндаланг тезлик тақсимоти

лиги нолга тенг бўлади, оқим ҳаракат қилгандан кейин кенглиги ортиб кўндаланг тезлиги аста-секин кўтарилиб боришини кузатиш мумкин. Умумий узунлигини, яъни  $L/B$  қиймати 8-нуқтадан бошлаб аста-секин тезлиги ортиши секинлашётганининг ва 16-нуқтадан яна оқимнинг кўндаланг тезлиги камайишини кўриш мумкин.

#### Хулоса.

Сўғориш насос станцияси аванкамерасидаги оқимнинг  $U$  – бўйлама ва  $V$  – кўндаланг тезлик тақсимланишини ўзгаришини оқимнинг бошланғич қисмидаги бир неча ҳолатда кўриб ўтилди. Аванкамерадаги оқимнинг тезлиги оқизиклар ҳаракатига боғлиқлигини ишлаб чиқиш учун оқимнинг тезлигини икки ўлчовли, сонли усулда ечишнинг Лакс схемасидан фойдаланиб ҳисоблаб чиқилди. Оқимнинг киришдаги бўйлама тезликларини 0,9, 0,85, 0,8 м/с бўлганида  $L=12$  м масофадан кейинги тезликнинг ўзгариши кўриб ўтилди. 1- тажрибада 0,9 м/с бўлганида 12 м масофадан кейин 0,87 м/с тезликни ташкил қилган бўлса, 2-тажрибада 0,85 м/с олинганида 0,81 м/с тезликка ўзгарганини ва охириги таҳлилларда 0,8 м/с.

да эса 0,74 м/с. га эга бўлди.

Бундан кўринадики, оқимнинг ҳаракати қанчалик юқори бўлса, тезлик камайиши шунчалик кам бўлади. Бундан хулоса қилиш мумкинки, лойқа заррачаларни аванкамерада чўкиб фойдали ҳажм камайиб қолишининг олдини олиш учун тўғри тезликни ташкил қилиш керак. Тадқиқот доирасида оқимнинг тезликнинг тенг тақсимланмаслиги натижасида сув сатҳи, сувдаги лойқалик миқдори, фракциянинг йириклиги, тезликнинг ўзгариши оқим тезлигининг бузилишига олиб келиши, бунинг оқибатида эса аванкамерада лойқа чўкиши, сўриш тармоғида гидравлик қаршиликни ортиши, насосларнинг сув узатиши камайишини кузатиш мумкин.

Юқоридаги келтириб ўтилган таҳлиллар шуни кўрсатадики, аванкамерда оқимнинг тезлиги тарқалишига қараб лойқаларнинг чўкишини кузатиш мумкинлигини инобатга олиб аванкамерадаги оқимнинг тезлигини бўйлама ва кўндаланг тарқалишини сонли усулда ҳисоблаш муҳим аҳамият касб этади.

№	Адабиётлар	References
1	Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 10 июлдаги “Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини ривожлантиришнинг 2020–2030 йилларга мўлжалланган концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-6024-сонли фармони. – Тошкент, 2020.	Uzbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 10-iyuldagi “O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini rivojlantirishning 2020 – 2030 yillarga mo‘ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash” to‘g‘risida PF-6024-son farmoni [Decree of the President of the Republic of Uzbekistan dated July 10, 2020 PD № 6024] “On approval of the concept of development of the water industry of the Republic of Uzbekistan for 2020-2030”. Tashkent, 2020. (in Uzbek)
2	Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 10 октябрдаги “Сув ресурсларини бошқариш тизimini янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПК-4486-сонли қарори. – Тошкент, 2019.	Uzbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 10 oktabrdagi “Suv resurslarini boshqarish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari” to‘g‘risida PQ-4486-son qarori [Decree of the President of the Republic of Uzbekistan dated October 10, 2019 PD № 4486] On "Measures to further improve the water resources management system". Tashkent, 2019. (in Uzbek)
3	Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022-йил 1 мартдаги “Қуйи бўғинда сув ресурсларини бошқаришни такомиллаштириш ҳамда сув истеъмолчилари орасидаги муносабатларни тартибга солиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПК-145-сонли қарори. – Тошкент, 2022.	Uzbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 1-martdagi “Quy bo‘g‘inda suv resurslarini boshqarishni takomillashtirish hamda suv iste‘molchilari orasidagi munosabatlarni tartibga solish chora-tadbirlari” to‘g‘risida PQ-145-son qarori [Decree of the President of the Republic of Uzbekistan dated March 1, 2022 PD № 145] On "Measures to improve the management of water resources in the lower reaches and to regulate relations between water consumers". Tashkent, 2022. (in Uzbek)
4	О.Я.Гловацкий, Р.Р.Эргашев, Б.Хамдамов, Н.М.Исмаилов, Б.Т.Холбутаев. Повышение эффективности управления водораспределением при работе насосных станций оросительной системы // Журнал "Irrigatsiya va melioratsiya". – Ташкент, 2020. – №3(21). – С. 52-57.	O.Ya.Glovatsky, R.R.Ergashev, B.Khamdamov, N.M.Ismailov, B.T.Kholbutaev Povyshenie effektivnosti upravleniya vodoraspredeleniem pri rabote nasosnykh stansiy orositelnoy sistemy [Improving the efficiency of water distribution management during the operation of pumping stations of the irrigation system] Journal "Irrigatsiya va melioratsiya". Tashkent, № 3 (21). 2020 Pp. 52-57. (in Russian)
5	Li, X., Zhou, S., & Hu, G. (2021, May). Experimental study on flow pattern in forebay pump station and rectification scheme. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 768, IOP Publishing.	Li, X., Zhou, S., & Hu, G. (2021, May). Experimental study on flow pattern in forebay pump station and rectification scheme. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 768, IOP Publishing.
6	Фатхуллоев А.М. Тупроқ ўзанли суғориш каналларида оқим ҳаракати динамикаси: Тех. фан. док. дис. автореф. – Тошкент: ТИҚХММИ, 20018. – 37 б.	Fatxulloyev A.M. Tuprok uzanli sug‘orish kanallarida oqim harakati dinamikasi [Dynamics of flow in irrigation channels of the earth channel: technique. subject, title. dissertation, abstract.]. Tashkent, TIAME, 2002. Pp. 37. (in Uzbek)
7	Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У., Носиров Ф.Ж. Повышение эффективности работы водоприемных устройств насосных станций // СПб. Журнал «Гидротехническое строительство». Ташкент, 2010. – №1. – С. 34-36.	Myxammadiyev M.M., Urishev B.U., Nosirov F.J. “Povshenie effektivnosti rabot vodopriemnykh ustroystv nasosnykh stansiy” [Improving the efficiency of the water intake devices of pumping stations] St. Petersburg. Journal "Hydrotechnical construction", № 1, 2010 Pp. 34-36. (in Russian)
8	М.М.Мадрахимов, А.Х.Сатторов. Определение осаждения частиц, содержащихся в воде проходящей через аванкамеру // Ж.: "ФарПИ". – Фергана, 2022. – №6. – С. 181-185.	Madrakhimov M.M., Sattorov A.H. “Opredelenie osajdeniya chastis, sodержashixsya v vode proxodyaey chsherez avankamere” [Determination of precipitation of particles contained in passing water in an avankameru] Scientific-technical journal (STJ) FerPI, 2022, T.26, №6) Pp. 181-185. (in Russian)
9	Насрулин А.Б., Жураев С.Р., Саидов Ф.С. Изучение влияния гидрологических и гидравлических параметров на режим эксплуатации насосных станций // "Интеллектуал салоҳият тараққийёт мезони" мавзуйдаги республика илмий анжумани илмий ишлар тўплами. – Тошкент, 2018. – Б. 302-306.	Nasrulin A.B., Zhuraev S.R., Saidov F.S. “Izucheniye vliyaniya gidrologicheskikh i gidravlicheskh parametrov na rezhim ekspluatatsii nasosnykh stansiy” [Study of the influence of hydrological and hydraulic parameters on the operating mode of pumping stations] Intellectual salohiyat tarakkiyot mesoni, Republican collection of scientific papers. Tashkent 2018. Pp. 302-306 (in Russian)
10	Bazarov D., Markova I., Norkulov B., Isabaev K., Sapaeva M. Operational efficiency of water damless intake. IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 869(7), 072051, (2020)	Bazarov D., Markova I., Norkulov B., Isabaev K., Sapaeva M. “Operational efficiency of water damless intake” IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 869(7), 072051, (2020)



11	Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У., Носиров Ф. Ж. Осаждение частиц наносов в аванкамере насосной станции // Журнал «Гидротехническое строительство». – Ташкент, 2012. – №10. – С. 22-24.	Muhammadiev M.M., Urishev B.U., Nosirov F. Zh. "Osajdenie chastis nanosov v avankamere nasosnoy stansii" [Precipitation sediment particles in the antechamber of the pumping station] - St. Petersburg. Magazine "Hydrotechnical construction", № 10, 2012 Pp. 22-24. (in Russian)
12	Уришев Б.У., Мухаммадиев М.М., Носиров Ф.Ж., Жураев С.Р. Снижение заиления аванкамеры мелиоративных насосных станций // Журнал "Вестник СГА-СУ" – Самара, 2013. – №4. – С. 49-53.	Urishev B.U., Muxammadiev M.M., Nosirov F.J., Juraev S.R. "Snijenie zaileniya avankamery meliorativnykh nasosnix stansiy" [Decreased silting of the antechamber of reclamation pumping stations]. Magazine. Vestnik SGASU Urban planning and architecture scientific and technical. Samara, №4. 2013. Pp. 49-53.
13	Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У., Носиров Ф.Ж. Предотвращение отложения наносов на дне аванкамеры насосной станции // Журнал «Вестник ТашГТУ». – Ташкент, 2013. – №3. – С. 65-69.	Muxammadiev M.M., Urishev B.U., Nosirov F.J. "Predotvrashenie otlozheniya nanosov na dne avankamery nasosnoy stansii" [Predot-rashchenie otlozheniya nanosov na dne vankamery pumping station] Jurnal Magazine "Vestnik" TashGTU. #3. 2013 Pp. 65-69. (in Russian)
14	Иваненко Ю.Г., Лобанов Г.Л., Ткачев А.А. Численный метод решения дифференциальных уравнений характеристик неустойчившегося течения воды в открытых руслах // Изв. вузов Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. №1. Россия, 2000. – С. 56-60.	Ivanenko Yu.G., Lobanov G.L., Tkachev A.A. "Chislennyy metod resheniya differentsial'nykh uravneniy kharakteristik neustanovivshegosya techeniya vody v otkrytykh ruslakh" [A numerical method for solving differential equations for the characteristics of unsteady water flow in open channels] Izv. universities of the North Caucasus. region. Tech. science. №1. Russia, 2000. Pp. 56-60 (in Russian)
15	Арифжанов А.М., Фатхуллаев А.М., Самиев Л.Н. Ўзандаги жараёнлар ва дарё чўкиндилари (Монография). – Тошкент: "Ноширлик ёғдуси", 2017 – 191 б.	Arifjanov A.M., Fatxullaev A.M., Samiev L.N. "O'zandagi jarayonlar va daryo cho'kindilari" [River processes and river sediments] (Monograph). - Tashkent: "Publishing book", 2017 Pp. 191. (in Uzbek)
16	Arifjanov, A., Fatxullaev, A. Natural Studies for Forming Stable Channel Sections. Journal of Physics: Conference Series, Vol 1425(1), Tashkent. 2020 Pp 9.	Arifjanov, A., Fatxullaev, A. Natural Studies for Forming Stable Channel Sections. Journal of Physics: Conference Series, Vol 1425(1), Tashkent. 2020 Pp. 9.
17	Arifjanov, A., Gapparov, F., Apakxujaeva, T., Xoshimov, S. Determination of reduction of useful volume in water reservoirs due to sedimentation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, 614(1), 012079 doi:10.1088/1755-1315/614/1/012079	Arifjanov, A., Gapparov, F., Apakxujaeva, T., Xoshimov, S. Determination of reduction of useful volume in water reservoirs due to sedimentation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, 614(1), 012079 doi:10.1088/1755-1315/614/1/012079
18	Беликов В.В., Зайцев А.А., Милитеев А.Н. Математическое моделирование сложных участков русел крупных рек // Журнал «Водные ресурсы». – Москва, 2002. – Том 29. – №6. – 698 с.	Belikov V.V., Zaitsev A.A., Militeev A.N. "Matematicheskoy modelirovanie slog'nikh ucha-stkov rusel krupnikh rek" [Mathematical modeling of complex sections of channels of large rivers]. Journal "Water Resources", Moscow 2002, Vol. 29. № 6 Pp. 698 (in Russian)
19	Матвиенко О.И., Ястребова Ю.А. Математическое моделирование режимов работы насосной станции. // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: 19-й международный молодежный форум: сб. материалов форума. Т. 7. – Харьков: ХНУРЕ, 2015. – С. 80-81.	Matvienko O.I., Yastrebova Yu.A. "Matematicheskoe modelirovanie rejimov raboti nasosnoy stansii" [Mathematical modeling of pump station operating modes]//Radioelectronics and youth in the 21st century: 19th international youth forum: sb. material forum. T. 7. Kharkiv: XNURE, 2015 Pp. 80-81.(in Russian)
20	Д.Р.Базаров, Ф.Қ.Артикбекова, З.Ўразмухамедова. Насос станциялари тизимидаги каналларда сув оқимининг харақатини математик моделлаштиришда қўлланиладиган гидродинамик тенгламалар системаси // "Irrigatsiya va melioratsiya" журналі. – Тошкент, 2019. – №2(16). – Б. 20-23.	D.R.Bazarov, F.Q.Artikbekova, Z.O'razmuxamedova "Nasos stansiyalari tizimidaagi kanallarda suv oqimining xarakatini matematik modellashirishda qo'llaniladigan gidrodinamik tenglamalar sistemasi" Irrigatsiya va Melioratsiya jurnali. – Tashkent, 2019 – №2(16) Pp. 20-23. (in Uzbek)

УЎТ: 626..83

## ЎЗГАРМАС КЕСИМ ЮЗАЛИ ИРРИГАЦИЯ КАНАЛЛАРИДА СУВ САТҲИНИ ЎЛЧАШ АҚЛИ ҚУРИЛМАСИ

*Н.М.Икрамов – PhD, доцент, “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети,*

*Ф.О.Касимов – PhD, доцент, Тошкент давлат техника университети,*

*А.У.Мухаммаджонов – тадқиқотчи, “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети*

### Аннотация

Мақолада Марказий Осиё, хусусан, Ўзбекистон Республикаси ҳудудида ирригация тизимларидаги сув ўлчаш ишларини он-лайн тарзда мониторинг қилиш муаммолари ўрганиб чиқилиб, уларда мавжуд масалалар аниқланган. Ушбу масалаларни ҳал этиш учун ақли сатҳ ўлчаш қурилмасини ишлаб чиқиш мақсад қилиб олинган. Иқлимнинг кескин ўзгариш шароитларини инобатга олинган ҳолда турли ғалаёнлантирувчи таъсирлар остида ҳам турғун ишлай оладиган, ўзгармас кесим юзасига эга бўлган каналларда сув сатҳини ўлчаш асосида каналда оқиб ўтаётган сув сарфи ва унинг миқдорини он-лайн тарзда ўлчаш имконини берувчи ақли қурилма ишлаб чиқилган. Қурилма ахборотни масофага узатиш шароитига кўра GSM ёки Lora ахборот алмашиш тармоқлари алтернативаларини автоматик танлаш хусусиятига эга. Қурилма электр энергия таъминоти мавжуд бўлмаган жойларда қуёш энергияси ҳисобига автоном қувватланиш функциясини ҳам ўз ичига олган. Қурилманинг sanoat намунаси лаборатория ва дала шароитларида ҳамда Ўзбекистон Республикаси миллий сертификатлаш марказида синовдан ўтказилиб, сертификатланган ва уни серияли ишлаб чиқаришга рухсат олинган. Мазкур қурилма маҳаллий ишлаб чиқарувчилар томонидан ишлаб чиқарилаётганлиги сабабли ўзининг импорт аналогига нисбатан арзонлиги, сошлаш имкониятларининг мавжудлиги ва мураккаб шароитларга осон мослашувчанлиги билан устунликларга эга. Ақли филтрлаш алгоритмининг қўллаш эъвазига мазкур қурилмада ақли филтрлаш алгоритмларидан фойдаланиш ҳисобига қабул қилинган сигналларнинг барқарорлашуви 74,2 фоизга яхшиланади. Ахборот ишончилиги жами 8,2 фоизга камайди. Бу натижа ахборот ишончилиги бўйича 9,5% кўрсаткичдан камроқ.

**Таянч сўзлар:** сувни ўлчаш, ирригация каналлари, сатҳ датчиги, смарт-қурилма, интеллектуал ўлчаш тизими.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В ИРРИГАЦИОННЫХ КАНАЛАХ ПОСТОЯННОГО СЕЧЕНИЯ

*Н.М.Икрамов – PhD, доцент, Национальный исследовательский университет “Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства”*

*Ф.О.Касимов – PhD, доцент, Ташкентский государственный технический университет*

*А.У.Мухаммаджонов – исследователь, Национальный исследовательский университет “Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства”*

### Аннотация

В статье рассмотрены проблемы онлайн-мониторинга водоизмерительных работ в ирригационных системах Центральной Азии, в частности в Республике Узбекистан, и выявлены существующие в ней проблемы. Для решения этих проблем была поставлена цель разработать интеллектуальное устройство для измерения уровня воды. С учетом условий резких изменений климата разработано интеллектуальное устройство, позволяющее измерять расход и объем воды, протекающей в канале в онлайн режиме, основанное на измерении уровня воды в каналах с фиксированной поверхностью поперечного сечения, которое может работать в режиме застоя даже при различных раздражающих воздействующих эффектах. Устройство имеет функцию автоматического выбора альтернативной сети обмена информацией GSM или Lora в соответствии с условиями передачи информации на расстоянии. В устройство также включена функция автономной зарядки за счет солнечной энергии на местах, где отсутствует электроснабжение. Промышленная версия устройства была протестирована в лабораторных и полевых условиях, а также сертифицирована в национальном сертификационном центре Республики Узбекистан, и получено разрешение на его серийное производство. Поскольку данное устройство производится отечественными производителями, оно имеет преимущества по сравнению с импортным аналогом более низкой стоимостью, наличием возможностей настройки и легкой адаптируемости к сложным условиям. Благодаря использованию интеллектуальных алгоритмов фильтрации стабилизация принимаемых сигналов улучшена на 74,2%. Достоверность информации снизилась в целом на 8,2 процента. Этот результат меньше 9,5% показателя достоверности информации.

**Ключевые слова:** водоизмерение, оросительные каналы, датчик уровня, интеллектуальное устройство, интеллектуальная измерительная система.

## SMART DEVICE FOR WATER LEVEL MEASURING IN IRRIGATION CHANNELS WITH A CONSTANT SECTION

*N.M.Ikramov – PhD, Associate Professor, National Research University “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers”*

*F.O.Kasimov – PhD, Associate Professor, Tashkent State Technical University*

*A.U.Mukhammadjonov – researcher, National Research University “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers”*

## Abstract

The article considers the problems of online monitoring of water measuring works in irrigation systems of Central Asia, in particular in the Republic of Uzbekistan, and identifies the existing problems in it. To solve these problems, the goal was to develop an intelligent device for measuring the water level. Taking into account the conditions of abrupt climate changes, the intelligent device has been developed that allows measuring the flow rate and volume of water flowing in the channel in online mode, based on measuring the water level in channels with a fixed cross-sectional surface, which can operate in stagnation mode even with various irritating effects. The device has the function of automatically selecting an alternative GSM or Lora information exchange network in accordance with the conditions for transmitting information over a distance. The device also includes the function of autonomous charging due to solar energy in places where there is no electricity supply. The industrial version of the device has been tested in laboratory and field conditions, as well as certified by the National certification center of the Republic of Uzbekistan, and permission has been obtained for its serial production. Since this device is manufactured by domestic manufacturers, it has advantages over its imported counterpart in lower cost, availability of customization options and easy adaptability to difficult conditions. In exchange for applying a smart filtering algorithm, the stabilization of received signals is improved by 74.2% due to the use of intelligent filtering algorithms in a smart device. The reliability of information decreased by 8.2% in total. This result is less than the 9.5% target for information reliability.

**Key words:** water measurement, irrigation channels, level sensor, smart device, intelligent measuring system.

**Кириш ва кўриб чиқилаётган муаммонинг ҳозирги ҳолатининг таҳлили ва манбаларга ҳаволалар.** Жаҳонда сув ресурсларидан оқилона фойдаланиш сўнгги бир неча ўн йилликлар ичида тобора муҳим аҳамият касб этувчи вазифага айланиб бормоқда. Франция Фанлар академиясининг "Минтақа сувлари" номли мақоласида сув билан боғлиқ муаммолар туфайли дунёда жиддий инқирозлар юзага келиши эҳтимolini аниқлаш ва бундай инқирозларнинг олдини олиш бўйича мумкин бўлган чоралари таклиф қилинган. Мақолада келтириб ўтилишича сув ресурслари захирасига иқлимнинг ўзгариши, дунё аҳолисининг ўсиши, ичимлик суви сифатининг тобора ёмонлашиб бориши, ривожланаётган мамлакатларда мегаполислар (ўн миллиондан ортиқ аҳолига эга) сонининг кўпайиши каби омиллар потенциал хавф туғдирувчи омиллар ҳисобланади [1]. Швециялик олимлар ўтказган тадқиқотларда эса ер усти ва қирғоқ сувларининг ифлосланишига ер ости сувларининг ҳам таъсири борлиги аниқланган [2]. Чекланган сув ресурслари билан инсоният эҳтиёжларини қондириш масаласи мақбуллаштиришни талаб қилади. Бунда сув сиёсати тушунчасининг парадигмаларига мурожаат қилиш ўринли ҳисобланади [3]. Сув сиёсатини амалга ошириш учун эса мавжуд жараёнлар тўлиқ ўрганилиши ва уларнинг параметрлари ҳақида етарлича маълумот олиш зарур бўлади. Асосий ишлаб чиқарадиган маҳсулоти агросаноат билан боғлиқ Марказий Осиё каби мамлакатларда экин майдонларининг кенгайтирилиши суғориш мониторинги бўйича технологик ечимларнинг кўпайишига олиб келмоқда. Қолаверса, ушбу майдонларда қўлланилаётган марказий айланма суғориш тизимлари сўнгги йилларда фермерларнинг кундалик меҳнатини осонлаштирган бўлса-да, бу тизимлар мониторинги ва уларнинг фаолиятидаги муаммолар ҳақида ҳисобот бериш вегетация даврида асосий жиҳатга айланди. Шу сабабли, аниқ қишлоқ хўжалиги ва ахборот-коммуникация технологиялари (АКТ) соҳасида турли хил мониторинг ечимлари ишлаб чиқилмоқда. Шунга қарамай, ушбу ечимлар фойдаланувчиларга қулай бўлиши учун уларнинг потенциал фойдаланувчилари арзон нархлардаги ечимлар бўлиши кераклигини ҳам ҳисобга олиш зарур [4]. Дунёдаги чучук сув ресурсларининг

қарийб 85 фоизи суғориш учун ишлатилади. Шу сабабли жорий суғориш тартиб-қоидалари янгиланиши ёки ML, IoT (Internet of Things) ва симсиз сенсорли тармоқлардан фойдаланадиган илғор, ақлли тизимлар билан алмаштирилиши керак [5].

Бугунги кунда Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфида 1693 та суғориш насос станциялари мавжуд бўлиб, улар асосида сувни юқори сатҳга кўтариб бериш, узоқ масофаларга етказиб бериш каби жараёнлар амалга оширилади. Аксарият насос станцияларининг ишчи агрегатлари ҳам маънан ҳам техник жиҳатдан эскирган. Уларнинг фойдали иш коэффициентлари ҳам белгиланган талаб даражасига тўғри келмайди. Бироқ шу эски агрегатлар ёрдамида йилига ўртача 50 млрд. м<sup>3</sup> сув юқорига кўтариб берилади. Мазкур жараёнлар айрим ҳудудларда қисман автоматлаштирилган бўлсада, аксарият жойларда бошқариш бевосита инсон омили назорати остида қўлда амалга оширилади.

Бундан ташқари, бошқариш жараёнларини амалга ошириш учун объектдан олинган ахборотлар кўп ҳолларда катта ҳатоликлар билан ёки тақрибан ҳосил қилинади. Бу эса бошқариш, истеъмол қилинаётган сув миқдорини талаб даражасида мониторинг қилиш жараёни ноаниқ бўлишига сабаб бўлади. Бундан ташқари, ҳар бир насос станцияда айна вақтда истеъмолга узатилаётган сув учун қанча энергия сарфланаётганлиги бўйича маълумот олиш муаммолигича қолмоқда. Бошқарув объектида тескари боғланиш тармоғи орқали келадиган ахборотнинг ноаниқлиги ва тўлиқ эмаслиги сабабли бошқаришнинг мақбул шаклини амалга ошириб бўлмайди.

Юқорида келтирилган фактлардан кўриниб турибдики, чекли ресурслардан фойдаланган ҳолда бошқариш жараёнларини мақбул тарзда амалга ошириб, ишнинг самарадорлигини кўтариш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Бу эса, ўз навбатида, объектнинг ҳолати тўғрисида тўғри ва тўлиқ ахборот олишни таъминловчи оғир иқлим шароитларида ҳам турғун ишлай олувчи, ахборотни қайта ишлаш, сақлаш, узатиш ва ўз-ўзини соzлай оладиган ақлли қурилмаларга эҳтиёжни юзага келтиради.

**Масаланинг қўйилиши.** Кўрилатган масалада объект сифатида ўзгармас кесим юзасига эга бўлган қопламали ирригация каналлари олинган. Ишнинг мақсади эса маълум шаклга эга бўлган қопламали каналларда сув сар-

фини ташқи шовқинлар ва ғалаёнлантирувчи омилларни инобатга олиб, аниқ ўлчашни амалга оширадиган, маълумотларни сақлайдиган ва масофага узата оладиган ақлли қурилмани синтез қилишдан иборат.

Ўлчов қурилмалари ҳарорат, босим, масофа, тезлик, момент, тезланиш, куч, оқим ва бошқа физик катталикларни сезади, параметрларни ўлчайди, ўзгартиради, нормаллаштиради ва қайта ишлаш учун одатда компьютерга ёки электрон қурилмага юборади [6].

Ўлчов қурилмалари технологияси кундалик ҳаётда автоматлаштириш, транспорт, озиқ-овқат ва кимё саноати каби бир нечта соҳаларда қўлланилади [7].

Шу сабабли ўлчов қурилмаларини бугунги кунда нафақат ишлаб чиқариш, балки ижтимоий ҳаётимизда ҳам кўп учратиш мумкин. Ақлли ўлчов қурилмаси – бу атроф-муҳитдан маълумот оладиган, олинган маълумотни аввалдан белгиланган функцияларни ресурсларидан фойдаланиб, қайта ишлайдиган қурилма ҳисобланади [8].

Ақлли ўлчов қурилмалар атроф-муҳит маълумотларини аниқроқ ва автоматлаштирилган тарзда тўплаш имконини беради, бунда қайд этилган маълумотлар орасида хато ва шовқинлар таъсири камайтиради. Ушбу қурилмалар ақлли тармоқлар, мураккаб шароитларда ахборот олиш, қидирув ва кўплаб илмий иловаларни ўз ичига олган турли хил муҳитларда мониторинг ва бошқариш механизмлари учун ишлатилади [9].

Ақлли ўлчов қурилма, буюмлар Интернетнинг (IoT) муҳим ва ажралмас элементларидан бири ҳисобланиб, унда деярли ҳар қандай тасаввурга эга бўлган буюм ноёб идентификатор ва маълумотларни Интернет ёки бошқа тармоқ орқали узатиш қобилияти билан жиҳозланган бўлиши мумкин [10].

Ҳисоблаш ресурслари одатда кам қувватли мобиль микропроцессорлар томонидан тақдим этилади. Энг камида, ақлли ўлчов қурилмаси сенсор, микропроцессор ва алоқа технологиясидан иборат. Ҳисоблаш ресурслари қурилма структурасининг ажралмас қисми бўлиши керак.

Шунчаки маълумотларни масофавий қайта ишлаш учун юборадиган ўлчов қурилмалари ақлли қурилма ҳисобланмайди. Ақлли ўлчов қурилмалари оддий датчиклардан фарқли равишда олинган ахборотни қайта ишлаш функцияси билан бойитилган бўлади. Масалан, бирор физик катталиқни ўлчаш жараёни амалга ошириладиган бўлса, ўлчашлар маълум вақт оралиғида бир неча марта қайта амалга оширилиб, ўлчаш натижаларининг ўртача қиймати сенсорнинг чиқиш сигнали сифатида узатилади. Бунда датчикдан олинаётган қийматнинг аниқлиги ортади.

Айрим ақлли қурилмалар эса ўлчанаётган қийматнинг ўзгариш динамикасини таҳлил қилиш хусусиятига эга бўлиб, ўлчанаётган қиймат кутулган қийматдан кескин фарқли бўлса, ўлчаш жараёнида хатолик содир бўлгани ҳақида хабар беради. Ақлли ўлчов қурилмаларининг яна бошқа турлари эса битта параметрни ўлчайди ва ҳисоблаш натижасида унга боғлиқ бўлган бошқа бир параметр ҳақида ахборот беради. Бундан ташқари ўз ўзини созлайдиган, тестлайдиган ва диагностика қиладиган сенсорлар ҳам мавжуд. Ақлли ўлчов қурилмаларнинг бундай кўп функцианалликка эга бўлиши мураккаб эксплуатация шароитларида ўлчашларни аниқ бажарилиши ва бошқариш тизимининг ҳаёт цикли узайишига сабаб бўлади.

Ақлли қурилмалар қишлоқ хўжалигининг профессионал ёндашувида фойдали бўлиб, улар ёрдамида рақамли

технологиядан мониторинг, визуализация, рақамли маълумотларни яратиш, ресурслардан фойдаланишни назорат қилиш, қишлоқ хўжалиги маҳсулотларининг сифати ва маҳсулдорлигини ошириш учун фойдаланиш мумкин. Янги қурилмалар автоматлаштириш ва IoT (Internet of Things) асосидаги рақамли операцияларни бошқаришнинг асосий воситалари бўлиб хизмат қилади. Ақлли ўлчаш қурилмаларидан фойдаланган ҳолда маълумотларга асосланган технологиялар қишлоқ хўжалиги амалиётидаги кўплаб носозликларга ечим топиши ва самарадорликни ошириши мумкин [6].

Юқоридаги таҳлилларга кўра ақлли ўлчов қурилмаларини автоматлаштириш, муҳитни назорат қилиш, экология, тиббиёт ва ишлаб чиқаришнинг кенг тармоқларида мунтазам қўлланиб келаётганини кўриш мумкин.

Мазкур мақолада ўзгармас шаклга эга қопламали каналлардаги сув сарфини аниқлаш тизимларини қуришда ақлли ўлчаш қурилмаларини синтезлаш ва уларни қўллаш масалалари тадқиқотнинг асосий нишонига айланади.

**Материаллар ва усуллар.** Бугунги кунда аксарият насос станцияларда ҳавзалардаги сув сатҳини ўлчаш парракли ўлчов қурилмалари ёки махсус чизғич ёрдамида билвосита ва бевосита усуллар орқали амалга ошириб келинмоқда. Бу усулларнинг афзаллиги маълум хатоликлар билан бўлсада, ишончли ахборотни олиш мумкин. Лекин бу усуллар билан ўлчашларда бевосита инсон иштирок этиши, турли оғир шароитларда (ҳарорат жуда иссиқ ёки совуқ бўлганида, ёғингарчиликлар бўлаётганда) инсонлар меҳнатининг оғирлашишини аниқлади. Бундан ташқари техник жиҳатдан бу усулларнинг аниқлиги бирмунча паст ҳисобланади.

Бевосита инсон иштирокисиз ўлчашларни амалга ошириш мақсадида дунёнинг турли фирма ва компаниялари томонидан турли ақлли қурилмалар таклиф этилган. Масалан, Хитойнинг CXInstruments компанияси сув сатҳини ўлчаш учун ўзининг CX-ULM маркали ультратовушли сатҳ датчигини таклиф этган бўлиб, бу сенсор қуйидаги функцияларга эга:

- инсон-машина алоқасининг функцияси;
- ҳароратни рақамли компенсациялаш;
- ўлчаш ва назорат функцияси;
- кенг қўлланишли кириш ва маълумотларни узатиш функцияси;
- ахборотлардаги сакрашларни бартараф этиш.

Ушбу сенсорнинг афзалликлари: намликка, чангга, юқори ҳароратга, ишқорий газларга ва бошқа қаттиқ муҳитга чидамлилиги саналади. Бироқ нарх жиҳатдан нисбатан қиммат ва Ўзбекистондаги сув станциялари шароитида узоқ муддат ишлашига ишончилилик бир оз кам.

HNCON Store интернет бозори орқали таклиф этиладиган HDL 700-C1 маркали сенсор нарх жиҳатдан бир оз арзон. Ушбу ультратовушли сатҳ ўлчагич ёрдамида сатҳни назорат қилиш, маълумотларни узатиш ва инсон-машина ўртасидаги алоқа афзалликларига эга. Унинг бошқариш блоки саноат даражасидаги монолит интеграл схема, рақамли ҳарорат компенсацияси ва бошқаларни ўз ичига олади. Чиқиш сигналлари эса аналог ёки RS485 серияли бўлиши мумкин. Бироқ мазкур сенсорнинг ўлчаш аниқлиги зарур бўлган талаб даражасидан паст ҳисобланади.

EC Buying брендида тегишли бўлган JSN-SR04T маркали сатҳ ўлчаш датчиги монолит блок ичига йиғилган бўлиб, кабель орқали рақамли махсус контроллерга улана-

ди. Бунда ортиқча элементлар бўлмаганлиги сенсорнинг ишлаш ишончилигини оширади. Бироқ сенсорнинг ўлчаш аниқлиги бирмунча паст ҳисобланади. Бундан ташқари ушбу сенсорга айрим ақлли функцияларни қўшиш учун алоҳида микроконтроллер ёки микрокомпьютер зарур бўлади. Бу эса сенсор нархининг янада қимматлашувиغا олиб келади.

Юқоридаги таҳлиллардан кўринадики, Ўзбекистон иқлими шароитида нарх жиҳатдан арзон, ишончилиги юқори, ахборотни филтрлаб олиш, масофага узатиш ва хотирада сақлаш ҳамда масофадан туриб дастурландиган, турли ғалаёнлантурувчи таъсирларни, хусусан, ҳарорат, намлик, чанглик кабиларни компенсация қила оладиган ақлли қурилма ишлаб чиқиш зарур. Бунда мав-

жуд сенсорларнинг афзалликларини интеграция қилган ҳолда уларнинг камчиликларини комплекс бартараф эиш вазифаси ҳам ётади.

**Ўлчов қурилмаси элементларини тадқиқ қилиш.**

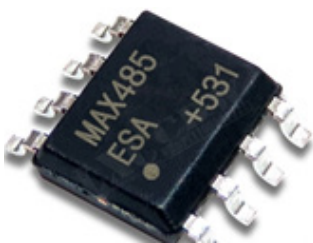
Юқорида келтирилган масалани ечиш учун, ёш олимлар томонидан бир неча йиллар давомида сув сатҳини юқори аниқликда ўлчаб, онлайн тарзда маълумотни юбориб турувчи ақлли қурилма ишлаб чиқилди. Ушбу таклиф қилинаётган ақлли қурилманинг таркибий қисмларига нималар кириши ва улар қандай вазифаларни бажара олишига эътибор қаратиш лозим.

Ақлли қурилманинг сезгир элементи сифатида MaxiBotix фирмасининг MB7580 маркали ультратовушли масофа ўлчагичидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ хи-



**а)**  
**1-расм. MB7580 маркали ультратовушли масофа ўлчагичи: а – юқоридан кўриниши; б – ёнидан кўриниши; в – пастдан кўриниши**

сбланади (1-расм). Бу ўлчагич ёпиқ ёки юқори намликли муҳитда доимий ишлаганда конденсация ва музлашнинг таъсирини камайтириш, миллиметр аниқликда ўлчаш, қисқа ва узоқ масофаларни аниқлаш хусусиятига эга бўлиб, ўқиш тезлиги 0,6 Гц. ни ташкил этади. Чиқиш сигнали эса пульс кенглиги, аналог кучланиш ва TTL серияли бўлиши мумкин. Бундан ташқари ушбу сенсор ихчам ва мустақкам ПВХ корпусга эга бўлиб, IP67 сув ўтказмаслик

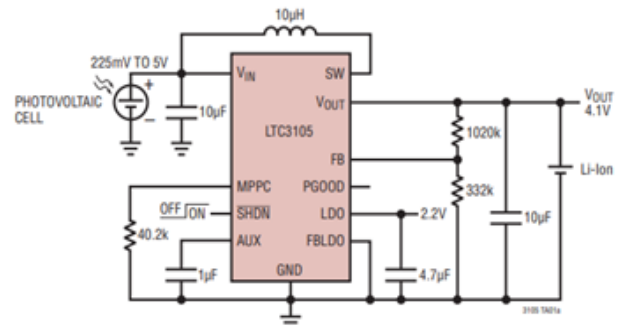


**2-расм. SOP корпусли MAX485 интеграл микросхемаси**

стандартга жавоб беради.

Ўлчагичдан UART протоколи асосида олинандиган сигнални бошқарув контроллери учун RS 485 протоколига ўзгартириш зарур бўлади. Бу вазифани эса MAX 485 интеграл микросхемаси бажаради (2-расм). Ушбу микросхеманинг турли корпусли вариантлари мавжуд бўлиб, мазкур лойиҳа учун энг ихчамини танлаш умумий бошқариш блокнинг ўлчамларини кичрайтириш имконини беради [11].

Сенсорнинг узлуксиз ишлашини таъминлаш учун узилишсиз манба блоқи зарур бўлади. Аксарият муҳандислар узлуксиз манба талаб қилинадиган жойларда за-



**3-расм. Батарейкани зарядлаш учун LTC3105 конвертерининг уланиш схемаси**

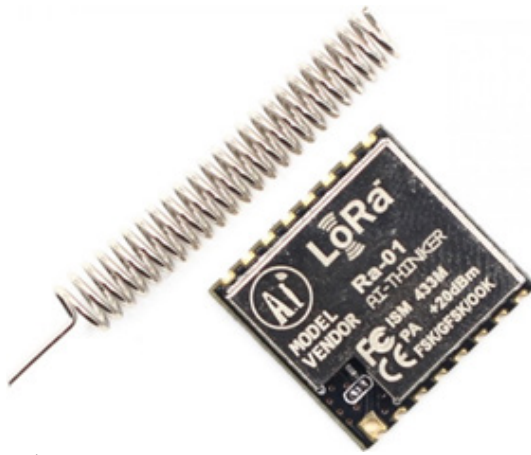
ҳира батареяларидан ташқари қуёш батареяларини ҳам ечим сифатида қўллайдилар. Қуёшдан олинандиган энергия ҳисобига батареяни қувватлаб туриш эса энг яхши усул ҳисобланади. Бунда қуёш энергиясидан батареякани қувватлаш блоқи сифатида LTC3105 конвертеридан фойдаланиш мумкин [12]. Бунда стандарт электр схемаси таклиф этилган (3-расм).

Олинган ахборотни коммуникация канали орқали масофага узатишда мобил операторлар хизматларидан фойдаланилади [13]. Шу билан узоқ масофалардан ахборотларни ишончли равишда симсиз қабул қилиш муаммоси ўз ечимини топади [14]. Бунда турли ҳудудларда турли компанияларнинг сигналларни қабул қилиш антенналари фарқли бўлгани учун камида иккита компанияга уланиш имконияти мавжуд бўлиши мақсадга мувофиқ [15]. Бу уланишни эса SIM868 модули орқали амалга ошириш мумкин (4-расм). SIM868 модули тўлиқ QuadBand GSM/

GPRS модули бўлиб, у сунъий йўлдош навигацияси учун GNSS технологиясини ҳам ўз ичига олади. LCC ва LGA прокладкалари билан ихчамлаштирилган дизайн GNSSга асосланган иловаларни ишлаб чиқиш учун вақт ва хара-



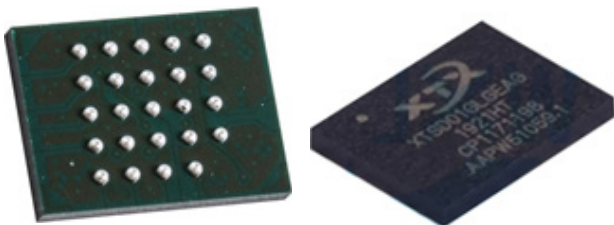
4-расм. SIM868 модули



5-расм. LoRa модули ва унинг антеннаси

жатларни сезиларли даражада тежайди. Ўзбекистонда айрим суғориш насос станциялари аҳоли яшаш пунктларидан анча олисда жойлашганлиги сабабли, бу ҳудудларда мобил операторлар сигналлари жуда кучсиз ёки умуман йўқ бўлиши мумкин. Бундай вазиятларда LoRa технологиясидан фойдаланиш (5-расм) паст тезлик билан бўлсада узлуксиз алоқа алмашишни таъминлайди [16].

Сервер билан ахборот алмашиши маълум сабабларга кўра имконсиз бўлиб қолганда ҳам ақлли қурилма ўл-



6-расм. XTSD01G хотира блоки

чашларни автоном режимда амалга ошириши ва барча маълумотларни хотирасида сақлаб туриши зарур бўлади [17, 18].

Бунинг учун эса хотира қурилмаси керак бўлади. Нарх жиҳатдан арзон, ўлчами кичик ва ишлаш ишончилиги етарли даражада бўлган хотира қурилмаси сифатида XTSD01G дан фойдаланиш мумкин (6-расм). Бу қурилманинг 128МБ хотира ҳажмига эга тури ҳам узоқ вақт оралигидаги ахборотларни сиғдира олади.

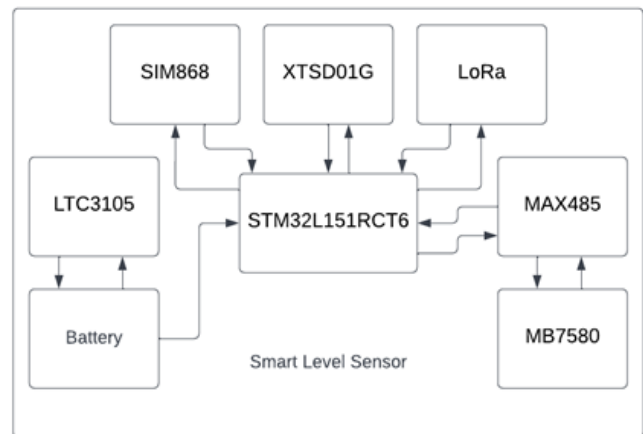
Барча элементларни бирлаштириб, бошқариш вази- фасини амалга ошириш учун эса STM32L151RCT6 микро- контроллери афзал ечим ҳисобланади (7-расм). Мазкур микроконтроллер 32 разрядли бўлиб, 256 КБ флеш хоти- рага эга. Бундан ташқари ушбу микроконтроллер жуда кам қувват талаб этиши билан автоном иш ражимларида ишлаш учун самарали ҳисобланади. Одатда бу синфга та-



7-расм. STM32L151RCT6 микроконтроллери

аллуқли микроконтроллерлардан қуйидаги лойиҳаларда кенг фойдаланилади:

- тиббиёт ва қўл асбоблари;
- иловаларни бошқариш ва фойдаланувчи интерфейси;



8-расм. Ақлли сатҳ сенсорнинг тузилиши

- компьютернинг ташқи қурилмалари, ўйинлар, GPS ва спорт жиҳозлари;
- сигнал тизимлари, симли ва симсиз датчиклар;
- коммунал хизматларни ўлчаш.

**Сенсорнинг тузилиши.** Ақлли сатҳ сенсори очиқ ка- наллар ва дарёларда сув сатҳини ўлчаш ва сув ҳажмини ҳисоблаш имкониятига эга (8-расм). У серверга онлайн



9-расм. Ақлли сатҳ сенсорнинг саноат намунасининг платаси

маълумотларни узатиш учун GSM модули билан жиҳозланган бўлади.

Мазкур сенсор ҳар қандай қувват манбасидан бутун-



10-расм. Ақлли сатҳ сенсорининг саноат намунаси

лай мустақил ишлайди, чунки унинг ичида қуёш батареяси ва қайта зарядланувчи батарея мавжуд. Сенсорнинг тўғри ишлаши учун уни тўғри ўрнатиш ва 2G улиниши билан ишлайдиган сим картани киритиш керак. Сенсорнинг саноат намунаси эса қуйида келтирилган (9-расм).

**Тадқиқот натижалари.** Ишлаб чиқилган ақлли сатҳ сенсорининг саноат намунаси яратилиб, лаборатория синовларидан мувофақиятли ўтказилди (10-расм).

Шу билан бирга Ўзбекистон Республикасининг “Ихтиролар, фойдали моделлар ва саноат намуналари тўғрисида”ги Қонунига асосан сув сатҳини назорат қилиш тизими учун ишлаб чиқилган фойдали модель Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги томонидан патентлаштирилиб, муаллифлик ҳуқуқи қонун билан ҳимояланди [19]. Мазкур ақлли қурилманинг ишлаши учун уникал дастур ишлаб чиқилган бўлиб, ушбу дастурга Адлия вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк агентлигидан гувоҳнома олинган [20]. Ақлли қурилма Ўзбекистон Республикаси миллий сертификатлаш марказида синовдан ўтказилиб,

1-жадвал

**Қурилмаларнинг асосий техник ва метрологик характеристикалари**

Характеристика номи	Қурилма модели	
	SMART-WATER-SW 5	SMART WATER- SW 20
Сатҳни ўлчаш диапазони, мм	0 дан 5000 гача	0 дан 20000 гача
Келтирилган нисбий хатоликнинг руҳсат этилган чегараси, мм	± 4	± 0,4
Аниқлик синфи	4	0,4
Нурланиш бурчаги, (камида) градус.	53	
Автоном қувват манбаи (батарея) даги таъминот кучланиши, V	18 дан 36 гача	
Истеъмол қуввати, W	0,065	
Ишчи ҳарорати, °C	-15 дан +50 гача	
Габарит ўлчамлари, мм, катта эмас:		
- узунлиги	85 ± 0,3	
- кенглиги	175 ± 0,5	
- баландлиги	60 ± 0,2	
Масса, оғир эмас, g	1000	

сертификатланди [21] ва уни серияли ишлаб чиқаришга руҳсат олинди. Ҳозирги кунда ўлчаш диапазонида кўра фарқланувчи икки турдаги ақилли сатҳ ўлчагичлари мамлакатимизда фаолият кўрсатаётган “Smart Solutions System” МЧЖ корхонаси томонидан ишлаб чиқарилмоқда. Қурилмаларнинг асосий техник ва метрологик тавсифлари 1-жадвалда келтирилган.

Ҳозирги кунда ишлаб чиқилган ақлли сатҳ сенсорлари Ўзбекистон ҳудудидаги ирригация каналларининг 3000 дан ортиқ нуқталарида ўрнатилган (11-расм). Ушбу қурилмалар сўнгги уч йил давомида реал шароитда ўзининг техник характеристикалари доирасида белгиланган аниқлик билан ишлаб келмоқда. Бу эса, ўз навбатида, насос станцияларининг мониторингини амалга ошириш ҳамда улардаги самарадорликни баҳолаш учун зарур бўлган параметрларни реал вақт шароитида аниқлаш

имконини беради. Бундан ташқари, маҳаллий ишлаб чиқарувчилар тононидан ишлаб чиқарилаётган мазкур қурилмалар ўзининг импорт аналогига нисбатан арзонлиги, созлаш имкониятларининг мавжудлиги ва мураккаб шароитларга осон мослашувчанлиги билан устунликларга эга. Шу билан бирга, қурилмаларнинг ишлаши давомида аниқланган барча муаммолар илмий ва техник нуқтаи назаридан ўрганилиб, уларни бартараф этиш ва мазкур қурилмаларни такомиллаштириш ишлари олиб борилмоқда. Қуйидаги графиклар шовқинли сигналларни ақлли филтрлаш жараёнларини кўрсатади, бунда мақбул филтрлаш алгоритмини танлаш ақлли қурилмага киритилган дастур асосида автоматик равишда амалга оширилади. Графикларда кўк рангда кўрсатилган сигнал ҳосил бўлаётган шовқинни ифодалайди. Қизил чизиқ филтрлаш натижасини кўрсатади. Маълумот сонияда

5 марта ўлчаш орқали қабул қилинади. Қабул қилинган маълумотлар турли хил филтрлаш алгоритмлари орқали ўтказилади. Бу жараён учун қурилма кетма-кет учта филтрлаш блокнинг структурасини мақбул деб топди ва ундаги ахборотни филтрлаш жараёнлари қуйидаги тартибда амалга оширилди: 12а-расм. Бирламчи филтрлаш блокдан олинган сигнал, 12б-расм. Иккиламчи филтрлаш блокдан олинган сигнал, 12в-расм. Учинчи даражали филтрлаш блокдан олинган сигнал. Натижалар шуни кўрсатадики, ақлли қурилмада ақлли филтрлаш алгоритмларидан фойдаланиш ҳисобига қабул қилинган сигналларнинг барқарорлашуви 74,2 фоизга яхшиланган. Ахборот ишончилиги жами 8,2 фоизга камайди. Бу эса рухсат этилган чегарадан ошмайди.

**Хулоса:**

1. Ишлаб чиқарилган қурилма кескин континентал иқлим шароитларида ишлашга мўлжалланган бўлиб, ўта иссиқ ва ўта совуқ шароитларда ҳам юқори аниқликдаги ўлчаш ишларини амалга ошириб, ахборотни масофага

узатиш, зарур ҳолларда эса, ахборотлар архивини хотирада сақлаш функцияларига эга эканлиги, маълум ташқи таъсирларга кўра масофага узатилмай қолганида ҳам зарурий ахборотларни йўқотилишининг олдини олади.

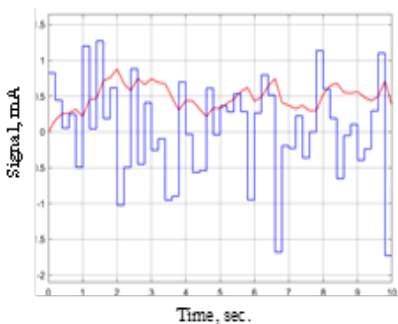
2. Электр энергия таъминоти мавжуд бўлмаган жойларда қуёш энергияси ҳисобига автоном қувватланиш функциясини ҳам ўз ичига олганлиги қурилмадан кенг фойдаланиш имкониятларини оширади.

3. Қурилманинг саноат намунаси лаборатория ва дала шароитларида ҳамда Ўзбекистон Республикаси миллий сертификатлаш марказида синовдан ўтказилиб, сертификатланди ва уни серияли ишлаб чиқаришга рухсат олинди.

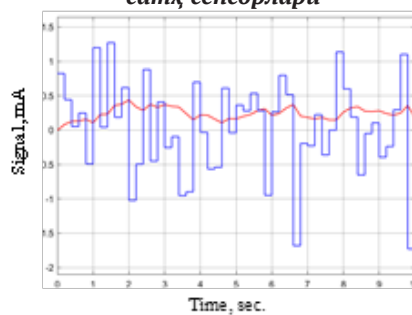
4. Ақлли сатҳ ўлчаш қурилмаси маҳаллий ишлаб чиқарувчилар тононидан ишлаб чиқарилаётганлиги сабабли ўзининг импорт аналогига нисбатан арзонлиги, созлаш имкониятларининг мавжудлиги ва мураккаб шароитларга осон мослашувчанлиги билан устунликларга эга.



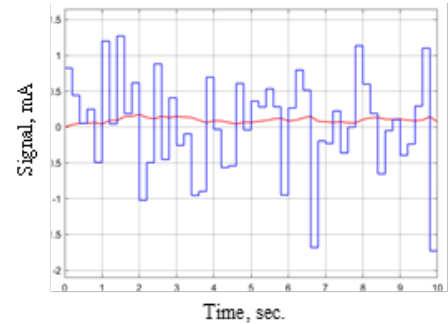
11-расм. Ўзбекистоннинг турли ҳудудларидаги ирригация каналларида ўрнатилган ақлли сатҳ сенсорлари



12а-расм. 1-филтрлаш натижаси



12б-расм. 2-филтрлаш натижаси



12в-расм. 3-филтрлаш натижаси

№	Адабиётлар	References
1	G.de Marsily, An overview of the world's water resources problems in 2050, Ecohydrology and Hydrobiology, 7(2) (2007) pp.147–155	G.de Marsily, An overview of the world's water resources problems in 2050, Ecohydrology and Hydrobiology, 7(2) (2007) pp.147–155
2	G.Destouni, The subsurface water system role for surface and coastal water pollution, Ecohydrology and Hydrobiology, 7(2) (2007) pp.157–164	G.Destouni, The subsurface water system role for surface and coastal water pollution, Ecohydrology and Hydrobiology, 7(2) (2007) pp.157–164
3	P.P.Mollinga, Water and politics: levels, rational choice and South Indian canal irrigation, Futures. 33(8–9) (2001) pp.733–752	P.P.Mollinga, Water and politics: levels, rational choice and South Indian canal irrigation, Futures. 33(8–9) (2001) pp.733–752
4	C.Moufawad el Achkar, C.Lenoble-Hoskovec, A.Paraschiv-Ionescu, K.Major, C.Büla, and K.Aminian, Physical Behavior in Older Persons during Daily Life: Insights from Instrumented Shoes, Sensors. 16(8) (2016) 1225 p.	C.Moufawad el Achkar, C.Lenoble-Hoskovec, A.Paraschiv-Ionescu, K.Major, C.Büla, and K.Aminian, Physical Behavior in Older Persons during Daily Life: Insights from Instrumented Shoes, Sensors. 16(8) (2016) p.1225



5	D. Mateos Matilla, Á. Lozano Murciego, D. M. Jiménez-Bravo, A. Sales Mendes, and V. R. Q. Leithardt, Low-cost Edge Computing devices and novel user interfaces for monitoring pivot irrigation systems based on Internet of Things and LoRaWAN technologies, <i>Biosystems Engineering</i> . 223 (2022) pp.14–29	D. Mateos Matilla, Á. Lozano Murciego, D. M. Jiménez-Bravo, A. Sales Mendes, and V. R. Q. Leithardt, Low-cost Edge Computing devices and novel user interfaces for monitoring pivot irrigation systems based on Internet of Things and LoRaWAN technologies, <i>Biosystems Engineering</i> . 223 (2022) pp.14–29
6	K. Paul et al., Viable smart sensors and their application in data driven agriculture, <i>Computers and Electronics in Agriculture</i> . 198 (2022) p.107096	K. Paul et al., Viable smart sensors and their application in data driven agriculture, <i>Computers and Electronics in Agriculture</i> . 198 (2022) p.107096
7	G. S. Prasanna Lakshmi, P. N. Asha, G. Sandhya, S. Vivek Sharma, S. Shilpashree, and S. G. Subramanya, An intelligent IOT sensor coupled precision irrigation model for agriculture, <i>Measurement: Sensors</i> . 25 (2023) 100608	G. S. Prasanna Lakshmi, P. N. Asha, G. Sandhya, S. Vivek Sharma, S. Shilpashree, and S. G. Subramanya, An intelligent IOT sensor coupled precision irrigation model for agriculture, <i>Measurement: Sensors</i> . 25 (2023) 100608
8	K. Paul et al., Viable smart sensors and their application in data driven agriculture, <i>Computers and Electronics in Agriculture</i> . 198 (2022) 107096	K. Paul et al., Viable smart sensors and their application in data driven agriculture, <i>Computers and Electronics in Agriculture</i> . 198 (2022) 107096
9	Xie et al., Design of smart seed sensor based on microwave detection method and signal calculation model, <i>Computers and Electronics in Agriculture</i> . 199 (2022) 107178	Xie et al., Design of smart seed sensor based on microwave detection method and signal calculation model, <i>Computers and Electronics in Agriculture</i> . 199 (2022) 107178
10	M. Wilson, R. Fritz, M. Finlay, and D. J. Cook, Piloting Smart Home Sensors to Detect Overnight Respiratory and Withdrawal Symptoms in Adults Prescribed Opioids, <i>Pain Management Nursing</i> . 24(1) (2023) pp.4–11	M. Wilson, R. Fritz, M. Finlay, and D. J. Cook, Piloting Smart Home Sensors to Detect Overnight Respiratory and Withdrawal Symptoms in Adults Prescribed Opioids, <i>Pain Management Nursing</i> . 24(1) (2023) pp.4–11
11	A. Flammini, P. Ferrari, E. Sisinni, D. Marioli, and A. Taroni, Sensor interfaces: from field-bus to Ethernet and Internet, <i>Sensors and Actuators A: Physical</i> . 101(1–2) (202) pp.194–202	A. Flammini, P. Ferrari, E. Sisinni, D. Marioli, and A. Taroni, Sensor interfaces: from field-bus to Ethernet and Internet, <i>Sensors and Actuators A: Physical</i> . 101(1–2) (202) pp.194–202
12	M. Bathre and P. K. Das, Water supply monitoring system with self-powered LoRa based wireless sensor system powered by solar and hydroelectric energy harvester, <i>Computer Standards and Interfaces</i> . 82 (2022) 103630	M. Bathre and P. K. Das, Water supply monitoring system with self-powered LoRa based wireless sensor system powered by solar and hydroelectric energy harvester, <i>Computer Standards and Interfaces</i> . 82 (2022) 103630
13	Y. El Hmamsy, C. Ennawaoui, E. M. Laadissi, E. M. Loualid, and A. Hajjaji, Optimized piezoelectric energy harvesting circuit using DC/DC converter, <i>Materials Today: Proceedings</i> . 66 (2022) pp.473–478	Y. El Hmamsy, C. Ennawaoui, E. M. Laadissi, E. M. Loualid, and A. Hajjaji, Optimized piezoelectric energy harvesting circuit using DC/DC converter, <i>Materials Today: Proceedings</i> . 66 (2022) pp.473–478
14	F. Hoffart, Tiny 2-cell solar panel charges batteries in compact, off-grid devices, <i>Analog Circuit Design</i> . Elsevier, (2015) pp.477–478	F. Hoffart, Tiny 2-cell solar panel charges batteries in compact, off-grid devices, <i>Analog Circuit Design</i> . Elsevier, (2015) pp.477–478
15	S. Nooruddin, Md. Milon Islam, and F. A. Sharna, An IoT based device-type invariant fall detection system, <i>Internet of Things</i> . 9 (2020) 100130	S. Nooruddin, Md. Milon Islam, and F. A. Sharna, An IoT based device-type invariant fall detection system, <i>Internet of Things</i> . 9 (2020) 100130
16	H. Mroue et al., LoRa+: An extension of LoRaWAN protocol to reduce infrastructure costs by improving the Quality of Service, <i>Internet of Things</i> . 9 (2020) 100176	H. Mroue et al., LoRa+: An extension of LoRaWAN protocol to reduce infrastructure costs by improving the Quality of Service, <i>Internet of Things</i> . 9 (2020) 100176
17	R. S. Sinha, Y. Wei, and S.-H. Hwang, A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT, <i>ICT Express</i> . 3(1) pp.14–21	R. S. Sinha, Y. Wei, and S.-H. Hwang, A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT, <i>ICT Express</i> . 3(1) pp.14–21
18	A. Kochhar and N. Kumar, Wireless sensor networks for greenhouses: An end-to-end review, <i>Computers and Electronics in Agriculture</i> . 163 (2019) 104877	A. Kochhar and N. Kumar, Wireless sensor networks for greenhouses: An end-to-end review, <i>Computers and Electronics in Agriculture</i> . 163 (2019) 104877
19	В.М.Ахмаджонов, И.И.Фозилов, Ф.Х.Абдулазизов, С.Қадамов, Н.Ф.Чориев, А.У.Мухамаджонов, А.И. Гафарова, А.М.Фатхуллоев, Сув сатҳини назорат қилиш тизимига патент// № FAP 01982/22.12.2020	V.M.Akhmadjanov, I.I.Fozilov, F.X.Abdulazizov, S.Kadamov, N.F.Choriev, A.U.Mukhamadjanov, A.I.Gafarova, A.M.Fathulloev, Patent for water level control system// № FAP 01982/22.12.2020

УЎТ: 519.2:501

## ЭЛЕМЕНТЛАРИ КЕТМА-КЕТ УЛАНГАН АВТОМАТЛАШТИРИЛГАН БОШҚАРУВ ТИЗИМИНИНГ ИШОНЧЛИЛИК КЎРСАТКИЧЛАРИ АСОСИДА ОҒИР ДАЛА ШАРОИТИДА ИШ ЖАРАЁНИНИ БАҲОЛАШ

*А.Р.Қодиров – ҳ.ф.д., доцент, Б.К.Башианов – докторант, Н.А.Махмудов – ф.м.ф.н., профессор, Ўзбекистон Республикаси Қуролли Кучлар Академияси,  
Қ.А. Шавазов – т.ф.н., доцент, “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети.*

### Аннотация

Мақолада элементлари кетма-кет уланган автоматлаштирилган бошқарув тизимини оғир дала шароитида ишончилигини баҳолаш амалга оширилган ҳамда техник воситаларнинг ишончилилик асосий тушунчалари хусусида мулоҳаза юритилган. Шунингдек, элементлари кетма-кет уланган автоматлаштирилган бошқарув тизимнинг турли ресурсга эга техник воситаларни оғир дала шароитида бузилмасдан ишлаш эҳтимоллигини баҳолаш амалга оширилди.

**Таянч сўзлар:** бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги, ишончилилик кўрсаткичлари, ишончилилик функцияси, кўрсаткичли тақсимот, текис тақсимот, тизим, техника.

## ОБ ОЦЕНКЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ВОЕННОЙ СФЕРЕ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*А.Р.Қодиров – д.в.н., доцент, Б.К.Башианов – докторант, Н.А.Махмудов – к.ф.м.н., профессор кафедры Академия Вооруженных Сил Республики Узбекистан,  
Қ.А.Шавазов – к.т.н., доцент, Национальный исследовательский университет “Тошкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства”.*

### Аннотация

В статье рассмотрена метод оценки надежности работы элементов автоматизированной системы в современной технике на основе теории вероятностей и законов математической статистики. На основе законов нормального, равномерного и показательного распределения определен ресурс работы современной техники. Широко использованы интегральные зависимости и формулы Ньютона-Лейбница. А также, статью можно использовать научно-исследовательских целях в выше учебных заведениях в технических направлениях.

**Ключевые слова:** вероятность безотказной работы, показатель надежности, функция надежности, показательное распределение, равномерное распределение, система, техника.

## ON THE EVALUATION OF THE RELIABILITY INDEX OF THE ELEMENTS OF THE AUTOMATED SYSTEM IN MODERN TECHNOLOGY

*A.R. Kodirov – Doctor of Military Sciences, Associate Professor, B.K. Bashanov – doctoral student, N.A. Makhmudov – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department, The Academy of the Armed Forces of the Republic of Uzbekistan,  
K.A. Shavazov – Dean of the Faculty of Agricultural Mechanization National Research University «Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers»*

### Abstract

The article examines the method of assessing the reliability of the elements of an automated system in modern technology based on probability theory and the laws of mathematical statistics. Based on the laws of normal, uniform and exponential distribution, the resource of modern technology is determined. Integral dependencies and Newton-Leibniz formulas are widely used. And also, the article can be used for research purposes in higher educational institutions in technical areas.

**Key words:** probability of failure-free operation, reliability indicator, reliability function, exponential distribution, uniform distribution, system, technique.



**Кириш.** Бугунги кунда ҳаётнинг барча соҳаларда (шу жумладан ҳарбий соҳада) турли мўлжалланишдаги техник воситалар инсониятнинг яқин ёрдамчисига айланиб улгурди. Айниқса ахборот технологияси ва радиоэлектроника соҳасининг юксак даражада ривожланиши инсоният ва техникани бир-бирига бўлган узвий боғлиқлиги табора ортиб бормоқдаки, бу эса ўз ўрнида инсон ва техника бажарадиган функцияларнинг автоматлаштирилишига олиб келади. Шундай экан, замонамизни ахборот технологияси, радиоэлектроника ва автоматика каби тушунчаларсиз тасаввур қилиб бўлмайди. Шундай бўлсада, ҳар қандай техник восита ўзининг ишлаш ресурсига эга. Шу сабабли техника воситаларининг ишончилигини ошириш катта аҳамиятга эга бўлиб, ўз навбатида иқтисодий жиҳатдан муҳим вазифа ҳисобланади. Яъни ишончилик муаммоларини ҳал қилиш катта маблағларни тежаш имконини беради. Техникаларнинг ишончилигини баҳолаш ва ишончилик кўрсаткичини оширишни ишончилик назарияси амалга оширади. Ишончилик назариясининг асосий тушунчаларидан бири эса – бузилишдир.

Бузилиш деганда техника таркибидаги элементлар ишлаш қобилиятинининг тўлиқ ёки қисман йўқотилиши тушунилади. Бузулиш ҳолатида носозлик рўй бериб, техника ўз функциясини эксплуатацион ҳужжатларда келтирилган кўрсаткичлар даражасида бажара олмайди.

Носозлик деганда техника таркибидаги элементлар техник ҳолатини характерловчи параметрларнинг ақалли биттасининг ўз кўрсаткичидан четланиши тушунилади.

Шундай қилиб, техника воситалари (буюмлари)нинг ишончилигини баҳолаш бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги билан амалга оширилади. Бузилмаслик – техника воситаларининг маълум вақт ёки йўл ўтиши давомида ўзининг ишлаш қобилиятини сақлашига айтилади. Бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги эса – маълум эксплуатация шароитларида ва белгиланган иш давомийлигида бузилишнинг содир бўлмаслик эҳтимоллигидир.

**Кўриб чиқиладиган муаммонинг ҳозирги ҳолати ва манбаларга ҳаволалар.** Ҳар қандай технологик жараёнларда техник воситалар тўхтовсиз ишлаши, яъни функционалликни йўқотмаслик муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Шу жумладан автоматлаштирилган бошқарув тизимларида элемент (восита, жиҳоз, буюм) ларнинг ишончли ишлаши ва уларнинг бир бутунликда бузилмасдан ишлаш эҳтимоллигини ҳисоблаш зарур.

Бу борада хорижий давлатлар олимлари томонидан кўплаб илмий ва тадқиқот ишлари олиб борилган. Жумладан, В.А.Кулягин, Р.Ю.Царев, Д.В.Капулин, А.Н.Пупков, В.В.Кукарцев, А.С.Костюков, И.С.Бобылкин, Л.Н.Никитин, А.А.Пирогов, А.С.Болдырев, Л.С.Веревкина, А.Л.Веревкинлар ўзларининг ишларида тизим (техника) ишончилигини баҳолашда матрицавий усуллардан фойдаланишган бўлиб, тизим таркибидаги ҳар бир элемент ишончилиги алоҳида бажарилган [2, 20, 21].

В.Б.Альгин, А.В.Вербийский, Д.В.Мишута, С.В.Сиренко, П.А.Кузнецов, И.В.Ковалев, Б.Г.Коноплев, Е.А.Рындин, А.В.Ковалевлар илмий тадқиқот ишларида автоматлаштирилган бошқарув тизими элементларини ишончилигини таъминлашда асосий усул сифатида уни резервлаштириш методи илгари сурилган. Бироқ келтирилган ҳисоблар тўлиқ ёритилмаган [1, 9, 22].

А.И.Каяшев, П.А.Раҳман, М.И.Шариповлар локал компьютер тармоқларининг ишончли ишлаши баҳолашда

Колмогоров-Чепмен тенгламаси ва Марков моделидан фойдаланилган, шунингдек, В.С.Семенов, В.В.Семенов, С.А.Шакуров, С.А.Мендыбаевлар технологик жараёнларни бошқаришнинг автоматлаштирилган тизимини ишончилигини баҳолаш амалга оширилган бўлса, Т.В.Дормидонтова, В.В.Кирьяков, С.М.Кузнецов, О. В. Демиденко, Н.Е. Алексеевлар қурилиш соҳасидаги технологик жараёнларни баҳолаш амалга оширилган.

П.А.Кузнецов, Н.К.Юрков, П.Н.Курочка, С.В.Молозин, В.Г.Тельныхлар техника ва тизимларнинг ишончилигини баҳолашда “Хавф” нуқтаи назаридан ёндашилган бўлиб, тизимнинг бузилиш хавфи тушунчаси ишлатилган. В.А.Кулягин, В.С.Семёновлар эса ишончилиликни баҳолаш методлари сифатида  $\lambda$  параметр орқали ифодаланиладиган бузилишлар интенсивлиги олинган.

В.П.Махитко, В.Г.Засканов, Н.И.Вишняков, А.В.Морозов, А.А.Самохвалов, А.А.Устинов, М.В.Савин, С.Л.Никитченко, Е.В.Вороновлар ишончилик назариясида техника ва тизимларни ишончилигини баҳолаш методлари ҳусусидаги умумий фикрлар берилган бўлиб, ишончилик кўрсаткичларига назарий таъриф берилган. В.А.Кулягин, Т.А.Елисеева, В.Б.Протасьева корхона ва машинасозликда техникаларнинг ишончилигини баҳолаш асосан коэффициентли кўрсаткичлар орқали амалга оширилган бўлса, А.Л.Боран-Кешишьян, Е.В.Хекертлар ўзларининг илмий изланшларида ишончилик бўйича боғлиқ бўлмаган элементлардан иборат мураккаб техник тизимлар ишончилигини таҳлилига мос келадиган интервалли ўрталик назариясининг асосий қоидалари берилган.

В.В.Стюхин, И.И.Кочегаров, В.А.Трусовларнинг муҳандислик ишида радиотехник воситаларни ишончилигини баҳолаш Уинстон кўприги методи орқали амалга оширилган.

Хориж олимлари томонидан олиб борилган илмий тадқиқот ишларини ўрганиш натижасида ўрнатилдики, умумий олганда техник воситаларнинг ишончилигини баҳолашда асосан ҳар бир элементга алоҳида ёндашув асосида амалга оширилган бўлиб, унинг бирликдаги ишончилигини баҳолаш берилган вақтдаги ҳолатига нисбатан юқорида келтирилган усуллар ёрдамида амалга оширилган. Бироқ айнан маълум бир вақт оралигида оғир шароитларни инобатга олиб тизим (техника, восита) нинг ишончли ишлашини баҳолаш усули борасида етарли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмаган. Шу нуқтаи назардан, мазкур мақолада элементлари кетма-кет уланган автоматлаштирилган бошқарув тизимининг ишончилиги кўрсаткичлари асосида оғир дала шароитида иш жараёнини баҳолаш усули ишлаб чиқилган бўлиб, унга атрофлича таъриф бериш билан бирга бир неча мисоллар келтирилган.

**Масаланинг қўйилиши.** Радиоэлектроника ва ахборот технологияси киритилган автоматлаштирилган тизимларнинг замонавий талаблар асосида ишончилигини баҳолаш усулини ишлаб чиқиш.

**Ечиш усули (услуглари).** Тадқиқот ишини олиб боришда “Эҳтимоллар назарияси ва математик статистика”, “Ишончилик назарияси” метод ва методикаларидан кенг фойдаланилди.

**Натижалар таҳлили ва мисоллар.** Барча техникаларнинг ишлаш ресурсини аниқлашда Гауссинг нормал тақсимот қонунидан фойдаланилади. Гауссинг нормал тақсимоти функция кўринишида бўлиб ( $f(t)$ ), экспериментал маълумотларнинг зичлиги бўйича тақсимоти ҳам деб юритилади. Гауссинг нормал тақсимоти бўйича тех-

никаларни қанча вақт ишлаган ва қанча вақт ишлаши кераклиги (қолдиқ иш) тўғрисидаги маълумотларни олиш учун тасодифий миқдорни математик кутилиши ( $M(t) = a$ ) ва ўртача квадратик четланиш ( $\sigma(t)$ )ларнинг қийматларини билиш талаб этилади:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma_t \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(a-t)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

бунда  $f(t)$  – нормал тақсимотни ифодаловчи функция.

Шунингдек, бирор қурилма элементларининг бузилмасдан ишлаш вақтидан иборат тасодифий миқдорни  $T$  билан белгилаймиз ва ишончлилик функциясини ушбу

$$R(t) = P(T \geq t) \quad (2)$$

формула орқали аниқлашимиз мумкин [2, 3].

Ишончлилик функцияси (2) ҳар бир  $t$  қиймат учун элементнинг  $T$  вақт давомида бузилмасдан ишлаш эҳтимоли

$$R(t) = 1 - P(T < t) \quad (3)$$

орқали ифодаланади, яъни

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (4)$$

бунда  $F(t)$  – ишламай қолиш (ёки бузилиш) функцияси бўлиб, у кўрсаткичи тақсимот учун

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (5)$$

га тенг.

Амалиётда тасодифий миқдор кўрсаткичли тақсимотга эга бўлган масалалар жуда кўп учраганлиги туфайли (5) ифодадан бузилмасдан ишлаш эҳтимолиги  $R(t)$  қуйидаги кўринишга келади:

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda t}) = e^{-\lambda t} \quad (t \geq 0) \quad (6)$$

бунда,  $\lambda$  – ишончлилик билан боғлиқ бўлган мусбат сон.

Демак, (6) ифода орқали автоматлаштирилган тизим элементларини  $t$  вақт оралиғида бузилмасдан ишлаш эҳтимолини арифметик ифодасини топиш мумкин. Хулоса шуки, ишончлиликнинг кўрсаткичли тақсимоти  $e^{-\lambda t}$  камаювчи функция орқали ифодаланади. Ўз навбатида  $\lambda$  параметр муҳим ҳисобланади ва кўрсаткичли тақсимотда математик кутилиш, дисперсия ва ўртача квадратик четланишларни  $\lambda$  орқали ифодалаш мумкин. Ишончлилик назариясида кўрсаткичли тақсимот техник объектларни ҳолатини аниқлашда муҳим ҳисобланади. Унинг: математик кутилиши:

$$M(t) = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \lambda \int_0^{\infty} t e^{-\lambda t} dt \quad (7)$$

(7) хосмас интегрални ечилиши билан боғлиқ бўлиб, уни бўлақлаб интеграллаш ва Ньютон-Лейбниц формуласидан фойдаланиб, бунда  $u=t$ ,  $du=dt$ ,  $dv=e^{-\lambda t} dt$ ,  $v=1/\lambda e^{-\lambda t}$  эканлигини ҳисобга олсак, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$M(t) = 1/\lambda \quad (8)$$

Худди шунингдек, тасодифий миқдорларнинг дисперсияси қуйидагича аниқланади:

$$D(t) = \int_0^{\infty} t^2 f(t) dt - [M(t)]^2 = \lambda \int_0^{\infty} t^2 e^{-\lambda t} dt - \frac{1}{\lambda^2} \quad (9)$$

демак,

$$D(t) = 1/\lambda^2 \quad (10)$$

Ўртача квадрат четланиш эса дисперсиядан олинган квадрат илдизга тенглигидан:

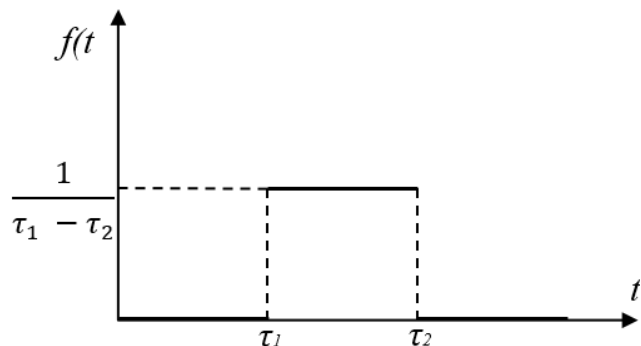
$$\sigma(t) = \sqrt{D(t)} = 1/\lambda \quad (11)$$

Автоматлаштирилган тизим элементларини маълум бир оралиқда бузилмасдан бир текис (техник ҳужжатларида кўрсатилган қийматлардан четланмаган ҳолда) ишлаш жараёнини таҳлил қилишда текис тақсимот (функциясида) қонунидан фойдаланамиз [1, 4, 5].

Текис тақсимланган  $T$  узлуксиз тасодифий миқдор  $[\tau_1, \tau_2]$  кесмада ўзгармас бўлса,

$$f(t) = \begin{cases} 0, & \text{агар } t < \tau_1 \text{ бўлса,} \\ \frac{1}{(\tau_2 - \tau_1)}, & \text{агар } \tau_1 \leq t \leq \tau_2 \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{агар } t > \tau_2 \text{ бўлса.} \end{cases} \quad (12)$$

бўлган тасодифий миқдорга тенг бўлади (1-расм).



1- расм. Текис тақсимот қонуни (назарий жиҳатдан)

(12) формуланинг иккинчи ифодасига кўрсаткичли функция  $e^{-\lambda t}$  га кўпайтириб  $[\tau_1; \tau_2]$  оралиқда вақт бўйича интеграллаш натижасида, автоматлаштирилган тизим элементларини реал ҳолатдаги бузилмасдан ишлаш эҳтимолигини асосий формуласини чиқарамиз:

$$\begin{aligned} P &= \int_{\tau_1}^{\tau_2} \frac{e^{-\lambda t}}{(\tau_2 - \tau_1)} d(t) = \frac{1}{(\tau_2 - \tau_1)} \int_{\tau_1}^{\tau_2} e^{-\lambda t} d(t) = \\ &= \frac{1}{\lambda(\tau_2 - \tau_1)} \int_{\tau_1}^{\tau_2} e^{-\lambda t} d(-\lambda t) = \frac{1}{\lambda(\tau_2 - \tau_1)} e^{-\lambda t} \Big|_{\tau_1}^{\tau_2} = \\ &= \frac{1}{\lambda(\tau_2 - \tau_1)} e^{-\lambda t} \Big|_{\tau_2}^{\tau_1} = \frac{1}{\lambda(\tau_2 - \tau_1)} [e^{-\lambda \tau_1} - e^{-\lambda \tau_2}], \end{aligned} \quad (13)$$

бу ерда  $e^{-\lambda \tau_1} > e^{-\lambda \tau_2}$  бўлади.

Буни мисоллар тариқасида кўрайлик. Масала доирасида илмий-тадқиқот жадвали ишлаб чиқилган бўлиб, кейинги навбатда келтирилган мисолларда фойдаланилади.

1- жадвал

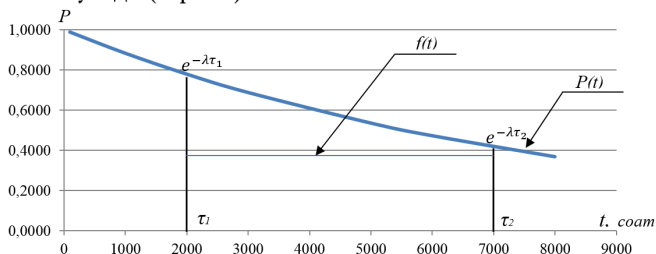
Автоматлаштирилган тизим элементларининг ўртача бузилмасдан ишлаш вақти

Элементлар номи	A	B	C	D	E	F	G	H
Бузилишгача ишлаш ўртача вақти, соат	9000	5000	10000	10000	12000	10000	8000	5000

1. Элементларнинг бузилмасдан ишлаш вақти кўрсаткичли тақсимотга эга бўлсин ( $e^{-\lambda t}$ ). Агар элементларнинг ўртача ишлаш вақти 8000 соатни

ташқил этса (1-жадвалга кўра), унинг 2000 соатдан кам бўлмаган эксплуатация даврида ( $\tau_1$ ) 5000 соат давомида бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги топайлик.

Масаланинг шартига кўра Т тасодифий миқдорнинг математик кутилиши 8000 соатга тенг бўлса,  $\lambda = 0.000125$  (8),  $\tau_1 = 2000$  соат,  $\tau_2 = \tau_1 + 5000 = 7000$  соат бўлади (2-расм).



2- расм. Элементнинг берилган вақт оралиғида бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги (1-мисол доирасида)

У ҳолда аниқланиши керак бўлган ишончлилик функцияси (13) формулага асосан изланаётган эҳтимоллик

$$P = \frac{1}{\lambda(\tau_2 - \tau_1)} [e^{-\lambda\tau_1} - e^{-\lambda\tau_2}] = 1/(7000 - 2000) \cdot [e^{-0.000125 \cdot 2000} - e^{-0.000125 \cdot 7000}] = 0.58$$

га тенглиги келиб чиқади.

Элементларнинг 2000 соат ишлагандан сўнг яна 5000 соат давомида бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги 58%ни ташқил этди.

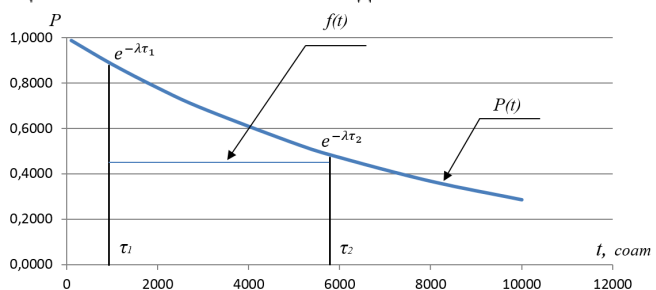
2. Объектнинг бошқарув тизимидаги радио-электроника элементларнинг бузилмасдан ишлаш вақти кўрсаткичли тақсимотга эга бўлсин ( $e^{-\lambda t}$ ). Агар элементларнинг ўртача ишлаш вақти 8000 соатни ташқил этса (1-жадвалга кўра), унинг 800 соатдан кам бўлмаган эксплуатация даврида ( $\tau_1$ ) 5000 соат давомида бузилмасдан ишлаш эҳтимоллигини топайлик.

Масаланинг шартига кўра Т тасодифий миқдорнинг математик кутилиши 8000 соатга тенг бўлса,  $\lambda = 0.000125$  (8),  $\tau_1 = 800$  соат,  $\tau_2 = \tau_1 + 800 = 5800$  соат бўлади (3-расм).

У ҳолда аниқланиши керак бўлган ишончлилик функцияси (13) формуладан фойдаланиб, изланаётган эҳтимоллик

$$P = 0.67$$

га тенглиги келиб чиқади. Тизимдаги элементларнинг 800 соатлик эксплуатация давридан сўнг яна 5000 соат давомида бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги 67%ни ташқил этди.



3- расм. Элементнинг берилган вақт оралиғида бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги (2-мисол доирасида)

Юқорида келтирилган мисоллардан кўриниб турибдики, ҳар қандай объект таркибидаги элементларнинг бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги, унинг ушбу давргача эксплуатация қилинган ресурсига боғлиқ (3-расм).

**Хулоса.**

1. Юқорида ишончлилик функциясида кенг фойдаланилган тарзда ҳар қандай техник тизим элементларини ишончлилик даражасини баҳолаш амалга оширилди.

2. Автоматлаштирилган тизим таркибига кирувчи ҳар қандай элемент ўзининг ишлаш ресурсига эга бўлиб, у ишлатилган сари унинг ишончлилик кўрсаткичи пасайиб боради. Бундан ташқари ташқи таъсир омилларидан келиб чиқиб, элементларнинг бузилиши эҳтимоли жадаллашади ва ишдан чиқиш эҳтимоллиги ортади. Бизнинг ҳолатда тизим таркибидаги элементлар асосан дала шароитида ҳамда турли климат ва бошқа ноҳўя вазиятларда ишлатилиши назарда тутилди ва ушбу шароитларда узлуксиз ишлаш эҳтимоллиги аниқланди.

4. Тадқиқот натижаларига кўра, аниқландики, ҳар қандай бир хил русумдаги, бироқ ишлаган ресурслари ҳар хил бўлган икки тизим (техник объект, восита) ишончли ишлаши (ёки бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги)ни баҳолашда бир хил бўлган вақт оралиғи олинганда, турли эҳтимолликлар аниқланди (2- ва 3-расмлар). Яъни тизимларнинг ишончлилиги уларнинг эксплуатация вақтига бевосита боғлиқ бўлиб, юқорида келтирилган мисолларда бу боғлиқлик исботланди.

№	Адабиётлар	References
1	Альгин В.Б., Вербицкий А.В., Мишута Д.В. Сиренко С.В. Расчет реальной надежности машин. Методики, программные средства, примеры // Ж.: Механика машин, механизмов и материалов. – Минск, 2011. – № 2 (15). – С. 11-17.	Algin V.B., Verbitsky A.V., Mishuta D.V., Sirenko S.V. <i>Raschet real'noy nadezhnosti mashin. Metodiki, programmye sredstva, primery</i> [Calculation of the real reliability of machines. Techniques, software tools, examples] Mechanics of machines, mechanisms and materials, Pupl, Minsk, 2011. №2 (15), Pp 11-17. (in Russian)
2	Кулягин В.А., Царев Р.Ю., Капулин Д.В., Пупков А.Н., Кукарцев В.В. Концептуальная модель многоэтапной комплексной оценки надежности автоматизированных систем управления предприятиями // Ж.: Фундаментальные исследования. – Москва, 2015. – № 7. – С. 323-327.	Kulyagin V.A., Tsarev R.Yu., Kapulin D.V., Pupkov A.N., Kukartsev V.V. <i>Konseptual'naya model mnogoetapnoy kompleksnoy otsenki nadezhnosti avtomatizirovannykh sistem upravleniya predpriyatiyami</i> [A conceptual model of a multi-stage complex assessment of the reliability of automated enterprise management systems] Fundamental research, Pupl, Moscow, 2015. № 7. Pp 323-327. (in Russian)
3	Каяшев А.И., Рахман П.А., Шарипов М.И. Анализ показателей надежности локальных компьютерных сетей // Ж.: Вестник УГАТУ. – Уфа, 2013. Т. 17. – № 5 (58). – С. 140-149	Kayashev A.I., Rakhman P.A., Sharipov M.I. <i>Analiz pokazateley nadezhnosti lokal'nykh kompyuternykh setey</i> [Analysis of reliability indicators of local computer networks] Bulletin of the Ufa State Aviation Technical University, 2013. № 5 (58). Pp 140-149. (in Russian)
4	Кулягин В.А. Анализ применения модели оценки надежности автоматизированных систем управления предприятием // Ж.: Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. – 2012. С. 65-70.	Kulyagin V.A. <i>Analiz primeneniya modeli otsenki nadezhnosti avtomatizirovannykh sistem upravleniya predpriyatiem</i> [Analysis of the application of the model for assessing the reliability of automated enterprise management systems] Bulletin of the Siberian State Aerospace University named after academician M.F. Reshetnev, 2012. Pp 65-70/
5	Семенов В.С., Семенов В.В. Оценка надежности автоматизированных систем управления технологическими процессами // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии. – 2015. С. 416-419.	Semenov V.S., Semenov V.V. <i>Otsenka nadezhnosti avtomatizirovannykh sistem upravleniya tekhnologicheskimi protsessami</i> [Reliability assessment of automated control systems for technological processes] Traditions and innovations in construction and architecture. Construction technologies, 2015. Pp 416-419.
6	Боран-Кешишьян А.Л., Хекерт Е.В., Положения теории интервальных средних, применительно к анализу надежности технических средств сложных систем при независимых по надежности элементах // Ж.: Эксплуатация морского транспорта. – Белгород, 2014. – №1. – С. 38-42.	Boran-Keshishyan A.L., Hekert E.V., <i>Polojeniya teorii intervalnykh srednix, primenitel'no k analizu nadezhnosti tekhnicheskix sredstv slojnykh sistem pri nezavisimyx po nadezhnosti elementax</i> [Provisions of the theory of interval averages, as applied to the analysis of the reliability of technical means of complex systems with elements independent of reliability] Exploitation of maritime transport, Pupl, Belgorod, 2014. №1. Pp 38-42.
7	Махитко В.П., Засканов В.Г., Савин М.В., Методы оценки показателей надежности изделий по результатам испытаний и эксплуатации // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Самара, 2011. т. 13. – №6. – С. 293-299.	Makhitko V.P., Zaskanov V.G., Savin M.V. <i>Metody otsenki pokazateley nadezhnosti izdeliy po rezul'tatam ispytaniy i ekspluatatsii</i> [Methods for assessing the reliability indicators of products based on the results of testing and operation] Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Samara, 2011. №6. Pp 293-299.
8	Кулягин В.А., Модель оценки надежности автоматизированных систем управления предприятием на основе статических вероятностей компонентов // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф.Решетнева. – 2012. – С. 33-37.	Kulyagin V.A., <i>Model otsenki nadezhnosti avtomatizirovannykh sistem upravleniya predpriyatiem na osnove staticheskix veroyatnostey komponentov</i> [A model for assessing the reliability of automated enterprise management systems based on static probabilities of components] Bulletin of the Siberian State Aerospace University named after Academician M.F. Reshetnev, 2012. Pp 33-37.
9	Кузнецов П.А., Ковалев И.В., Надежность АСУ ТП с учетом ее функциональности // Сборник "Актуальные проблемы авиации и космонавтики". – Красноярск, 2014. – С. 316-317.	Kuznetsov P.A., Kovalev I.V. <i>Nadezhnost ASU TP s uchetom yee funktsionalnosti</i> [Reliability of automated process control systems taking into account its functionality] Collection "Actual problems of aviation and astronautics", Krasnoyarsk, 2014. Pp 316-317.
10	Шакуров С.А., Мендыбаев С.А., Надежность – как важнейшее качество при проектировании АСУТП // Ж.: Наука и техника Казахстана. – 2015. №1-2. С. 130-134.	Shakurov S.A., Mendybaev S.A., <i>Nadezhnost' – kak vajneyshee kachestvo pri proektirovani ASUTP</i> [Reliability as the most important quality in the design of automated control systems of technical process] Science and Technology of Kazakhstan, Pupl, 2015. №1-2. Pp 130-134.
11	Вишняков Н.И., Морозов А.В., Самохвалов А.А., Устинов А.А., Надежность техники связи и автоматизированных систем управления и ее влияние на готовность войск связи // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2020. Вып. 12. С. 227-234.	Vishnyakov N.I., Morozov A.V., Samokhvalov A.A., Ustinov A.A. <i>Nadezhnost' tekhniki svyazi i avtomatizirovannykh sistem upravleniya i yee vliyaniye na gotovnost' voysk svyazi</i> [Reliability of communication technology and automated control systems and its impact on the readiness of the signal troops] // Proceedings of the Tula State University. Technical science. 2020. №12. Pp 227-234.
12	Елисеева Т.А., Протасьев В.В., Некоторые аспекты расчета надежности машиностроительной продукции на стадии проектирования // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2016. Том 8, С. 1-8	Eliseeva T.A., Protasyev V.B. <i>Nekotorye aspekty rascheta nadezhnosti mashinostroitel'noy produkcii na stadii proektirovaniya</i> [Some aspects of calculating the reliability of machine-building products at the design stage] Internet journal "SCIENCE STUDIES". 2016. Volume 8, №6. Pp 1-8.

УДК: 644.612: 622.235.432.54

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ОЧИСТКИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

*Р.Т.Газиева – к.т.н.профессор, Э.О.Озодов – PhD.*

*Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»*

### Аннотация

Страны Центральной Азии находятся в аридной зоне, что является одним из ключевых факторов дефицита водных ресурсов. Основным потребителем водных ресурсов Узбекистана является сельское хозяйство.

Общее годовое потребление воды в Узбекистане в среднем составляет 51 км<sup>3</sup>, из которых около 46,8 км<sup>3</sup> или 90% используется в сельском хозяйстве. Уменьшение поступления водных ресурсов может критически отразиться в экономике страны учитывая, что доля сельского хозяйства в ВВП Республики Узбекистан составляет 21,4%. В данной ситуации целесообразно использовать существующие водных ресурсов с высоким содержанием, которые не пригодны для использования [1]. В данной работе рассматривается вопрос использования автоматической системы управления процессом очистки воды высокого содержания для использования в орошении путём внедрения системы в специального устройства очистки воды.

Также рассматривается вопрос автоматического измерения качества воды в источнике и указания алгоритма оптимальной очистки воды. В работе показана формализация задачи управления, метод очистки воды высокого содержания и представлены результаты работы экспериментального прототипа.

**Ключевые слова:** автоматизация, обратный осмос, система управления, деминерализация, орошения.

## DEVELOPMENT OF AN IRRIGATION WATER TREATMENT DEVICE WITH AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM

*R.T.Gaziyeva c.t.s. professor, E.O.Ozodov PhD.*

*National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"*

### Abstract

The countries of Central Asia are located in the arid zone, which is one of the key factors in the shortage of water resources. Agriculture is the main consumer of water resources in Uzbekistan.

The total annual water consumption in Uzbekistan averages 51 km<sup>3</sup>, of which about 46.8 km<sup>3</sup> or 90% is used in agriculture. Minimizing the consumption of water resources can have a critical impact on the country's economy, given that the share of agriculture in the GDP of the Republic of Uzbekistan is 21.4%.

In this situation, it is advisable to use alternative solutions for the use of existing water resources with high salinity, which are not suitable for use. This paper considers the issue of using an automatic control system for the process of high salinity water purification for use in irrigation by introducing the system into a special water purification device.

The paper considers the issue of automatic measurement of water quality in sources and the deposit of an algorithm for optimal water purification. The paper shows the formalization of the control problem, the method of purification of water with high salinity and presents the results of the experimental prototype.

**Key words:** automation, reverse osmosis, water purification, control system, demineralization.

## АВТОМАТИК БОШҚАРУВ ТИЗИМИГА ЭГА СУҒОРИШ СУВИНИ ТОЗАЛАШ ҚУРИЛМАСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

*Р.Т.Газиева – т.ф.н.профессор Э.О.Озодов – PhD.*

*“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти”*

*Миллий тадқиқот университети*

### Аннотация

Марказий Осиё мамлакатлари қурғоқчил минтақада жойлашганлиги сув ресурслари тақчиллигининг асосий омиллари биридир. Ўзбекистонда сув ресурсларининг асосий истеъмолчиси қишлоқ хўжалиги ҳисобланади.

Ўзбекистонда умумий йиллик сув истеъмоли ўртача 51 км<sup>3</sup> бўлиб, шундан 46,8 км<sup>3</sup> ёки 90% қишлоқ хўжалигида фойдаланилади. Ўзбекистон Республикаси ялпи ички маҳсулотида қишлоқ хўжалигининг улуши 21,4 фоизни ташкил этишини ҳисобга олсак, сув ресурслари истеъмолини минималлаштириш мамлакат иқтисодиётига ҳал қилувчи таъсир кўрсатиши мумкин. Бундай вазиятда фойдаланиш учун мос бўлмаган шўрланиш даражаси юқори бўлган мавжуд сув ресурсларидан фойдаланиш учун муқобил эчимлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир. Ушбу мақолада тизимни махсус сув тозалаш мосламасига киритиш орқали суғоришда фойдаланиш учун юқори шўрланган сувни тозалаш жараёнини автоматик бошқариш тизимидан фойдаланиш масаласи кўриб чиқилади.

Мақолада манбалардаги сув сифатини автоматик ўлчаш ва сувни мақбул тозалаш алгоритмини киритиш масаласи кўриб чиқилади. Мақолада назорат масаласини расмийлаштириш, юқори шўрланган сувни тозалаш усули кўрсатилган ва тажриба прототипи натижалари келтирилган.

**Калит сўзлар:** автоматлаштириш, тескари осмос, сувни тозалаш, бошқариш тизими, деминерализация.



**Введение.** Узбекистан сталкивается с острой нехваткой ресурсов пресной воды: на человека приходится всего 1000 кубометров пресной воды в год по сравнению со среднемировым показателем в 7000 кубометров. Этот дефицит пресной воды вынуждает фермеров в Узбекистане использовать соленую воду для орошения, что приводит к засолению почвы и снижению урожайности сельскохозяйственных культур [2].

Технология обратного осмоса стала эффективным решением этой проблемы. Обратный осмос может удалить до 99% растворенных солей и минералов из соленой воды, что делает ее пригодной для орошения. Использование технологии обратного осмоса позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур до 30% и снизить уровень засоления почвы до 50% [3].

Согласно исследованию, опубликованному в Journal of Environmental Management, внедрение технологии обратного осмоса и устойчивых методов управления водными ресурсами может привести к сохранению ресурсов пресной воды при одновременном повышении урожайности и снижении засоленности почвы. Исследование также предполагает, что использование технологии обратного осмоса может помочь Узбекистану в достижении Целей устойчивого развития, связанных с водной и продовольственной безопасностью [4].

В данной научной работе рассматривается вопрос использования автоматической системы управления технологическим процессом смешивания чистой и деминерализованной воды [5].

Анализ научно-технической литературы, научных публикации, связанных с разработкой системы управления технологическими процессами на основе изменения заданных показателей и алгоритмов управления технологическими процессами в условиях неопределенностей, свидетельствует о значительных теоретических достижениях J.C.Ezedike, R.G.Khatod, N.Chandrashekhar, Sakhale, Rayan Abou-Rayyan, Berge Djebedjian, Helmy Gad, С.И.Анисимов, В.С.Безменов, М.З.Ганкин, О.Г.Дегтярева, Л.Ф.Долина, Н.П.Долматов, В.Э.Иванов, Л.Ф.Кириянова, Ф.В.Коломейко, А.Н.Кошкин, А.В.Михеев, С.В.Мурашев, Ю.Я.Солинников, Д.А.Соловьёв, С.И.Сташков, П.С.Твердунов, А.П.Филатов, М.Ю.Храбров, М.М.Хямяляйнен, А.С.Юдин и др.

**Анализ современного состояния проблемы.** Состояние вопроса разработки системы управления очисткой воды высокого соленосодержания для орошения в условиях Узбекистана является актуальным и требует решения. В условиях Узбекистана высокое содержание солей в воде является распространенной проблемой, и это может негативно сказаться на качестве почвы и урожайности [6].

В настоящее время существуют различные технологии очистки воды, которые могут использоваться для снижения содержания солей в воде. Некоторые из них включают в себя обратный осмос, ионообмен, электродиализ и другие [7].

Однако, разработка системы управления очисткой воды высокого соленосодержания в условиях Узбекистана требует учета многих факторов, таких как климатические условия, состояние почвы, доступность источников воды, бюджет и др.

Возможные шаги для разработки такой системы могут включать в себя:

- Изучение состояния почв и водных ресурсов в регионе, в том числе содержания солей в воде.
- Определение требуемого уровня очистки воды для достижения максимальной урожайности с учетом клима-

тических условий и других факторов.

- Выбор соответствующей технологии очистки воды, учитывая требования качества воды, бюджет и другие факторы.

- Разработка системы управления очисткой воды, которая будет учитывать потребности растений в воде, состояние почвы и климатические условия.

- Установка и настройка оборудования для очистки воды и системы управления.

- Тестирование и оптимизация системы управления очисткой воды на протяжении времени.

Таким образом, разработка системы управления очисткой воды высокого соленосодержания для орошения в условиях Узбекистана является сложной задачей, которая требует учета многих факторов. Однако, разработка такой системы может помочь увеличить урожайность и улучшить качество почвы в регионе [8].

**Постановка задачи исследования.** При исследовании и разработки системы управления очисткой воды высокого соленосодержания для орошения в условиях Узбекистана установлены следующие задачи:

1. Изучение состояния почв и водных ресурсов в регионе Узбекистана, где планируется использование системы управления очисткой воды высокого соленосодержания для орошения. Определение уровня содержания солей в воде и их влияния на качество почв и урожайность.

2. Анализ имеющихся технологий очистки воды высокого соленосодержания и выбор наиболее подходящей технологии с учетом климатических условий, содержания солей в воде и других факторов.

3. Разработка системы управления очисткой воды высокого соленосодержания для орошения на основе выбранной технологии. Определение требуемого уровня очистки воды и разработка системы управления, которая будет учитывать потребности растений в воде, состоянии почвы и климатические условия.

4. Установка и настройка оборудования для очистки воды и системы управления. Тестирование и оптимизация системы управления очисткой воды на протяжении времени.

5. Оценка экономической эффективности разработанной системы управления очисткой воды высокого соленосодержания для орошения. Расчет затрат на установку и обслуживание системы, а также расчет экономических выгод от увеличения урожайности и улучшения качества почвы.

**Методы решения.** При разработке системы очистки оросительной воды использованы следующие методы активного эксперимента и безусловной оптимизации и сравнительного анализа.

Анализ результатов и примеры. На основе анализа работ вышеупомянутых учёных была создана основная концепция исследования и направления разработки системы контроля

Основной целью управления технологическим процессом очистки оросительной воды является стабилизация концентрации солей и расхода воды на выходе из смесителя.

Очистка оросительной воды происходит при деминерализации воды обратноосмотическим фильтром и смешиванием соленосодержащей воды с деминерализованной водой до нужной концентрации [9,10].

Процесс смешивания происходит для рассчитанных значений расхода деминерализованной  $v_1$  и соленой воды  $v_2$  из источника (см. рисунок-1)[11].



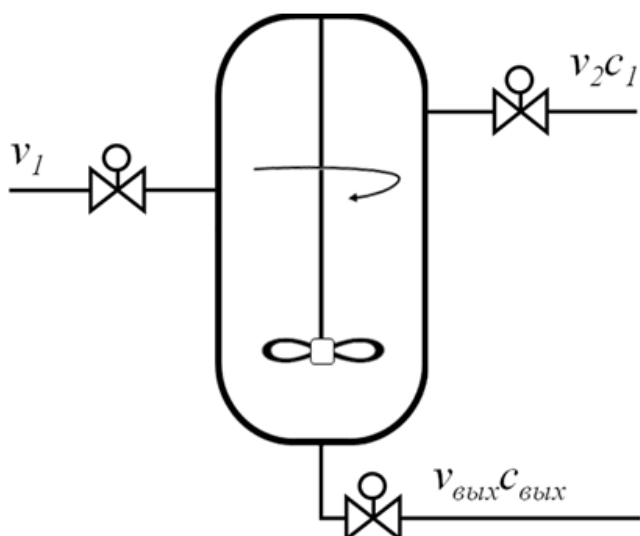


Рисунок 1. Структурная схема смешивания деминерализованной и солёной воды

$v_1$  - расход деминерализованной воды;  $v_2$  - расход солёной воды на входе смесителя;

$C_1$  - концентрация солей в солёной воде;  $v_{\text{вых}}$  - расход воды на выходе смесителя;  $C_{\text{вых}}$  - концентрация солей на выходе смесителя

Технологический процесс очистки оросительной воды имеет три режима. В каждом режиме работы изменяется регламент работы исполнительных механизмов и распределительных устройств [12].

**Первый режим** работы смесителя заключается в его наполнении до заданного объема  $V_{\text{зад}}$  и заданной концентрации солей в смесителе  $C_{\text{зад}}$ . Критерием оптимальности первого режима является время заполнения смесителя  $t_{\text{зад}}$ , которое необходимо минимизировать [13].

Формализованная постановка задачи управления для первого режима может быть записана следующим образом:

$$t_{\text{зад}} \rightarrow \min_{v_1, v_2 \in \Omega_{v_1}} \quad (1)$$

где:  $\Omega_{v_1} = \{v \in R^n \mid V = V_{\text{зад}}; C_{\text{вых}} = C_{\text{зад}}; v_1 \in [v_{1\text{min}}, v_{1\text{max}}]; v_2 \in [v_{2\text{min}}, v_{2\text{max}}]\}$

-множество допустимых решений;  $v=(v_1, v_2)$  - вектор управляющих параметров;  $V$ - рабочий объем среды в смесителе.

**Второй режим** работы смесителя заключается в непрерывной подаче в смеситель деминерализованной и солёной воды и отборе из него раствора с концентрацией солей  $C_{\text{вых}}=C_{\text{зад}}$  и заданном расходе  $v_{\text{вых}}$ . Характерным для второго режима является наличие равенства:

$$V_{\text{вых}}=V_1+V_2 \quad (2)$$

Формализованная постановленная задачи управления для второго режима в общем случае может быть записана следующим образом:

$$F(v) = |C_{\text{вых}} - C_{\text{зад}}| \rightarrow \min_{v \in \Omega_{v_2}} \quad (3)$$

где:  $\Omega_{v_2} = \{v \in R^n \mid v_{\text{вых}} = v_{\text{вых.зад}}; C_{\text{вых}} = C_{\text{зад}}; v_1 \in [v_{1\text{min}}, v_{1\text{max}}]; v_2 \in [v_{2\text{min}}, v_{2\text{max}}]\}$

- множество допустимых решений;  $v_{\text{вых}}$ - расход раствора на выходе смесителя.

В более строгой постановке задачи управления критерий оптимальности должен удовлетворять условию  $F(v)=0$ . В этом случае формирование задачи выбора вектора управляющих параметров записывается следующим образом:

$$v = \{v_1, v_2 \in R^n \mid v_{\text{вых}} = v_{\text{вых.зад}}; C_{\text{вых}} = C_{\text{зад}}; v_1 \in [v_{1\text{min}}, v_{1\text{max}}]; v_2 \in [v_{2\text{min}}, v_{2\text{max}}]\} \quad (4)$$

**Третий режим** работы смесителя является переходным и возникает при изменениях концентрации солей  $C_1$  в солёной воде на входе смесителя, расхода очищенной воды  $v_{\text{вых.зад}}$ , либо заданной концентрации  $C_{\text{зад}}$  на выходе смесителя [14].

**Первый случай.** В случае изменения концентрации  $C_1$  или задания на управление  $v_{\text{зад.вых}}$  и неизменном значении концентрации солей на выходе смесителя  $C_{\text{вых}}=C_{\text{зад}}$  задачей управления является определение и реализация на практике таких значений управляющих параметров  $v_{1н}$  и  $v_{2н}$ , при которых выполняются условия  $v_{\text{вых}}=v_{\text{вых.зад}} \wedge C_{\text{вых}}=C_{\text{зад}}$ .

Формализованная постановка задачи управления записывается следующим образом:

$$v_n = \{v_{1н}, v_{2н} \in R^n \mid v_{\text{вых}} = v_{\text{вых.зад}}; C_{\text{вых}} = C_{\text{зад}}; v_{1н} \in [v_{1\text{min}}, v_{1\text{max}}]; v_{2н} \in [v_{2\text{min}}, v_{2\text{max}}]\} \quad (5)$$

**Второй случай.** Требуется определить и реализовать управление, при котором изменяется значение концентрации  $C_{\text{вых}}$  на новое значение  $C_{\text{зад.н}}$  [15].

При этом возможны две ситуации:

- $C_{\text{зад.н}} < C_{\text{вых}}(t)$ ;
- $C_{\text{зад.н}} > C_{\text{вых}}(t)$ ,

где:  $C_{\text{вых}}(t)$  - текущее значение концентрации солей в очищенной воде на выходе смесителя.

В обеих ситуациях задача управления разбивается на две части:

- определение значения вектора управления  $v$ , минимизирующего время перехода смесителя из режима  $(C_1, v_1, v_2, v_{\text{вых.зад}}, C_{\text{зад}})$  в режим  $(C_{1н}, v_{1н}, v_{2н}, v_{\text{вых.н}}, C_{\text{зад.н}})$ ;

- определение значений вектора управляющих параметров  $v_n$ , обеспечивающих выполнение условия

$$v_{\text{вых}}=v_{\text{вых.н}} \wedge C_{\text{вых}}=C_{\text{зад.н}}$$

Формализовано первую задачу управления можно записать следующим образом

$$\Delta t_{\text{перехода}} \rightarrow \min_{v_n \in \Omega_v} \quad (6)$$

$$\Omega_v = \{v_{1н}, v_{2н} \in R^n \mid$$

где:  $v_{\text{вых}} = v_{\text{вых.н}}; C_{\text{вых}} = C_{\text{зад.н}};$

$$v_{1н} \in [v_{1\text{min}}, v_{1\text{max}}]; v_{2н} \in [v_{2\text{min}}, v_{2\text{max}}]\}$$

Вторая задача может быть формализована следующим образом

$$v = \{v_{1н}, v_{2н} \in R^n \mid v_{\text{вых}} = v_{\text{вых.н}}; C_{\text{вых}} = C_{\text{зад.н}}; v_{1н} \in [v_{1\text{min}}, v_{1\text{max}}]; v_{2н} \in [v_{2\text{min}}, v_{2\text{max}}]\} \quad (7)$$

$$v_{1н} \in [v_{1\text{min}}, v_{1\text{max}}]; v_{2н} \in [v_{2\text{min}}, v_{2\text{max}}]\}$$

Алгоритм решения задачи (1). Исходя из того, что

смеситель является реактором идеального смешивания, можно записать управление материального баланса в виде:

$$\frac{V_2 C_1}{V} = \frac{V_2 C_1}{V_1 + V_2} = C_{\text{вых}} \quad (8)$$

где  $V_1$  - объем деминерализованной воды;  $V_2$  - объем солёной воды.

Из равенства (6) получим

$$V_2 C_1 = (V_1 + V_2) \cdot C_{\text{вых}} \quad (9)$$

Преобразуя (7), получим

$$V_2 (C_1 - C_{\text{вых}}) = V_1 C_{\text{вых}} \quad (10)$$

Обозначим  $C_1 - C_{\text{вых}}$  как  $\Delta C$ .

Тогда можно записать пропорцию вида

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_1 - C_{\text{вых}}}{C_{\text{вых}}} = \frac{\Delta C}{C_{\text{вых}}} \quad (11)$$

Учитывая, что  $v = \frac{V}{t}$ , можно из равенства (11) записать следующую аналогичную пропорцию между расходом деминерализованной и солёной воды:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\Delta C}{C_{\text{вых}}} \quad (12)$$

Так как время заполнения смесителя  $t_{\text{зап}}$  напрямую зависит от расхода чистой и солёной воды на выходе смесителя и речь идет о снижении концентрации вредных солей в растворе на выходе смесителя, логично предположить, что минимальное значение  $t_{\text{зап}}$  будет достигнуто при  $v_1 = v_{1\text{max}}$ .

Тогда из равенства (12) можно найти оптимальное значение управляющих параметров

$$v_{1\text{opt}} = v_{1\text{max}}; v_{2\text{opt}} = \frac{v_{1\text{max}} \cdot C_{\text{вых}}}{\Delta C} \quad (13)$$

Если задано условия  $V = V_1 + V_2 = V_{\text{зад}}$  используя выражения (13) можно найти минимальное время заполнения смесителя  $t_{\text{зап}}$

$$t_{\text{зап}} = \frac{V_{\text{зад}}}{v} = \frac{V_{\text{зад}}}{v_{1\text{opt}} + v_{2\text{opt}}} = \frac{V_{\text{зад}}}{v_{1\text{max}} + \frac{v_{1\text{max}} \cdot C_{\text{вых}}}{\Delta C}} = \frac{V_{\text{зад}} \cdot \Delta C}{v_{1\text{max}} (\Delta C + C_{\text{вых}})} = \frac{V_{\text{зад}} \cdot \Delta C}{v_{1\text{max}} \cdot C_1} \quad (14)$$

Алгоритм решения задачи (4). При решении задачи (4) оптимальные значения управляющих параметров  $v_{1\text{opt}}$  и  $v_{2\text{opt}}$  можно найти исходя из следующих соображений. Для непрерывного идеального смешивания справедливо записать

$$V_{\text{зад}} = v_{1\text{opt}} + v_{2\text{opt}} \quad (15)$$

При этом пропорции  $v_{1\text{opt}}$  и  $v_{2\text{opt}}$  для сохранения заданной концентрации на выходе смесителя  $C_{\text{вых}} = C_{\text{зад}}$  должны оставаться такими же, как и в первом режиме:

$$v_1 = v_{1\text{opt}}; v_{2\text{opt}} = \frac{v_{1\text{opt}} \cdot C_{\text{зад}}}{\Delta C} \quad (16)$$

Из выражения (3.15) и (3.16) следует, что

$$v_{2\text{opt}} = v_{\text{зад}} \cdot v_{1\text{opt}} = \frac{v_{1\text{opt}} \cdot C_{\text{зад}}}{\Delta C} \quad (17)$$

откуда:

$$\begin{cases} v_{1\text{opt}} = \frac{v_{\text{зад}} (C_1 - C_{\text{зад}})}{C_1} \\ v_{2\text{opt}} = \frac{v_{\text{зад}} \cdot C_{\text{зад}}}{C_1} \end{cases} \quad (18)$$

Следует отметить, что полученная система управлений (18) является универсальной. Используя систему уравнений (18), можно получить оптимальное значение вектора управляющих параметров  $v_{\text{opt}}$  при изменении значений  $C_1$ ,  $v_{\text{зад}}$  и  $C_{\text{зад}}$ .

Алгоритм определения вектора управляющих параметров для третьего режима.

В первом случае, когда  $C_{\text{зад}}$  на выходе смесителя остается неизменной, а меняются значения  $C_1$  или  $v_{\text{вых}}$ , либо оба значения одновременно, определение  $v_{1\text{opt}}$  и  $v_{2\text{opt}}$  может осуществляться, как и в непрерывном режиме на основе системы уравнений (18)

Во втором случае расчет вектора управляющих воздействий может осуществляться на основе модели смесителя:

$$\frac{dC_{\text{вых}}(t)}{dt} = \frac{v}{V} (C_1 - C_{\text{вых}}(t)) \quad (19)$$

Преобразовав формулу (19) в вид  $\frac{\Delta C_{\text{вых}}(t)}{\Delta t} = \frac{v}{V} (C_1 - C_{\text{вых}}(t))$ , можно определить  $v_{\text{opt}}$  и  $\Delta t_{\text{min}}$  для двух ранее описанных ситуаций.

В первой ситуации, когда  $C_{\text{вых}}(t) > C_{\text{зад.н}}$  логично  $v_1$  задать равным  $v_{\text{зад.н}}$ , а  $v_2 = 0$ , что минимизирует время перехода смесителя в состояние  $C_{\text{вых}}(t) = C_{\text{зад.н}}$  и при этом будет выполняться условие  $v_{\text{вых}} = v_{\text{вых.н}}$ . При этом время перехода в данное состояние будет определяться из преобразованной формулы (19):

$$\Delta t_1 = \frac{V}{v_{\text{зад}}} \cdot \frac{(C_{\text{зад.н}} - C_{\text{вых}}(t))}{C_{\text{вых}}(t)} \quad (20)$$

Во второй ситуации, когда  $C_{\text{вых}}(t) < C_{\text{зад.н}}$  логично  $v_1$  задать равным 0, а  $v_2 = v_{\text{зад.н}}$ . Тогда время перехода будет равно:

$$\Delta t_2 = \frac{V}{v_{\text{зад}}} \cdot \frac{(C_{\text{зад.н}} - C_{\text{вых}}(t))}{C_{\text{н}} - C_{\text{вых}}(t)} \quad (21)$$

В обоих ситуациях после выхода смесителя через время  $\Delta t$  на рабочий режим  $C_{\text{вых}}(t) = C_{\text{зад.н}}$ , производится расчёт новых значений  $v_{1\text{opt}}$  и  $v_{2\text{opt}}$  на основе системы управлений (18), но с новыми значениями  $C_{\text{н}}$ ,  $C_{\text{вых}} = C_{\text{зад.н}}$ ,  $v_{\text{зад.н}}$ . После этого смеситель переводится на непрерывный режим с управляющими параметрами  $v_{1\text{opt}}$ ,  $v_{2\text{opt}}$

Алгоритм управления технологическим процессом очистки оросительной воды использует в своей основе разработанные решения задач (1) и (4) [16].

Блок-схема алгоритма управления технологическим процессом очистки оросительной воды приведена на рисунке 2:

Работа алгоритма сводится к следующему.

После начала работы алгоритма (блок 1) в блоке 2 осуществляется ввод исходных данных: концентрация солей в засоленной воде  $C_1$ , заданный расход воды  $v_{\text{вых.зад}}$ , рабочий объем среды в смесителе  $V$ , заданная концентрация солей в растворе на выходе смесителя  $C_{\text{зад}}$ .

В блоке 3 после ввода исходных данных осуществляется решение задачи (1), в результате которого определяются значения управляющих параметров  $v_1$  и  $v_2$ , обеспечивающих заполнение смесителя до рабочего объема  $V$  и заданной

концентрации  $C_{зад}$  за время заполнения смесителя  $t_{зап}$ .

В блоке 4 осуществляется решение задачи (4), в результате которого определяются значения управляющих параметров  $v_{1opt}$  и  $v_{2opt}$ , обеспечивающие выполнение условия  $V_{вых} = V_{вых.зад} \& C_{вых} = C_{зад}$ .

В блоке 5 формируется команда по реализации управляющих параметров  $v_1$  и  $v_2$  по заполнению смесителя до рабочего объёма  $V$  и заданной концентрации  $C_{зад}$ .

В блоке 6 проверяется условие заполнения смесителя до рабочего объёма ( $V(t) = V_{зад}$ ). В случае выполнения этого условия смеситель переводится на непрерывный режим с ранее вычисленными значениями управляющих параметров  $v_{1opt}$  и  $v_{2opt}$ .

В блок 7 формируется команда по реализации управляющих параметров  $v_{1opt}$  и  $v_{2opt}$  по поддержанию оптимального непрерывного режима работы смесителя.

В блоке 8 проверяется условие окончания технологического процесса очистки оросительной воды. В случае выполнения условия прекращается подача деминерализованной и соленой воды (блок 23 - команда  $v_1=0, v_2=0$ ). Далее выводятся результаты управления технологического процесса очистки оросительной воды (блок 24) и алгоритм завершает свою работу (блок 25). Если условие не выполняется осуществляется переход к блоку 9.

В блоке 9 осуществляется проверка условия изменения текущего значения  $C_{зад}$ . Если условия не выполняется осуществляется переход к блоку 10. При выполнении данного условия осуществляется переход к блоку 14.

В блоке 10 осуществляется проверка условия изменения текущего значения  $V_{вых.зад}$ . Если условие не выполняется осуществляется переход к блоку 11. Если условие выполняется, осуществляется переход к блоку 13, в котором производится пересчёт  $v_{1opt}$  и  $v_{2opt}$  для нового значения  $V_{вых.зад}$ .

В блоке 11 осуществляется проверка условия изменения текущего значения  $C_1$ . Если условие не выполняется осуществляется переход к блоку 7. Если условие выполняется осуществляется переход к блоку 12, в котором производится пересчёт  $v_{1opt}$  и  $v_{2opt}$  для нового значения  $C_1$ .

В блоке 14 проверяется условие  $C_{вых}(t) > C_{зад.н}$ . Если условие не выполняется (концентрацию солей на выходе смесителя следует увеличить) осуществляется переход к блоку 19, в котором присваиваются новые значения управляющим параметрам:  $v_1=0, v_2=V_{зад}$ . В противном случае (концентрацию солей на выходе смесителя следует уменьшить) осуществляется переход к блоку 15, в котором присваиваются новые значения управляющим параметрам:  $v_1=V_{зад}, v_2=0$ .

В блоках 16 и 20 осуществляется расчёт времени переходного процесса соответственно для случая увеличения  $\Delta t_2$  и уменьшения  $\Delta t_1$  концентрации солей на выходе смесителя.

В блоках 17 и 21 осуществляется реализация выбранной стратегии управления для обоих случаев переходного режима работы смесителя.

В блоках 18 и 22 осуществляется расчёт оптимальных значений управляющих параметров  $v_{1opt}$   $v_{2opt}$  по формулам (3.18) для новых значений  $C_{1.н}$  и  $V_{зад.н}$ .

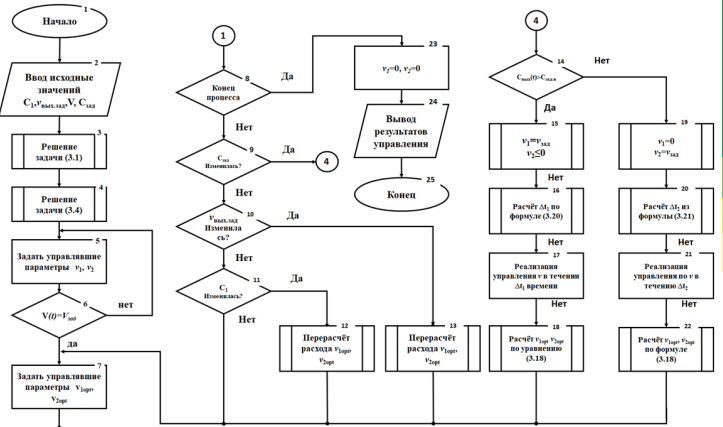


Рисунок 2. Блок-схема алгоритма управления технологическим процессом очистки оросительной воды

**Результаты экспериментов исследования.** На основе математической модели и технической схемы был разработан экспериментальный прототип (см.Рисунок-3).

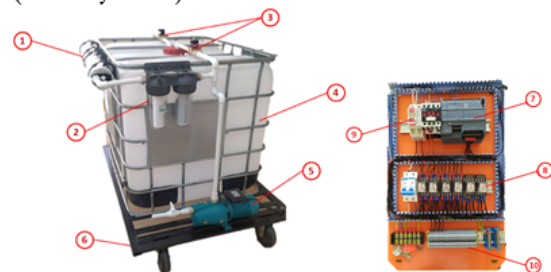


Рисунок 3. Прототип устройства очистки оросительной воды от высокого содержания солей

Условное обозначение: 1 – обратно осмотический фильтр, 2 – пятиступенчатый механический фильтр, 3 – шкаф управления технологическим процессом, 4 – бак для смешивания, 5 – центробежный насос 6 АТМ, 6 – передвижной каркас, 7 – контроллер Siemens S7-1200, 8 – релейная группа, 9 – автомат защиты, 10 – контактная группа соединения устройств.

Конструкция устройства нацелена на техническую реализацию структурной схемы и алгоритма управления в производственных условиях.

Основной принцип работы конструкции заключается в том, чтобы создавать требуемую концентрацию воды с приемлемым содержанием соли внутри бака и в дальнейшем передавать его для орошения. Устройство состоит из 5 частей; 1-кондуктометрический датчик (TDS) и датчик рН для определения концентрации соли в источнике и в баки для смешивания воды, 2- насосный агрегат для передачи воды, 3- двухпозиционные электромагнитные клапаны для распределения воды, 4- обратно осмотический фильтр для деминерализации воды, 5- капсулы для сбора и смешивания воды (см. Рисунок 4).

Принцип работы устройства заключается в следующем: электромагнитный распределительный клапан  $v_1$  распределяет воду для деминерализации соленой воды при помощи обратного осмоса, клапан  $v_2$  используется для подачи очищенной воды в капсулу, клапан  $v_3$  применяются для подачи смешанной воды на орошение. Задаток объёма воды для деминерализации и прямой подачи соленой воды на

смешивание зависит от уровня концентрации солей в источнике воды.

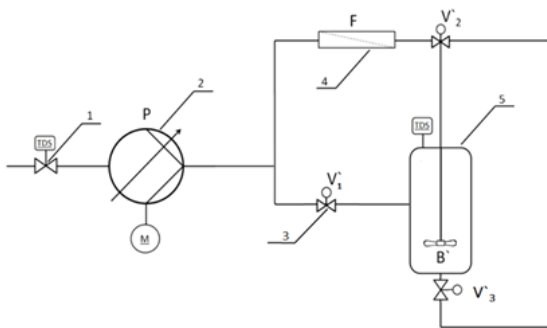


Рисунок 4. Конструкция устройства очистки воды.

- 1-Кондуктометрический датчик; 2-насосный агрегат; 3- двухпозиционный клапан;  
4- обратный осмос; 5- капсула для смешивания.

Данные, полученные от датчиков из источника орошения, передают сигнал в контроллер, после этого контроллер на основе встроенного алгоритма устанавливает регламент работы двухпозиционных клапанов.

Уровень нагрузки обратноосмотического фильтра и объем воды для деминерализации зависит от соледержания источника воды и тем самым можно продлить уровень эксплуатации обратного осмоса при создании индивидуального режима в зависимости от степени соледержания воды [17].

Капсула смешивания оснащена датчиками уровня и кондуктометрическим датчиком (TDS) для мониторинга качества и объема воды внутри капсулы.

Для активного смешивания деминерализованной и соленой воды использовался смеситель, при определении высокой разницы между  $C_{зад}$  и соледержанием воды в источнике  $C_1$  оно повышает уровень смешивания.

Основной задачей программы для устройства очистки оросительной воды является управление распределением объема воды на деминерализацию и на прямую подачу для смешивания на основе входящего сигнала от TDS датчика, находящегося в источнике воды и отслеживание качества очищенной воды [18,19].

Работа системы, внедренной на установке очистки оросительной воды, была диагностирована при помощи программы fluidlab, где учитывались показатели насосного агрегата, существующей концентрации соли в соотношении на заданную величину соледержания (Рисунок 5-6).

Результаты показывают, что при начальной работе системы требуется максимальное давление насосного агрегата для получения оптимальных показателей при работе устройства.

При работе устройства было проверена работа исполнительных механизмов по заданной величине  $C_{зад}$ .

При нормализации работы, как указано на рисунке 5, можно заметить, что обороты насосного агрегата снижаются, что свидетельствует о минимальности нагрузки насосного агрегата.

При проведении экспериментов учитывались

суточные затраты, не превышавшие объем 6 гектаров с суточным водопотреблением 3 тонны в сутки.

При процессе очистки воды для сравнения использовались подземные воды и воды открытых русел.

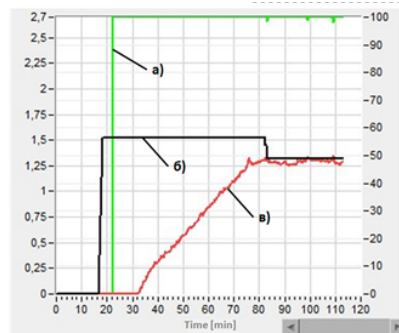


Рисунок 5. График показателей работы системы управления на программе Fluidlab от ФХ «Mirzabek-Rasul-Adiz»

- а) показатель работы насосного агрегата б) требуемый уровень концентрации соли  
в) существующий уровень соли

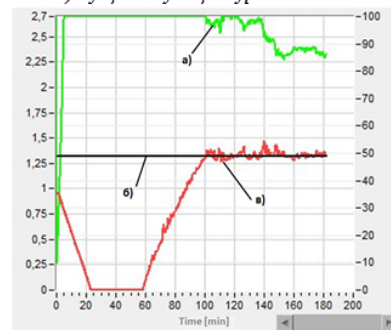


Рисунок 6. График показателей работы системы управления на программе Fluidlab от ФХ «Xolov Akmal Chorvador»

- а) показатель работы насосного агрегата б) требуемый уровень концентрации соли в) существующий уровень соли

В системе микроконтроллер используется вместе с сенсорной сетью. После того как код загружен в микроконтроллер, для работы системы не требуется персональный компьютер, Система будет работать автоматически и независимо в соответствии с кодом, загруженным в микроконтроллер. В этой системе четыре датчика будут использоваться для измерения основных параметров воды. Как было изучено в предыдущих исследованиях, наиболее важные параметры воды, которые необходимо контролировать средним пользователям, это уровень  $pH$  воды, мутность воды (облачность), температура воды и уровень воды, который является мерой количества воды. Цепи формирования сигнала подключены к микроконтроллеру, а зонды датчика мутности,  $pH$  и проводимости погружены в воду.

Выводы. В статье представлена инновационная система автоматического управления технологическим процессом опреснения воды путем смешивания деминерализованной и чистой воды. Комплексная математическая модель и алгоритм управления были разработаны для оптимизации процесса очистки воды, эффективного решения проблем, связанных с традиционными методами. Эти достижения не только повышают эффективность процесса, но и способствуют более устойчивому и экономичному подходу к очистке воды.

Результаты активных экспериментов, проведенных

в данном исследовании, продемонстрировали эффективность предложенной системы управления. Данные, собранные в ходе этих экспериментов, позволили получить ценную информацию о производительности системы, подтвердив ее способность поддерживать желаемое качество воды с высокой точностью и стабильностью. За счет реализации разработанного алгоритма управления система автоматического управления доказала свою способность регулировать процесс смешивания, адаптироваться к различным условиям эксплуатации и обеспечить стабильные результаты.

Кроме того, разработка прототипа устройства продемонстрировала практическую применимость предложенной системы управления в реальных сценариях. Успешная интеграция математической модели и алгоритма управления в этот прототип заложила прочную основу для будущих итераций и улучшений. Адаптивность и производительность устройства в сочетании с его потенциалом масштабируемости делают его многообеща-

ющим решением для различных приложений по очистке воды, от небольших бытовых до крупных промышленных установок.

В заключение, система автоматического управления, представленная в этой статье, предлагает значительный шаг вперед в области технологии очистки воды. Используя мощь передовых алгоритмов управления и математического моделирования, эта система обеспечивает эффективное, надежное и адаптируемое решение для достижения оптимального качества воды.

Поскольку глобальный спрос на чистую и безопасную воду продолжает расти, такие инновации будут становиться все более важными для решения насущных проблем, связанных с нехваткой воды, загрязнением и устойчивостью. Знания и идеи, полученные в результате этого исследования, несомненно, будут способствовать постоянному развитию и совершенствованию технологий очистки воды, что в конечном итоге улучшит качество жизни миллионов людей во всем мире [20].

№	Использованная литература	References
1	Акрамханов Ю., Тодерич М. и Джуманиязова К. Засоление почв и его влияние на растениеводство в Узбекистане. Исследования и управление засушливыми землями. 2012. 26(3). – С. 195–209.	Akrankhanov, Y., Toderich, M., & Jumaniyazova, K. Soil salinity and its impact on crop production in Uzbekistan. <i>Arid Land Research and Management</i> . 2012. 26(3). P. 195-209.
2	Рахматуллаев М., Хамзина С. и Ламерс Дж. П. Оценка воздействия методов орошения и управления почвой на засоление почв в Узбекистане. Ирригационные и дренажные системы. – Ташкент, 2019. 33(2). С.491-504.	Rakhmatullaev, M., Khamzina, S., & Lamers, J. P. Assessing the impact of irrigation and soil management practices on soil salinity in Uzbekistan. <i>Irrigation and Drainage Systems</i> . Tashkent, 2019. 33(2), p. 491-504.
3	Мирзаев Б., Рахматуллаев М. и Хамзина С. Пространственно-временная изменчивость засоления почв орошаемых территорий Узбекистана. Мониторинг и оценка окружающей среды. – Т., 2020 192(12) 1-14.	Mirzaev, B., Rakhmatullaev, M., & Khamzina, S. Spatial and temporal variability of soil salinity in irrigated areas of Uzbekistan. <i>Environmental Monitoring and Assessment</i> . – T., 2020, 192(12), 1-14.
4	Абдуллаев А., и Хамзина С. (2018). Засоление почв и его влияние на растительность Приаралья в Узбекистане. Экологические науки о Земле, 77(19), 1-14.	Abdullaev A., & Khamzina S. Soil salinity and its effects on vegetation in the Aral Sea region of Uzbekistan. <i>Environmental Earth Sciences</i> , 2018, 77(19), 1-14.
5	Джанибеков Н., Гатто К. и Оберштайнер М. Устойчивость практики управления засолением почв в Узбекистане. Экологическая наука и политика. – Ташкент, 2015. 48, 212-221.	Djanibekov, N., Gatto, C., & Obersteiner, M. (2015). Sustainability of soil salinity management practices in Uzbekistan. <i>Environmental Science &amp; Policy</i> , 48, 212-221.
6	Рузметов Д., Мирзабаев Ф. и Тодерич М. Смягчение воздействия засоленности почвы на производство хлопка в Узбекистане. Политика землепользования. – Т. 2017, 68, 274-280.	Ruzmetov, D., Mirzabaev, F., & Toderich, M. (2017). Mitigating the effects of soil salinity on cotton production in Uzbekistan. <i>Land Use Policy</i> , 68, 274-280.
7	Шао Дж., Чжоу Ю. и Ли Ю. Проектирование системы автоматического управления очисткой питьевой воды на базе ПЛК и SCADA. Водные науки и инженерия, 2018, 11 (2), 133–139 стр.	Shao, J., Zhou, Y., & Li, Y. Design of automatic control system for drinking water treatment based on PLC and SCADA. <i>Water Science and Engineering</i> , 2018, 11(2), 133-139 pp.
8	Сингх Р.К., и Сингх М. Автоматизация станции водоподготовки: Обзор. Международный журнал инновационных технологий и изучения техники, 2018. 8 (6S), 91–94 стр.	Singh, R. K., & Singh, M. . Automation of a water treatment plant: A review. <i>International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering</i> , 2018, 8(6S), 91-94 pp.
9	Сивакумар, С., и Арумугам, П. Проектирование и внедрение системы управления очисткой воды на базе IoT. Журнал перспективных исследований в области динамических систем и систем управления, 2018. 10 (11), 277–282 стр.	Sivakumar, S., & Arumugam, P. (2018). Design and implementation of a water purification control system based on IoT. <i>Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems</i> , 2018, 10(11), 277-282 pp.
10	Шакуров С.А., Мендыбаев С.А., Надежность – как важнейшее качество при проектировании АСУТП // Ж.: Наука и техника Казахстана. – 2015. №1-2. С. 130-134.	Shakurov S.A., Mendybaev S.A., <i>Nadejnost' – kak vajneyshee kachestvo pri proektirovanii ASUTP</i> [Reliability as the most important quality in the design of automated control systems of technical process] <i>Science and Technology of Kazakhstan, Pupil</i> , 2015. №1-2. Pp 130-134.
11	Ву, Дж., Чжан, В., и Ню, Дж. Облачная система удаленного мониторинга качества воды на основе IoT. Журнал сенсоров, 2019. С. 1-8.	Wu, J., Zhang, W., & Niu, J. A cloud-based remote monitoring system for water quality based on IoT. <i>Journal of Sensors</i> , 2019, 1-8 pp.
12	Газиева Р.Т., Озодов Е.О. Автоматизированная система принятия решений по опреснению воды для орошения //Конф. Серия: Науки о Земле и окружающей среде [614] 2020. – С. 1-7.	Gaziyeva R.T., Ozodov E.O. Automatic decision-making system for the desalinization of water for Irrigation //IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science [614] 2020. – Pp.1-7

13	Газиева Р.Т., Озодов Е.О. Автоматическая система очистки оросительной воды с заданной минерализацией для регионов с повышенным содержанием солей // Международный журнал перспективных исследований в области науки, техники и технологий-Индия Vol. 9, выпуск 5, октябрь 2021 г. – стр. 18343-18350.	Gaziyeva R.T., Ozodov E.O. Automatic System for Irrigation Water Treatment with a Set Mineralization for Regions with High Salt Content // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology-India Vol. 9, Issue 5, October 2021. – Pp.18343-18350
14	Газиева Р.Т., Озодов Е.О. Разработка математической модели системы автоматического управления очисткой оросительной воды с заданной минерализацией. Обработка с заданной минерализацией.// International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology-India Vol. 8, выпуск 5, май 2021 г. 17363-17368 pp	Gaziyeva R.T., Ozodov E.O. Development mathematic model of automatic control system for irrigation water treatment with a set mineralization. treatment with a set mineralization.//International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology-India Vol. 8, Issue 5, May 2021. 17363-17368 pp
15	Аль- Малак М.Х., Аль-Харби С.А., Аль-Амри И.С. (2018). Оценка эффективности обратного осмоса для опреснения солоноватой воды в Саудовской Аравии. Опреснение, 436, 1-7 п.л.	Al-Malack M.H., Al-Harbi S.A., Al-Amri I.S. (2018). Performance evaluation of reverse osmosis for desalination of brackish water in Saudi Arabia. Desalination, 436, 1-7 pp.
16	Аль- Шаммири М., Аль-Харби С., Аль- Мутаири Н. (2019). Обзор технологий опреснения воды для удаления солей. Journal of Water Process Engineering, 31, 100864 стр .	Al-Shammiri M., Al-Harbi S., Al-Mutairi N. (2019). A review of desalination technologies for removing salt from water. Journal of Water Process Engineering, 31, 100864 pp.
17	Аль-Захрани М.А., Аль-Софи М.А. (2018). Очистка сточных вод с высоким содержанием соли методом обратного осмоса на пилотной установке. Опреснение и водоподготовка, 117, 46-54 с .	Al-Zahrani M.A., Al-Sofi M.A. (2018). Treatment of high salinity wastewater by reverse osmosis using a pilot scale plant. Desalination and Water Treatment, 117, 46-54 pp.
18	Гупта В.К., Наяк А., Агарвал С. Очистка сточных вод с высоким содержанием соли методом обратного осмоса на пилотной установке // Журнал экологического менеджмента. 2017. 196/ – С. 515–524.	Gupta V.K., Nayak A., Agarwal S. (2017). Treatment of high salinity wastewater by reverse osmosis using a pilot scale plant. Journal of Environmental Management, 196, 515-524 pp.
19	Хан В., Чжан Ю., Ху С. Удаление солей из сточных вод методом нанофильтрации: производительность и загрязнение мембраны. Journal of Water Process Engineering. 2018, 23. – С. 291-299.	Han W., Zhang Y., Hu X. (2018). Removal of salt from wastewater by nanofiltration: performance and membrane fouling. Journal of Water Process Engineering, 23, 291-299 pp.
20	Хасан С.В., Гаффур Н., Альсаади А.С. Обзор методов предварительной обработки для опреснения морской воды. Опреснение, 2020, 476, 114173 с.	Hasan S.W., Ghaffour N., Alsaadi A.S. (2020). A review of pretreatment methods for seawater desalination. Desalination, 476, 114173 pp.
21	Ким С.Х., Ким С.Д. Очистка концентрата обратного осмоса от опреснения солоноватой воды с использованием электрохимического процесса. Журнал опасных материалов. 2017, 330. – С. 26–34 .	Kim S.H., Kim S.D. (2017). Treatment of reverse osmosis concentrate from brackish water desalination using an electrochemical process. Journal of Hazardous Materials, 330, 26-34 pp.
22	Ли Дж., Мэн Ф., Ян Ф. Очистка сточных вод с высоким содержанием солей методом прямого осмоса: производительность и контроль загрязнения. Journal of Membrane Science. 2019, 591. 117305 с .	Li J., Meng F., Yang F. (2019). Treatment of high salinity wastewater by forward osmosis: performance and fouling control. Journal of Membrane Science, 591, 117305 pp.
23	Лян Х., Цюй Ф., Ву В. Обзор применения нанотехнологий в опреснении обратным осмосом: разработка мембран и борьба с обрастанием. Опреснение, 2018 434. – С. 98-114.	Liang H., Qu F., Wu W. (2018). A review on application of nanotechnology in reverse osmosis desalination: membrane development and fouling control. Desalination, 434, 98-114 pp.

УЎТ: 621.27:372.3.1

## ТОК ҚАЛАМЧАЛАРИГА ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИК ДАСТЛАБКИ ИШЛОВ БЕРИШНИНГ ЭНЕРГЕТИК ХУСУСИЯТЛАРИ

*Н.М.Маркаев – т.ф.ф.д (PhD) катта ўқитувчи,*

*“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизацияши муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети*

### Аннотация

Мақолада ток новда қаламчасини электр авжлантиришда энергияни қаламчага киритишнинг энергетик хусусиятлари икки муҳит (сув ва қаламча)ли тизимнинг ҳолатини ҳисобга олган ҳолда ўрганилган. Бунда ток қаламчалари томонидан ютиладиган энергия ток қаламчасининг тузилиши (флюема, ксилема, ядро ва пўстлок), электрод ва сув ўртасидаги қаршиликлар ( $R_1, R_7$ ), электрод ва ток қаламчаси орасидаги сувнинг қаршилиги ( $R_2, R_6$ ), ток қаламчаси ва сув орасидаги қаршилик ( $R_3, R_5$ ), узум қаламчаси қаршилиги ( $R_4$ ) ва электр токи ўтказувчи сувнинг қаршилиги ( $R_8$ ) га боғлиқ эканлиги аниқланган ҳамда илмий асосланган. Натижада икки муҳитли тизимда узум қаламчасига энергияни киритишда электрод ва ток қаламчаси орасидаги масофа (I1), қаламчанинг узунлиги (I2), электродлар орасидаги масофа (I3), сув билан қопланган электродлар майдони ( $S_1$ ), ток қаламчаларнинг юзаси ( $S_2$ ), қаламчалар диаметри 1,2–1,5 см оралғида, ток зичлиги нам муҳитда вақт (0–24 соат) ўтиши билан 33,33 В/м да 1–2 А/м<sup>2</sup> га, электр майдон кучланганлиги 133,33 В/м да 7–8 А/м<sup>2</sup> га ўзгариши, қуруқ муҳитда эса вақт (0–24 соат) ўтиши билан 133,33 В/м да 0,8–0,68 А/м<sup>2</sup> гача камайиб бориши ҳамда қаламча томонидан ютилаётган фойдали энергия ишчи камера ичига жойлаштириладиган электродлар орасидаги масофа (I), ишлов бериш кучланиши (U), электр токининг таъсир вақти ( $\tau$ )га боғлиқ ҳолатда ютилиши аниқланди.

**Таянч сўзлар:** *электромагнит майдон энергияси, электродлар, ток новда қаламчаси, электр токи, электр авжлантириш, электр майдони, ток зичлиги, электр қаршилик, электр майдон кучланганлиги, энергия.*

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЧЕРЕНКОВ ВИНОГРАДА

*Н.М.Маркаев – PhD, старший преподаватель,*

*Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»*

### Аннотация

В статье изучены энергетические свойства ввода энергии в черенки при электрообработке стебля винограда с учетом состояния системы в двух средах (вода и черенков). При этом энергия, поглощаемая черенками винограда, зависит от строения черенков винограда (луба, ксилемы, сердцевини и кожуры), сопротивления между электродом и водой ( $R_1, R_7$ ), сопротивления воды между электродом и срезом винограда ( $R_2, R_6$ ), сопротивление между срезом винограда и водой ( $R_3, R_5$ ), сопротивление плодоножки винограда ( $R_4$ ) и сопротивление проводящей воды ( $R_8$ ) были определены и научно обоснованы. В результате определялись расстояние между электродом и виноградным стеблем (I1), длина плодоножки (I2), расстояние между электродами (I3), площадь покрытия электродов водой ( $S_1$ ), поверхность виноградных стеблей ( $S_2$ ), диаметр стеблей 1,2–1,5 см, плотность тока увеличивается с течением времени (0–24 часа) во влажной среде на 1–2 А/м<sup>2</sup> при 33,33 В/м<sup>2</sup> напряженность электрического поля при 133,33 В/м изменяется на 7–8 А/м<sup>2</sup>, а в сухой среде снижается до 0,8–0,68 А/м<sup>2</sup> при 133,33 В/м<sup>2</sup> с течением времени (0–24 часа) и полезной энергия, поглощаемая ручкой между электродами, размещенными внутри рабочей камеры. Установлено, что поглощение зависит от расстояния (I), напряжения обработки (U), времени воздействия электрического тока ( $\tau$ ).

**Ключевые слова:** *энергия электромагнитного поля, электроды, виноградная лоза, электрический ток, электрическое ускорение, электрическое поле, плотность тока, электрическое сопротивление, напряженность электрического поля, энергия.*

## ENERGY CHARACTERISTICS OF ELECTROTECHNOLOGICAL PROCESSING OF GRAPE CUTTINGS

*N.M.Markayev – PhD, Senior Lecturer*

*National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"*

### Abstract

The article studies the energy properties of energy input into cuttings during electrical processing of a grape stem, taking into account the state of the system in two media (water and cuttings). At the same time, the energy absorbed by grape cuttings depends on the structure of grape cuttings (bast, xylem, core and peel), resistance between the electrode and water ( $R_1, R_7$ ), water resistance between the electrode and the cut of grapes ( $R_2, R_6$ ), resistance between the cut grapes and water ( $R_3, R_5$ ), the resistance of the stalk of grapes ( $R_4$ ) and the resistance of conductive water ( $R_8$ ) have been determined and scientifically substantiated. As a result, the distance between the electrode and the grape stem (I1), the length of the stem (I2), the distance between the electrodes (I3), the area of electrode coverage with water ( $S_1$ ), the surface of the grape stems ( $S_2$ ), the diameter of the stems 1.2–1.5 cm, the current density increases with time (0–24 hours) in a humid environment by 1–2 А/м<sup>2</sup> at 33.33 V/m<sup>2</sup>, the electric field strength at 133.33 V/m changes by 7–8 А/м<sup>2</sup>, and in a dry environment it decreases to 0.8–0.68 А/м<sup>2</sup> at 133.33 V/m<sup>2</sup> over time (0–24 hours) and the useful energy absorbed by the handle between the electrodes placed inside the working chamber. It has been established that the absorption depends on the distance (I), processing voltage (U), and time of exposure to electric current ( $\tau$ ).

**Key words:** *electromagnetic field energy, electrodes, vine, electric current, electric acceleration, electric field, current density, electric resistance, electric field strength, energy.*



**Кириш.** Ток қаламчаларининг илдиз ҳосил қилиш хусусиятининг энг муҳим кўрсаткичи, уларнинг илдиз ҳосил қилиш тезлигидир. Яхши ривожланиши ва кўчатлар сифатини яхшилаш учун экишдан олдин ток қаламчаларига қўшимча ишлов берилади, бундан мақсад илдиз ҳосил бўлишини тезлатишдан иборат ва бу борада кўплаб тадқиқотлар амалга оширилган ҳамда турли натижаларга эришилган. А.И.Дерендовская ток қаламчалари вегетатив усул билан кўпайтирилганда, уларда илдиз ҳосил бўлиши ҳич қачон юз фоиз бўлмайди. Бу қаламчанинг турли физиологик ҳолати ва гормонал фаолликдаги пластик моддаларнинг таркибига боғлиқ деган фикрни илгари сурган. П.П.Радчевский тажрибалари шуни кўрсатадики, қаламчаларда илдиз ҳосил бўлиш жараёнлари нафақат уларнинг етилиш даражасига, балки бошқа омилларга жумладан, гормонал (фаоллик) омиллар, ишлов бериш усули ва физиологик ҳолатига боғлиқ эканлигини кўрсатди. С.В.Глебова, П.П.Радчевскийларнинг фикрича, ток кўчатлари етиштириш учун қаламчалар тайёрланаётганда уларнинг биологик ва ҳажмий ҳолатларини ҳисобга олиш керак бўлади.

Ток қаламчаларида илдиз ҳосил бўлиш жараёни жуда кўп энергия талаб қилади ва у яхши илдиз ҳосил қилиши учун углеводлар, яъни шакар ва крахмал миқдори камида 12% бўлишини талаб қилади. Агар шу моддалар етарли бўлса қаламчалар етарлича етилган деб ҳисобланади.

А.Г.Матушкиннинг фикрича, ток новдасининг бутун узунлиги бўйича барча қисмини қаламчалаб кўпайтириш мумкин, аммо унинг юқори қисмидан кесиб олинган қаламчалар 2–10 фоизга яхшироқ илдиз ҳосил қилишини аниқлаган ва қаламчаларни экишдан олдин уларга дастлабки ишлов бериш қаламчалар тутувчанлигини ошишига олиб келишини аниқлади.

Ҳеч қандай ишлов берилмай ўтказилган қаламчаларнинг бир қисми тутмаслиги, яна бир қисми дастлаб барг ва новда чиқариб кейин қуриб қолиши мумкин. Бунга сабаб, асосан илдизнинг ҳали яхши шакланмаганлиги сабаб бўлади. Қаламчадаги новдаларнинг дастлабки ўсиши ўтган йил уларда тўпланган озиқ моддалар ва намлик ҳисобига бўлади. Агар илдизлар ҳосил бўлгунча бу захиралар сарфланиб кетса, ривожланаётган новдалар қуриб қолади. Шунинг учун қаламчаларда илдиз ҳосил бўлишини тезлаштириш муҳим масала ҳисобланади. Бу муносабатлардан шундай фикрга келиш мумкинки, ток қаламчалари экишдан олдин қайта ишланиши керак ва бу уларда илдиз ҳосил бўлиш даражаси ва илдизлар сони оширади бу эса тутувчанликнинг ошишига олиб келади.

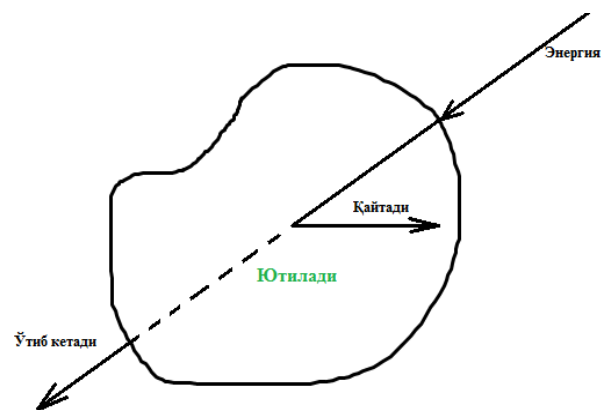
Бугунги кунда кишлоқ хўжалигини ривожлантиришда навларнинг имкониятларини сафарбар қилиш учун экиладиган объектга таъсир қилиш муаммоси пайдо бўлади. Шу боис, ҳозирги вақтда уруғларнинг экиш сифатини яхшилаш, вегетация даврини қисқартириш, илдиз ҳосил бўлишини яхшилаш, экиш материални сақлаш даврида ишлов бериш ва ҳоказоларда турли хил таъсир қилувчи омиллардан фойдаланишга кўпроқ эътибор қаратилмоқда. Бизнинг фикримизча, энг истиқболли таъсир этувчи омиллар электрофизик таъсирлар орқали бўлади.

Ҳозирги фаннинг ҳолати ток қаламчаларида илдиз ҳосил бўлишини тезлатишга қаратилган турли стимуляторлар, шу жумладан электромагнит майдон энергиясининг турли ҳолатлари (магнит майдони, электр майдони, электр токи, электромагнит тўлкинлар, электр разряди, импульсли электромагнит майдони)нинг электрофизик таъсирлари орқали бошқариш ва турли ўсимликлар ҳаётига фаол аралаштириш натижасида уни тўғри юналишга юналтириш имкони мавжудлигини кўрсатмоқда.

**Кўриб чиқиладиган муаммонинг ҳозирги ҳолати.** Ток кўчатларини етиштириш технологияларини ривожлантиришнинг ҳозирги босқичида қаламчаларда илдиз ҳосил бўлишини тезлатиш ва илдизлар сонини ошириш орқали тутувчанлилни ошириш ва бунда кўчатлар сонини ошириш ҳамда таннархини камайтириш орқали рентабиллигини ошириш муҳим вазифалардан ҳисобланади [1, 2].

Таъкидлаш лозимки, ток қаламчаларида илдиз ҳосил бўлиш билан янги новдаларнинг ўсиши ўртасидаги муаносиблик бузилса, яъни илдиз кечроқ шакланса қаламча қурийдди. С.Х.Абдурахмонова фикрига қараганда, экишдан олдин ишлов берилган ток қаламчалардан етиштирилган кўчатларнинг кўқарувчанлиги, ишлов бериш усуллари ва қаламча физиологик ҳолатига боғлиқ [3].

Шу боис, ток қаламчаларига экишдан олдин юқоридаги усуллар ёрдамида ишлов бериш муҳим ҳисобланади. Ток қаламчаларига экишдан олдин дастлабки электр ишлов бериш электромагнит майдон энергияси (ЭММЭ)нинг турли кўринишларини муҳитда ютилиши орқали амалга оширилади. ЭММЭнинг иссиқлик таъсиридан ташқари, унинг механик, кимёвий таъсирлари ҳам мавжуд ва биологик тизимларга нисбатан маълум бир таъсирга эга. Биологик объект (ток қаламчаси)га электр таъсир кўрсатишда электр энергиясини ўзгартириб ёки бевосита “ноиссиқлик” таъсирларидан фойдаланиш мумкин.



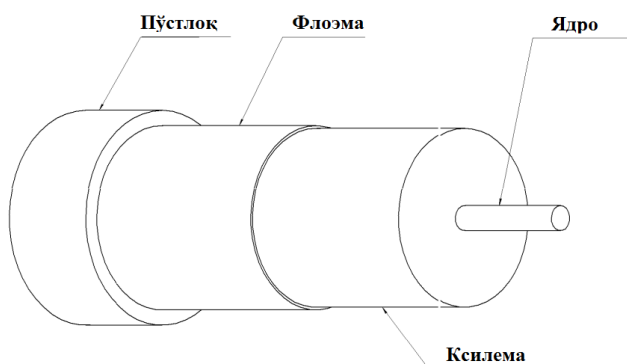
1-расм. Электромагнит майдон энергиясини муҳитга таъсири

Маълумки, бирон бир муҳитга киритилган ЭММЭнинг бир қисми ишлов бериладиган жисм томонидан ютилади, бир қисми ўтиб кетади ва бир қисми қайтади (1-расм). Бизга электротехнология курсидан маълумки, электр ишлов беришда бажариладиган иш ютилган энергия ҳисобига бўлади. Шунинг учун ҳам технологик жараёнларга ишлов бериладиган муҳитга энергияни киритишда турли самарали усулларни қўллаш ва уларни тўғри танлаш муҳим босқичлардан бири ҳисобланади. Бугунги кунда ток новда қаламчаларида илдиз ҳосил бўлиш даражаси ва тутувчанлигини оширишда қаламчаларга экишдан олдин турли усуллар билан (механик, физиологик, кимёвий, анъанавий, электрофизик ва ҳ.к.) дастлабки ишлов берилади. Бунда самарали усуллардан бири бу электрофизик (электр майдон, магнит майдон, электр токи, импульсли электромагнит майдон ва ҳ.к.) усуллар ҳисобланади [4, 6, 11, 12].

Ток новда қаламчаларига экишдан олдин электр ишлов беришда қаламча тузилиши ва ишлов бериш жараёнидаги муҳитни аниқлаш ҳамда шунга мос равишда энергияни киритиш ишлов беришнинг самарадорлигини белгилайди. Ток қаламчаларини экишдан олдин электр



таъсир кўрсатишда уларнинг алоҳида қисмларини электр занжирининг элементлари сифатида тасвирлаш мумкин.



2-расм. Ток новда қаламчаси поясининг тузилиши

Қаламча қатламлари флоэма ва ксилеманинг қаршилиги бир хил, лекин ядро қаршилиги улардан фарқ қилади. Қаламча тўқималарига таъсир қиладиган кучланиш кучайиши билан қаршиликни қўлланиладиган частотага боғлиқлиги чизиқли ҳолатга яқинлашади.

**Масаланинг қўйилиши.** Ток қаламчаси ва ўсимликлар дунёсига мансуб қишлоқ хўжалик маҳсулотлари, яъни ўсимлик элементларининг тавсифи ишлов бериладиган қаламчани электр манбаига улаш усуллари ва унинг тузилиши билан белгиланади. А.Г.Кудряков аниқлашчи, ток қаламчаларига экишдан олдин электр токи билан дастлабки ишлов беришда энг тўғри усул суяқ электр ўтказувчи эритма орқали ток қаламчасининг кесилган жойларига электр энергиясини етказиб беришдир [8, 9, 16].

Бу борада, жумладан, узум кўчати тайёрланадиган қаламчаларга инфрақизил, электромагнит нурлар ва электр токи билан ишлов бериб уларнинг ривожланишини авжлантириш, вегетатив ривожланишини бирхиллаштириш ва сифатини ошириш ҳамда энергия ва ресурсларни тежаш имконини яратадиган усул ва воситаларни ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда [7].

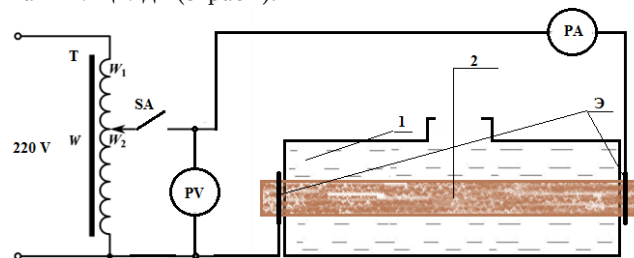
Шу жиҳатдан ток кўчатлари тайёрланадиган қаламчаларга экишдан олдин кичик кучланишли ўзгарувчан электр токида ишлов бериб, улардаги биофизик жараёнларни тезлаштиришни таъминлайдиган турли технологиялар ва уни амалга оширадиган қурилмани ишлаб чиқиш ҳамда унинг технологик параметрларини асослаш долзарб масалалардан биридир.

**Ечиш усули (услуглари).** Тадқиқотда адабиётлар шарҳи бўйича статистик маълумотларга ҳамда лаборатория ва назарий тадқиқотларга ишлов бериш усуллари билан фойдаланилган.

**Натижалар таҳлили ва мисоллар.** Бугунги кунда сифатли узум кўчатлари асосан вегетатив усуллар билан етиштирилмоқда бунда ток новда қаламчалари тутувчанлиги ўртача ҳисобда 65–80 фоизни ташкил қилиб, экилган қаламчаларнинг 20–25 фоизи кўкармасдан қолиб кетади [1]. Ток қаламчаларга экишдан олдин электр ишлов бериш орқали тутувчанлигини ошириш мумкин лекин бунда қаламчаларга энергиянини киритиш усуллари ўрганиш ва энергияни самарали киритиш усуллари аниқлаш муҳим масалалардан бири ҳисобланади [13, 14]. Ток қаламчаларини электр авжлантиришда киритиладиган энергияни миқдори катта ўрин эгаллайди ва уни киритиш усулини аниқлаш тадқиқот самарадорлигини тавсифлайди [15].

Шу сабабли дастлабки ишлов бериладиган ток қаламчаларидан ўтадиган токи зичлигини ишлов бериш кучланиши ва вақтига боғлиқ ҳолда таҳлил қилиш долзарб масалалардан бири бўлиб ҳисобланади. Тадқиқотнинг асосий мақсади юқоридаги муаммоларни илмий асосда ҳал этиш тизимини ишлаб чиқишдан иборат. Ток қаламчаларининг намлиги ГОСТ 28181-89 га асосан 46 фоиздан кам бўлмаслиги шартлиги кўрсатилган [5, 10].

Қаламчалар сувга солинганда вақт ўтиши билан унинг намлиги ошади ва шунга асосан ундан ўтаётган электр токи вақт давомида ўзгаради [13, 14]. Бу ҳолатларни таҳлил қилиш учун услуб ишлаб чиқилди ва шу услуб асосида тажрибалар ўтказилди. Тажрибалар узумнинг “Қора кишмиш” навидан олинган узунлиги 50 см ва диаметри ўртача 1,2–1,5 см бўлган қаламчаларда олиб, борилди ва у ишчи камерасига горизонтал ҳолатда жойлаштирилди. Қаламчани ишчи камерадан чиққан жойи сув сизмаслиги учун герметик қилиб маҳкамланди. Электродлар ва ишчи камера орасидаги масофа 2 мм. ни ташкил қилди (3-расм).



3-расм. Ток қаламчасидан ўтадиган ток зичлигини аниқлаш стендининг принципал электр схемаси

Э – электродлар; 1 – сув; 2 – ток қаламчаси; PA – миллиамперметр (LINI-T UT51 мультиметер); PV – МТ 81 электрон вольтметр.

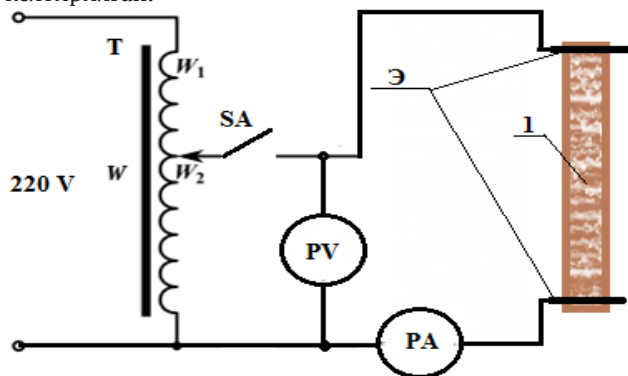
Тажрибаларда электр занжиридаги кучланишни ростлаш учун ПХО-250-10 автотрансформаторидан фойдаланилди. Энергетик параметрларни назорат қилишда маркаси DT-9205 A ва LINI-T UT51 бўлган мультиметерлардан фойдаланилди ва шу ўлчаш асбоблари ёрдамида (тармоқ токи ва кучланиш) ўлчанди. Ўлчов ишлари ҳар соатда амалга оширилди ва қайд қилиб борилди. Ўлчов асбоблари ишончилиги юқори ва синовдан ўтган ўлчов асбоблари ёрдамида ишончилиги ва хатоликлари текширилди. Электродлар сифатида зангламайдиган материалдан тайёрланган ингалардан фойдаланилди. Тажрибада фойдаланилган электродлар орасидаги масофа 50 см, уларга берилган тармоқ кучланиши 10, 22, 40 Вольтни ташкил қилди. Олиб борилган тадқиқотда ишлов бериш вақти 24 соатни ташкил этди. Ўтказилган тажриба натижалар аниқлигини таъминлаш мақсадида 4 мартадан такрорланди ва намунадаги қаламчадан ўтаётган ток зичлиги (1) J, A/м<sup>2</sup> формула ёрдамида ҳисоблаб аниқланди.

$$j = \frac{I}{S} \quad (1)$$

бунда I – узум новда қаламчасидан оқиб ўтган ток, A; S – узум қаламчасининг кундаланг кесим юзаси, м<sup>2</sup>.

Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, қаламчадан оқиб ўтадиган ўзгарувчан электр токи ишлов бериш вақти (τ), қаламчанинг физиологик ҳолатидан келиб чиқиб геометрик ўлчамлари (диаметри (d), юзаси (S) ва қаламча узунлиги (l), тармоқ кучланиши (U), электродлар

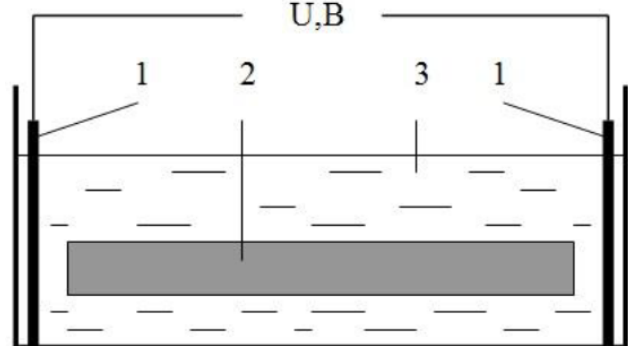
орасидаги масофа ( $l$ ) ва қаламчага берилаётган токнинг частотаси ( $f$ )га боғлиқлигини кўрсатди. Ток новда қаламчаларига электр ишлов беришда олиб борилган тадқиқотларда ишчи камерага қаламчани жойлаштиришнинг турли усуллари синаб кўрилган [10]. Бу тадқиқотларда қаламчалар сувга солинмаган даврида электрофизик жараёнлар ўрганилмаган ва бу технологик ления учун қаламчадан вақт бирлиги ичида оқиб ўтадиган ток чизлигини тадқиқ қилиш муҳим омилларни англашга сабаб бўлади. Биз юқорида баён қилинган ҳолатларни ўрганиш ва таҳлил қилиш учун узумни “Қора кишмиш” нави қаламчасини узунлиги 50 см, деаметри ўртача 1,2–1,5 см бўлган ҳолати учун тадқиқотлар олиб борилди. Қаламчага жойлаштирилган игнали электродлар зангламайдиган материалдан тайёрланган. Тажрибада электр занжиридаги манба кучланишни ростлаш учун РНО-250-10 автотрансформаторидан фойдаланилди. Энергетик параметрларни назорат қилишда маркази DT-9205 A ва LINI-T UT51 бўлган мультиметрлардан фойдаланилди ва шу ўлчаш асбоблари ёрдамида (тармоқ токи ва кучланиш) ўлчанди. Ўлчов ишлари ҳар соатда амалга оширилди ва қайд қилиб борилди. Тажриба стендининг принципал электр схемаси 4-расмда келтирилган.



1 – узум қаламчаси; Э - электродлар; PA – миллиамперметр; PV – вольтметр

4-расм. Ток қаламчасидан ўтадиган ток жичлигини аниқлаш стендининг принципал электр схемаси

Узум қаламчаларига электр ишлов беришда электр занжирнинг энергетик хусусиятларини ўрганиш бу электр авжлантиришнинг самарадорлигини характерлайди. Икки муҳитли тизимда ток қаламчаларини энергия билан таъминлашда технологик жараёнларни схемасини ўрганиш орқали амалга оширилади [9].

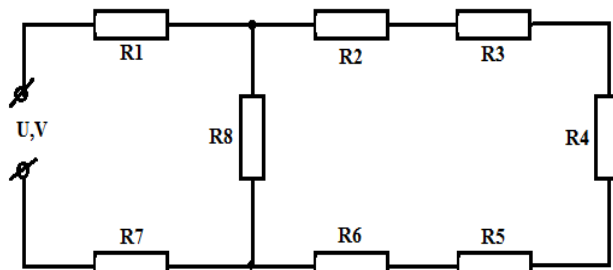


5-расм. Узум қаламчаларини электр энергияси билан таъминлаш схемаси

1 – электрод, 2 – узум новда қаламчаси, 3 – электр токини ўтказадиган суюқлик (сув).

Бунда ток қаламчаларини электр энергияси билан

таъминлаш схемасидан келиб чиққан ҳолда, 2-расмда тасвирланган электр алмаштириш схемасини ҳосил қилиш мумкин. Эквивалент алмаштириш схемасини тузишда қаршилиқларни кетма-кет ва параллел ҳолатда тасвирлаш орқали амалга оширилади [8, 9]. 6-расмда ток қаламчаларига электр ишлов беришнинг алмаштириш схемаси келтирилган.



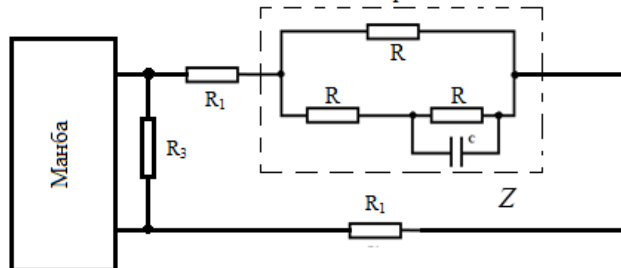
6-расм. Ток қаламчаларига электр ишлов беришнинг алмаштириш схемаси

$R_1, R_7$  – электрод ва сув ўртасидаги қаршилиқлар;  $R_2, R_6$  – электрод ва ток қаламчаси орасидаги сувнинг қаршилиги;  $R_3, R_5$  – ток қаламчаси ва сув орасидаги қаршилиқ;  $R_4$  – ток қаламчаси қаршилиги;  $R_8$  – электр токи ўтказувчи сувнинг қаршилиги.

Ток қаламчаларига экишдан олдин ўзгарувчан электр токи билан дастлабки ишлов беришда ишлатиладиган электродлар бир хил геометрик ўлчам ва бир хил металдан ясалганлигини эътиборга олиб, дастлабки электр ишлов бериладиган ток қаламчаларини бутун узунлиги бўйича бир хил шакилдаги цилиндрисимон бўлишини ҳисобга олган ҳолда, тасвирланган электр алмаштириш схемасини бирмунча соддалаштириш мумкин.

Ток қаламчаларига электр ишлов беришнинг алмаштириш схемасидан келиб чиқиб, қийматлари бир хил бўлган  $R_1=R_7, R_3=R_5$  ва  $R_2=R_6$  қаршилиқларни ҳисобга олиб, умумий схемани соддалаштиришимиз мумкин. Бундай назарий қараш орқали 7-расмда тасвирланган “Қора кишмиш” навли ток қаламчаларига экишдан олдин ўзгарувчан электр токи билан ишлов беришнинг соддалаштирилган умумий схемасига эга бўламиз.

Қаламча эквивалент алмаштириш схемаси



$R_1$  – электродлар ва қаламчалар орасидаги сувнинг қаршилиги;  $Z_{қаламча}$  – узум қаламчаси қаршилиги;  $R_3$  – электр токи ўтказувчи сувнинг қаршилиги.

7-расм. Ток қаламчаларига электр ишлов беришнинг соддалаштирилган умумий схемаси

Демак, ток новда қаламчаларига ўзгарувчан электр токи билан дастлабки ишлов беришда амалга ошириладиган ҳисоб-китобларда контактлардаги ўтиш қаршилиқларининг қийматлари кичик бўлишини эътиборга олиб, контактлар қаршилиқларини эътиборсиз қолдириш мумкин. Таъкидлаш жоизки, технологик линия учун киритилган энергия ўзгарувчан электр токи кўринишида ишлов бериш схемасидан ўтганда, унинг

барча элементлари маълум бир миқдордаги энергияни ютади ( $W_{исроф}$  – сувни электр қизитишга,  $W_{қаламча}$  – қаламчани электр авжлантиришга). Бу технологик жараёнда яъни “Қора кишмиш” навли узум новдаларидан тайёрланган қаламчани экишдан олдин ўзгарувчан электр токи ёрдамида дастлабки ишлов беришда умумий киритилган энергияни (2) ифода орқали тасвирлаш мумкин:

$$W_o = 2W_1 + W_2 + W_3 \quad (2)$$

бунда  $W_1$  – сув ва қаламча орасида ютилган энергия;  $W_2$  – Узум новда томонидан ютилган энергия;  $W_3$  – сув томонидан ютилган энергия (сувни қиздиришга сарфланган энергия).

Бу икки муҳитли (сув ва қаламча) технологияда қаламча томонидан ютилган энергия электр авжлантиришга сарфланади ва технологик иш бажаради [9,20]. Узум қаламчаларига электр ишлов бериш занжирининг қолган элементларида ютилган энергия фойдали иш бажармайди ва юқотилади [8,21]. Узум қаламчаларига экишдан олдин ўзгарувчан электр токи билан дастлабки электр ишлов беришда қаламча томонидан ютиладиган фойдали энергия сарфини  $W_{ф}$  ва технологик линияда исроф бўладиган энергияни  $W_{и}$  деб қабул қилиб, биз қуйдагиларни ёзишимиз мумкин.

$$W_{фойдали} = W_2 \quad W_{исроф} = 2W_1 + W_3 \quad (3)$$

Технологик линияга киритиладиган энергия электродлар системаси ўзаро ва таъминловчи тармоқ билан маълум шаклда боғланган, электр ишлов бериладиган муҳитга электр токи бир хил геометрик ўлчамга эга электродлар орқали киритилади. Ишлов бериладиган жисмининг конструкцияси ва ўлчамлари, электродлар шакли, ўлчамлари ва улар орасидаги масофага боғлиқ бўлади. Ҳар бирининг кенглиги ( $v$ ), баландлиги ( $h$ ) ва улар орасидаги масофа ( $l$ ) бўлган текис электродли электродлар системаси учун фаза қаршилигини қуйдагича ёзиш мумкин:

$$R_f = \frac{\rho l}{S} = \frac{\rho l}{eh} \quad (4)$$

бунда  $l, h, v$  - текис параллел электрод системасининг геометрик параметрлари. Икки муҳитли (сув ва қаламча) технологик режимдан иборат тизим учун  $R_{ф}$  - қаршилиқни қуйдагича ёзиш мумкин бўлади:

$$R_f = \frac{(2R_1 + R_2) \cdot R_3}{(2R_1 + R_2) + R_3} \quad (5)$$

бунда  $R_1$ -электродлар ва қаламчалар орасидаги сувнинг умумий қаршилиги;  $R_2$ -узум қаламчаси қаршилиги;  $R_3$ -электр токи ўтказувчи сувнинг қаршилиги.

Ифодаланган (5) формуладаги номалим бўлган  $R_1, R_2, R_3$  қаршилиқлар қийматлари қуйдагича аниқлаш мумкин:

$$R_1 = \frac{l_1 \cdot \rho_{с\text{ув}}}{S_1} \quad (6)$$

$$R_2 = \frac{l_2 \cdot \rho_{қал}}{S_2} \quad (7)$$

$$R_3 = \frac{l_3 \cdot \rho_{сув}}{S_1 - S_2} \quad (8)$$

бунда  $l_1$ -электрод ва узум қаламчаси орасидаги масофа, м;  $l_2$ -узум қаламчасининг узунлиги, м;  $l_3$ -электродлар орасидаги масофа, м;  $S_1$ -сув билан қопланган электрод майдони, м;  $S_2$ -узум қаламчаларининг юзаси, м<sup>2</sup>.

Узум новда қаламчасини экишдан олдин ўзгарувчан электр токи билан ишлов бериш технологиясида қаламчаларга киритиладиган фойдали энергияни етказиб беришда иккинчи компонент яъни сувдан фойдаланилади. Бундай жараёнда фойдаланиладиган умумий энергиянинг бир қисми юқори сув концентрациясида ютилади ва уни қизитишга сарфланади. Узум кўчат етиштиришнинг самарадор электротехнологияси (узум новда қаламчаларига экишдан олдин ўзгарувчан электр токи ёрдамида дастлабки ишлов бериш) ни характерлаш учун икки компонентли тизимда ютиладиган энергияларни аниқлаш ва жараёни оптималлаштириш керак бўлади. Турчанин О. С., Коваленко Й. А., Титаревский А. Л., Шебетеев В. А ва Сбитнева Н. И тадқиқотларида икки компонентли (сув ва қаламча) тизимда ютиладиган умумий  $W_{ум}$  энергия сарфини ҳисоблашда Джоул-Ленц формуласидан фойдаланиб энергия тавсифлаган [17,18,19]:

$$W_{ум} = \gamma_{мис} \cdot U^2 \quad (9)$$

Демак энергиянинг сақланиш қонунига асосан иккинчи компонентли тизимга асосланган технологияда узум новда қаламчалари томонидан ютиладиган  $W_1$  фойдали энергияни қуйдагича ифодалаш мумкин бўлади:

$$W_1 = W_o - W_2 \quad (10)$$

бунда:  $W_1$ - узум новда қаламчалари томонидан ютиладиган фойдали энергия;  $W_2$ - сувни электр иситиш учун сарфланадиган энергия;

В.А.Петрухин тадқиқотларида мевали дарахтлар қаламчаларига электр ишлов беришда (11) ифодани аниқлаган, яъни мевали дарахт қаламчаларига электр ишлов беришда тутувчанлик даражасини ( $S_{мут}$ ) қуйдагича тавсифлаган.

$$S_{мут} = 1 - \left( S_0 - \frac{\gamma}{\alpha} \right) \cdot e^{-\alpha(W - W_o)} - \frac{\gamma}{\alpha} \quad (11)$$

бунда:  $S_0$  – бошланғич тутувчанлик, %;  $\gamma = \beta/R_n$  – белгилаш киритилган;  $\beta$  – пропорционлик коэффициентини,  $\Omega$  /J;  $R_T$ -жорий қаршилиқ,  $\Omega$ ;  $R_n$  – бошланғич қаршилиқ,  $\Omega$   $\alpha$  – пропорционлик коэффициентини, 1/J.

Биз узум новда қаламчаларини электр авжлантиришга сарфланаётган қувватни қуйдагича ёзиш мумкин бўлади:

$$P_1 = I \cdot U \cdot \cos \varphi = U \cdot I \cdot \frac{g}{y} = U \cdot I \cdot Z \cdot g = g \cdot U^2 = \frac{1}{R_x} \cdot U^2 \quad (12)$$

бунда:  $g_a$  – актив ўтказувчанлик, S;  $y$  - тўла ўтказувчанлик, S;  $Z$ - тўла қаршилиқ,  $\Omega$ ;

Узум новда қаламчаларини электр авжлантиришда қаламча томонидан ютиладиган фойдали энергия ( $W_{қал.фой}$ ) ни қуйдагича ифодаланади:

$$W_1 = P_1 \cdot \tau = \frac{\tau}{R} \cdot U^2 = U^2 \frac{\tau}{R} = U^2 \frac{\tau}{\rho_s \frac{l}{S}} \quad (13)$$

бунда:  $\tau$  - узум новда қаламчасига электр ишлов бериш вақти, соат;  $l$  - узум новда қаламчасининг узунлиги, см;  $S$  - қаламчанинг кўндаланг кесим юзаси, мм<sup>2</sup>;  $\rho_s$  - узум новда қаламчасининг солиштирма қаршилиги, Ом·м.

Сувни электр иситиш учун сарфланадиган энергияни текис параллель электрод системаси учун Джоул-Ленц формуласидан фойдаланилади:

$$W_2 = P_2 \cdot \tau = U^2 \frac{\tau}{R_s} = U^2 \frac{\tau}{\frac{\rho_s l}{S}} = U^2 \frac{\tau}{\rho_s l} \cdot S \quad (14)$$

бунда:  $\rho_s$  - сувнинг солиштирма қаршилиги, Ом·м;  $l$  - текис параллель электрод системаси орасидаги масофа, м;  $v, h$  - электрод системасининг геометрик ўлчамлари, см; келтирилган (13) ва (14) ифодани (11) ифодага қўйиб, қуйидагига эга бўлдик:

$$S_{\text{норм}} = 1 - \left( S_0 - \frac{\gamma}{\alpha} \right) \cdot e^{-\alpha \left( \gamma_{\text{норм}} \cdot U^2 - U^2 \frac{\tau}{\rho_s l} \right)} - \frac{\gamma}{\alpha} \quad (15)$$

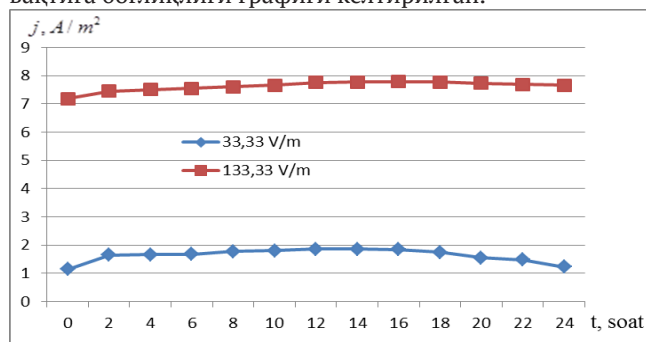
Тасвирланган (15) ифодани соддалаштирадиган бўлсак (16) назарий ифода эга бўлдик:

$$S_{\text{норм}} = 1 - \left( S_0 - \frac{\gamma}{\alpha} \right) \cdot e^{-\alpha \left( U^2 \frac{\tau}{\rho_s l} \right)} - \frac{\gamma}{\alpha} \quad (16)$$

Ушбу ифодадан кўринадики, узум новда қаламчаларининг тутувчанлик даражаси ишлов бериш кучланиши ( $U$ ), ишлов бериш вақти ( $\tau$ ), электродлар орасидаги масофа ( $l$ ) га боғлиқлигини кўрсатади. Тадқиқотлар натижалари асосида шакиллантирилган (16) назарий ифода узум новда қаламчаларига экишдан олдин ўзгарувчан электр токи билан ишлов беришнинг самарадорлигини характерлайди. Олиб борилган тадқиқотлар натижасида «Қора Кишмиш» навли узум новда қаламчаларини экишдан олдин ўзгарувчан электр токи билан дастлабки ишлов беришда таъсир қилувчи факторлар сифатида ишлов бериш кучланиши ( $U$ ), ишлов бериш вақти ( $\tau$ ) ва электродлар орасидаги масофа ( $l$ ) ни олиш ҳамда шу факторларни ўзгартирган ҳолда тадқиқотлар олиб борилса қаламчалар тутувчанлигини оширишга имкон яратади

Юқорида келтирилган маълумотлар асосида ток новда қаламчаларини экишдан олдин ўзгарувчан электр токи билан дастлабки ишлов беришда фойдаланиладиган технологияни энергетик хусусиятларини ўрганиш даврида шундай фикрни илгари суриш мумкин бўлади. Қаламчаларни электр авжлантириш орқали илдиз ҳосил бўлиш даражасини ошириш ва бу билан тутувчанлик даражасини оширишда технологик жараёнларнинг алоҳида қисмларини электр занжирининг элементлари сифатида қараш мумкин бу технологияни тўлиқ тушинишга имкон яратади. Қаламчаларни энергия билан таъминлашда электрод ва ток қаламчаси орасидаги масофа ( $l_1$ ), ток қаламчасининг узунлиги ( $l_2$ ), электродлар орасидаги масофа ( $l_3$ ), сув билан қопланган электрод майдони ( $S_1$ ) ва ток қаламчаларининг юзаси

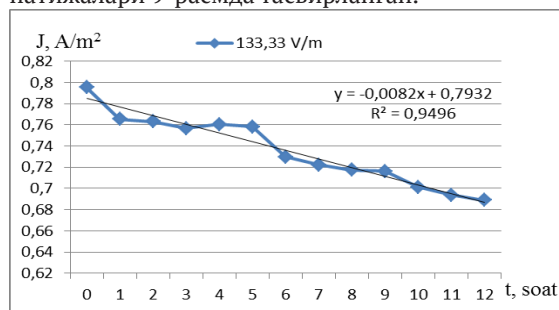
( $S_2$ )ни эътиборга олишни талаб қилинади. 8-расмда ток қаламчасидан ўтадиган ток зичлигини ишлов бериш вақтига боғлиқлиги графиги келтирилган.



8-расм. Ток қаламчасидан ўтадиган ток зичлигини ишлов бериш вақтига боғлиқлиги графиги

Тажриба натижаларини таҳлил қилиш орқали шундай хулосага келиш мумкинки, ўзгарувчан электр токи ёрдамида ток новда қаламчасига ишлов берилганда ундан ўтадиган ток зичлиги вақт ўтиши билан бир хил бўлмайди. Вақтга боғлиқ ҳолатда, яъни 14–15 соат давомида ошиб боради ва ундан сўнг камайиб боради. Ишлов беришнинг дастлабки вақтларида ток қаламчалари суюқлик билан тўйинади ва намлиги ортиши ҳисобига қаршилиги камаяди. Қаламчанинг қаршилиги камайиб бориши ҳисобига ундан ўтадиган ток миқдори ортади. Ишлов бериш вақти 14–16 соатдан ошгандан сўнг қаламча хужайраларида ўтказувчанлик фаолияти камайганлиги (хужайралар шикастланиши) ҳисобига ундан ўтадиган ток оқими камайиб боради. Демак, ток новда қаламчаларига экишдан олдин ўзгарувчан электр токи билан дастлабки ишлов беришда ишлов бериш давомийлигини 14–16 соатдан сўнг тўхтатилиши мақсадга мувофиқ. Бу меъёрдан ортиқ ишлов бериш қаламчаларининг хужайра тўқималарига салбий таъсири орқали уларда илдиз шаклланмаслиги орқали тутмаслигига олиб келади.

Тажриба стендидаги электродлар орасидаги масофа 50 см, уларга берилган кучланиш 10, 22, 40 Вольтни ташкил этди. Ўтказилган тажриба 4 марта такрорланди ва ҳар бир қайтаришда кузатувлар вақти 24 соатни ташкил қилди. Намунадаги ток қаламчадан ўтаётган ток зичлиги  $j$ , А/м<sup>2</sup> (2.32) формула ёрдамида ҳисоблаб топилди. Ток қаламчаларига юқорида тасвирланган методологияга асосан амалга оширилганда электр токиннинг оқими вақт ўтиши билан камайиб бориши кузатилди. Тажриба натижалари 9-расмда тасвирланган.



9-расм. Ток қаламчасидан ўтадиган ток зичлигининг ишлов бериш вақтига боғлиқлиги графиги (сувга солинмаган)

Тажриба узумнинг 50 см узунликдаги қаламчасида олиб борилди. Дастлабки ишлов берилган қаламчадан ўтган ўзгарувчан электр токи вақт ўтиши билан камайиб бориши кузатилди. Яъни электродлар орасига жойлаштирилган қаламча вақт ўтиши билан сувсизланади

ва қаршилиги ошади. Бу жараёнга тўғри пропорционал ҳолатда, яъни қаршилиқ ошган сари қаламчадан оқадиган ток камайиб боради. Ток қаламчаларини экишда уларни намлиги ГОСТ 28181-89 ва ГОСТ 1191-2009 га асосан 46 фоиздан кам бўлмаслиги керак. Демак, ток қаламчаларини экишдан олдин ўзгарувчан электр токи билан дастлабки ишлов беришда намлигини етарли ҳолатда сақлаш ва киритилган энергияни етказиб бериш қулайлигини ҳисобга олиб, сувда солинган ҳолатда ишлов бериш энг мақул ҳисобланади.

**Хулоса.** Ток қаламчаларини электр авжлантириш учун энергияни киритишда электр занжирнинг энергетик хусусиятларини ўрганиш даврида қуйидаги хулосаларга келинди:

1. Узумнинг “Қора кишмиш” нави қаламчаларига электр ишлов бериш орқали уни электр авжлантириш мумкин. Натижада қаламчаларга электр ишлов бериш технологик жараёнларининг алоҳида қисмларини электр занжирининг элементлари сифатида қараш мумкинлиги аниқланди.

2. Ток қаламчаларига экишдан олдин электр ишлов беришнинг алмаштириш схемасида электрод ва сув ўртасидаги ( $R_p, R_7$ ), электрод ва ток қаламчаси орасидаги сувнинг ( $R_2, R_6$ ), ток қаламчаси ва сув орасидаги ( $R_3, R_5$ ), ток қаламчаси ( $R_4$ ) ва электр токи ўтказувчи сувнинг қаршилиги ( $R_8$ ) ҳисобга олинади.

3. Ток қаламчаларига экишдан олдин электр ишлов бериш орқали уни электр авжлантириш мумкин. Натижада ток новда қаламчаларга электр ишлов беришда қаламча намлигини ҳисобга олиш ва ГОСТ 28181-89 га асосан 46% дан кам бўлмаслиги шарт эканлиги аниқланди.

4. Икки муҳитли (сув ва қаламча) тизимнинг технологик режимларини ўрганишда электродлар ва қаламчалар орасидаги сувнинг умумий қаршилиги

( $R_1$ ), ток қаламчаси қаршилиги ( $R_2$ ) ҳамда электр токи ўтказувчи сувнинг қаршилиги ( $R_3$ ) қийматини аниқлаш муҳим ҳисобланади. Натижада ток қаламчалари томонидан ютиладиган энергияни аниқлаш имкони яратилди.

5. Ток қаламчаларига экишдан олдин электр ишлов беришда геометрик ўлчамларини ҳисобга олиш муҳим параметрлардан бири ҳисобланади. Натижада ГОСТ 1191-2009 (O'zDSt 1191:2009) ва ГОСТ 28181-89 бўйича ҳамда тажрибалар натижалари асосида қаламчалар диаметри 1,2–1,5 см оралиғида, кўндаланг кесим юзаси ( $S$ ) қиймати 113,04–176,625 мм<sup>2</sup> оралиқда бўлиши аниқланди.

6. Ток новда қаламчаларига экишдан олдин электр ишлов бериш қаламчалар тутувчанлик даражасини оширади. Бунда ишлов бериладиган муҳитга киритиладиган энергия турли факторларга боғлиқ бўлиши ва унинг қийматлари амалий ҳамда назарий жиҳатдан ўрганилди. Натижада ток новда қаламчаларига экишдан олдин дастлабки электр ишлов беришда ишчи камера ичига жойлаштирилган электродлар орасидаги масофа ( $l$ ), ишлов бериш кучланиши ( $U$ ), электр токининг таъсир вақти ( $\tau$ )ни ҳисобга олиш кераклиги аниқланди.

7. Ток қаламчаларни энергия билан таъминлашда электрод ва ток қаламчаси орасидаги масофа ( $l_1$ ), ток қаламчасининг узунлиги ( $l_2$ ), электродлар орасидаги масофа ( $l_3$ ), сув билан қопланган электрод майдони ( $S_1$ ) ва ток қаламчаларининг юзаси ( $S_2$ ) ни эътиборга олиш қаламчаларни электр авжлантиришда муҳим омиллардан бири эканлиги аниқланди.

№	Адабиётлар	References
1	Султонов К.С. Узумнинг юқори сифатли сертифицик атланган кўчатларини ишлаб чиқариш тизимининг илмий асослари. Авторифарат. Диссертация кишлоқ хўжалиги фанлари доктори. – Тошкент, 2018. – 222 б.	Sultonov KS <i>Uzumning yukori sifatli sertifikatlangan kuchatlarini ishlab chikarish tizimining ilmiy asoslari</i> [Scientific basis of the system of production of high quality certified grape seedlings] Authorship. Dissertation Doctor of Agricultural Sciences.- Tashkent, 2018. Page 222. (in Uzbek)
2	Н.М.Маркаев, Ў.Ҳолиқназаров, Ш.Юсупов. Электроманнит майдон энергиясидан электротехнологик мақсадларда фойдаланиш имкониятлари // “Ўзбекистон кишлоқ ва сув хўжалиги” журнали. – Тошкент, 2019. – Махсус сон. – Б. 50-51.	NM Markaev, O. Kholiknazarov, Sh. Yusupov <i>Elektromagnit may-don energiyasidan elektrotehnologik maksadlarda foydalanish imkoniyatlari</i> [Opportunities for the use of electromagnetic field energy for electrotechnological purposes] Journal of Agriculture and Water Resources of Uzbekistan Special issue 2019. November 11, 2019. Pp. 50-51. (in Uzbek)
3	Погосян К.С., Бабаханян М.А. Выращивание саженцев винограда на гидропонике. Виноделие и виноградарство. – Москва, 2001. – №2. – 29 с.	Pogosyan K.S., Babakhanyan M.A. <i>Vyrashchivaniye sazhentsev vinograda na gidroponike</i> [Growing grape seedlings hydroponically] Winemaking and viticulture. Moscow, 2001. No2.29 p. (in Russian)
4	Лучинкин А.А. О стимулирующем действии электрического тока на виноградные прививки / Науч. Тр. УСХА. – Киев, 1980. Вып. 247. – 124 с.	A.A. Luchinkin <i>O stimulirujushhej dejstvii jelektricheskogo toka na vinogradnye privivki</i> [On the stimulating effect of electric current on grape vaccinations] Scientific. Tr. MUSHROOM. Kiev, 1980. Issue. 247. P 124. (in Russian)
5	ГОСТ 1191-2009 (O'zDSt 1191:2009). Узум кўчатлари ва қаламчалари. Умумий техникавий шартлар. – Тошкент, 2009. – 12 б.	GOST 1191-2009 (OzDSt 1191: 2009). <i>Uzum kuchatlari va kalamchalari</i> [Grapes and pens] General technical conditions.- Tashkent, 2009. 12 p. (in Uzbek)
6	Лыков А. С., Шебетеев В. А., Скворцов В. А. Энергетические показатели установки электростимуляции черенков винограда. Technical science “Colloquium-journal” 3(27). 2019. – С. 37-40.	Lykov A.S., Schebeteev V.A., Skvortsov V.A. <i>Energeticheskiye pokazateli ustanovki elektrostimulyatsii cherenkov vinograda</i> [Energy indicators of the installation of electrical stimulation of grape cuttings] Technical science “Colloquium-journal” No3 (27). 2019, 37-40 p. (in Russian)
7	Малтабар Л.М. Еще раз о системе и суперинтенсивной технологии производства сертифицированного посадочного материала. Питомниководство винограда. – Краснодар, 2004. – С. 8-16.	Maltabar L.M. <i>Yeshche raz o sisteme i superintensivnoy tekhnologii proizvodstva sertifikirovannogo posadochnogo materiala</i> [Once again about the system and superintensive technology for the production of certified planting material] Nursery grapes.Krasnodar, 2004. Pp.8-16. (in Russian)

8	Кудряков А.Г. Стимуляция корнеобразования черенков винограда электрическим полем: Автореферат. Диссертация канд.техн.наук. – Краснодар, 1999. – 23 с.	<i>Kudryakov A.G. Stimulyasiya korneobrazovaniya cherenkov vinograda zhelektricheskim polem</i> [Stimulation of root formation of grape cuttings by an electric field]: Authorized fats. Dissertation for Candidate of Technical Sciences, Krasnodar, 1999, 23 p. (in Russian)
9	Кудряков А.Г., Перекомый Г.П., Радчевский П.П., Лыков А.С., Безлер С.Ю. Повышение способности корнеобразования виноградных черенков с помощью электрического тока. – Краснодар, 1999. – 23 с.	<i>Kudryakov A.G., Perekomy G.P., Radchevsky P.P., Lykov A.S., Bezler S.Yu. Povyshenie sposobnosti korneobrazovaniya vinogradnykh cherenkov s pomoshch'yu elektricheskogo toka</i> [Increasing the rooting ability of grape cuttings using electric current.] Krasnodar, 1999, 23 p. (in Russian)
10	ГОСТ 28181-89. Черенки виноградной лозы. Технические условия. – Москва, 2007. – 8 с.	GOST 28181-89. <i>Cherenki vinogradnoy lozy</i> [Grapevine cuttings] Technical conditions. Moscow, 2007. 8 p. (in Russian)
11	Радчевский П.П., Черкунов В.С., Трошин Л.П. Применение биологически активного вещества «Радикс» при выращивании виноградного посадочного материала // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №60(06). – С. 358 – 378.	<i>Radchevsky P.P., Cherkunov V.S., Troshin L.P. Primenenie biologicheskoi aktivnoi veshchestva «Radiks» pri vyrashchivanii vinogradnogo posadochnogo materiala</i> [The use of the biologically active substance "Radix" in the cultivation of grape planting material] Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (Scientific journal KubSAU) Krasnodar: KubSAU, 2010. No. 60 (06). Pp. 358 - 378. (in Russian)
12	Радчевский П.П., Трошин Л.П. Регенерационные свойства виноградных черенков под влиянием обработки их гетероауксином в зависимости от сортовых особенностей // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №03(077). – С. 1194–1223.	<i>P.P. Radchevsky, L.P. Troshin Regeneratsionnye svoystva vinog-radnykh cherenkov pod vliyaniem obrabotki ikh geteroauksinom v zavisimosti ot sortovykh osobennostey</i> [Regenerative properties of grape cuttings under the influence of their treatment with heteroauxin depending on varietal characteristics] Scientific journal KubSAU. Krasnodar: KubGAU, 2012. No03 (077). Pp. 1194-1223. (in Russian)
13	Н.М.Маркаев, Ш.Юсупов, Б.Хушбоқов, Ш.Рахмонов. Узум кўчатларини илдиш отиш жараёнини авжлантиришда электротехнологик усуллардан фойдаланиш // "Агро илм журнали". – Тошкент, 2020. – Махсус сони [70]. – Б. 41-42.	<i>N.M.Markaev, Sh.Yusupov, B.Khushboqov, Rakhmonov Uzum kuchatlarini ildiz otish zharayonini avzhlantirishda elektroteh-nologik usullardan foydalanish</i> [Use of electrotechnological methods in accelerating the process of rooting of grape seedlings] Agro Ilm Journal Special Issue [70], 2020. November 23, 2020. Pp. 41-42. (in Uzbek)
14	Т.Байзаков, Н.Маркаев, Ш.Юсупов. Изучение воздействия энергии электромагнитного поля на соответствующие виды растительного мира и обоснование возможности применения их в технологических целях // "Ўзбекидрозэнергетика" журналы. – Тошкент, 2020. – III (7) 7.10.	<i>T. Baizakov, N. Markaev, Sh. Yusupov Izucheniye vozdeystviya energii elektromagnitnogo polya na sootvetstvuyushchiye vidy rastitel'nogo mira i obosnovaniye vozmozhnosti primeneniya ikh v tekhnologicheskikh tselyakh</i> // "Ўзбекидрозэнергетика" журналы. – Тошкент, 2020. – III (7) 7.10.2020. Pp 25-28. (in Russian)
15	Berdishev A S., Markaev NM., Hasanov J. Effects of electrophysical processing on the development of vine root roots. E3S Web of Conferences 264, 04090 (2021). CONMECHYDRO 2021	Berdishev A S., Markaev NM., Hasanov J. Effects of electrophysical processing on the development of vine root roots. E3S Web of Conferences 264, 04090 (2021). CONMECHYDRO 2021
16	Радчевский П.П. Влияние импульсного электромагнитного поля на регенерационную активность черенков винограда сорта молдова // Научный журнал КубГАУ. – Кубань, 2014. – №95(01). – 26 с.	<i>P.P. Radchevsky Vliyanie impul'snogo elektromagnitnogo polya na regeneratsionnyuyu aktivnost' cherenkov vinograda sorta moldova</i> [Influence of a pulsed electromagnetic field on the regenerative activity of grape cuttings of the moldova variety] Scientific journal KubSAU, No. 95 (01), 2014. 26 p. (in Russian)
17	Никольский М.А. Совершенствование приемов активизации корнеобразования у подвоев и сортов винограда при производстве саженцев. Дис. канд. с.х. наук. – Краснодар, 2009. – 24 с.	<i>Nikolsky M.A. Sovershenstvovaniye priyemov aktivizatsii korneobrazovaniya u podvovoy i sortov vinograda pri proizvodstve sazhentsev</i> [Improving the methods of activating root formation in rootstocks and grape varieties in the production of seedlings] dis. and. s.-kh. sciences. Krasnodar, 2009. 24 p. (in Russian)
18	Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – Москва: Машиностроение, 1977. – 328 с.	<i>Sineokov G.N., Panov I.M. Teoriya i raschet pochvoobrabat-tivayuschikh mashin</i> [Theory and calculation of tillage machines.]. Moscow. Mashinostroenie, 1977. 328 p. (in Russian)
19	Маркаев Н.М. Электрофизик усулларнинг узум қалачаларида илдиш ҳосил бўлиш жараёнларга таъсири // "Irrigatsiya va melioratsiya" жўрнали. – Тошкент, 2021. – №4(26). – Б. 51-56.	<i>Markayev.N.M. Influence of electrophysical methods on the processes of root formation of grapes // №4(26).2021 Journal of "Irrigation and melioration" Tashkent, 2021. – 6. 51-56. (in Uzbek)</i>
20	Бердишев А.С., Матчонов О.Г., Маркаев Н.М. Использование электрофизических методов для ускорения роста корней винограда // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. ISSN: 2350-0328 Vol. 8, Issue. – Индия, 2021. – С. 18510-18514.	<i>Berdishev A.S., Matchonov O.Q., Markayev N.M Use of Electrophysical Methods to Accelerate Root Growth in Grapes // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. ISSN: 2350-0328 Vol. 8, Issue.- India, 2021. – C. 18510-18514. (in India)</i>

УДК: 628.292:338.312

## ВЛИЯНИЕ РАБОТЫ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА НА УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ПОМЕХАМИ

Я.Т.Адильов – к.т.н., доцент, А.М.Ниғматов- старший преподаватель, У. Ж.Джуманиязов - магистр  
Национальный исследовательский университет “ТИИИМСХ”

### Аннотация

Поскольку доступ к водным ресурсам становится ограниченным во многих регионах мира, эффективное и устойчивое орошение становится все более важным. Все дело в том, чтобы подавать достаточно влаги для получения максимального урожая без использования лишнего количества воды и энергии, чем это абсолютно необходимо. Перекачивание воды для орошения может стать серьезной статьей расходов для орошаемых земель. Повышение эффективности работы насосной станции является сегодня очень актуальной проблемой еще и потому, что это повышает рентабельность орошаемых земель. В статье рассматривается возможность снижения потребления энергии насосным агрегатом, за счет использования методов управления работой электрического привода а также влияние качества электроснабжения на работу управляемого электропривода насоса с использованием электронных систем. Качество электроснабжения в основном определяется гармоническим составом электрической энергии и непрерывностью электроснабжения, что выражается в количестве и продолжительности перебоев и провалов напряжения. Кроме этого в статье анализируется влияние использования электронных систем управления на увеличение электромагнитного загрязнения в сетях. Материалом для статьи служат результаты расчетов по повышению эффективности работы насосных станций Хамза I и Хамза II, входящих в систему Аму Бухарского Машинного Канала (АБМК).

**Ключевые слова:** Орошаемое земледелие, экономия электроэнергии, центробежный насос, законы подобия, частотное регулирование, частотный инвертер, PWD преобразователь цифровых сигналов, качество электроэнергии, гармоники тока и напряжения, ЭМП (Электро Магнитные Помехи).

## THE INFLUENCE OF THE OPERATION OF A VARIABLE-SPEED DRIVE CENTRIFUGAL PUMP ON THE LEVEL OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE POLLUTION

I.T.Adilov - Ph.D., Associate Professor, A.M.Nigmatov - Senior Lecturer, U.Zh.Jumaniyazov - Master's student  
National Research University "TIAME"

### Abstract

As access to water resources becomes limited in many regions of the world, efficient and sustainable irrigation becomes increasingly important. The aim is to provide enough moisture to achieve maximum crop yield without using excessive amounts of water and energy, which is absolutely essential. Water pumping for irrigation can be a significant expense for irrigated lands. Improving the efficiency of pumping stations is a very relevant issue today, as it increases the profitability of irrigated lands. This article discusses the possibility of reducing energy consumption by the pump unit through the use of methods to control the operation of the electric drive, as well as the influence of the quality of power supply on the operation of a controlled electric pump drive using electronic systems. The quality of power supply is mainly determined by the harmonic composition of electrical energy and the continuity of power supply, which is expressed in the number and duration of voltage interruptions and dips. In addition, the article analyzes the impact of using electronic control systems on the increase of electromagnetic pollution in the networks. The material for the article is based on the results of calculations to improve the efficiency of the Hamza I and Hamza II pumping stations, which are part of the Amu Bukhara Main Canal (ABMC) system.

**Keywords:** Irrigated agriculture, energy savings, centrifugal pump, similarity laws, frequency regulation, frequency inverter, PWD digital signal converter, power quality, current and voltage harmonics, EMI (Electromagnetic Interference).

## MARKAZDAN QOCHMA NASOSNING BOSHQARILUVCHI ELEKTR YURITMASI IŞHLASHNING ELEKTROMAGNIT IFLOSLANISH DARAJASIGA TA'SIRI

I.T.Adilov – f.f.n., dotsent, A.M.Nigmatov – katta o'qituvchi, U.J.Jumaniyazov – magistrant  
Milliy tadqiqot universiteti "TIQXMMI"

### Abstract

Dunyoning ko'plab mintaqalarida suv resurslaridan foydalanish cheklanganligi sababli, samarali va barqaror sug'orish muhimroq bo'ladi. Bu zaruratdan ko'ra ko'proq suv va energiya sarflamasdan maksimal hosil olish uchun etarli namlikni ta'minlashdir. Sug'orish uchun suvni quyish sug'oriladigan yerlar uchun katta xarajat bo'lishi mumkin. Nasos stansiyasining samaradorligini oshirish bugungi kunning dolzarb muammosi bo'lib, sug'oriladigan yerlarning rentabelligini ham oshiradi. Maqolada elektr haydovchining ishlashini boshqarish usullarini qo'llash orqali nasos blokining energiya sarfini kamaytirish imkoniyati, shuningdek elektr ta'minoti sifatining boshqariladigan elektr haydovchining ishlashiga ta'siri muhokama qilinadi. elektr tizimlar yordamida nasos. Elektr ta'minoti sifati, asosan, elektr energiyasining harmonik tarkibi va uzilishlar va kuchlanish pasayishlarining soni va davomiyligida ifodalangan elektr ta'minotining uzluksizligi bilan belgilanadi. Bundan tashqari, maqolada elektron boshqaruv tizimlaridan foydalanish tarmoqlarda elektromagnit ifloslanishning oshishiga ta'siri tahlil qilinadi. Maqola uchun material Buxoro Dvigatel kanali (ABMK) Amu tizimiga kiruvchi Xamza I va Hamza II nasos stansiyalarining samaradorligini oshirish bo'yicha hisob-kitoblarni natijalaridir.

**Tayanch so'zlar.** Sug'oriladigan qishloq xo'jaligi, energiya tejash, markazdan qochma nasos, o'xshashlik qonunlari, chastotani nazorat qilish, chastota inverter, PWD raqamli signal konvertori, quvvat sifati, oqim va kuchlanish harmoniklari, EMI (Elektro Magnetic Interference).

**Введение.** По площади орошаемой земли используемой в сельском хозяйстве Узбекистан занимает одно из первых мест в мире. На сегодняшний день ирригационными системами охвачено более 2.1 млн. гектаров земли. Для орошения используются 1130 насосных станций, из них 76 крупных с производительностью  $Q=100 \text{ м}^3/\text{сек}$ , 496 станций средней мощности с производительностью  $Q=10 \text{ м}^3/\text{сек}$  и 561 мелких насосных станций с производительностью  $Q=1 \text{ м}^3/\text{сек}$ . По потреблению электрической энергии насосные станции используют более 20% от общего объема производимой в Республике энергии за год. С учетом климатических изменений начавшихся в мире, а также имея в виду дефицит электрической энергии в республике возникла острая необходимость

в регулировании производительности работы, насосных агрегатов. Успех процесса регулирования производительности насосного агрегата напрямую зависит от качества электрической энергии подаваемой на электропривод насоса. Электрическая энергия, должна соответствовать регламентированным стандартам, с точки зрения количества и качества, чтобы обеспечить работоспособность устройств и продлить срок их службы. Непрерывность и качество электропитания должны быть гарантированы. Стандарты качества электроэнергии были установлены с целью гарантировать устойчивую и правильную работу всех потребителей электрической энергии. Утвержденные стандарты контролируют как производителей электричества, так и потребителей. Качество электроснабжения

в основном определяется генерацией высоких гармоник и непрерывностью электроснабжения. С другой стороны увеличение использования электронных систем управления вызывает увеличение электромагнитного загрязнения в сетях. Таким образом, необходимо принять основные превентивные меры для минимизации загрязнения. Современные насосные станции оснащенные центробежными насосами повышают эффективность использования воды и энергии при управлении их режимами работы электронными системами управления, такими как тиристорный регулятор напряжения, Частотный инвертер (VFD), которые облегчают управление работой электропривода насоса. В то же время, эти устройства являются основными источниками, генерирующими ЭМП гармониками, которые создают электромагнитное загрязнение. Были проанализирована работа 2х насосных станций, в течение двух поливных сезонов (2020-2021 гг.) с точки зрения качества электроэнергии, поставляемой электрическими сетями, и помех, создаваемых электронными системами управления и защиты электроприводов центробежных насосов. Проведенные исследования качества электроснабжения оросительных насосных станций и влияние на них ЭМП может объяснить некоторые проблемы, выявленные при эксплуатации других насосных станций входящих в систему АБМК. Более того, материалы исследования могут быть полезны пользователям и исследователям, для выбора основных параметров, которые необходимо учитывать для улучшения качества электроснабжения и минимизации степени электромагнитного загрязнения.

**Материал и методы.** Данное исследование проводилось в течение 2х поливных сезонов (2020-2021 гг.) на 2х насосных станциях, входящих в систему АБМК (Хамза1 и Хамза 2) расположенных в Алатском районе Бухарской области. Все эти насосные станции имеют напорные оросительные сети с использованием вод реки Амударья для перекачки воды из реки в оросительную сеть. Структурно, Насосная станция Хамза 1 состоит из двух частей: 1. Электроснабжение, включающая в себя Трансформаторную Подстанцию (ТП-110/10кВ)-для питания 5 насосных агрегатов, каждый из которых мощностью 500кВА. 2. Технологическая включающая в себя Насосные Агрегаты ( M1-M5)

На схеме Рис 1 приняты следующие обозначения:

T1,T2 силовые трансформаторы типа ТДТН110/10кВ, мощностью 16000кВА каждый, включенные параллельно; Q1-Q11 высоковольтные масляные выключатели; QS1-QS8 высоковольтные разъединители; M1-M5- насосные агрегаты. Современные насосные станции используются в ирригационных системах в Узбекистан оснащены двумя типами управляющих систем [2],[4]: - 1- системы регулирующие режим работы двигателей насосных агрегатов; 2- системы защиты электрических двигателей привода насосов от аварийных или ненормальных режимов работы. Учитывая категорию надежности работы насосных станций, схема электроснабжения систем управления и защиты насосных станций предполагает снабжение электрической энергией, помимо основного и от резервного источника. С учетом вышеизложенного на насосных станциях Хамза 1 и Хамза 2 установлены комплекты шкафов управления типа ControlLC(D)108s, для управления работой магистральных насосов и шкафы релейной защиты типа ШЭЛТ. Обе системы имеют высокую степень надежности и оснащены 2х сторонним питанием в комплектации с АВР (системой Автоматического Включения Резерва). По рабочей схеме используемой в системах орошения Узбекистана, в период полива используются нерегулируемые насосные агрегаты с Электрическим приводом на базе Синхронного Двигателя. В период, когда насосная станция работает в обычном режиме в целях экономии электрической энергии, для полива используется насосные агрегаты с регулируемой скоростью электропривода на базе Асинхронного Двигателя (АД). На схеме Рис1, из 5 Н.А М1, М2, М3 –нерегулируемые, а М4, М5- НА с регулируемой

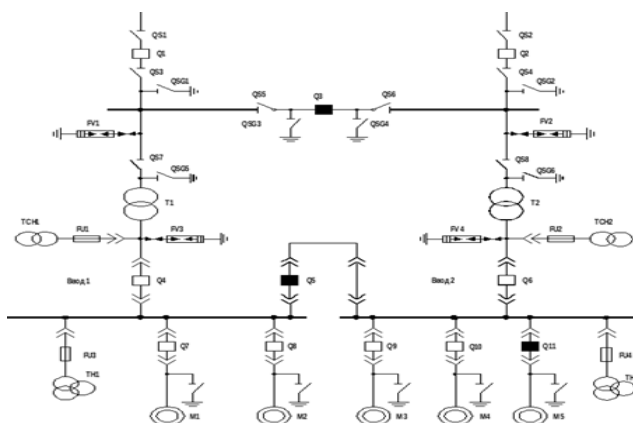


Рис 1. Однолинейная электрическая схема насосной станции Хамза 1,2

скоростью вращения.

## 2.2 Эффект Регулирования скорости

На сегодняшний день наиболее используемыми методами регулирования производительности системы «насос – трубопровод» регулирование с помощью управление скоростью Асинхронного Электропривода насоса с использованием метода Частотного Регулирования. В работе [3] проведены исследования определяющие эффективность метода с точки зрения экономии электроэнергии.

Известно, что центробежные насосы работают следуя закону подобия и конечно эти законы регулируют работу крыльчатки во всем диапазоне скоростей [2]

Анализ показывает, что сегодня Частотное

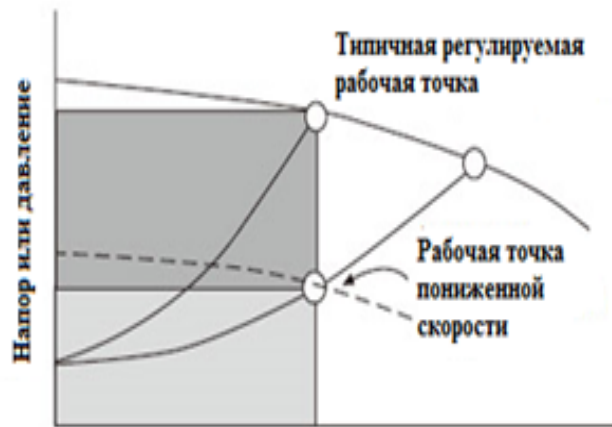


Рис 2. Эффективность регулирования скорости вращения центробежного насоса.

Регулирование (ЧР), это самый эффективный метод управления скоростью АД [3]. Этот метод дает серьезную экономию электроэнергии и высокую точность регулирования.. Выражения (1,2) являются математическим выражением закона ЧР.

Формула (1) показывает закон изменения напряжения U, для управления работой центробежных насосов и вентиляторов.

Метод технически реализуется схемой ЧР на Рис 3.

$$\frac{U}{f^2} = \text{const} \quad (1)$$

$$n_0 = \frac{60f}{p} \quad (2)$$



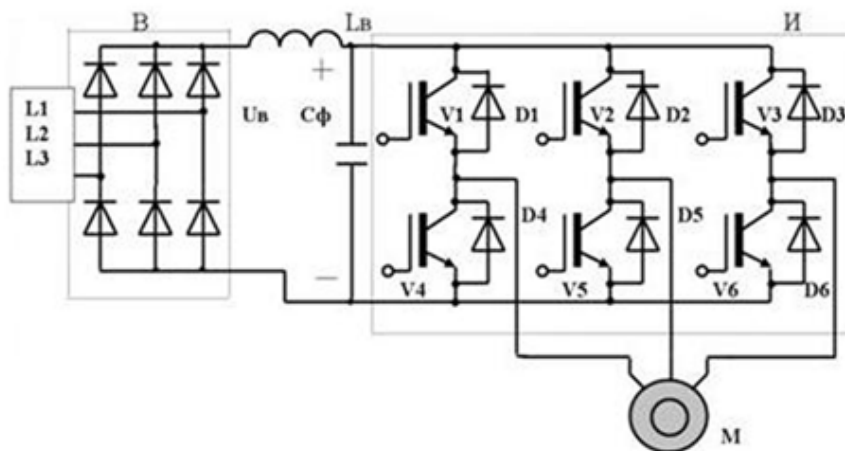


Рис 3. Схема Частотного Регулятора (VFD) скорости вращения электропривода центробежного насоса.

Используя формулы [1-4] мы рассчитали экономический эффект от регулирования скорости АД привода насоса с использованием системы ЧР.

Производительность насоса  $Q=3600\text{ м}^3/\text{мин}$  и высота подъема (давление)  $H=120\text{ м}$ .

Таблица 1

Параметры АД привода центробежного насоса.

Тип АД	$P_n$ , кВт	$n$ , об/мин	КПД, %	$\cos\phi$	$K_m$	Вес, кг
450 X 613 6кВ	500	1000	94,4	0,85	1,8/2,2	2620

Таблица 2

Диапазон изменения скоростей АД в зависимости от изменения частоты  $f$ .

$f(\text{Hz})$	25	35	40	45	50
$n(\%)$	50	70	80	90	100

В расчетах использовались формулы (1-5) Результаты расчетов сведены в Таблица 3

Таблица 3

Параметры насосного агрегата с регулируемой скоростью.

$F(\text{Гц}/\%)$	25/50%	35/70%	40/80%	45/90%	50/100%
$n(\text{об}/\text{мин})/\%$	500/50%	700/70%	800/80%	900/90%	1000/100%
$Q(\text{м}^3/\text{мин})/\%$	1800/50%	2520/70%	2880/80%	3240/90%	3600/100%
$H(\text{м})/\%$	30/25%	60/49%	77/64%	97/81%	120/100%
$xP(\text{кВт})/\%$	66/13%	181/39%	271/51%	386/73%	529/100%

По результатам расчетов построены графики изменения основных параметров центробежного насоса в зависимости от изменения скорости вращения.

При уменьшении скорости  $n$  на 30% экономия электрической энергии составила 61%(348кВт), если  $n$  уменьшить на 50%, то экономия составит 87%(463кВт). Таблица 4 иллюстрирует результаты расчетов при изменении скорости вращения насоса в диапазоне от  $n=100\%$  ( $f=50\text{ Гц}$ ) до  $n=30\%$  ( $f=15\text{ Гц}$ ). По закону подобия, выражения (1-3), диапазон экономии электрической энергии от  $xP=0$  до  $xP=97\%$ .

Из графика Рис.5 видно, что при изменении скорости  $n$  на 10%, экономия энергии составила 27%(143кВт), а при

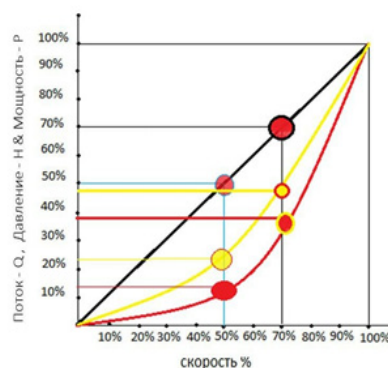


Рис 4.График изменения основных параметров центробежного насоса при уменьшении скорости на 30% и на 50%.

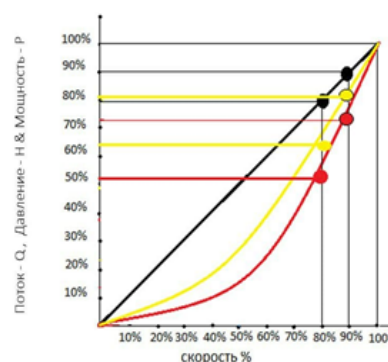


Рис 5. График изменения основных параметров центробежного насоса при уменьшении скорости на 10% ( $f=45\text{ Гц}$ ) и на 20% ( $f=40\text{ Гц}$ ).

уменьшения  $n$  на 20%, экономия составила 51%(258кВт).

Влияние системы управления VFD на электромагнитное загрязнение

Принцип работы системы управления VFD предполагает работу частотного инвертора на постоянном токе. Поэтому составной частью схемы VFD (Рис3) является 3х фазный выпрямитель AC\DC который и является основным источником электромагнитных помех.

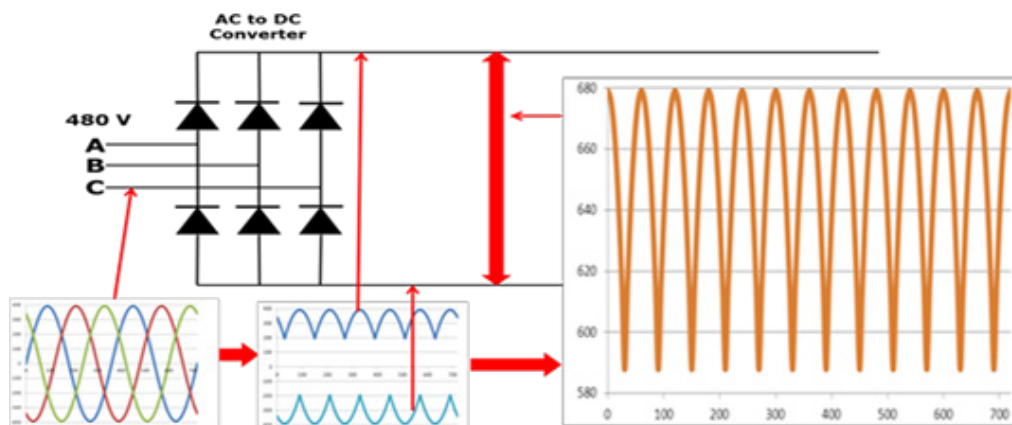


Рис 6. Схема AC\DC преобразователя в системе VFD

Насосные станции Хамза 1,2 оснащены электронными устройствами, такими как приводы с регулируемой скоростью, которые облегчают управление, повышая эффективность использования воды и энергии. В то же время, эти устройства являются основными компонентами, генерирующими гармоники, ответственными за электромагнитное загрязнение. Нечетные Гармоники являются наиболее важными в группе нарушений формы кривой.

Гармоники можно определить по трем показателям: порядок (n), отдельные гармонические возмущения напряжения (%Vn) и тока (%In) и Общие Гармонические Возмущения (ОГВ). Одним из наиболее важных является ОГВ по напряжению (%VOГВ) и току (%IOГВ), который характеризует качество источника питания, поскольку он учитывает влияние всех гармоник, генерируемых на основном компоненте волны. Помимо этих параметров, форма кривой напряжения и тока, а также коэффициент мощности могут быть включены в качестве параметров качества электропитания, которые связаны с наличием гармоник.

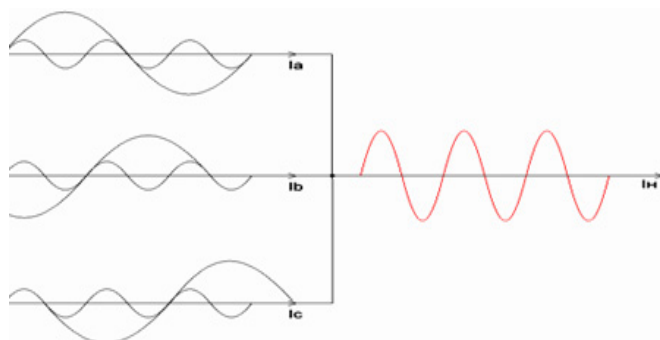


Рис 7. Осциллограмма появления высших гармоник кратных 3.

Тенденция гармоник напряжения и тока во всех Н.С одинакова. В цепях управления Н.С, четные гармоники имеют незначительную амплитуду из-за симметрии фаз. Среди нечетных гармоник более высокой амплитудой являются гармоники порядка 5 (250 Гц), 7 (350 Гц) и 11 (550 Гц), которые появляются в периоды низкого и высокого водопотребления. Это типичный эффект от работы AC\DC выпрямителя в схеме частотно-регулируемого VFD привода Рис 6. Результаты полученные при замерах, были меньше, чем установлено Европейским стандартом EN 50160 (1999 г). Основные гармоники (5, 7 и 11) имеют большую амплитуду, чем остальные, в основном в

периоды малой потребности в воде. Это объясняется тем, что при малом водопотреблении работают только насосы с регулируемой скоростью, которые являются основными устройствами, ответственными за генерацию гармоник в сети.

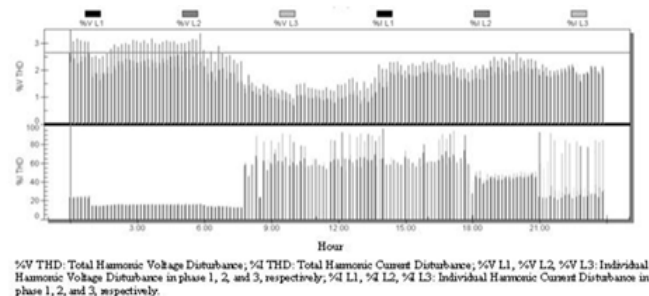


Рис 8. Динамика %I ОГВ и %V ОГВ во время пикового водопотребления в НС Хамза 1,2 (07-16-2007г)

На Рисунке 8 показано изменение ОГВ напряжения (%V ОГВ) и тока (%I ОГВ) в течение периода пикового водопотребления, которое можно использовать для анализа влияния частотно-регулируемых приводов на производительность насосной станции. На Н.С Хамза1 (рис. 8) %I ПГВ имеет более высокие значения в период с 8.00 до 21.00. Это связано с тем, что в эти периоды потребность в воде низкая, и работают только насосы с регулируемой скоростью. Для Н.С Хамза 2 результаты были очень похожими. В целом, %V ОГВ никогда не превышал 8%, установленных в качестве предела для %V ОГВ европейским стандартом EN 50160 (1999).

### 3.3 Форма волны

Форма волны позволяет нам графически проанализировать возмущение, создаваемое приводами с регулируемой скоростью на волне, которая теоретически должна быть синусоидальной. На рисунках 9 и 10, показаны формы волны напряжения и тока каждой фазы для периода низкой водопотребности (высокое значение %I ОГВ) и для периода высокой водопотребности (низкое значение %I ОГВ) для Н.С Хамза1,2 соответственно. Согласно рисункам возмущение более важно в форме волны тока, чем волны напряжения. Следовательно, искажение формы волны тока в период малой нагрузки (рис. 9) характерно для работы частотно-регулятора скорости (VFD) привода насоса, поскольку именно в этот период работают насосы с управляемым VFD приводом. В период высокой водопотребности, когда работают также стационарные, нерегулируемые насосы, искажение формы волны тока уменьшается (рис. 10).

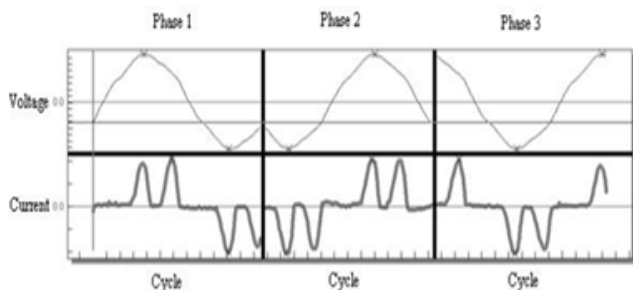


Рис 9. Формы волн тока и напряжения в период малой водопотребности в на Н.С Хамза1 (25.09.2007, 10:30-00.00)

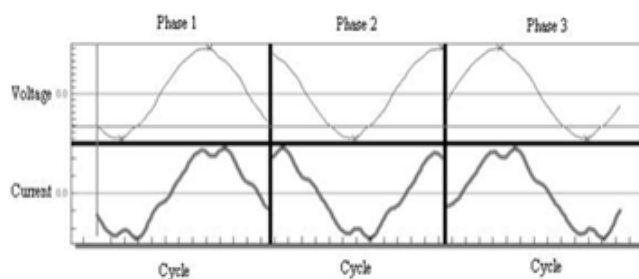


Рис 10. Формы волн тока и напряжения в период высокой потребности в воде в Н.С Хамза 1 (27.07.2007, 20:00).

Заключение.

1. Прогнозируемые климатические изменения в регионе ЦА предъявляют жесткие требования к оросительным системам, используемым для орошаемого земледелия, в части экономии воды и электроэнергии.

2. Наиболее заметным преимуществом насосов с регулируемой скоростью является экономия энергии, которая во многих случаях весьма значительна.

3. Из всех возможных вариантов регулирования частоты вращения центробежного насоса оптимальным является частотное регулирование частоты вращения электродвигателя.

4. Применение частотного преобразователя позволяет не только стабилизировать давление воды в трубопроводе, но и добиться необходимой плавности его изменения при включении и выключении насоса.

5. На всех проанализированных насосных станциях выявлено несколько характерных проблем с качеством электроснабжения, например, перебои, провалы и скачки напряжения.

6. Нарушения, такие как нечетные гармоники, возникали из-за систем VFD. Опыт эксплуатации НС Хамза 1 и Хамза 2 с управляемыми центробежными

насосами показывает что не превышаются пределы Электромагнитных Помех, установленных ГОСТ 13109-97 и европейским стандартом EN 50160 (1999).

7. В 2х проанализированных Н.С в течение длительного времени работают только насосы с регулируемой скоростью, которые являются основными источниками появления ЭМП и гармоник кратных 3. Поэтому очень важно установить правильные фильтры, корректирующие генерацию гармоник.

8. Материал статьи показывает принципиальную важность правильного проектирования оборудования, в том числе системы защиты и компенсации, которые улучшат работу нагрузок, уменьшат затраты на электроэнергию и техническое обслуживание, а также предохранят системы управления и защиты от ложных срабатываний.

9. На всех Н.С входящих в систему АБМК, несмотря на то, что пределы параметров качества электроснабжения были ниже установленных ГОСТ 13109-97 и Европейским стандартом EN 50160, их следует периодически проверять в ближайшем будущем, чтобы определить, ухудшается ли качество электроснабжения.

№	Литература	References
1	Dan Peters, Yaskawa America, Inc. Yaskawa 06/28/2017 yaskawa.com Issue June 2017	Dan Peters, Yaskawa America, Inc. Yaskawa 06/28/2017 yaskawa.com Issue June 2017
2	Stiven Boren; ABB Drives and Controls 08/10/2018	Stiven Boren; ABB Drives and Controls 08/10/2018
3	С.А. Байбаков, Е.А. Субботина, К.В. Филатов, В.М. Нагдасев, А.Ю. Желнов, Частотно-регулируемый привод. Регулирование центробежных насосов и методы регулирования отпуски тепла в тепловых сетях. Журнал "Новости теплоснабжения" №12 (160), 2013 г., www.nts.ru/12_2013.html	С.А. Байбаков, Е.А. Субботина, К.В. Филатов, В.М. Нагдасев, А.Ю. Желнов, Частотно-регулируемый привод. Регулирование центробежных насосов и методы регулирования отпуски тепла в тепловых сетях. Журнал "Новости теплоснабжения" №12 (160), 2013 г., www.nts.ru/12_2013.html
4	Шабанов В.А., Кабаргина О.В. Определение диапазонов регулирования скорости вращения магистральных насосных агрегатов // Электротехнические комплексы и системы: межвузовский науч. сб. – Уфа: УГАТУ, 2009. – С. 145-150.	Шабанов В.А., Кабаргина О.В. Определение диапазонов регулирования скорости вращения магистральных насосных агрегатов // Электротехнические комплексы и системы: межвузовский науч. сб. – Уфа: УГАТУ, 2009. – С. 145-150.
5	Нечваль А.М. Основные задачи при проектировании и эксплуатации магистральных нефтепроводов. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2005. – 81 с.	Нечваль А.М. Основные задачи при проектировании и эксплуатации магистральных нефтепроводов. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2005. – 81 с.
6	EN 50160 European Standard. (1999). Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems.	EN 50160 European Standard. (1999). Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems.
7	Ferracci, P. (2004). The quality of electrical energy. Schneider Training Center. Technical Table No. 199. Schneider Electric España, S.A., Barcelona, Spain.	Ferracci, P. (2004). The quality of electrical energy. Schneider Training Center. Technical Table No. 199. Schneider Electric España, S.A., Barcelona, Spain.
8	Novotny, W., Pérez, J.O., Ferrao, H., Sánchez, R., & Torres, J. 2002. Measurement, processing and recording of harmonic components for electrical distribution networks. Department of Electricity, Electronics and Computing. Faculty of Exact Sciences and Technology, National University of Tucumán, Argentina.	Novotny, W., Pérez, J.O., Ferrao, H., Sánchez, R., & Torres, J. 2002. Measurement, processing and recording of harmonic components for electrical distribution networks. Department of Electricity, Electronics and Computing. Faculty of Exact Sciences and Technology, National University of Tucumán, Argentina.
9	Pérez, A., Bravo, N., & Llorente, M. (2000). The threat of harmonics and their solutions. Thomson, Paraninfo, S.A., Madrid, Spain.	Pérez, A., Bravo, N., & Llorente, M. (2000). The threat of harmonics and their solutions. Thomson, Paraninfo, S.A., Madrid, Spain.
10	Schonek, J. (2001). The peculiarities of the 3rd harmonic. Schneider Training Center. Technical Table No. 202. Schneider Electric España, S.A., Barcelona, Spain.	Schonek, J. (2001). The peculiarities of the 3rd harmonic. Schneider Training Center. Technical Table No. 202. Schneider Electric España, S.A., Barcelona, Spain.

УЎТ: 519.2:501

## ULTRABINAFSHA NURIDAN FOYDALANIB SUVINI ZARARSIZLANTIRISHNI ASOSLASH

A.S.Berdishev – t.f.n., dosent, M.Ibragimov – t.f.n., dosent, Z.Z.Djumabayeva – tayanch doktorant, "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti

### Аннотасија.

Ushbu maqolada suvni asosiy ifloslantirish manbalari, kimyoviy, fizik va mikrobiologik ifloslanishlar, qishloq xo'jaligi korxonalaridagi oqova suv tarkibidagi ifloslik miqdorlari va ularning tozalash usullari hamda zararsizlantirish texnologiyalari tahlil qilingan bo'lib, suvni ultrabinafsha nurlar bilan zararsizlantirish taklif etilgan. O'zD ST 950:2000 bo'yicha «Ichimlik suvi, gigiyenik talablar va sifatni nazorat qilish» talabiga muvofiq bo'lishi uchun ichimlik suvining qattiqligi 2,5–7 mg-ekv/1 bo'lishi ichimlik suvini viruslardan va parazitlardan tozalash uchun ultrabinafsha nurlanish dozasi kamida 40 MJ/sm<sup>2</sup> bo'lishi, oqava suvlarni zararsizlantirish uchun kamida 30 MJ/sm<sup>2</sup> UF dozada bo'lishi aniqlangan. Ultrabinafsha nurlanishning tirik organizmlarga ta'siri bo'yicha dastlabki o'tkazilgan tadqiqotlarda 250–266 nm diapozonda joylashgan mikroorganizmlarning inaktivatsiyasi uchun optimal to'lqin uzunligi topildi va bakteritsid ta'sirining egri chizig'i chizildi to'lqin uzunligi 200 mikrondan 295 mikrongacha bo'lgan ultrabinafsha nurlar eng katta bakteritsid ta'sirga ega ekanligi aniqlandi. Maksimal samaradorlik 254 mikron atrofida joylashgan.

**Kalit so'zlar:** oqova suv, kimyoviy ifloslanish, mikrobiologik ifloslanish, ultrabinafsha, bakterisit oqim, vegetativ bakteriyalar, protozoa kistalari, viruslar, bakteriya sporalari.

## ОСНОВЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО СВЕТА

A.C.Berdishev – k.t.n., docent, M.Ibragimov – k.t.n., docent, Z.Z.Djumabaeva – bazoviy doktorant, Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»

### Аннотация

В данной статье анализируются основные источники загрязнения воды, химическое, физическое и микробиологическое загрязнение, количество примесей, содержащихся в сточных водах сельскохозяйственных предприятий, а также методы их очистки и технологии обеззараживания, предполагающие обеззараживание воды ультрафиолетовым излучением.

Установлено, что жесткость питьевой воды составляет 2,5–7 мг-экв/1, что соответствует требованию "Питьевая вода, гигиенические требования и контроль качества" согласно uzd ST 950:2000, доза ультрафиолетового излучения для очистки питьевой воды от вирусов и паразитов составляет не менее 40 МДж/см<sup>2</sup>, и доза составляет не менее 30 МДж/см<sup>2</sup> МКФ. В первых исследованиях воздействия ультрафиолетового излучения на живые организмы была найдена оптимальная длина волны для инактивации микроорганизмов, обнаруженных в диапазоне 250–266 нм, и была нарисована кривая бактерицидного действия. Было обнаружено, что ультрафиолетовые лучи с длиной волны от 200 до 295 мкм обладают наибольшим бактерицидным действием. Максимальная эффективность составляет около 254 микрон.

**Ключевые слова:** сточные воды, химическое загрязнение, микробиологическое загрязнение, ультрафиолет, бактерицидный ток, вегетативные бактерии, цисты простейших, вирусы, бактериальные споры.

## BASICS OF WATER DISINFECTION USING ULTRAVIOLET LIGHT

A.S.Berdishev – c.t.s., associate professor, M.Ibragimov – c.t.s., associate professor, Z.Z.Djumabaeva – doctoral student National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"

### Abstract

This article analyzes the main sources of water pollution, chemical, physical and microbiological pollution, the amount of impurities contained in the wastewater of agricultural enterprises, as well as methods for their purification and disinfection technologies, involving disinfection of water with ultraviolet radiation.

It has been established that the hardness of drinking water is 2,5–7 mg-eq/1, which meets the requirement "Drinking water, hygiene requirements and quality control" according to uzd ST 950:2000, the dose of ultraviolet radiation for cleaning drinking water from viruses and parasites is not less than 40 MJ/cm<sup>2</sup>, and the dose is not less than 30 MJ/cm<sup>2</sup> ICF. In the first studies of the effects of ultraviolet radiation on living organisms, the optimal wavelength for inactivation of microorganisms found in the range of 250–266 nm was found, and a bactericidal action curve was drawn. It was found that ultraviolet rays with a wavelength of 200 to 295 microns have the greatest bactericidal effect. The maximum efficiency is about 254 microns.

**Key words:** sewage, chemical pollution, microbiological pollution, ultraviolet, bactericidal current, vegetative bacteria, protozoan cysts, viruses, bacterial spores.

**Kirish.** Hozirgi vaqtda chekka qishloqlarda yashovchi aholini ichimlik suvi bilan ta'minlash muammosi dolzarb vazifa hisoblanadi. Chekka qishloqlarda mavjud bo'lgan suv manbalari patogen bakteriyalar bilan ifloslangan va ularni ishlatishdan oldin zararsizlantirish kerak. Aholi punktlarining uzoqda joylashganligi sababli, iqtisodiy tarafdin shahar sharoitidagi an'anaviy usullardan foydalangan holda bajarish qiyinchiliklar tug'diradi. Chekka qishloqlarning iqtisodiy ahvoli va olisda joylashganligi sababli rivojlangan infratuzilmaning (elektr energiyasi, aloqa) yo'qligi muammodir.

Shu bois, respublika qishloq joylarida sifatsiz suvdan kelib chiqadigan yuqumli kasalliklar foizi ancha yuqori. Bu borada ixcham va samarali suv tozalash qurilmalarini ishlab chiqish, ularning narxi qishloq aholisi uchun hamyonbop bo'lishi alohida dolzarb ahamiyatga ega.

#### **Ichimlik suvi tanqisligining zamonaviy muammolari.**

Asosiy ifloslanish manbalari va ayni paytda tozalangan suvning asosiy iste'molchilari sanoat, qishloq xo'jaligi va maishiy xo'jaliklardir. O'z navbatida, ifloslanishning asosiy shakllariga fizik-kimyoviy, biologik va termal kiradi. Fizik ifloslanish bu suv havzalariga qum, loy yoki turli xil qoldiqlar kabi yomon eriydigan aralashmalar kiradi. Termal ifloslanishi odatda alohida tur sifatida ajralib turadi, chunki asosiy ifloslantiruvchi komponent atrof-muhitga bilvosita ta'sir qiluvchi issiqlik energiyasidir. Suv omborini qo'shimcha tarzda isitish undagi biologik jarayonlarni sezilarli darajada o'zgartirishi, suv o'tlari yoki protozoalarning tez o'sishiga olib kelishi mumkin, ularni tozalash zarurati suvni tozalash jarayoni sezilarli darajada murakkablashtiradi. Ammo shuni ta'kidlash kerakki, termal ifloslanish ham ijobiy ta'sir ko'rsatishi mumkin, shuning uchun "issiqlik ifloslanishi" atamasi nisbiydir va atrof-muhitga ta'sir qilish darajasi har bir holat uchun alohida baholanishi kerak.

Kimyoviy ifloslanish – bu turli sanoat yoki sanoat va qishloq xo'jaligiga xos bo'lgan kimyoviy moddalarning suv havzalariga tushishidir. Xususan, neft mahsulotlari, og'ir metallar birikmalari, sirt faol moddalar (sirt faol moddalar) va nitratlar bilan ifloslanishini alohida ta'kidlash kerak, ularning asosiy manbai qishloq xo'jaligi o'g'itlarini yuvishdir. Biologik ifloslanish holatida organik moddalar va mikroorganizmlar (shu jumladan patogen va parazitlar) bilan ifloslanish kiradi. Bundan tashqari, biogen kelib chiqadigan azot va fosforga boy bo'lgan bir qator kimyoviy birikmalar ma'lum organizmlar uchun ozuqa muhiti bo'lib, suv omborining bunday birikmalar bilan ifloslanishi uning eutifikatsiyasiga - asta-sekin o'sib borishiga, keyinchalik botqoqlikka aylanishiga olib keladi.

Yer yuzasidagi tabiiy suv manbalari suvini vodoprovod tarmog'iga yuborishdan oldin tindiriladi, tiniqlashtiriladi va zararsizlantiriladi.

Suvni tindirilishi tozalashning fizik usuliga mansub bo'lib, suvga yoki uning tarkibidagi ifloslantiruvchi moddalarga ta'sir qilish uchun ishlatiladigan turli xil fizik hodisalarga asoslanadi. Katta hajmdagi suvni tozalashda bu usul birinchi navbatda qattiq moddalarni olib tashlash uchun ishlatiladi va tozalashning keyingi bosqichlarida yukni kamaytirish uchun mo'ljallangan suvni zararsizlantirishning dastlabki bosqichi sifatida ishlaydi. Shu bilan birga, suvni chuqur tozalashni amalga oshiradigan bir qator fizik usullar mavjud, ammo, bunday usullarning unumdorligi past.

**Suvni tozalashning kimyoviy usuli.** Oqova suvlarni kimyoviy tozalashga neytrallashtirish, oksidlash va qaytarish usullari kiradi. Bu usullarni amalga oshirish uchun turli reagentlardan foydalaniladi. Shu sababli ham jarayonni o'tkazish qimmatga tushadi. Bu usullar erigan moddalarni

ajratib olishda, suv ta'minotining yopiq tizimida ishlatiladi. Odatda kimyoviy tozalash usuli biologik tozalashdan oldin taxminiy tozalash sifatida yoki biologik tozalashdan so'ng oqova suvni to'liq tozalash maqsadida o'tkaziladi.

#### **Suvni tozalashning fizik va kimyoviy usullari.**

Nomidan ko'rinib turibdiki, suvni tozalash usullarining ushbu guruhi suvni ifloslantiruvchi moddalarga kimyoviy va fizik ta'sirlarni birlashtiradi. Ular juda xilma-xildir va turli xil moddalarni olib tashlash uchun ishlatiladi. Ular orasida erigan gazlar, yuzako dispers suyuqlik yoki qattiq zarralar, og'ir metallar ionlari, shuningdek, erigan holatda bo'lgan turli moddalar mavjud.

Fizik-kimyoviy usullarni tozalashdan oldingi bosqichda ham, chuqur tozalash uchun keyingi bosqichlarda ham qo'llash mumkin. Suvni tozalashning biologik usuli tirik organizmlardan foydalanishga asoslangan. Usulning ravshanligiga qaramay, biologik tozalash oqava suvlarni tozalashda eng ilg'or va istiqbolli yo'nalish hisoblanadi. Jarayonni amalga oshirish uchun odatda har xil turdagi bakteriyalar qo'llaniladi, lekin u pastki zamburug'lar va suv o'tlari, protozoa va hatto qizil qurtlar va qon qurtlar kabi ba'zi ko'p hujayrali organizmlar ham bo'lishi mumkin.

Biologik tozalash usulining xususiyatlaridan biri ma'lum bir kimyoviy tarkibdagi oqava suvlarni optimal tozalash uchun ma'lum tirik organizmlarni tanlash imkoniyatidir. Shunday qilib, Nitrobacter va Nitrosomonas kabi nitrifikator bakteriyalar oziqlanish jarayonida azot o'z ichiga olgan birikmalarni oksidlashga qodir va fosfordan suvni tozalash uchun fosfat to'playdigan organizmlar ishlatiladi. Biologik tozalash quyidagi sharoitlarda amalga oshirilishi mumkin: maishiy-xo'jalik va sanoat oqova suvlarini erigan organik va anorganik moddalar (vodorod sulfid, sulfidlar, ammiak, nitritlar)dan tozalashda qo'llaniladi. Tozalash jarayoni mikroorganizmlarning ushbu moddalarni o'z hayoti faoliyatida ozuqa sifatida foydalanishiga asoslangan, chunki organik moddalar mikroorganizmlar uchun uglerod manbayi hisoblanadi.

Oqava suvlar to'la tozalab bo'lingandan so'ng zararsizlantiriladi va asosan chorva mollari uchun ozuqa etishtirish uchun yerlarni sug'orishda toza suv bilan ma'lum nisbatda aralashtirilgan holda ishlatiladi.

O'zD ST 950:2000 bo'yicha «Ichimlik suvi, gigiyenik talablar va sifatni nazorat qilish» talabiga muvofiq ichimlik suvining qattiqligi 2,5–7 mg-ekv/1 bo'lishi kerak. Suvning qattiqligi 4 mg-ekv/1 bo'lganda ham suv ta'minoti tizimlarida va santexnika jihozlarida ko'p miqdorda cho'kma yig'iladi. Qattiq suv inson organizmiga, sanoat va maishiy qurilmalarga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun qurilmalar ishdan chiqishining oldini olish maqsadida suv yumshatiladi. Ayrim mamlakatlarda suvlarning qattiqligi turlicha sinflanadi.

Suvning mikrobiologik ifloslanishi sog'liq uchun xavfli baholashda eng muhim rol o'ynaydi. Adabiyot tahlillariga ko'ra, yuqumli kasalliklar tarqalishida suv omilining roli nafaqat kamaygan, balki ba'zi hollarda kuchayib bormoqda. Yangi patogenlarning paydo bo'lishi yoki odamning yuqumli patologiyasida roli ilgari faraziy deb hisoblangan kasalliklarning suv orqali yuqishi mumkinligi qayd etilgan.

Yuqumli kasalliklarning oldini olishga qaratilgan suvni tozalashning yetakchi usuli zararsizlantirish hisoblanadi. Hozirgi kunda mavjud qo'llanilib kelayotgan xlordan uzoq muddatli foydalanish uning sanitariga ko'rsatkichlari, opportunistik va patogen mikrofloraga nisbatan ancha samarasizligi bilan izohlanadi. Keyingi yillarda olib borilgan tadqiqotlar natijasida xlor orqali zararsizlantirilgan suvlarda qoldiq xlor ko'p qolayotganligi, buning natijasida inson

organizmidagi har xil o'simtlarning rivojlanishiga sabab bo'lmoqda. Shu sababdan chidamli shakllari paydo bo'lganligi aniqlandi. Suv inshootlarida tozalash va zararsizlantirishning barcha bosqichlaridan so'ng, opportunistik bakteriyalar, protozoa, mikroalglar zamburug'lar va viruslar avjlanib bormoqda.

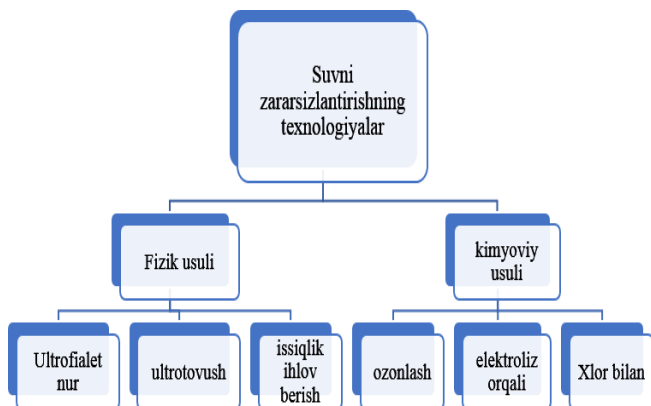
Bundan kelib chiqqan holda, ichimlik suvining mikroblar bilan ifloslanishi muammosi holatini, birinchi navbatda, epidemiya xavfsizligini ta'minlashning asosiy sharti sifatida uni zararsizlantirish bo'yicha hal etilmagan ustuvor vazifa nuqtai nazaridan ko'rib chiqish kerak.

#### 1-jadval

#### Qishloq xo'jaligi korxonalaridagi oqova suv tarkibidagi ifloslik miqdorlari

Nº	Korxonalar turi	Quyqa moddalari mg/l	BPK mg/l
1	Junga birlamchi ishlov berish korxonasi	10-30	8-14
2	Kenaf zavodi	100-120	30-130
3	Ipak yigiruv fabrikasi	235	600
4	Ip yigiruv fabrikasi	300	240
5	Teri - charm zavodi	100-300	160-250
6	Yog' maxsulotlari zavodi	1500/20	2400/32
7	Gisht kombinati	1500/500	800/400
8	Uzum sharbati zavodi	140	182
9	Transformator zavodi	200	170-250
10	Gisht zavodi	60-10000	-
11	Temir-beton maxsulotlari zavodi	250	180
12	Avtogaraj	1200/30	70-80
13	Ximchistka	160	60

1-rasmda suvni zararsizlantirishning texnologik sxemasi keltirilgan.



1-rasm. Suvni zararsizlantirishning texnologiyalari.

Suvning yuqumli xavfsizligi muhim va dolzarb muammodir, shuning uchun suvni mikroorganizmlardan tozalashning ko'plab usullari hozirgi kunda mavjud. Zararsizlantirish usullarini takomillashtirish davom etmoqda. Ular yanada samarali va qulayroq bo'ladi. Hozirgi vaqtda quyidagi usullar eng yaxshi deb hisoblanadi:

- yuqori harorat yordamida issiqlik bilan ishlov berish biroq, qaynatishning bitta kamchiligi bor: suv taxminan bir kun xavfsiz hisoblanadi, shundan so'ng bakteriyalar va viruslar yana unga joylashishi mumkin.

- ozonlanish bu usul o'rnatishning yuqori narxi va yuqori energiya iste'moli bilan tavsiflanadi.

- ultratovush bilan zararsizlantirish lekin bu juda ko'p pul

va to'g'ri ishlashni talab qiladi.

- elektrogidravlik bilan zararsizlantirish afzallik – bu ta'sirning uzoq muddatli saqlanishi (4 oygacha) va kamchilik – bu katta xarajat va yuqori energiya iste'moli.

Shu munosabat bilan ichimlik suvini tozalash va zararsizlantirish uchun yangi yuqori samarali, energetik jihatdan maqbul va gigienik jihatdan mos texnologiyalarni izlash katta amaliy ahamiyatga ega. Bunday usulga biza suvning ultrabinafsha nuri bilan zararsizlantirishni olmoqami. Bu usul ta'siri juda uzoq vaqtdan beri ma'lum. ultrabinafsha nuri quyosh nuri yerning ozon qatlamidan tashqarida moslashtirilmagan mikroorganizmlarni muvaffaqiyatli yo'q qilishiga o'xshaydi. Ultrabinafsha (UB) DNKda o'zaro bog'lanishlar hosil qilish orqali hujayralarga ta'sir qiladi, buning natijasida hujayra bo'linish qobiliyatini yo'qotadi va o'ladi.

Mavjud tahlillar asosida shuni aytishimiz mumkinki, bugungi kunda suvni zararsizlantirishda xlorldash, ozonlash, elektrogidravlik ishlov berish va UB nur bilan ishlov berish orqali zararsizlantiriladi.

Suvni ultrabinafsha nurlari bilan zararsizlantirish uchun uzunligi 2,5 m. gacha bo'lgan yuqori quvvatli UB lampalar (quvvati 300 Vt. dan 900 Vt. gacha) yordamida zamonaviy qurilmalardan foydalanilmoqda. Ultra binafsha nur ichimlik suvini tayyorlash uchun 25 va 40 MJ/sm<sup>2</sup> ultra binafsha nur dozalari qo'llaniladi.

Ichimlik suvini viruslardan va parazitlardan tozalash uchun ultrabinafsha nurlanish dozasi kamida 40 MJ/sm<sup>2</sup> bo'lishi zarur. Oqava suvlarni zararsizlantirish uchun kamida 30 MJ/sm<sup>2</sup> UB dozasi standartlashtirilgan. Pastroq dozalarni qo'llash virus patogenlarini samarali yo'q qilishga imkon bermaydi.

Chiqindilarni qayta ishlatishda ularni zararsizlantirish uchuni 40 MJ/sm<sup>2</sup> dan 80 MJ/sm<sup>2</sup> gacha UB dozalari qo'llaniladi. 2-jadvalda suvni turli mikroorganizmlardan tozalash uchun UB dozasining talab qilinadigan darajasi va dezinfeksiyaning samaradorlik ko'rsatgichlari keltirilgan.

#### 2-jadval.

#### Suvni turli mikroorganizmlardan tozalash uchun UF dozasining talab qilinadigan darajasi va dezinfeksiyaning samaradorlik ko'rsatgichlari

Mikroorganizm	UF dozasini talab qilinadigan Darajasi (mJ/sm <sup>2</sup> ). Dezinfeksiyaning samaradorlik ko'rsatgichi		
	90%	95%	99,9%
(Staphylococcus aureus)	4,9	5,7	6,6
(Escherichia coli)	3,0	4,5	6,6
(Pseudomonas aeruginosa)	5,5	7,6	10,,5
(Salmonella sp.)	2-8	4-11	6-15
Mikobakteriya tuberkulyozi (Mycobacterium tuberculosis)	5,4	7,4	10
gripp virusi (Influenza virus)	3,6	4,9	6,6
Poliomielit virusi (Poliovirus)	11	15,7	21
Ротавирус (Rotavirus)	13	17	24
Klebsiella pnevmoniyasi	12	14	17,5
Acinetobacter baumannii	3,3	-	-
Penicillium jinsiga mansub zamburug'lar	12-14	16-18	22-26
Koronaviruslar (Coronaviridae)	-	-	10-20

3-jadval.

**Past va o'rtta bosimli lampalarning xususiyatlari**

Parametr	Lampalar ND	Lampalar SD
elektr energiyasini konvertatsiya qilish va bakteritsid FIK,	40 gacha	20 gacha
Bir lampaning quvvati	350 Br gacha	10 кВт gacha
Ishlaydigan sirt harorati °C	40-140	600 dan ortiq
Xizmat ko'rsatish muddati, soat	16 000 gacha	8000 gacha
Xizmat muddatining oxiriga kelib yorituvchanligining pasayishi, %	15-30	30-50

Ultrabinafsha nurlanishning tirik organizmlarga ta'siri bo'yicha birinchi o'tkazilgan tadqiqotlarda 250-266 nm dipzonda joylashgan mikroorganizmlarning inaktivatsiyasi uchun optimal to'lqin uzunligi topildi va bakteritsid ta'sirining egri chizig'i chizildi. To'lqin uzunligi 200 dan 295 mikrongacha bo'lgan ultrabinafsha nurlar eng katta bakteritsid ta'sirga ega ekanligi aniqlandi. Maksimal samaradorlik 254 mikron atrofida joylashgan.

Ultrabinafsha nurlanish ta'sirini molekullarda sodir bo'ladigan reaksiyalar bilan solishtirganda. Shunday qilib, bakteriyalarning inaktivatsiyasi asosan DNKning qaytarilmas shikastlanishi tufayli sodir bo'lishi aniqlandi. UF nurlanishining mikroorganizmlarga yana bir ta'siri hujayra membranalarining shikastlanishidir. Dezinfektsiya darajasini hisoblash formulasi quyidagicha:

$$\frac{N}{N_0} = e^{-k \cdot I \cdot t} \quad (1)$$

bu erda  $N_0$  - nurlanishdan oldingi hujayralar soni;

$N$  - nurlanishdan keyingi hujayralar soni;

$I$  - UV nurlanishining intensivligi;

$t$  - ta'sir qilish vaqti;

$k$  - mikroorganizmlar turiga qarab koeffitsient.

Ko'p turdagi mikroorganizmlarning ultrabinafsha nurlanishiga chidamliligi sezilarli darajada farq qiladi: past dozalardan (bakteriyalar uchun) nisbatan yuqori dozalarga (sporalar uchun). Ko'pgina hollarda mikroorganizmlar ultrabinafsha nurlanishiga chidamlilik nuqtai nazaridan quyidagicha tartibga solinadi: vegetativ bakteriyalar < protozoa kistalari < viruslar < bakteriya sporalari.

Nurlanish dozasi  $D$  yoki mikroorganizmlarga beriladigan energiya miqdori UF dezinfektsiya zavodining asosiy xarakteristikasi hisoblanadi. Bu ta'sir qilishning o'rtacha intensivligi ( $I$ ) ta'sir ostida o'tkazilgan o'rtacha vaqtga ( $t$ ) ko'paytmasi teng:

$$D = I \cdot t \quad (2)$$

Chunki, kimyoviy variantlardan farqli o'laroq, ultrabinafsha dezinfektsiya bilan radiatsiya dozasining yuqori chegarasini cheklashning hojati yo'q, har doim muayyan sharoitlar uchun optimal dozani tanlash mumkin. Epidemiya sharoitida dezinfektsiya qilinadigan suvning sifatiga qarab, sanoat sharoitida 25-40 mJ/sm<sup>2</sup> ultrabinafsha nurlanish dozalarini ta'minlash tavsiya etiladi.

UF dezinfektsiya blokining asosiy elementi ultrabinafsha nurlanish manbai bo'lib xizmat qiluvchi chiroqdir. Mikroblarga qarshi lampalarning ikkita asosiy turi mavjud: simob, past bosimli (LP) va yuqori bosimli (HP) desarij lampalari. Past bosimli lampalar elektr energiyasini radiatsiyaga aylantirishning yuqori samaradorligi va nisbatan past (200 Vt gacha) birlik quvvatiga ega, ko'pincha 15 dan 30 Vt gacha (jadval).

Yuqori bosimli UF lampalar katta (10 kVtgacha) quvvatga ega, bu ularning sonini kamaytirish va o'rnatish hajmini kamaytirish imkonini beradi, ammo radiatsiyadan foydalanishning energiya samaradorligi past. Ushbu lampalarning spektri ozon hosil bo'lishiga olib keladigan qisqa to'lqinli nurlanishni o'z ichiga oladi.

Barcha energiya yo'qotadigan lampalar uviol shishasidan (ultrabinafsha o'tkazuvchanligi yuqori bo'lgan shisha) ishlab chiqariladi va mintaqada 200 dan 300 nm gacha intensiv nurlanishga ega, maksimal 253 nm to'lqin uzunligida. Ish paytida UF chiroqning kuchi tushadi. UF chiroqning muhim dinamik xususiyatlari quvvat o'zgarishi tezligi va radiatsiya manbasining ishlash muddati hisoblanadi.

**Xulosa.**

1. Ichimlik suvini zararsizlantirish samaradorligi belgilangan muntazamlilik va ko'plab qoidalar asosan nazorat qilinadi va ichimlik suvni zararsizlantirishning juda ko'p turli usullari har qanday sharoit uchun eng yaxshi variantni tanlash imkonini beradi. To'g'ri zararsizlantirilgan va tozalangan suv inson iste'moli uchun xavfsiz omildir.

2. O'zD ST 950:2000 bo'yicha «Ichimlik suvi, gigiyenik talablar va sifatni nazorat qilish» talabiga muvofiq bo'lishi uchun ichimlik suvining qattiqligi 2,5-7 mg-ekv/1 bo'lishi ichimlik suvini viruslardan va parazitlardan tozalash uchun ultrabinafsha nurlanish dozasi kamida 40 mJ/sm<sup>2</sup> bo'lishi, oqava suvlarni zararsizlantirish uchun kamida 30 mJ/sm<sup>2</sup> UF dozada bo'lishi aniqlandi.

3. Dastlabki o'tkazilgan tadqiqotlarda 250-266 nm dipzonda joylashgan mikroorganizmlarning inaktivatsiyasi uchun optimal to'lqin uzunligi topildi va bakteritsid ta'sirining egri chizig'i chizildi. To'lqin uzunligi 200 mikrondan 295 mikrongacha bo'lgan ultrabinafsha nurlar eng katta bakteritsid ta'sirga ega ekanligi aniqlandi. Maksimal samaradorligi 254 mikron atrofida.

№	Адабиётлар	References
1	Мусенко А.А. Изменение состава воды при помощи универсальной электрогидравлической установки // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – Тюмень, 2020. – Том 67. – N 2(39). – С. 156-162	1. Musenko A.A. "Izmenie sostava vody pri pomoshchi universal elektrogidravlicheskoy ustanovki" / <i>Elektrotexnologii va elektrooborudovanie v APK. Tyumen 2020. -Tom 67. - N 2(39). - S. 156-162</i>
2	Бердышев А.С. Исследование воздействий электромагнитных полей на -процесс обеззараживания воды // Журнал «Вестник науки», Акмолинский сельскохозяйственный институт. – Акмола, 2006. – №4. – С. 311-313.	Berdyshev A.S. "Issledovaniye vozdeystviy elektromagnitnykh poley na -protssess obezzarazhivaniya vod" / zhurnal «Vestnik nauki», Akmoliskiy sel'khozaystvennyy institut – Akmola, 2006. – №4. - С. 311-313.
3	Бердышев А.С., Ибрагимов М, Ли-Фан М. Способ обеззараживания воды / -опубл. в Расмий ахборотнома, – Ташкент, 1998. – №3 – С. 126-131.	Berdyshev A.S., Ibragimov M., Li-Fan M. "Water disinfection method" / publ. in Rasmiy ahborotnoma, Tashkent. 1998. - No. 3 - S. 126-131.
4	Белов А.А., Мусенко А.А., Васильев А.Н., Топорков В.Н. Проведение эксперимента по обеззараживанию воды обработкой высоковольтными разрядами // Вестник НГИЭИ. – Челябинск. 2019. – №8(99). – С. 34-43.	Belov A.A., Musenko A.A., Vasil'yev A.N., Toporkov V.N. "Provedeniye eksperimenta po obezzarazhivaniyu vody obrabotkoy vysokovol'tnymi razryadami" / Vestnik NGIEI. Chelyabinsk. 2019. - N8(99). - S. 34-43.
5	Белов А.А., Топорков В.Н., Васильев А.Н. Планирование и проведение отсеивающего эксперимента по исследованию получения удобрений при электрогидравлической обработке растворов // Международный технико-экономический журнал. – Челябинск, 2018. – №5. – С. 22-28.	Belov A.A., Toporkov V.N., Vasil'yev A.N. "Planirovaniye i provedeniye otseivayushchego eksperimenta po issledovaniyu polucheniya udobreniy pri elektrogidravlicheskoy obrabotke rastvorov" / <i>Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskij jurnal. Chelyabinsk. 2018. - N5. - S. 22-28.</i>
6	Рума, Хосано Х., Сакугава Т., Акияма Х. Роль амплитуды импульсного напряжения в химических процессах, вызванных стримерным разрядом на поверхности воды / Катализаторы. – Челябинск, 2018. – Том. 8. – Вып. 5. – С. 213-215.	Ruma, Khosano KH., Sakugava T., Akiyama KH. "Rol' amplitudy impul'snogo napryazheniya v khimicheskikh protsessakh, vyzvannykh strimernym razryadom na poverkhnosti vody" / <i>Katalizatory. Chelyabinsk. 2018. - Tom. 8. - Vyp. 5. - S. 213-215.</i>
7	Фэн Дж., Цзян Л., Чжу Д., Су К., Чжао Д., Чжан Дж. и др. Разложение водного атразина в плазме диэлектрического барьерного разряда / Наука об окружающей среде и исследование загрязнения. – Челябинск, 2016 – Том. 23. – Вып. 9. – С. 9204-9214.	Fen DJ., Szyan L., Chju D., Su K., Chjao D., Chjan DJ. i dr. "Razlojeniye vodnogo atrazina v plazme dielektricheskogo bar'yernogo razryad" / <i>Nauka ob okruzhayushchey srede i issledovaniye zagryazneniya. Chelyabinsk. 2016 - Tom. 23. - Vyp. 9. - С. 9204-9214.</i>
8	А.А.Турдибаев, Н.А.Айтбаев. Ичимлик сувни тозалашда электрфизик таъсирлардан фойдаланиш // Узакадемия научно-методический журнал, scientific-methodical journal - ISSN (E) – 2181 – 1334. – Ташкент, 2021. – С. 40-46.	A.A.Turdiybayev, N.A. Aytbayev. "Ichimlik suvni tozalashda elektrofizik ta'sirlardan foydalanish" / <i>Uzakademiya nauchno-metodicheskij zhurnal, scientific-methodical journal - ISSN (E) – 2181 – 1334, Toshkent: 2021. - B. 40-46.</i>
9	А.С. Бердишев, А.А.Турдибаев, Н.А. Айтбаев Обеззараживание жидкости методом электрогидравлического удара // "Ўзбекистонда фанлараро инновациялар ва илмий тадқиқотлар" журнали. – Тошкент, 2021. – Б. 176-186.	A.S. Berdishev, A.A. Turdiybayev, N.A. Aytbayev "Obezrazhivanie jidkosti metodom elektrogidravlicheskogo udara" / <i>Journal of interdisciplinary innovations and scientific research in Uzbekistan. Tashkent: 2021. - B. 176-186.</i>
10	А.Турдибоев, Д.Акбаров Новая электротехнология производства хлопковое масло / Илмий тадқиқот ва кадрлар тайёрлаш тизимида инновацион ҳамкорликни ривожлантиришнинг муаммолари ва истиқболлари: мавзусида халқаро илмий-амалий анжуман. - Бухоро, 2017. – Б. 147-149.	A. Turdiyboev, D. Akbarov "Novaya elektrotekhnologiya proizvodstva khlopkovoe maslo" / <i>Problems and prospects of development of innovative cooperation in the system of scientific research and personnel training: international scientific-practical conference. - Bukhara: 2017. - B. 147-149.</i>
11	А.Турдибаев, Н.А. Айтбаев Коллектор-дренаж сувларини электр кимёвий активлаштиришда энергия самарадор электротехнологияни қўллаш / Электр энергиясини ишлаб чиқариш, узатиш ва тақсимлаш ҳамда ундан оқилона фойдаланишнинг долзарб муаммолари. - Тошкент, 2020. – Б. 163-164.	A. Turdiybayev, N.A. Aytbayev "Primeneniye energoeffektivnoy elektrotekhnologii pri elektrokhimicheskoy aktivatsii kollektornodrenaznykh vod" / <i>Aktual'nyye problemy proizvodstva, peredachi i raspredeleniya elektricheskoy energii i yeye ratsional'nogo ispol'zovaniya. - Tashkent 2020. - B. 163-164.</i>
12	А.А.Турдибаев, Н.А. Айтбаев Обеззараживание питьевой воды в электроразрядных реакторах с металлической загрузкой / Замонавий таълим тизимини ривожлантириш ва унга қаратилган креатив ғоялар, таклифлар ва ечимлар: мавзусидаги 24-сонли республика илмий-амалий онлайн конференцияси. – Тошкент, 2021. – Б. 94-97.	A.A.Turdiybayev, N.A. Aytbayev "Obezrazhivaniye pitevoy vody v elektrorazryadnykh reaktorakh s metallicheskoy zagruzkoy" <i>Zamonaviy talim tizimini rivojlantirish va unga qaratilgan kreativ g'oyalar, takliflar va yechimlar: mavzusidagi 24-sonli respublika ilmiy-amaliy online konferensiyasi. -Toshkent: 2021. - B. 94-97.</i>



13	А.С. Бердишев, А.А.Турдибаев, Н.А. Айтбаев. Суюқликни электрокимёвий таъсир усули билан зарарсизлантириш / международная конференция академических наук. – Новосибирск, 2021. – С. 5-18.	A.S. Berdishev, A.A.Turdiboev, N.A. Aytbaev "Suyuklikni elektrokimyoviy ta'sir usuli bilan zararsizlantirish" / xalqaro akademik fanlar konferensiyasi. - Novosibirsk: 2021. - C. 5-18.
14	Бродский В.А., Кондратьева Е.С., Якушин Р.В., Курбатов А.Ю., Артёмкина Ю.М. Анализ перспективных физико-химических методов обработки и обезвреживания воды, содержащей высокотоксичные химические вещества и микроорганизмы / Химическая промышленность сегодня. – 2013. – № 2. – С. 52-56.	Brodskiy V.A., Kondrat'yeva Ye.S., Yakushin R.V., Kurbatov A.YU., Artomkina YU.M. "Analiz perspektivnykh fiziko-khimicheskikh metodov obrabotki i obezvrezhivaniya vody, sodержashchey vysokotoksichnyye khimicheskiye veshchestva i mikroorganizmy" / Khimicheskaya promyshlennost' segodnya. – 2013. – № 2. – S. 52-56.
15	Багров В.В., Графов Д.Ю., Десятков А.В., Кручинина Н.Е., Кутербек К.А., Нурахметов Т.Н., Якушин Р.В. Возможность интенсификации окислительно-восстановительных процессов при очистке воды за счет использования эффекта кавитации / Вода: химия и экология. – 2013. – Т. 12. – № 65. – С. 35-37.	Bagrov V.V., Grafov D.YU., Desyatov A.V., Kruchinina N.Ye., Kuterbekov K.A., Nurakhmetov T.N., Yakushin R.V. "Vozmozhnost' intensivatsii oksiditel'no-vosstanovitel'nykh protsessov pri ochildke vody za schet ispol'zovaniya effekta kavitatsii" / Voda: khimiya i ekologiya. – 2013. – T. 12. – № 65. – S. 35-37.
16	Раджабов А., Ибрагимов М.Д., Бердышев А.С. Обеззараживание и доочистка сточных вод животноводческих комплексов и ферм электроозонированием (монография). – Ташкент, 2019.	Radzhabov A., Ibragimov M.D., Berdyshev A.S. "Obezzarazhivaniye i doochistka stochnykh vod zhivotnovodcheskikh kompleksov i ferm elektroozonirovaniyem" // monografiya Toshkent-2019
17	Раджабов А. Разработка устройства для обеззараживания воды, энергоснабжаемого от возобновляемых источников энергии (монография) – Ташкент: NAVROZ, 2015. – 146 с.	Radzhabov A. "Razrabotka ustroystva dlya obezzarazhivaniya vody, energosnabjayemogo ot vozobnovlyayemykh istochnikov energii" // monografiya NAVROZ, Tashkent 2015y, 146s
18	A.S.Berdishev, Z.Z.Djumaboyeva "Evaluation of the effectiveness of electromagnetic treatment of well water" E3S Web of Conferences 209, 07016 (2020), <a href="https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020907016">https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020907016</a> .	A.S.Berdishev, Z.Z.Djumaboyeva "Evaluation of the effectiveness of electromagnetic treatment of well water" E3S Web of Conferences 209, 07016 (2020), <a href="https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020907016">https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020907016</a> .
19	A.S.Berdyshev, Z.Z.Djumabayeva, A A Abdullaev, and A. Mussabekov "Study on the traveling magnetic field water purifier" ICECAE 2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 939 (2021) 012022IOP Publishingdoi: 10.1088/1755- 1315/939/1/012022	A.S.Berdyshev, Z.Z.Djumabayeva, A A Abdullaev, and A. Mussabekov "Study on the traveling magnetic field water purifier" ICECAE 2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 939 (2021) 012022IOP Publishingdoi: 10.1088/1755- 1315/939/1/012022



УДК: 330.1:378:377:001(575.1)

## ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В УЗБЕКИСТАНЕ

У.Х.Нигмаджанов – д.э.н., профессор,

НИУ “Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства”

### Аннотация

В статье раскрыты основные положения Концепции человеческого капитала его основателей Т.Шульца, и Г.Беккера, краткая история её становления. Проведен анализ развития данного понятия учеными России и нашей страны. Особое внимание обращено практическим реформам государства по росту человеческого капитала в период обновляемого Узбекистана. Обсуждена третья сторона человеческой личности – способности к инвестициям, лежащая, наряду с двумя другими сторонами, в основе авторского определения данной категории и его структуры, с учетом особенностей менталитета народа и целей страны.

**Ключевые слова:** человеческий капитал, виды способностей человека, трудовые и человеческие ресурсы, совокупная рабочая сила, рост заработка, социальная удовлетворенность.

## ЎЗБЕКИСТОНДА ИНСОН КАПИТАЛИНИ РИВОЖЛАНИШИНИНГ НАЗАРИЯСИ ВА АМАЛИЁТИ

У.Х.Нигмаджанов – и.ф.д, профессор,

“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти”

Миллий тадқиқот университети

### Аннотация

Мақолада инсон капитали концепциясининг асосчилари – Т. Шульц ва Г.Беккернинг асосий қоидалари, унинг шаклланишининг қисқача тарихи очиб берилган. Россия ва мамлакатимиз олимлари томонидан ушбу тушунчанинг ривожлантирилиши таҳлил қилинган. Янгилаётган Ўзбекистонда инсон капиталини юксалтириш борасидаги давлатнинг амалий ишлорларига алоҳида эътибор қаратилган. Муаллиф инсон шахсининг маълум бўлган иккита қобилияти билан бирга, учинчи – инвестиция қобилиятини ҳам илмий асослаб бериб, унга янги тамойил асосида инсон капитали категорияси ва унинг тузилиши ҳақида мамлакат мақсадларини ва халқимизни менталитетини ҳисобга олган ҳолда ўз таърифини берган.

**Таянч сўзлар:** инсон капитали, меҳнат, инсон ресурслари, жами ишчи кучи, ижтимоий қониқлици.

## THE THEORY AND PRACTICE OF HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT IN UZBEKISTAN

U.Kh.Nigmatdzhanov - Doctor of Economics, Professor,

National Research University “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers”

### Abstract

The article reveals the main provisions of the Human Capital Concept of its founders T. Schultz and G. Becker, a brief history of its formation. The analysis of the development of this concept by scientists of Russia and our country is carried out. Particular attention is paid to the practical reforms of the state on the growth of human capital during the period of renewal of Uzbekistan. The third side of the human personality is substantiated - the ability to invest, which, along with two other sides, underlies the author's definition of this category and its structure, taking into account the peculiarities of the mentality of the people and the goals of the country.

**Key words:** human capital, abilities, labor resources, human resources, total labor force, wage growth, social satisfaction.

**Введение и постановка проблемы**  
2017 г. положил началу новому этапу реформ страны - этапу обновляемого Узбекистана. Она была направлена на существенные изменения во всех областях деятельности общества в интересах каждого гражданина. Следует особо подчеркнуть, что реальное практическое воплощение принципиально новой политики Президента страны Ш. Мирзиёева, начало приносить свои заметные плоды. Так, в соответствии со Стратегией действий в 2017-2021 г.г. годы, благодаря активным усилиям трудолюбивого народа валовый внутренний продукт вырос в 2,8 раза, а на душу населения в 2,6 раза, объем промышленной продукции и сельского хозяйства увеличились соответственно в 3,6 и 3,4 раза. Во многом это связано с нарастающим притоком зарубежных вложений и кредитов, выросшими в 9,8 раз. в силу открытости и прозрачности внутренней и внешней политики, постоянно улучшающихся инвестиционных условий и роста имиджа и доверия нашему Президенту на международной арене [1].

Такие высокие показатели, несмотря на пандемию, в купе с весьма значимыми демократическими

преобразованиями, на основе непрерывного диалога с народом положительно отразилось на настроениях людей. Пессимизм, бытовавший до 2017 г. у большинства жителей страны в отношении роста уровня и условий жизни, в ближайшей перспективе, сменился верой в ежегодное улучшение своего благосостояния, желанием соучастия, практически всего населения, в созидательной работе по становлению Нового Узбекистана, особенно на фоне, начатой решительной борьбы с распространенной коррупцией. Этот оптимизм послужил веским основанием для провозглашения лидером страны благородной и амбициозной цели – заложить фундамент будущего третьего Ренессанса в историческом развитии Узбекистана.

Достижение этой цели потребует продолжения и наращивания начатой работы по реализации триединой задачи: роста национального самосознания и культуры всех людей; повышения качества образовательно-воспитательного процесса всех уровней; - всемерного развития науки и научных исследований.

Перечисленные цели и задачи, стоящие перед обновляемой республикой предопределили потребность

в воспроизводстве личности человека в новом качестве - как определяющей производительной силы общества, Такой подход был уже осуществлен учеными западных стран на основе обобщения эмпирических и собственных исследований получивших в 60-годах XX в. новое выражение в виде человеческого капитала, являющегося сильнейшим драйвером и источником экономического роста и богатства всех субъектов хозяйствования и в целом страны. Затем, в 90 годы того же века эта категория стала изучаться в Российской Федерации и только с 2010 г XX1 в. начали появляться отдельные публикации об этой категории в нашей стране.

Поэтому встают ряд вопросов: о роли ученых Узбекистана в становлении и объяснении Концепции человеческого капитала; какова ситуация со степенью познания его сущности управленцами, предпринимателями, хозяйственниками и родителями; учтены ли условия и задачи стоящие перед республикой при характеристике этой категории и формировании его составляющих элементов; отражены ли выгоды инвестиций для каждого вида экономических субъектов; в какой мере в экономической политике государства и в практике их реализации уделяется внимание развитию человеческого капитала; в какой мере уровень реальной заработной платы соответствует степени образования и профессиональным навыкам и др.

В ходе анализа относительно небольшого числа имеющейся литературы выяснилось следующее.

В нашей стране понятие о человеческом капитале впервые изложено автором данной статьи в учебнике «Экономическая теория» на русском языке изданном в 2010г. В нем дано краткое определение и составные части этой категории, роль инвестиций для развития потенциала человеческой личности, росте производительности его труда и виды выгод извлекаемые каждым обладателем человеческого капитала. Причем не только индивидуумом и его семьей, но фирмой и предприятием в котором он работает, а также страной в целом.

В 2012 г. в учебнике К. Х. Абдурахманова «Экономика и социология труда» также имеются материалы о человеческом капитале. В частности, он пишет, что в историческом экономическом развитии человеческие ресурсы назывались по-разному. На последнем этапе он приобрел форму человеческого капитала и сформулировал его следующим образом: «Человеческий капитал есть сумма запаса способностей и качеств, используемых человеком в процессе производства товаров и оказания услуг». В этом определении автор не указал инвестиции, которые являются важнейшим источником прироста человеческого капитала и о каком виде способностей он пишет можно лишь догадываться. Автор определил рабочую силу как физическую и интеллектуальную способность. На самом деле интеллектуальное понятие является одним из аспектов духовности. Духовность включает интеллект, знания, науку, творчество, образование, культуру, патриотизм, а также стремление к истине [2]. Поэтому считаем целесообразным интеллектуальные способности заменить на духовные.

Оба учебника не содержат информации об уровне развития человеческого капитала в нашей республике.

С 2011г. стали публиковаться статьи, по этой категории. В частности, Ш. Акромовой [3], Б. Ш. Усманова М. К. Кадырова, Ж. Д. Эльтазарова [4], С. У. Хусенова [5], З.Р. Худойбердиева [6], М. Рахмонова [7], П. Хашимова, П. Хушвактовой [8], С. Гаибназарова [9].

Анализ содержания материалов приведенных авторов показал, что они, как правило, носят общий

познавательный характер В них нет своего определения данному понятию и составу его структурных элементов, а лишь цитируются мнения зарубежных ученых, без комментариев и разъяснений, подчеркивается способность человека к труду, но не рассматриваются проблемы его потребительских и других способностей, не описываются глубокие реформы, реализуемые на практике для развития данной категории в период обновляемого Узбекистана.

С 2022 г. начал издаваться новый научный электронный журнал «Экономика труда и человеческий капитал», в ней были опубликованы три статьи, которые принципиально отличаются от предыдущих лишь тем, что они начали наконец содержать фактические материалы по отдельным аспектам роста человеческого капитала в стране в последние годы:

в статье К.Х. Абдурахманова приведена динамика внушительного роста количества различного уровня образовательных учреждений, учащихся и студентов в них, а также числа их выпускников. В табличной форме вполне логично и обоснованно разработана автором и его коллегами по кафедре и проиллюстрированы взаимосвязи интересов каждого из трех основных экономических субъектов в результате принимаемых мер по развитию шести структурных элементов человеческого капитала [10].

в статье М. М. Холматова анализируются роль человеческого капитала в формировании и развитии цифровой экономики, а также подготовки и обеспечения соответствующими кадрами. Считаем правильным внесенные им предложения по формированию правовых и материальных основ развития человеческого капитала и разработке научно-методологических основ и способов его развития; [11].

В статье Г.Абдурахмановой, Н.Н. Шотурсуновой, У.А. Исмаилова обращается внимание на проводимые в стране реформы, направленные на обеспечение занятости женщин для повышения человеческого капитала, предоставления льгот при их обучении профессиям и предпринимательской деятельности, получения высшего образования и размещения трудовых ресурсов на основе гендерных отношений. Авторы подчеркивают важность принимаемых стратегических мер до 2030 года в достижении гендерного равенства [12].

К сожалению в статьях отсутствуют конкретные ответы на выдвинутые выше и другие вопросы, связанные с понятием человеческого капитал его развитием. Более того, до сих пор, в учебниках на государственном языке по предмету «Экономическая теория» нет материалов, раскрывающих содержание человеческого капитала

Между тем, известно, что данный предмет призван давать исчерпывающие теоретические знания по всем основным категориям изучаемых и в отраслевых экономических дисциплинах. К тому же, по рекомендации Минвуза в 2019г. о необходимости сокращения числа предметов в учебных планах за счет первого блока, во всех инженерно-технических и сельскохозяйственных вузах страны на не экономических образовательных направлениях, в том числе и в нашем университете-институте данный предмет, наряду с некоторыми другими был снят с учебных планов.

Такое неразумное решение, на наш взгляд, в условиях формирования социально-ориентированных рыночных отношений и ускорения этого процесса не способствует, а сдерживает и снижает качество подготовки кадров с рыночным мышлением и развитию человеческого капитала.

Вместе с тем, осуществляемые радикальные реформы лидером страны в обновляемом Узбекистане

были направлены в интересах человека, которые были подкреплены существенными инвестициями в развитие важнейших элементов человеческого капитала, на фоне провозглашенного нового политического и социально-экономического принципа: «Не народ служит государству, а государство служит народу».

По существу нахождение ответов на поставленные ранее (во введении) вопросы, а также внесению авторских суждений, предложений и рекомендаций, по развитию и использованию человеческого капитала посвящена данная статья, носящая весьма актуальный характер. Что касается исследований отдельных российских ученых мы критически анализируем в основном разделе статьи.

В отличие от отечественных ученых-экономистов, касательно исследований в области развития и научного изложения содержания и сущности человеческого капитала, сделавших только первые шаги, практические меры нового Президента страны Ш. Мирзиёева по значительному росту потенциала совокупной рабочей силы в период обновляемого Узбекистана заняли достойное место в политике осуществляемых реформ.

Начавший свою успешную, дальновидную и прагматичекую деятельность в сентябре 2016г. с налаживания подлинно братских взаимовыгодных отношений с соседними странами, не только исполнил чаяния и волю их народов, но и обеспечил устойчивую социально-политическую стабильность в Центрально-азиатском регионе, создав условия для безбоязненного притока крупных инвестиций в регион и прежде всего в Узбекистан - инициатора осуществления этой задачи. Продолжая заботу о людях он объявил свой курс на радикальное обновление республики во всех направлениях жизнедеятельности общества в интересах каждого человека. Такая цель нашла свое отражение в утвержденной Стратегии действий на 2017-2021 годы и разрабатываемых на ее основе ежегодных «Дорожных карт» в соответствии с которым за прошедшие годы были осуществлены немислимые преобразования. В частности, 2017г был объявлен годом «Диалог с народом и интересы человека», в соответствии с которым в стране в каждом районе были организованы народные приемные Президента куда может обратиться любой гражданин на прямую лично или виртуально со своими или общественными проблемами, часть из которых решались на месте, по другим - устнавливались сроки их выполнения, а по некоторым давались разъяснения.

В целом крен был сделан на увеличение адресной социальной помощи малообеспеченным и увеличением их доходов. Так, расходы в социальную сферу в 2021г. достигли 69,4 триллиона сумов, выросшие по сравнению с 2016 г. в 3,5 раза.

В этом же году было создано Министерство дошкольного образования с целью начала воспитания развитых детей с 3-х летнего возраста. В результате пристального внимания и заботы государства из года в год расширяется и растет эффективность деятельности данного учреждения и его подразделений. В результате если в первый год таким образованием было охвачено 27,7%, то в 2021г. уже 67,2%.

2018г объявлен «Годом активного предпринимательства, поддержки инновационных идей и технологий». В ходе общения с людьми стало понятно, что существует много препонов и трудностей, тормозящих развитию предпринимательства, являющихся лидерами в развитии экономики вообще и особенно по внедрению инноваций.. Поэтому были приняты ряд решений по их устранению и увеличению числа предпринимательского класса. Была принята специальная программа «Каждая семья – предприниматель» с оказанием им всемерной

помощи в их становлении и развитии со стороны государства. в виде льгот, преференций, субсидий и кредитов, предоставления не используемых помещений, а сельским безработным и молодежи земельных участков в аренду безработным и молодежи. Стали традиционными периодические встречи главы государства с наиболее инициативными их представителями, на которых шел открытый разговор по устранению мешающих проблем, в т.ч. в вопросах инфраструктурного обеспечения, ускорения и удешевления таможенных процедур по импорту нового технологического оборудования и экспорту своей продукции. Начало осуществлять активную работу образованное в конце 2017. Министерство инновационного развития. В результате в рейтинге Глобального инновационного индекса, определяющего тенденции инновационного развития стран мира, Узбекистан в 2022 году занял 82 место среди 132 стран.

В год «Активных инвестиций и социального развития» - 2019г., была поставлена задача по увеличению притока зарубежных инвестиций и кредитов, в т.ч. за счет совершенствования отдельных аспектов имеющегося благоприятного инвестиционного климата..

Что касается использования привлеченных финансовых средств, как и в предыдущие годы носили традиционный социальный характер. В частности, на рост человеческого капитала посредством развития количества и качества образовательных и медицинских учреждений и их исследовательских институтов, строительства жилых домов и новых предприятий, сокращающих безработицу, число бедных и в целом повышающих уровень и условия жизни людей. Общая сумма зарубежных инвестиции и кредитов в 2021г. составила 104,5 триллионов сум, что больше по сравнению с 2016г почти в 10 раз.

2020 год посвященный развитию науки и цифровой экономики имел особое значение для повышения качества человеческого капитала. В 2020 г. была утверждена «Концепция развития науки до 2030 года», а годом раньше был принят закон «Об утверждении Концепции развития системы высшего образования до 2030 года» [13].

Основными их целями были определены следующие:

- поэтапный перевод учебного процесса на кредитно-модульную систему в высших учебных заведениях;

- обеспечение академической независимости вузов;
- поэтапное внедрение Концепции «Университет 3.0», учитывающей взаимообусловленность образования, науки, инноваций и коммерциализации результатов научных исследований [13].

В соответствии с этими документами стали выделяться дополнительные средства на открытие новых университетов и институтов, оснащенных современной материально-технической базой, число которых постоянно растет, превысив двухсотый рубеж с контингентом студентов в более 1 млн. Количество частных и филиалов зарубежных учреждений, а количество частных и филиалов ведущих зарубежных подобных учреждений уже функционирует более 70..

Для обеспечения занятости безработного населения в регионах были созданы профессионально-технические училища и моноцентры подготовки специалистов, деятельность которых была развернута на безвозмездной основе. Не меньшее внимание было обращено развитию фундаментальных и прикладных исследований в системе Академии наук. Если расходы на эти цели в 2016г. составили лишь 238,2 млрд. сум, то в 2021 году этот показатель вырос до 867,1 млрд. сум, увеличившись в 3,6 раза.

Учитывая, что удельный вес молодежи в структуре населения составляет 55%, и что именно от них, в первую очередь зависят закладываемые основы третьего Ренессанса, 2021 год был назван «Годом поддержки молодежи и укрепления здоровья населения». В рамках соответствующей государственной программы создаются все необходимые условия, в т.ч. для получения высшего образования всех уровней, включая зарубежные престижные университеты. С этой целью во всех регионах созданы Президентские и специализированные школы, по математике, физике, химии и биологии, где к образовательному процессу привлекаются специалисты из развитых зарубежных стран. Вошло в постоянную практику организация многочисленных соревнований, конкурсов и местных олимпиад на уровне районов, областей и республики. Примечательно, что и победители и их наставники стали поощряться и не только морально, но и материально в существенных размерах. Все это начало давать плоды в виде увеличивающегося числа медалей завоеванных нашей молодежью.

Что касается реальных дел по укреплению здоровья, наших граждан, то успешный и непрерывный процесс совершенствования системы здравоохранения, как сферы улучшающей важный элемент человеческого капитала, продолжался все последние 5 лет. Только в 2021 году в этом плане было принято более 14 законов и Указов, Постановлений Президента.

Реализация большинства принимаемых решений сопряжена со значительными инвестициями, которые по сравнению с 2016 г. составившим 5 811,6 млрд. сум выросли в 2021г. в 3,7 раза. В результате оснащения новейшим оборудованием медицинских учреждений повышения степени квалификации их кадров, сегодня появилась возможность выполнять любые сложные операции во всех крупных городах страны.

Как продолжение результатов достигнутых в предыдущие годы ныне, на основе принципа от Стратегии действий - к Стратегии развития нового Узбекистана на период 2022-2026 гг. и Государственной программы по ее реализации в Год обеспечения интересов человека и развития махалли, осуществляются заметные качественные положительные сдвиги во всех сферах жизни народов страны. Данная стратегия содержит в т.ч. вопросы развития человеческого капитала в качестве отдельного раздела. Президент р страны в своей одноименной книге говоря о роли инвестиций в важнейший элемент человеческого капитала - образование пишет: «В развитых странах... эти инвестиции приносят обществу 15-17-кратную прибыль. В нашем случае этот показатель равен 4-х кратному. Поэтому необходимо больше внимания уделять человеческому капиталу, а для этого надо мобилизовать все возможности» [14].

**Методология исследования.** При исследовании, на основе рационалистического и диалектического подходов к рассматриваемым явлениям использованы методы научной абстракции, сравнительного анализа и синтеза, нормативно-правовые и подзаконные акты страны, В частности, Указы и Постановления Президента, постановления Кабинета Министров, лежащие в основе проводимых глубоких реформ, по росту потенциала людей и не только к труду, но и к потреблению и инвестициям.

Использованы сайты статистического комитета и Статистический ежегодник 2017-2020, характеризующие сложившуюся картину по рассматриваемым вопросам в сравнении с недалеком прошлым развития Узбекистана.

**Анализ и обсуждение.** Более полутысячи лет назад, известные английские и шотландский экономисты, положили начало основ будущей теории человеческого капитала. Так, В. Пети ввел понятие «живые действующие

силы человека» [15].

16. Смит А. «Исследование о природе и причинах богатства народов». – М.: Соцэкгиз, 1956, с.490.

17. Д.Рикардо. «Антология экономической классики». Т. 1 – М.: 1993. А. Смит показал преимущественную роль человеческих способностей, по отношению к вещественным факторам. 16] Д. Рикардо отмечал роль образования в экономическом росте страны.[17]

Такие выводы, позже развил основоположник марксистской экономической теории К. Маркс подчеркнув не только необходимость наращивания физических и духовных способностей рабочей силы, но и осуществления вложений средств на их развитие: «Для того чтобы преобразовать общую человеческую природу так, чтобы она получила подготовку и навыки в определенной отрасли труда, стала развитой и специфической рабочей силой, требуется определенное образование или воспитание.» [18].

Уместно привести неординарное и точное заключение известного представителя аграрной науки России А. Энгельгардта (1897-1984 гг.) о перевесе живого фактора производства над физическим, и роли хозяина, « Различные факторы в хозяйстве, по их значению, идут в таком порядке: прежде всего хозяин, потому что от него зависит вся система хозяйства и, если система дурна, то никакие машины не помогут; потом работник, потому, что в живом деле живое всегда имеет перевес над мертвым...в хозяйстве человек, прежде всего; потом лошадь, потому что на дурной лошади и плуг оказывается бесполезным; потом уже машины и орудия. Но ни машины, ни симментальский скот, ни работники не могут улучшить наше хозяйство. Его улучшить могут только хозяева.» [19].

В последующем, на протяжении многих лет часть западных ученых посвятили себя рассмотрению различных аспектов развивающихся способностей личности человека. В ходе их исследований подтвердилась определяющая и возрастающая ценность труда в обеспечении устойчивого расширенного воспроизводства товаров и услуг. Пик исследований и обобщений в этой области приходится на вторую половину ХХв. в связи с переходом развитых стран на постиндустриальный и инновационный этапы развития.

В ходе трансформации экономики, стал ощущаться все больший дефицит и дополнительная потребность в высококвалифицированных специалистах вообще, и в особенности по разработке, внедрению и использованию современных информационно-коммуникационных технологий, а также в программистах различных сфер деятельности. (Кадры)Отсюда острая необходимость в интенсификации научных исследований в углубленном понимании, происходящих тенденций и закономерностей, в социально-экономических явлениях.

Кроме того, на наш взгляд, немаловажное значение имела потребность, в анализе и выявлении факторов, обеспечивших высокие темпы экономического роста и богатства продвинутых и догоняющих стран по сравнению с отстающими государствами мира. Более того, по его результатам следовало разработать действенную программу мер сокращения растущего неравенства между ними в уровне и условиях жизни людей, в целях обеспечения политической и социально глобальной стабильности и развития цивилизованного мира. Не случайно Всемирным Банком (ВБ) был разработан Проект развития человеческого капитала – глобальная программа по увеличению инвестиций в людей и повышения их эффективного использования, обеспечения экономического роста, достижения в большей степени социальной справедливости в 83-х

развивающихся странах [20].

Для осуществления Проекта, во-первых, созданы Группы поддержки ВБ научно-обоснованных подходов позволяющих существенно улучшить неудовлетворительную ситуацию в области развития человеческого капитала, посредством увеличения размеров инвестиций уделяя особое внимание расширению прав и возможностей женщин. Во-вторых, для финансирования такой же помощи беднейшим странам мира на четырехлетний период, начиная с 2020г. сформирован специальный фонд при Группе ВБ Мар-19. Исследуя человеческий капитал аналитики ВБ связывают это понятие с вложениям финансовых средств в человека и указывают широкий диапазон его направлений.

В частности, на улучшение медицинской помощи, обеспечения качественного образования, создания рабочих мест и обучения профессиональным навыкам, все потребительские блага, включая питание, одежду, жилища, культуру, способствующие его развитию.. Все это, по их мнению является ключевым условием для искоренения крайней бедности и построения более социально сплоченного общества. Нужно также согласиться с мнением С. Фишера и его коллег что: «Понятие человеческий капитал было введено для объяснения того, почему образование и опыт влияют на оплату труда, а также того, что определяет уровень образования получаемого людьми» [21]. Они же дали такое определение: «Оценка воплощенной в индивидууме потенциальной способности приносить доход. Человеческий капитал включает врожденные способности и таланты, а также, образование и приобретенную квалификацию» Весь накопленный эмпирический научный потенциал в этой области, послужил теоретической базой для ввода в систему экономических понятий категорию «человеческий капитал» и формирования концепции его развития, как самостоятельного научного направления. Основоположниками Концепции человеческого капитала стали выдающиеся американские ученые Теодор Шульц и Гэри Беккер. Правда, эта категория была озвучена несколько ранее, другими экономистами, например Джейкоб Минсер в 1958г., написал, что человеческий капитал это «уровень образования и профессиональных навыков работника, способных приносить доход как ему лично, так и предприятию, на котором он трудится» [22]. Однако он как и другие авторы того времени не рассматривали концепцию его развития. Решение этой проблемы начал осуществлять лауреат Нобелевской премии Т. Шульц, который в 1960г. в статье «Образование как источник формирования капитала» [23] ввел понятие «капитал в образование», а в статье опубликованной на следующий год «Инвестиции в человеческий капитал» подчеркнул, необходимость деления капитала в традиционном понимании целого на две части: на нечеловеческий, т.е. физический капитал и на человеческий капитал. [24]. По его данным, в конце 90 г. прошлого века развитыми странами из общей величины, вкладываемых средств на весь капитал, в физический капитал приходилось около 30 %, тогда как около 70%. - в человеческий капитал. Причем, последний вид капитала, по его мнению, является не только важнейшим экономическим, но и социальным фактором развития общества. Поскольку инвестиции в институты и совершенствование системы институционального обслуживания государствами, способствуют созданию необходимых и благоприятных условий для улучшения качества человеческого капитала.

Для усиления этой мысли он приводит следующие показатели: из произведенного ВВП на накопление

человеческого капитала. используется не 1/4 как следовало из большинства теорий воспроизводства в XX в, а 3/4 его общей величины. Теория человеческого капитала Т. Шульца опирается на ряд важнейших аспектов, суть которых можно свести к следующему:

- человеческий капитал» – это дополнительный источник дохода создаваемый с помощью взрослых знаний, навыков, способностей человека, благодаря . инвестициям на эти цели;

- капитал образования является одной из форм человеческого капитала неотделимого от человека и служащий важнейшим фактором роста производства, экономического и социального развития; источником будущих социальных удовлетворений и /или зарплаток.

- в качестве особого результата инвестиций в человека выделил факт накопления способностей к труду, Человеческий капитал способен накапливаться и воспроизводится на протяжении жизни. Здесь уместно подчеркнуть, что накопление и передача знаний детям и внукам может происходить родителями в традициях большинства мусульманских народов, а также в нашей республике на традиционно специально организуемых встречах трех поколений во главе с заслуженными ветеранами труда.

В своей более поздней работе в 1971 г. Т.Шульц дал этому понятию следующее определение: «Все человеческие способности являются или врожденными, или приобретенными. Каждый человек рождается с индивидуальным комплексом генов, определяющим его врожденные способности и талант. Приобретенные человеком ценные качества, которые могут быть усилены соответствующими вложениями, мы называем человеческим капиталом» [25].

Однако, наибольший вклад в разработку целостной Концепции человеческого капитала, внес другой лауреат Нобелевской премии Г. Беккер, который обосновал микроэкономические основы этой теории и расширил сферу её использования для объяснения различных социальных явлений.

Г. Беккер в кругах современных ученых-экономистов считается общепризнанным создателем научной школы в рамках Концепции человеческого капитала. [26], Такое признание пришло после публикации им, вслед за Т Шульцем, своих статей в этой области. В 1962г. «Инвестиции в человеческий капитал», а два года спустя. фундаментальный труд «Человеческий капитал: теоретический и эмпирический анализ» [27] в котором он развил свои идеи и взгляды, ставший по мнению ученых «классикой» теории человеческого капитала.

В целом, школа Г. Беккера формировалась и в дальнейшем развивалась в рамках классической экономической теории.[27] Вместе с тем, следует подчеркнуть, что одновременно с ней развивалась институциональное направление теории человеческого капитала, сторонники которой обосновали целесообразность использования институционального подхода к этой теории и обосновали важную роль внеэкономических факторов, в т ч. социальной среды, влияющих на характеристики человеческого капитала, с которым следует согласиться.

Экономический подход Г Беккер к человеческому поведению в т. ч. при разработке теории человеческого капитала позволил объяснить многие ранее не нашедшие правильного объяснения явления или ставившие, по его выражению в тупик некоторых исследователей. Более того, послужила причиной к выработке социальной политике государств. [28] Он в выше приведенных и других своих научных работах, на основе собственного эмпирического анализа:

во-первых, расширил и конкретизировал понятие данное Т. Шульцем человеческому капиталу, которое

формируется за счет инвестиций в человека, помимо образования, здоровья в его составные части еще два элемента - а) подготовку на производстве и б) поиски информации о ценах и доходах;

во-вторых, обратил особое внимание на то, что произведенные инвестиции способствуют росту производительной силы, интеллектуального и культурного потенциала человека;

в третьих, подчеркнул, что вложения в человеческий капитал измеряются в денежных единицах и определяется величиной инвестиций в образование, здравоохранение и т.п., что касается результатов то они измеряются полученными доходами субъектами инвестирования в течении всего жизненного цикла, причем раскрыл возрастную динамику заработков: в начале - роста, а к концу жизни - убывающую отдачу;

в четвертых, благодаря ему и его последователям была доказана состоятельность идеи выгоды и рентабельности качественной образовательной системы для любой страны и необходимость государственного инвестирования средств в эту область;

в пятых, Г. Беккер подтвердив мысль Т. Шульца о неотделимости человеческого капитала от человека, дополнил следующим объяснением: - врожденные и приобретенные способности реализуются только в процессе трудовой деятельности [29].

Иначе говоря, усилил самого владельца такого капитала. По мнению Г. Беккера человеческий капитал - это имеющийся у каждого запас знаний, навыков, мотиваций. Накопление человеческого капитала, как и физического, требует значительных затрат и обусловлено сложным инвестиционным процессом [30].

Он первым выделил и раскрыл содержание трех видов проявления человеческого капитала или знаний. Полагаем, что такое деление имеет важное значение для правильного определения: а) кто инвестирует на эти виды улучшений способностей человека к труду и б) как распределяются полученные выгоды между инвесторами и владельцами новых знаний. 1. Общий человеческий капитал - формируется в результате воздействия семьи, услуг воспитания и образования учреждений среднего и высшего образования. Доход, полученный от этого вида, присваивается обладателем подобных знаний и теми, кто выступает их инвесторами.

2. Специальный человеческий капитал - формируется и накапливается в процессе трудовой деятельности на конкретном производственном месте. Его часто отождествляют с опытом, навыками специалиста в рамках его работы в данной организации. Инвесторами специальных знаний одновременно являются как сам их обладатель, так и хозяйствующий субъект, в котором работает данный специалист.

3. Прочий человеческий капитал - формируется в результате получения умений. индивидуума работать с информационными продуктами и услугами в направлении поиска более перспективного для данного специалиста места трудовой деятельности, в которой реально заинтересован работодатель [30].

Многолетние исследования западных ученых в этой области вызвали научный интерес и стали изучаться в других странах. Так, в Российской Федерации это произошло только в девяностые годы XX в., и прежде всего, учеными Санкт-петербургского государственного университета экономики и финансов в лице Добрынина А.И. Смирнова В.Т., Дятлова С.А., Симкиной Л.Г., Ильинского И.В., Критского М.М и др. [31].

К примеру, в 2005г. под ред. д.э.н., проф. В.Т. Смирнова группой ученых была опубликована монография «Человеческий капитал: содержание и виды, оценка и стимулирование» [32].

В том же году вышло 3-е издание учебника по «Экономической теории» под редакцией Заслуженного деятеля науки, д.э.н., проф. Добрынина А.И., д.э.н., проф. Тарасевича Л.С. [33].

Подобный учебник в России издается многими авторами ведущих высших образовательных учреждений, но он - первая ласточка в которой впервые были изложены закономерности и сущность формирования категории человеческого капитал. В частности авторы дают емкое определение: «Человеческий капитал - сформированный в результате инвестиций и накопленный человеком запас знаний, культуры здоровья, навыков, способностей, мотиваций, которые целесообразно используются в той или иной сфере общественного воспроизводства, содействуют росту производительности труда эффективности производства и тем самым ведут к росту заработков данного человека» [34].

Заметим, что такая же формулировка дана Добрыниным И.А. совместно с коллегами в опубликованной статье еще в 1999 г., которая стала использоваться в указанной выше монографии как исходная и достаточная для решения поставленных в ней задач [34].

Вместе с тем, по результатам анализа многочисленных схожих, но все же разных определений человеческого капитала и его структурных элементов на российском научном пространстве мы присоединяемся к мнению Ханнановой Т.Р. о том, что авторы очевидно исходят из предпосылки, что эта категория содержит не ограниченное количество структурных элементов [17, 35].

С таким утверждением можно согласиться, имея в виду диалектический характер развития способностей человека. Вместе с тем, следует также подчеркнуть, что не все они требуют инвестиций, не все приносят денежный доход и не все они являются важнейшими.

Известно, что категория человеческого капитал является естественным развитием и обобщений ряда связанных с ним предыдущих понятий [32, 36] и чтобы лучше разобраться с его логическим становлении рассмотрим основные из них. с учетом традиционно используемых в России и странах СНГ.

Рабочая сила – это потенциальная индивидуальная физическая и духовная способность человека к труду, которая неотделима от живой личности каждого из них, в отличие от вещественных факторов.

Обратим внимание, что в западных странах рабочая сила трактуется иначе - как самодеятельное население, т.е. не как способность, а как работник, рабочий или как непосредственно рабочая сила [33, 37].

Подчеркнем, что способность человека к труду реализуется лишь в процессе производства товаров и услуг, используя нужные средства производства.

Совокупная рабочая сила – это потенциальная сумма физических и умственных способностей каждой рабочей силы, объединенных на основе кооперационных взаимодействий, на уровне не только страны, но и отдельных отраслей, предприятий, фирм, а также прочих организаций.

Труд - это фактор производства в виде деятельности человека, направленная на производство благ в ходе которого расходуется рабочая сила

Трудовые ресурсы – это население трудоспособного возраста, обладающие физическими и духовными способностями разного уровня образования и квалификации,

Человеческие ресурсы - это ресурс труда, которые как категория, обычно употребляется при найме работника на рынке по аналогии с приобретаемыми другими ресурсами производства: природными, материальными, финансовыми и информационными..

Заметим, что в учебниках США вместо человеческих ресурсов чаще используют такие термины как людские ресурсы, труд, работники, рабочая сила [6, 20].

На наш взгляд, между трудовыми и человеческими ресурсами нет принципиальных различий (кроме вытекающих из их определений) и данные понятия в практической деятельности могут использоваться как синонимы.

Наконец, когда инвестиции во-первых, стали все больше направляться на развитие других важнейших структурных элементов способностей человека. Во – вторых, исследованиями ученых стала подтверждаться их высокая их отдача, то все это означало, что потенциал человеческого (трудовых) ресурсов принял новое более точное выражение в виде человеческого капитала.

Основная идея Т. Шульца, Г. Беккера ведения такого понятия заключается в том, чтобы подчеркнуть и обратить внимание на последствия роста человеческого капитала, приводящего к улучшению благосостояния жизни каждого его индивидуального владельца, прибыли и рентабельности фирм, предприятий, экономическому росту и богатства общества и государства.

С. Фишер и его соавторы по учебнику дали такое определение: «Человеческий капитал есть мера воплощенной в человеке способности приносить доход. Человеческий капитал включает врожденные способности и талант, а также образование и приобретенную квалификацию» [6].

Далее поделимся с читателями своими четырьмя соображениями, касающимися уточнений связанных с характеристиками данной категории.

Первое, в определении человеческого капитала часто говорят о врожденных способностях рабочей силы к труду, передающихся от родителей детям, но не ясно о каких видах таких способностей речь идет. На первом этапе человеческой цивилизации первоначальная рабочая сила представляла собой лишь врожденные способности и талант к труду, унаследованные от родителей. Со временем эти способности могли улучшаться в процессе естественного накопления своего опыта и путем перенимания от более умелых, выполняющих такую же работу. Например ведение домашнего хозяйства, охота, ловля рыбы и т.д. . В свою очередь, такие улучшенные способности к труду передаются по генам в наследство из поколения в поколение достаточно долго. Такие врожденные способности, на наш взгляд, можно принять за базовые или первоначальные ми.

Однако по мере эволюционного развития человека и роста его потребностей, возникает необходимость увеличения объемов и ассортимента потребляемой продукции, перехода от присвоения даров природы к производству продукции. Основной способ достижения этих целей - это повышение способностей рабочей силы, но уже не естественным, а искусственным образом, путем осуществления затрат на образование и воспитание как подчеркивал в прошлом Маркс и другие ученые. (4)

В период укрепления позиций классической теории об инвестициях как единственного фактора, усиливающего способности человека стали основанием для его авторов, что человеческие (трудовые) ресурсы и их потенциал принял новое более точное толкование в виде человеческого капитала, приносящего дополнительный доход (заработки).

Не случайно, Т. Шульц, дал ему такое лаконичное определение: это средства, вложенные в человека для развития его человеческого потенциала

Второе, в научной литературе наблюдаются разные подходы авторов к определению категории человеческого капитал. Речь идет о двух понятиях :

врожденных способностей и таланте, унаследованных от родителей; и приобретенных ценных качеств человека с помощью инвестиций. Так, Т. Шульц при определении человеческого капитала приводит оба понятия, но в состав этой категории включает лишь приобретенные способности [25 ].

Тогда как С Фишер и его коллеги давая определение данной категории включают в него обе эти.

Вместе с тем, некоторые авторы в т.ч. Добрынин И.А. при решении этой задачи вообще обходятся без ввода этих понятий в свою формулировку.

В этой связи подчеркнем, что предки нынешнего поколения людей в развитых странах, неоднократно уже были объектами инвестирования для улучшения их способностей. Поэтому более качественные знания, добавленные к базовым врожденным способностям (которые мы выделили и дали ему определение в первом соображении) также унаследованы их детьми по законам биологии развития живых организмов. С учетом и этих соображений мы чуть ниже дали новое уточненное определение человеческому капиталу.

Третье, Добрынин А.И, раскрывая содержание человеческой личности пишет, что в ней необходимо различать две стороны: рабочую силу или способность к труду и вторую сторону - потребительную силу или способность к потреблению, которые следует формировать и развивать. Развивая такую мысль о способностях человека, по нашему мнению, следует ее уточнить и дополнить. Во-первых, говоря о второй стороне целесообразно выделить в ней потребление предметов труда, как потребительского характера населением, так и косвенное потребление средств труда работниками в процессе производства. Во-вторых, поскольку оба вида способностей реализуется в рамках производства и потребления текущего года, а их количественный и качественный рост в последующих годах требует и возможен лишь при расширенном воспроизводстве. Имея в виду положительный демографический тренд и действующий объективный экономический закон возвышения потребностей людей.

Четвертое, в свою очередь, поскольку обязательный процесс расширенного воспроизводства невозможен без выделения инвестиций, постольку возникает еще одна третья сторона в личности человека, а именно способность к инвестициям, выполняющая функцию не только экономического роста и богатства общества, но и роста благосостояния каждого человека. В частности, индивидуумов в себя и своих детей, фирм и предприятий в членов коллектива, а государства во все население страны, для роста их соответствующих видов знаний, профессиональных навыков, здоровья и т.д. .

Поэтому и первая сторона - способность к труду и вторая - способность к потреблению и третья сторона - способность к инвестициям характеризуют личность человека для которого они являются, по существу, крайней необходимостью и мотивацией.

Всамомделе, можно ли не трудиться, можно ли обойтись без потребления предметов личного потребительского характера и без косвенного потребления средств производства, можно ли обойтись без инвестиций, есть ли люди не желающие улучшить условия и уровень своей жизни и семьи. Во все эти вопросы имеется лишь один единственный ответ -, нет, носящий характер не только аксиомы, но и служащий сильнейшим мотивом и драйвером для активной жизнедеятельности всех образованных и грамотных людей в области экономики. .

Перечисленные три стороны или ключевых характеристики человеческих способностей тесно взаимосвязаны и взаимодействуют друг с другом,



поскольку достижение необходимого равновесия, при их использовании на практике свидетельствует о макро устойчивости развития экономики страны.

Таким образом, фундаментальной основой для определения и понимания содержания категории человеческого капитала - современного приоритетного фактора производительной силы общества, на наш взгляд, должны служить указанные его три ключевых характеристик или три стороны способностей человека, одновременно являющиеся жизненной необходимостью и мотивацией.

На основе такого посыла и обобщая мнение Т. Шульца, Г. Беккера, других авторов приведенных в статье, сформулируем свое видение этой категории, с учетом менталитета населения Узбекистана и особенностей поставленных целей и задач:

«Человеческий капитал – это совокупный запас улучшенных базовых врожденных способностей индивидуумов к труду, потреблению и инвестициям, сформированный посредством затрат на его образование, воспитание, профессиональную квалификацию, здоровье, рациональное питание и жилье, мобильность и поиск информации о ценах, приносящие им более высокую заработную плату и/или более высокую степень удовлетворения социальных интересов».

Понятно, что чем больше совокупная степень способностей человека и лучше условия его жизни, тем выше его производительность труда и больше доходы работника и/или степень удовлетворения его не денежных интересов.

Первая часть нашего определения человеческого капиталу подробно объяснено выше, а теперь сосредоточим внимание на объяснении последней строки его определения и характеристике структурных составляющих:

- ... и/или более высокую степень удовлетворения социальных интересов -

означающее создание удобных условий жизни и труда – развитость, близость и качество сферы услуг для семьи, сохранение или улучшение экологического баланса на территории проживания, благоприятная общественная атмосфера, в которой высоко ценятся справедливость, честность и ответственность, уважение к себе со стороны махалли, руководителей коллективов и страны, возможности для самовыражения и т.д.;

- расходы на образование всех уровней являются наиболее важными и выгодными инвестициями в человека, закладывающим основу его будущего развития и совершенствования, дают ему определенные знания и профессиональную квалификацию;

- причиной того почему рядом с образованием мы ввели воспитание объясняется тем, что оно во-первых, является составной частью духовных способностей человека, включающего в себя такие ценности как культура, патриотизм, интеллектуальность, ответственность, честность, понимание и уважение общечеловеческих ценностей и т.д. Во-вторых, в стране, в период обновляемого Узбекистана и его первых заметных успехов с целью развития научно-культурного наследия, двух Ренессансов, известных всему миру наших великих предков, лидером страны было провозглашено заложение фундамента будущего третьего Ренессанса. Конечно, для достижения такой благородной и ответственной национальной идеи следует найти способы сплочения каждой семьи, каждой махалли, каждого коллектива, весь народ в один кулак и в едином порыве активно идти к цели. В этом направлении государством и общественными организациями предпринимаются многообразные меры по росту эффективности культурно-воспитательной

работы;

- обеспечение здоровья, рациональным питанием и жильем. Причина введения этих важных элементов связана не только с усилением профилактических мероприятий по улучшению здоровья человека, его физиологического потенциала и работоспособности, увеличению продолжительности жизни. Акцент на рациональное питание вызван тем, что с одной стороны, миллионы людей во многих странах мира недоедают, а десятки тысяч людей в развитых странах, особенно в США, страдают ожирением. Что касается инвестирования в жилье, то это связано со сложившейся неудовлетворительной ситуацией в этой системе, доставшейся в наследство в период до 2017 г., и увеличением численности молодежи в составе быстро растущего населения страны;

- мобильность - в современном мире, с одной стороны, растет потребность в ней, а с другой - и возможности, в связи с расширением прав человека во многих странах, в т.ч. в вопросе миграции трудовых ресурсов и семей, как внутри страны так и за ее пределы. Он обусловлен и глобальными явлениями – новыми очагами военных конфликтов, развития экстремизма и терроризма, обострением экологического баланса в отдельных регионах, а также с одной стороны безмерным ростом населения в отсталых странах, а с другой - отрицательной демографической ситуацией в развитых странах;

- рядом с мобильностью мы поместили и поиск информации о ценах и более высокой оплате труда, ибо поиск во многом связан с возможной последующей миграцией;

Обратим внимание, что в структуре важнейших элементов человеческого капитала нами не выделена мотивация поскольку и без этого понятия достаточно веских объективных причин для развития этой категории, которые обоснованы выше. Здесь лишь еще раз подчеркнем, что дарованная природой и богом жизнь человека сама по себе требует постоянного его улучшения в соответствии со всеобщим законом возвышения потребностей людей.

В самом деле развитие мирового сообщества доказало, что в странах, в которых граждане и весь управленческий аппарат государства осознали и руководствуясь фактом - определяющей роли человеческого капитала и развивая его качество, добились весьма существенных успехов в росте производительности труда, доходов и уровня удовлетворений не денежных выгод людей и богатства общества. На наш взгляд, стремление к лучшей жизни человека является мощнейшим драйвером и мотивацией развития способностей человека. Естественно при наличии рациональных прямых корреляционных взаимосвязей между заработной платой и степенью образования и профессиональных навыков.

Не случайно, ВБ в настоящее время занимается благородной задачей осознания этого факта и предоставления финансовой помощи развивающимся и бедным странам

Наконец, раскрытие содержания человеческого капитала и его значимости в социально-экономическом развитии страны будет не полным и не завершенным без подчеркивания необходимости его рационального и эффективного использования на основе расширенного воспроизводства, которое включает в себя три аспекта.

1. Количественный и качественный рост совокупной рабочей силы страны. Решение этой задачи предусматривает: восстановление затраченной энергии и сил, путем удовлетворения растущих физиологических и социально-духовных потребностей работников; роста населения; воспитание и подготовка новых кадров;

повышения общих видов знаний и профессионального уровня занятых.

2. Распределение и перераспределение трудовых ресурсов между отраслями, регионами и профессиями. Оно направлено на наиболее рациональное размещение трудовых ресурсов, а также соблюдения баланса между массой, структурой физического капитала и численностью работников соответствующей квалификации.

3. Непосредственное использование человеческого капитала. При этом следует выделить два уровня эффективного использования: в масштабе макро и микроэкономики.

На макроэкономическом уровне главными задачами и условиями для достижения этой цели государством и частным сектором являются

- обеспечение полной занятости трудовых ресурсов и доведение безработицы до естественного уровня;
- развитие, совершенствование и доступность общих и специальных видов знаний;
- увеличение свободного времени работников, для самообразования и ведения здорового образа жизни и воспитания детей;
- поддержание оптимальной рождаемости и роста продолжительности жизни людей.

На микроэкономическом уровне главными задачами и условиями являются:

- достижение максимальной производительности живого и оещественного труда;
- обеспечение соответствия численности работников объёму выполняемых работ, а квалификации работников их трудовым функциям и др.
- создание условий для повышения специальных видов знаний работников;
- развитие многообразных форм предпринимательства, включая семейное, надомное и индивидуальное и др.

#### Выводы

1. Основные идеи Т. Шульца и Г. Беккера заключаются в том, что врожденные способности каждого человека к труду могут быть улучшены инвестициями, в образование, развивающие его знания, профессиональную подготовку, поддерживающие здоровье, мобильность и поиск нужной информации. Человеческий капитал приносит индивидуумам, фирмам и предприятиям, стране в целом, несомненную выгоду в виде: более высоких заработков и/или роста степени удовлетворения их социальных предпочтений; прибыли и рентабельности; роста темпов экономического роста и увеличения производства ВВП

на душу населения.

2. Поэтому любая отсталая развивающаяся страна должна найти способы выделения необходимых инвестиций для развития перечисленных важнейших структурных элементов человеческого капитала, повышающих его уровень. В этом плане проводимая уважаемым Президентом нашей страны прагматическая и успешная социально-экономическая политика и реформы, включая по развитию человеческого капитала в период обновляемого Узбекистана являются ярким примером для этих стран.

3. Посредством усиления качества учебно-образовательного и культурно-нравственного воспитания, следует достичь такой ситуации, чтобы обучающиеся, все работники и управленческий аппарат республики поняли и осознали роль человеческого капитала, как приоритетного фактора развития производительных сил общества и государства, а также благосостояния каждого человека и его семьи..

4. С этой целью:

во-первых, следует отечественным учеными и авторам учебников по предмету «Экономическая теория» на государственном языке ввести систематизированные материалы по закономерностям развития и содержания этой категории и его структурных составляющих в т.ч. ответы на выдвинутые вопросы, связанные с ним во введении данной статьи;

во-вторых, восстановить и этот предмет в учебные планы всех инженерно-технических и сельскохозяйственных вузов республики на не экономических направлениях подготовки кадров.

5. Помимо двух сторон, характеризующих личность человека по мнению Добрынина А.И., на наш взгляд, в нем необходимо выделить третью сторону – способность к инвестициям, вытекающим из законов возвышения потребностей и главного фактора расширенного воспроизводства.

Так, индивидуумы инвестируют в самого себя и семью, фирмы и предприятия в членов коллектива, а государство выделяет средства во все население для получения различных видов знаний, поддержания здоровья, повышения профессиональных навыков и всего населения другие цели.

6. Автор не ответил на все вопросы выдвинутые во введении. Полагаю, что материалы данной статьи дадут толчок другим экономистам для критического анализа, дополнения и продолжения исследований в этой области.

№	Литература	References
1	У.Нигмаджанов. "Экономическая теория." Ташкент., 2010 г. с.	U.Nigmadzhanov. [Ekonomicheskaya teoriya] Economic theory. Tashkent., 2010 y. (in Russian)
2	Қ.Абдурахмонов. "Меҳнат иқтисодийети ва социологияси". Дарслик. Тошкент.: Фан ва технология. 2012 й.	Q.Abdurahmonov. "Mehnat iqtisodiyoti va sotsiologiyasi" [The Economics of Labor and Sociology]. Darslik. Tashkent: Fan va Tekhnologiya, 2012 y. (in Uzbek)
3	Э.Умаров, М.Абдуллаев. "Маънавият асослари". Ўқув қўлланма. Т.:2005 й.	E.Umarov, M.Abdullaev. "Ma'naviyat asoslari" [Foundations of Spirituality]. O'quv qo'llanma. T.: 2005 y. (in Uzbek)
4	Акрамова Ш.Г. "Инсон капитали: моҳияти ва уни ўрганишга ёндошувлар". Иқтисод ва молия. №10. Тошкент, 2011 й.	Akramova Sh.G. "Inson kapitali: mohiyati va uni o'rganishga yo'naltirish" [Human Capital: Essence and Ways of Development]. Iqtisod va Moliya. No. 10. Tashkent, 2011 y. (in Uzbek)
5	Усмонов Б.Ш., Қодиров М.Қ., Элтазаров Ж.Д. "Инсон капиталининг шаклланишида таълим ва илм-фаннинг роли". Илмий-оммабоп рисола. Самарқанд: СамДУ, 2015. -83 Б.	Usmonov B.Sh., Qodirov M.Q., Eltazarov J.D. "Inson kapitalining shakllanishida ta'lim va ilm-fan ning roli" [The Role of Education and Science in the Formation of Human Capital]. Ilmiy-ommabop risola. Samarqand: SamDU, 2015. - 83 b. (in Uzbek)
6	Хусенов С.У. "Инсон капитали" ва у билан боғлиқ тushunchаларнинг назарий таҳлили. "Иқтисодийот ва инновацион технологиялар" илмий электрон журнали. № 5, сентябрь-октябрь, 2016 йил	Husenov S.U. "Inson kapitali" va u bilan bog'liq tushunchalarning nazariy tahlili. "Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar" ilmiy elektron jurnali. No. 5, sentyabr-oktyabr, 2016 yil (in Uzbek)
7	З.Р.Худойбердиев. "Иқтисод ва инновацион технологиялар" илмий-электрон журнал. № 4, июль-август, 2019 йил	Z.R.Khudoyberdiev. "Iqtisod va innovatsion texnologiyalar" ilmiy-elektron jurnali. No. 4, iyul-avgust, 2019 yil (in Uzbek)

8	M.Rahmanov. «Своевременные инвестиции в человеческий капитал - залог достижений и прогресса». “Учинчи ренессансни шаклантиришнинг ижтимоий-иқтисодий муаммолари” мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференция материаллари. - Т.: “Илм-Ziyo-zakovat” нашриёти, 2022г. - 520 б.	M.Rahmanov. “Svoevremennye investitsii v chelovecheskiy kapital - zalog dostizheniy i progressa” [Timely Investments in Human Capital - Key to Achievements and Progress]. Materiallar. T.: "Ilm-Ziyo-zakovat" nashriyoti, 2022 g. - 520 b. (in Russian)
9	П.Хашимов, Х. Хушвақтова. “Инсон капиталига инвестициялар ишчи кучи сифатини оширишнинг муҳим омили”. “Учинчи ренессансни шаклантиришнинг ижтимоий-иқтисодий муаммолари” мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференция материаллари.-Т.: “Илм-Ziyo-zakovat” нашриёти, 2022. - 520 б.	P.Hashimov, Kh.Khushvaqтова. “Inson kapitaliga investitsiyalar ishchi kuchi sifatini oshirishning muhim omili” [The Important Factor of Enhancing the Quality of Human Capital - Investments in Workforce]. Materiallar. T.: "Ilm-Ziyo-zakovat" nashriyoti, 2022. - 520 b. (in Uzbek)
10	Гаибназаров С. “Учинчи ренессансни шаклантиришнинг ижтимоий-иқтисодий муаммолари” мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференция материаллари.-Т.: “Илм-Ziyo-zakovat” нашриёти, 2022. - 520 б.	Gaibnazarov S. “Uchinchi renessansni shakllantirishning ijtimoi-iqtisodiy muammolari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferentsiya materiallari. T.: "Ilm-Ziyo-zakovat" nashriyoti, 2022. - 520 b. (in Uzbek)
11	Абдурахманов К.Х. “Развития человеческого капитала в инновационной экономике”, “Mehnat iqtisodiyoti va inson kapitali” ilmiy elektron jurnali. 2022 yil, Maxsus son	K.Abdurahmanov. “Razvitiya chelovecheskogo kapitala v innovatsionnoy ekonomike” [Development of Human Capital in an Innovative Economy]. “Mehnat iqtisodiyoti va inson kapitali” ilmiy elektron jurnali. 2022 yil, Maxsus son (in Russian)
12	M.M.Kholmatov “Jamiyat rivojida- inson kapitalining tutgan o’rni”, “Mehnat iqtisodiyoti va inson kapitali” ilmiy elektron jurnali. 2022 yil, Maxsus son	M.M.Kholmatov “Jamiyat rivojida- inson kapitalining tutgan o’rni” [The Role of Human Capital in Society's Development]. “Mehnat iqtisodiyoti va inson kapitali” ilmiy elektron jurnali. 2022 yil, Maxsus son (in Uzbek)
13	Г.Абдурахманова, Н.Н Шотурсунова, У.А.Исмаилов “Хотин-қизлар инсон капиталини ривожлантириш ва самарали фойдаланиш йўналишлари”, “Mehnat iqtisodiyoti va inson kapitali” ilmiy elektron jurnali. 2022 yil, Maxsus son.	G.Abdurahmanova, N.N. Shotursunova, U.A.Ismailov “Khotin-qizlar inson kapitalini rivojlantirish va samarali foydalansh yo'nalishlari” [Development and Effective Use of Women's Human Capital]. “Mehnat iqtisodiyoti va inson kapitali” ilmiy elektron jurnali. 2022 yil, Maxsus son (in Uzbek)
14	Петти В. “Экономические и статистические работы”. – М.:Соцгиз, 1940. – 324 с.	Petti V. “Ekonomicheskie i statisticheskie raboty” [Economic and Statistical Works]. - M.: Sotsekiz, 1940. - 324 s. (in Russian)
15	Смит А. “Исследование о природе и причинах богатства народов”. – М.: Соцгиз, 1956, с.490.	Smit A. “Issledovanie o prirode i prichinakh bogatstva narodov” [An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations]. - M.: Sotsekiz, 1956, s. 490. (in Russian)
16	Д.Рикардо. “Антология экономической классики”. Т. 1 – М.: 1993.	D.Ricardo. “Antologiya ekonomicheskoy klassiki” [Anthology of Economic Classics]. Т. 1 – М.:
17	Маркс К. Капитал. т.1, книга “Процесс производства капитала”. М. Государственное издательство политической литературы, 1953.с.	Marx K. Capital. Vol. 1, Book "Protsess proizvodstva kapitala" [Capital. Vol. 1, Book "The Process of Capital Production"]. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo politicheskoy literatury, 1953. p.
18	Энгельгардт А. “Из деревни: 12 писем” 1872-1878гг. М., 1987г.,с.130	Engelgardt A. "Iz derevni: 12 pisem" [From the Village: 12 Letters]. Moscow, 1987, p. 130.
19	<a href="https://kun.uz/ru/news/2019/03/13/vsemirnyy-bank-predstavil-proyekt-razvitiya-chelovecheskogo-kapitala-v-uzbekistane">https://kun.uz/ru/news/2019/03/13/vsemirnyy-bank-predstavil-proyekt-razvitiya-chelovecheskogo-kapitala-v-uzbekistane</a>	URL: <a href="https://kun.uz/ru/news/2019/03/13/vsemirnyy-bank-predstavil-proyekt-razvitiya-chelovecheskogo-kapitala-v-uzbekistane">https://kun.uz/ru/news/2019/03/13/vsemirnyy-bank-predstavil-proyekt-razvitiya-chelovecheskogo-kapitala-v-uzbekistane</a>
20	Фишер С., Дорнбуш Р., Шмалензи.Р. «Экономика». М.: Дело Лтд. 1995.-с.302	Fisher S., Dornbush R., Shmalenzi.R. "Ekonomika" [Economics]. Moscow: Delo Ltd., 1995. p. 302.
21	Mincer, J. “Investment in Human Capital and Personal Income Distribution” / J. Mincer //Journal of Political Economy. - 1958. - Vol. 66. - No. 4. - PP. 281-302	Mincer, J. "Investment in Human Capital and Personal Income Distribution" / J. Mincer // Journal of Political Economy. - 1958. - Vol. 66. - No. 4. - PP. 281-302.
22	Schulz T. “Capital Formation bi Edukathion” // Journal of Politikal Economu. – 1960, p.25.	Schulz T. "Capital Formation by Education" // Journal of Political Economy. – 1960, p. 25.
23	Schulz T. “Investment in Human Capital” // American Economic Reviен.– 1961, March – № 1.	Schulz T. "Investment in Human Capital" // American Economic Review. – 1961, March – No. 1.
24	Schultz, Theodor W. “Investment in human capital: the role of education and research”. N.Y., 1971.	Schultz, Theodor W. "Investment in human capital: the role of education and research". New York, 1971.
25	Bekert. “Investment in human capital: the role of education and research”. N.Y., G. S. Investment in Human Capital: A Theoretical Analysis // Journal of Politikal Economy. Supplement. Oct., 1962.	Bekert. "Investment in human capital: the role of education and research". New York, G.S. Investment in Human Capital: A Theoretical Analysis // Journal of Political Economy. Supplement. Oct., 1962.
26	Becker G.S. “Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis”. N.Y.:Columbia University Press for NBER, 1964.	Becker G.S. "Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis". New York: Columbia University Press for NBER, 1964.
27	Becker G.S. “Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis”. N.Y.:Columbia University Press for NBER, 1964.	Becker G.S. "Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis". New York: Columbia University Press for NBER, 1964.
28	Беккер Г. “Экономический взгляд на жизнь”. Лекция лауреата Нобелевской премии в области экономических наук за 1992 г./ Вестник С.-Петербургского университета, серия 5., вып.3, 1993.	Bekker G. "Ekonomicheskiy vzglyad na zhizn" [An Economic Look at Life]. Lecture by the Nobel laureate in economics for 1992 / Vestnik S.-Peterburgskogo universiteta, seriya 5., vyp.3, 1993. (in Russian)
29	Беккер Г.С. “Теория распределения времени” // Вехи экономической жизни. Рынки факторов производства. Т.3 Под ред.В.М.Гальперина. – СПб.: Экономическая школа, 2000;	Bekker G.S. "Teoriya raspredeleniya vremeni" [The Theory of Time Allocation] // Vekhi ekonomicheskoy zhizni. Rynki faktorov proizvodstva. T.3. Pod red.V.M.Gal'perina. – SPb.: Ekonomicheskaya shkola, 2000. (in Russian)
30	Беккер Г.С. “Человеческое поведение: экономический подход”. – М.: ГУ ВШЭ, 2003.– 672с.	Bekker G.S. "Chelovecheskoe povedenie: ekonomicheskiy podkhod" [Human Behavior: An Economic Approach]. Moscow: GU VShE, 2003. – 672 p. (in Russian)

