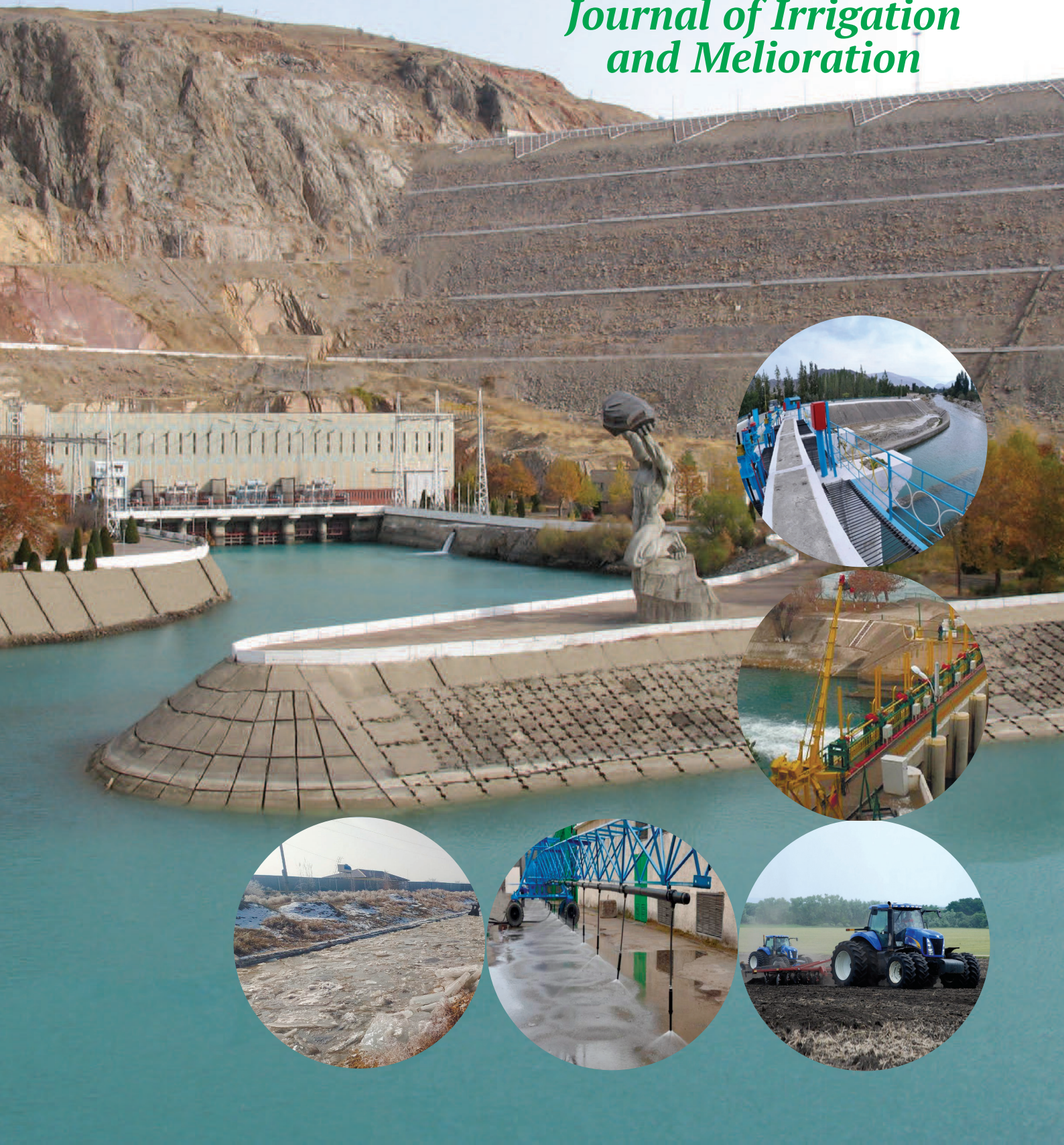


IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA

Maxsus son.2022

*Journal of Irrigation
and Melioration*



Бош муҳаррир:

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

Илмий муҳаррир:

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

Муҳаррир:

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

ТАҲРИР ҲАЙЪАТИ ТАРКИБИ:

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

ТАҲРИР КЕНГАШИ ТАРКИБИ:

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

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

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

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

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

Обуна индекси: 1285.

Дизайнер: Маликова Мадинахон



Журнал «SILVER STAR PRINT» МЧЖ босмахонасида чоп этилди.

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

Главный редактор:

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

Научный редактор:

Салохиддинов Абдулхаким Темирхужаевич
доктор технических наук, профессор,
проректор по международному сотрудничеству
Национальный исследовательский университет
"Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства"

Редактор:

Ходжаев Сайдакрам Сайдалиевич
кандидат технических наук, доцент,
Национальный исследовательский университет
"Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства"

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

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

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

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

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

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

Индекс подписки: 1285.

Дизайнер: Маликова Мадинахон



Журнал изготовлен в ООО «SILVER STAR PRINT».

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

Chief Editor:

Sultanov Takhirjon

Vice-rector for scientific researches and innovations

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

Scientific Editor:

Salohiddinov Abdulkhakim

Vice-rector for international cooperation

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

Editor:

Hodjaev Saidakram

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

EDITORIAL TEAM:

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

EDITORIAL COUNCIL:

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

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

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

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

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

Subscription index is 1285.

Desingner: Malikova Madinakhon



The journal was published by LLC SILVER STAR PRINT.

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

ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ

<i>Д.Э.Нуров</i> Ѓўзани суғоришда сувнинг маҳсулдорлиги.....	9
<i>А.Муратов, З.Канназарова</i> Zonal features of environmental-meliorative stability of the functioning of drainage systems and their operation.....	14
<i>Ҳ.Ш.Ғаффоров, Н.О.Олимжонов, Ш.А.Бахронова, С.Ш.Йўлдошева</i> Яккабоғ дарёси оқимининг йиллараро ўзгариши таҳлилий натижалари.....	19
<i>Х.Ж.Хайитов, С.С.Иброхимов</i> Суғориладиган ер майдонларини йўқламадан ўтказишда инновацион технологияларни қўллаш усулларини такомиллаштириш.....	22
<i>З.Ф.Худоёр</i> Ёмғирлатиб суғоришда сув томчисининг буғланиши	27
<i>М.Отахонов, Д.Э.Атакулов, И.Б.Зокиров</i> Суғориш каналларида оқимнинг ташувчалигини баҳолаш ва ҳисоблаш усуллари.....	29

ГИДРОТЕХНИКА ИНШОТЛАРИ ВА НАСОС СТАНЦИЯЛАР

<i>А.А.Янгиев, Д.С.Аджимурастов, Ш.Н.Азизов, Ш.С.Панжиев</i> Томчилатиб суғориш технологиясида сув тиндиргич иншоотлари бўйича олиб борилган дала тадқиқотлари натижалари (Зарафшон ҳавзаси мисолида).....	35
<i>Т.З.Султанов, М.М.Мирсаидов, Э.С.Тошматов, Ж.А.Ярашов</i> Оценка динамического поведения неоднородных сооружений с учетом нелинейных и вязкоупругих свойств материала.....	42
<i>М.А.Исмаилов, Ф.О.Касимов, Р.Р.Раҳматуллаев</i> Гидравлик иншоотлар затворларини бошқариш тизими ишининг аниқлигини баҳолаш моделини ишлаб чиқиш.....	46
<i>М.Р.Бакиев, Ш.А.Джаббарова, Х.Х.Хасанов</i> Определение время понижения депрессионной поверхности в переходных зонах при плавном и мгновенном снижении уровня воды в водохранилище.....	50
<i>Т.М.Мавланов, Э.С.Тошматов, А.О.Райимов</i> Напряженно-деформированное состояние призматических слоистых элементов гидротехнических сооружений.....	56
<i>М.Р.Бакиев, Н.Бабажанова, Х.Хасанов, У.Машарифов</i> Прогнозные объёмы увеличения емкости руслового водохранилище Туямуянского гидроузла с использованием гистехнологий.....	59
<i>Б.Э.Норкулов, Ш.М.Назарова, Д.А.Каландарова, А.И.Курбонов, А.И.Курбонов</i> Исследование процесса интенсивных местных переформирований легкоразмываемого русла на среднем участке р. Амударьи	64
<i>М.Р.Бакиев, А.Б.Халимбетов</i> Параметры потока, стесненного комбинированной дамбой на предгорных участках рек.....	68
<i>Ф.Ш.Шаазизов, О.Ф.Воҳидов</i> Слияние потока речных систем бассейнов рек Пскем и Коксу.....	75
<i>М.Аkhmedov, E.Toshmatov</i> Analysis and assessment of the technical condition of earth dams and dammed lakes of the republic of Uzbekistan.....	79

<i>Д.Р.Базаров, Б.Р.Уралов, А.Т.Норкобилов, О.Ф.Вохидов, Д.Б.Арзиева, Д.А.Каландарова</i> Теоретические модели и зависимости для расчета интенсивности гидроабразивного износа рабочих деталей насосов.....	83
<i>А.Абдувалиев</i> Правовые основы гармонизации национальных норм проектирования гидротехнических сооружений с международными нормами.....	87
<i>З.К.Шукуров, Б.Ш.Юлдошев</i> Эластик ёпишқоқ суықликларда Шульман-Хусид моделининг модификациясидан фойдаланиш, бу моделдан Ньютон, Максвел моделларини келтириб чиқариш.....	91
<i>Т.Д.Муслимов, Ф.Р.Юнусова, А.Р.Муратов</i> Гидротехник бетонларнинг туташуш зоналаридаги цемент тошининг структураланишига маҳаллий тўлдирувчиларнинг таъсири.....	94
<i>А.А.Янгиев, Д.С.Аджимуратов, О.А.Муратов, Ш.Н.Панжиев, Ш.Н.Азизов</i> Қашқадарё вилояти "Лангар" сел-сув омбори сув келтирувчи ўзанида лойқа-чўкиндиларни бошқариш бўйича чора-тадбирлари.....	100
<i>М.Р.Бакиев, Н.Рахматов</i> Ростловчи иншоотнинг такомиллашган конструкцияси.....	106
<i>В. Khudayarov, F. Turaev, S. K. Shamsitdinov</i> Aerolastic vibrations and stability of viscoelastic plates taking into account the sweep.....	112
<i>Б.Худаяров, Ф.Тураев, С.К.Шамситдинов</i> Колебания вязкоупругой пластины, обтекаемой газовым потоком с одной стороны... 	118

ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ

<i>Э.Т.Фармонов</i> Саксовул ва черкез чўл ўсимликлари уруғини экадиган экспериментал экиш машинасининг хўжалик синови.....	122
<i>М.Шоумарова, Т.Абдиллаев, Ш.А.Юсупов</i> Вертикал шпинделли пахта териш машиналарига сервис хизматини кўрсатишни энгиллаштирадиган ўлчов мосламаси.....	129
<i>Д.Алижанов, Я.Жуматов, К.Шовазов, В.Сахаров</i> Регулирование допусков сопряженных деталей механизмов животноводческих ферм при ремонте.....	133
<i>Я.К.Жуматов</i> Винтсимон озуқа майдалагичининг иккиламчи майдалаш дисксимон пичоғининг пояни қирқиш жараёнини таҳлил қилиш.....	136
<i>Д.Алижанов, Н.Э.Саттаров, А.Р.Турдибеков</i> Чорвачиликни ривожлантириш масалалари ва истиқболлари.....	139
<i>Б.Худаяров, У.Кузиев</i> Комбинациялашган агрегат сферик диски билан пушта тупроғини эгатга улоқтирилиши ва ғўзапояларнинг кўмилиши.....	141
<i>D.Norchaev F.Quziyev, I.Khudaev, Sh.Quziyev, F.Yusupov</i> Definition of traction resistance of disk knives of carrot digger.....	149
<i>Худаяров, Т.А.Абдиллаев, Ф.Э.Фармонова</i> Доривор Олов ўт (silybum) ўсимлиги уруғини экиш агрегати.....	152

ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ ЭЛЕКТРЛАШТИРИШ ВА АВТОМАТЛАШТИРИШ

<i>Р.Ф.Юнусов, У.И.Иброхимов, Л.Ж.Маннобов, Н.З.Пулатов</i> Кўёш фотоэлектр тизимида ишловчи кичик насос станцияси.....	156
<i>Ш.У.Йўлдошев, Б.Х.Норов, Х.Н.Холматова, Ш.Б.Мирнигматов</i> Рекомендации по организации технического сервиса мелиоративных машин с учетом логистических операций.....	164

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

А.А.Турдибоев, Н.Б.Пирматов, А.Е. Бекишев, Н.А. Курбанов, Т.Ю.Тошев, О.Е.Зайниева
Математическое моделирование синхронных генераторов с двухосным возбуждением254

О.Матчонов, Д.Акбаров
Қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини намлигини пасайтирувчи электротехнология яратиш.....258

Я.Э.Чўллийев
Насос станцияларда электр энергия истеъмолини самарадорлигини яхшилаш.....262

Н.М.Эшпулатов, С.С.Абдурайимов, А.И.Хуррамов
Ҳарбий хизматчилар рационали учун қуруқ мевалардан ўсимлик мойи ажратиб олишнинг физик-кимёвий тавсифи, технологик усуллари265

СУВ ХЎЖАЛИГИ ИҚТИСОДИ ВА ЕР РЕСУРСЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИШ

А.Ш.Дурманов
Иссиқхона хўжаликлари фаолиятини ривожлантиришнинг ташкилий-иқтисодий механизмлари.....271

Б.М.Юнусов
Аҳоли пункти ерлари ҳисобини олиб боришда замонавий технологияларни қўллаш....278

Х. Назаров
Тоғлардаги қор, музликлар ва сув танқислиги хавфининг олдини олишнинг ҳуқуқий чоралари.....286

С.Қ.Ҳамиджонов, А.С.Пулатов, Ж.Чи
Геоинформацион фанлари бўйича Марказий Осиёда 1995–2021 йилларда тадқиқотлар ривожланиши.....292

Х.Р.Пирматов, А.С.Пулатов, Х.С.Дониёрова
Уғом-Чотқол давлат миллий табиат боғи ҳудудларида экологик ҳолатини баҳолаш....296

ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ СОҶАСИ УЧУН КАДРЛАР ТАЙЁРЛАШ

Ж. А.Қосимов
Замонавий график дастурлар орқали график таълим тизимини такомиллаштириш...300

Д.Т.Мухаммадиева, Э.К.Самандаров
Мақтаб ўқувчиларининг билиминини баҳолашда сунъий нейрон тўридан фойдаланиш...305

Ф.Б.Киличева
Применение метода проектов на занятиях русского языка.....309

М.Жўраева, Г.Эшчанова
Ёшлар тарбиясида мулоқот маданиятини шакллантиришнинг афзалликлари.....313

G.Eshchanova
The formation of ict competencies in teaching readiness language skills at different levels.....318

U.Nullaev
Development of cultural awareness by means of teaching foreign language.....323

Ф.Б.Киличева
Организация учебного процесса с использованием интерактивных методов обучения.....326

А.Рамазанов, Н.Ҳашимова
О реформе высшего образования.....330

УДК: 539.3

ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ НЕОДНОРОДНЫХ СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНЫХ И ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА

Т.З.Султанов – д.т.н., профессор, М.М.Мирсаидов – д.т.н., профессор, академик АН РУз, Э.С.Тошматов – PhD, доцент, Ж.А.Ярашов – PhD, доцент,
Национальный исследовательский университет «ТИИИМСХ»

Аннотация

Данная работа посвящена численному моделированию динамических процессов в грунтовых сооружениях с учетом конструкционной неоднородности, нелинейно упругих и вязкоупругих свойств грунта, разработке методики решения динамических задач и оценке напряженно-деформированного состояния конкретных высотных платин в плоской и пространственной постановках. Исследованы собственные формы колебаний и динамическое поведения находящихся на территории Узбекистана трех грунтовых плотин различной высоты при различных кинематических воздействиях, включая реальные записи акселерограммы землетрясения. Выявлен ряд новых механических эффектов.

Ключевые слова: грунтовая плотина, нелинейно вязкоупругая, форма колебаний, динамическое поведение.

Введение. В Республике Узбекистан функционирует более 60 грунтовых плотин. Многие из этих плотин расположены в высоко сейсмических районах и являются уникальными сооружениями, имеющими важное народнохозяйственное значение. Поэтому их надежности и безопасности в Республике уделяется большое внимание. Проводится мониторинг их состояния и комплексные исследования их напряженно-деформированного состояния и прочности, поскольку высокие плотины представляют потенциальную опасность вследствие большого объема воды в водохранилище.

При оценке напряженно деформированного состояния грунтовых сооружений особо важен учет неоднородности конструкции и реальных свойств материала каждой части сооружения, работающей как линейно, нелинейно упругая, нелинейно вязкоупругая или пластическая среда, в которой накапливаются пластические деформации под нагрузкой, а также проявляются свойства увлажненного грунта при его взаимодействии с водой.

Продолжающиеся исследования и опыт строительства грунтовых плотин указывают, что при создании методики расчета подобных сооружений необходимо учитывать весьма сложные условия их работы, конструктивные особенности, реальное деформирование материала, прочностные и деформационные свойства самой конструкции и грунта при различных нагрузках.

Многие материалы, к которым относятся распространенные на территории Узбекистана грунты, обладают зависящей от времени связью между напряжениями и деформациями (ползучесть, релаксация), а также физическую нелинейность, отражающую нелинейно-упругое и нелинейно-вязкоупругое деформирование материала $\sigma = \sigma(\varepsilon)$.

Нелинейность проявляется в различной степени при различной интенсивности динамических воздействий. Необходимость учета неоднородности конструкции и нелинейного характера поведения грунта представляется актуальной при проектировании и строительстве грунтовых сооружений, в частности, грунтовых плотин, находящихся в зоне повышенной сейсмичности, где сооружение подвергается интенсивным динамическим нагрузкам.

Проблеме нелинейного расчета грунтовых плотин в настоящее время уделяется пристальное внимание,

однако, основной акцент делается на линейный расчет сооружений. В публикациях по динамическому нелинейному расчету грунтовых плотин зачастую используется модель упругого или упруго-пластического тела, согласно которой грунт ведет себя линейно-упруго до достижения предельного состояния.

При этом часто в качестве динамического воздействия используются идеализированные воздействия, что, на наш взгляд, носит частный характер и не позволяет сделать выводы относительно дальнейшего поведения сооружения [1, 2, 5, 9, 11, 12, 13, 15, 20].

Методы. Рассматривается неоднородная система (рис.1), состоящая из нескольких частей, состояние которых предполагается линейно-упругим, нелинейно-упругим или нелинейно вязкоупругим. Поверхности основания и боковых откосов жестко зашпелены, поверхности свободны от напряжения, а на поверхности S_p приложено давление воды.

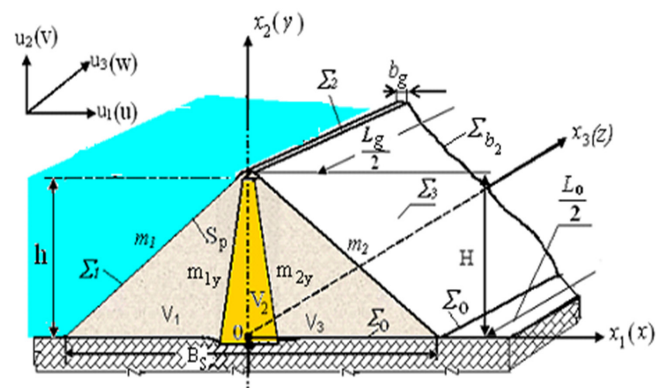


Рис.1. Модель неоднородной трехмерной системы

Здесь: $V = V_1 + V_2 + V_3$ объем тела плотины (V_1, V_3 – объемы верхней и нижней упорных призм, V_2 – объем ядра); Σ_{b1}, Σ_{b2} – поверхности береговых склонов, Σ_{b0} – поверхность основания, а $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3$ – поверхности упорных призм и ядра.

Для моделирования динамического поведения плотины (рис. 1) в трехмерной постановке используем вариационное уравнение Лагранжа, основанное на принципе Даламбера для неоднородных деформируемых тел:

$$\delta A = - \int_{V_1} \sigma_y \delta \varepsilon_y dV - \int_{V_2} \sigma_y \delta \varepsilon_y dV - \int_{V_3} \sigma_y \delta \varepsilon_y dV - \int_{V_1} \rho_y \ddot{u} \delta u dV - \int_{V_2} \rho_y \ddot{u} \delta u dV - \int_{V_3} \rho_y \ddot{u} \delta u dV + \int_V \bar{p} \delta u dV + \int_{S_p} \bar{p} \delta u dS = 0 \quad (1)$$

$i, j=1, 2, 3.$

Здесь \bar{u}_{ij} , σ_{ij} – соответственно, компоненты вектора перемещений, тензоров деформаций и напряжений; значок δ означает изохронные вариации соответствующих параметров; ρ_n – плотность материала элементов рассматриваемой системы ($n=1, 2, 3$); \bar{f} – вектор массовых сил; $m_p, m_{py}, m_{py}, m_{py}$ – коэффициенты заложения откосов и ядра плотины; \bar{p} – давление воды (сумма гидродинамического и гидростатического давлений), возникающее в результате взаимодействия сооружений с водной средой и определяемое по формуле [14]

$$\bar{p}(x, y, t) = -\rho_o \frac{\partial \varphi^*(x, y, t)}{\partial t} + \rho_o g(h - y) \quad (2)$$

где ρ_o – плотность воды; $(h - y)$ – глубина точки на напорной грани плотины; $\varphi^*(x, y, t)$ – потенциал скорости; g – ускорение свободного падения.

В данной работе для описания связи напряжений с деформацией для отдельных частей сооружения использованы следующие законы:

- линейный упругий

$$\sigma_{ij} = K_n \varepsilon_{ij}(t) \delta_{ij} + 2\mu_n e_{ij}(t) \quad (3)$$

- нелинейно-упругий

$$\sigma_{ij} = K_n \varepsilon_{ij}(t) \delta_{ij} + 2\mu_n \{e_{ij}(t) - \gamma e_{ij}(t)e(t)\} \quad (4)$$

- нелинейно вязкоупругий с кубической нелинейной зависимостью по теории Ильюшина-Огibalова [4]

$$\sigma_{ij} = K_n \varepsilon_{ij}(t) \delta_{ij} + 2\mu_n \left\{ e_{ij}(t) - \int_0^t \Gamma_1(t-\tau) e_{ij}(\tau) d\tau + \gamma \left[e_{ij}(t)e(t) - \int_0^t \Gamma_3(t-\tau) e_{ij}(\tau) e(\tau) d\tau \right] \right\} \quad (5)$$

здесь $e_{ij} = \varepsilon_{ij} - (1/3)\theta \delta_{ij}$, $e = e_{kl} e_{kl}$, $\theta = \varepsilon_{ii}$, $i, j, k, l=1, 2, 3$; e – первый инвариант тензора деформаций; K_n, μ_n – мгновенный объемный и сдвиговой модули упругости; γ – коэффициент нелинейности; Γ_1, Γ_3 – ядра релаксации для линейной и нелинейной составляющих вязкости материала; δ_{ij} – символ Кронекера; θ – объемная деформация.

Связь деформации с компонентами перемещений описывается линейными соотношениями Коши

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad i, j=1, 2, 3 \quad (6)$$

Задаются также кинематические условия в основании

$$\bar{x} \in \Sigma_0 : \bar{u}_0(\bar{x}, t) = \bar{\psi}_1(t) \quad (7)$$

и начальные условия при $t=0$:

$$\bar{x} \in V : \bar{u}(\bar{x}, 0) = \bar{\psi}_2(\bar{x}); \quad \dot{\bar{u}}(\bar{x}, 0) = \bar{\psi}_3(\bar{x}) \quad (8)$$

где $\bar{\psi}_1$ – заданная функция времени; $\bar{\psi}_2, \bar{\psi}_3$ – заданные функции координат.

В случае неустановившихся вынужденных колебаний неоднородной системы (рис.1) рассматриваемая вариационная задача формулируется следующим образом: необходимо найти поля перемещений и напряжений возникающие в массивном грунтовом сооружении при кинематических воздействиях (7) под давлением воды (2), удовлетворяющие уравнениям (1), (3)-(5) и началь-

ным условиям (8) при любом возможном перемещении.

Решение данной задачи осуществляется методом конечных элементов: при плоско деформированной модели сооружения используются треугольные конечные элементы первого и второго порядка, для пространственной модели – изопараметрические конечные элементы в виде четырехугольного параллелепипеда [2, 8].

В данной работе рассматриваются собственные и неустановившиеся вынужденные колебания сооружений.

Под собственными колебаниями понимаются упорядоченные движения сооружений, происходящие в отсуствии внешних воздействий, позволяющие прогнозировать динамические характеристики сооружений, т.е. собственные частоты, формы колебаний и коэффициенты демпфирования.

Динамические характеристики – частоты и формы – определяются в комплексной форме, где действительная часть ω_R комплексной собственной частоты $\omega = \omega_R - i\omega_I$ является частотой свободных затухающих колебаний сооружений, а мнимая ω_I – несет информацию о скорости затухания колебаний и с точностью до знака равна коэффициенту демпфирования, определяющим диссипативные свойства сооружения.

Вариационная задача о собственных колебаниях с использованием процедуры метода конечных элементов сводится к решению комплексной алгебраической системы уравнений на собственные значения N -ого порядка [21]:

$$([\bar{K}] - \omega^2 [M]) \{\bar{z}\} = 0 \quad (9)$$

Здесь $[M]$ – комплексная матрица жесткости сооружения; $[\bar{K}]$ – матрица массы системы; $\omega = \omega_R - i\omega_I$ – комплексная собственная частота, а $\{\bar{z}\} = \{z_R\} - i\{z_I\}$ – комплексный собственный вектор, соответствующий собственным частотам системы ω .

Комплексные собственные частоты задачи (9) определяются методом Мюллера [6, 21], а комплексная собственная форма колебания – методом Гаусса [7].

Решение задачи о неустановившихся вынужденных колебаниях сооружений сводится к решению систем нелинейных интегродифференциальных уравнений N -ого порядка

$$[M]\{\ddot{u}(t)\} + [C]\{\dot{u}(t)\} + [K]\{u(t)\} = \{f(t)\} + \int_0^t \Gamma_1(t-\tau)[K]\{u(\tau)\}d\tau + \gamma \left(\{V(t)\} - \int_0^t \Gamma_3(t-\tau)\{V(\tau)\}d\tau \right) \quad (10)$$

с начальными условиями

$$\{u(0)\} = \{u_0\}, \quad \{\dot{u}(0)\} = \{\dot{u}_0\} \quad (11)$$

Здесь Γ_p, Γ_3 – ядра релаксации; $\gamma = const > 0$ – коэффициент нелинейности, зависящий от свойства материала сооружения; $[M], [K], [C]$ – матрицы масс, жесткости и диссипативных сил; $\{u(t)\}$ – вектор искомых узловых перемещений; $\{f(t)\}$ – вектор амплитуд суммарных внешних нагрузок от массовых сил, гидростатического давления и кинематического воздействия; $\{V(t)\}$ – вектор, включающий нелинейные физико-механические параметры материала и нелинейные узловые перемещения сооружений.

Для нахождения решения системы (10) на всем отрезке времени от $t=0$ до $t=T$ используется шаговый метод Ньюмарка [8], приводящий систему нелинейных инте-

гродифференциальных уравнений (10) на каждом шаге по времени к решению алгебраической системы уравнений [2]

$$[A]\{u_{i+1}\}=\{R_{i+1}\} \quad (12)$$

где

$$[A]=[K]+\frac{1}{\alpha\Delta t^2}[M]+\frac{\beta}{\alpha\Delta t}[C] \quad (13)$$

При этом правая часть уравнений (12) будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \{R_{i+1}\}=\{P_{i+1}\}+[M]\left\{\frac{1}{\alpha\Delta t^2}\{u_i\}+\frac{1}{\alpha\Delta t}\{\dot{u}_i\}+\left(\frac{1}{2\alpha}-1\right)\{\ddot{u}_i\}\right\}+ \\ +[C]\left\{\frac{\beta}{\alpha\Delta t}\{u_i\}+\left(\frac{\beta}{\alpha}-1\right)\{\dot{u}_i\}+\frac{\Delta t}{2}\left(\frac{\beta}{\alpha}-2\right)\{\ddot{u}_i\}\right\}+ \\ +\gamma\{V_{i+1}\}+\{W_{i+1}\}, \end{aligned} \quad (14)$$

$$\{W_{i+1}\}=\int_0^{t_{i+1}}\Gamma_1(t-\tau)[K]\{u_i\}d\tau-\gamma\int_0^{t_{i+1}}\Gamma_3(t-\tau)\{V_i\}d\tau \quad (15)$$

Для решения полученной системы алгебраических уравнений (12) необходимо задание в начальный момент ($t=0$) значений перемещений $\{u_0\}$, скорости $\{\dot{u}\}$ и ускорений $\{\ddot{u}_0\}$. Обычно задается $\{\ddot{u}_0\}=0$. Этот метод безусловно устойчив, если $\beta \geq 0.5$, $\alpha \geq 0.25(\beta + 0.5)^2$. Таким образом, алгоритм, реализующий метод Ньюмарка для решения системы интегриродифференциальных уравнений (10) с начальным условием (11) заключается в следующем:

1. Задаются начальные значения: $\{u_0\}$, $\{\dot{u}\}$, $\{\ddot{u}_0\}=0$.
2. Формируется система алгебраических уравнений (12) и (13), с правой частью (14), (15) содержащие нелинейные слагаемые, описывающие нелинейные упругие и вязкие свойства материала, зависящие от достигнутого деформированного состояния системы.

В зависимости от учета или, соответственно, не учета тех или иных свойств материала, в правую часть уравнения, т.е. в (14)-(15), включаются соответствующие слагаемые.

Особенностью алгоритма является то, что интегралы, входящие в выражение (15) вектора $\{W_{i+1}\}$ вычисляются от начала процесса, в то время как на каждом шаге интегралы определяются в пределах от t_i до t_{i+1} . При этом полное значение $\{W_{i+1}\}$ в момент времени t_{i+1} получается в результате суммирования сохраненного на предыдущем шаге значения $\{W_i\}$ с интегралом, полученным на последнем этапе с пределами интегрирования от t_i до t_{i+1} .

Результаты и обсуждение. С помощью разработанной методики и алгоритма исследовались собственные колебания и динамическое поведение трех грунтовых плотин с высотами 185 м, 138 м и 87 м в плоской и пространственной постановках с учетом вязкоупругих и нелинейных свойств грунта при различных воздействиях, включая реальные записи акселерограммы Газлийского землетрясения и др.

Собственные частоты 87-метровой плотины, полученные в пространственной постановке с учетом только упругих свойств материала получились равными: $\omega_1=3,15667$ Гц; $\omega_2=3,21417$ Гц; $\omega_3=3,37497$ Гц; $\omega_4=3,72830$ Гц; $\omega_5=3,92863$ Гц; $\omega_6=4,18768$ Гц; $\omega_7=4,45980$ Гц; $\omega_8=4,47694$ Гц; $\omega_9=4,60391$ Гц; $\omega_{10}=4,66635$ Гц; $\omega_{11}=4,69283$ Гц; $\omega_{12}=4,75336$ Гц; $\omega_{13}=4,83976$ Гц; $\omega_{14}=5,02015$ Гц; $\omega_{15}=5,07195$ Гц. На рис.2 показаны соответствующие им пространственные формы собственных колебаний.

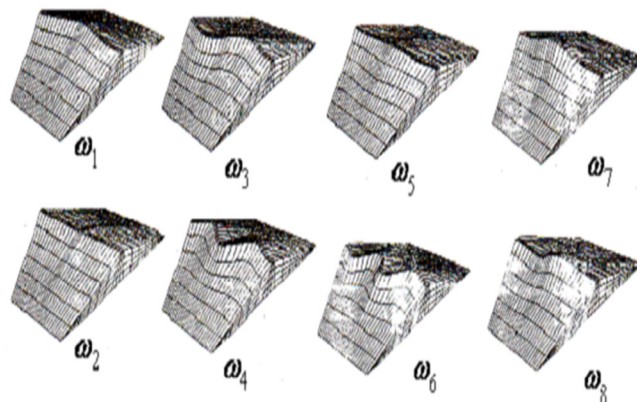


Рис.2. Собственные формы колебаний грунтовой плотины высотой 87 м

Анализ собственных форм колебаний плотины показывает совпадение первой собственной частоты и соответствующей ей формы колебаний в плоской и пространственной постановках. При этом колебания плотины происходят вдоль русла. Некоторое уменьшение значения собственной частоты, полученной по пространственной схеме, объясняется влиянием высших форм изгибных колебаний гребня, не учитываемых в плоской постановке.

При исследовании динамического поведения сооружений с учетом нелинейных вязкоупругих свойств грунта в качестве ядер релаксации использованы трехпараметрические ядра Ржаницина [19] с вязкоупругими параметрами грунтов, определяемыми из кривых ползучести [16, 17] по методике [3].

При конкретных расчетах в качестве кинематических воздействий были использованы: кратковременный и продолжительный прямоугольные импульсы, гармоническое и синусоидально-затухающее воздействие, синтезированная акселерограмма и реальная запись акселерограммы Газлийского землетрясения.

Исследовалось динамическое поведение высокой 185-метровой грунтовой плотины с учетом давления воды, собственного веса сооружения, а также кинематического горизонтального синусоидально-затухающего воздействия или горизонтальной составляющей записи Газлийской акселерограммы [18]. Данная задача решена для плоско деформированной модели сооружений.

На рис. 3 и рис. 4 приводятся изолинии распределения интенсивности напряжений σ_1 в поперечном сечении плотины при пустом (рис.3) и заполненном (рис.4) водохранилище с учетом собственного веса сооружения и гидродинамического давления воды при воздействии Газлийской акселерограммы в момент наиболее интенсивного воздействия.

Изменение по времени нормальных напряжений σ_{11} и σ_{22} в различных точках сооружения при синусоидально затухающем воздействии с частотой собственных колебаний сооружения происходит с периодом воздействия или, что то же, с периодом собственных колебаний плотины. При этом значения напряжений существенно зависят от положения точки в сечении плотины. При этом в большей части плотины грунт работает на сжатие. Исключение составляют зоны, близкие к поверхности откосов и на гребне, где кратковременно, с продолжительностью 0,02 с появляются растягивающие нормальные напряжения, величина которых достигает 25 МПа (тс/м²),

которые затем сменяются сжимающими напряжениями. Это явление наблюдается при резонансных колебаниях. При этом в указанных зонах плотины происходит локальное нарушение прочности грунта.

Учет гидродинамического давления воды приводит к появлению дополнительных напряжений, в основном, в верхней упорной призме и увеличению периода колебаний сооружения. При этом нарушается симметричный характер напряженно-деформированного состояния в профиле плотины. В верхней упорной призме значения нормальных напряжений σ_{11} увеличиваются до 25%, а

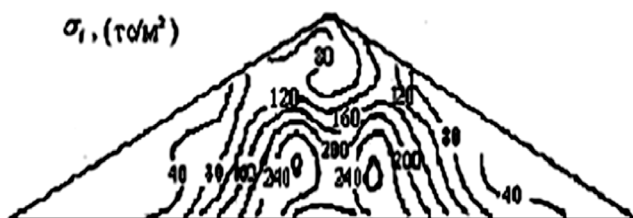


Рис. 3. При пустом водохранилище

σ_{22} – до 20%. Учет гидродинамического давления воды в откосных зонах приводит к увеличению напряжений от 50% – для σ_{11} до 200% – для σ_{22} .

Учет гидродинамического давления воды при сейсмических воздействиях, как показано на рис. 3 и рис. 4, приводит к увеличению напряжений и перемещений точек плотины и нарушению их симметричного распределения. В количественном отношении интенсивность нормальных напряжений в откосных зонах верхней упорной призмы увеличивается в 1,5 раза по сравнению с напряжениями σ_i , получаемыми без учета давления воды.

При исследовании динамического поведения грунтовой плотины высотой 138 м с учетом неоднородности конструкции и нелинейно вязкоупругих свойств грунта при синусоидальном кинематическом воздействии в резонансном режиме позволил выявить ряд механических эффектов.

Заключение.

1. Разработан комплексный подход к решению проблемы прочности и сейсмостойкости грунтовых плотин с учетом неоднородности конструкции, пространственно-

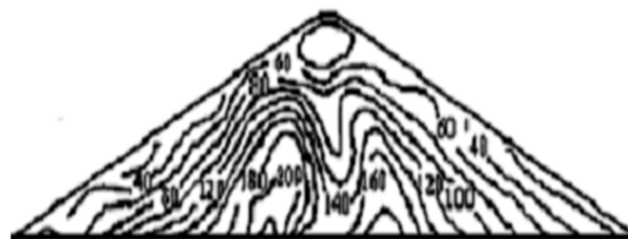


Рис. 4. При заполненном водохранилище го характера работы сооружения и нелинейно вязкоупругих свойств грунта.

2. Спектр пространственных собственных частот и характер форм колебаний грунтовых плотин существенно зависят от соотношения геометрических размеров. С увеличением отношения длины плотины L_g к её высоте H ($L_g/H > 2,5$) колебания средней части плотины менее зависят от условий закрепления её к береговым склонам.

3. Напряженное состояние участков плотины существенно зависит от их расположения по сечению сооружения и характера воздействия. При воздействиях, вызывающих резонансные колебания, у поверхности откосов и в пригребневой зоне появляются кратковременные растягивающие нормальные напряжения, которые на этих участках могут вызывать локальные разрушения грунта.

4. Высокий уровень заполнения водохранилища вызывает дополнительные напряжения и перемещения в упорных призмах и частично в ядре, что указывает на необходимость учета гидродинамического давления при исследовании динамического поведения и напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин.

5. Напряженно-деформированное состояние грунтовых плотин при реальном сейсмическом воздействии при заполненном водохранилище зависит не только от максимального значения ускорения, но, в большей степени, от его частотного спектра и продолжительности;

6. Продолжительные сейсмические воздействия со временем приводят к появлению опасных растягивающих напряжений в некоторых зонах плотины, а учет нелинейной вязкости – к постепенному затуханию колебаний во времени.

Литература

1. М.М. Mirsaidov and A.M. Godovannikov. Seismic Stability of Structures. – Tashkent: «Uzbekistan», 2008.
2. М.М. Mirsaidov, Theory and Methods of Design of Earth Structures on Strength and Seismic Stability. – Tashkent: FAN, 2010.
3. М.А. Koltunov, Creeping and Relaxation. High school, Moscow, USSR (1976).
4. А.А. Ilyushin and В.Е. Pobedrya, Basis of Mathematical Theory of Thermal-viscous-elasticity. – Moscow: Nauka, 1970.
5. М.М. Mirsaidov and E.I. Troyanovskiy, Dynamics of Inhomogeneous Systems with Account of Internal Dissipation and Wave Transfer of Energy. FAN, Tashkent, Uzbekistan (1990).
6. Muller D.E. A Method for Solving Algebraic Equation Using an Automatic Computer. Mathematical Tabl., Oktober, (1956).
7. D.K. Fadeev and V.N. Fadeeva, Computational Methods of Linear Algebra. Physmathgiz, Moscow, USSR (1960).
8. K. Bate and E. Wilson, Numeric Methods of Analysis and the Method of Finite Elements. Stroyizdat, Moscow, USSR (1982).
9. Глаговский В.В., Финагенов О.М. Оценка безопасности грунтовых гидротехнических сооружений при землетрясении // Изв. ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. Т.238. – Санкт-Петербург, 2000. – С. 28-33.
10. М.М. Мирсаидов, Т.З. Султанов. Пространственный расчет напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин. Scientific works of the republic scientific-technical conference with the participation of foreign scientists resource-preserving technology on the railway transport, 15-16 december 2011y. Tashkent, Uzbekistan. pp.195-197.
11. Зарецкий Ю.К., Ломбардо В.Н. Статика и динамика грунтовых плотин. – М.: Энергоиздат, 1983. – 256 с.
12. Красников Н. Д. Сейсмостойкость гидротехнических сооружений из грунтовых материалов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 240 с.
13. Ляхтер В.М., Иващенко И.Н. Сейсмостойкость грунтовых плотин. – М.: Наука, 1986. – 233 с.
14. Мирсаидов М., Маткаримов П.Ж. Динамическая задача для грунтовых сооружений, взаимодействующих с жидкостью // Доклады АН РУз. – Ташкент, 2007. – №1. – С. 25-28.
15. Мирсаидов М., Маткаримов П.Ж., Султанов Т.З., Руми Д.Ф. Оценка НДС грунтовых плотин с учетом упругопластических свойств материала сооружения и уровня заполнения воды // Доклады АН РУз. – Ташкент, 2000. – №7. – С. 29-32.
16. Мясин С.Р. Механические свойства грунтов и лабораторные методы их определения. – М.: Недра, 1974. – 192 с.
17. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. – М.: Высшая школа, 1978. – 447с.
18. Штейнберг В.В., Плетнев К.Т., Грайзер В.М. Акселерограммы колебаний грунта при разрушительном Газлийском землетрясении 17 мая 1976 г. // Сейсмостойкое строительство. – М., 1977. – №1. – С. 45-61.
19. Ржаницын А.Р. Теория ползучести. – М.: Стройиздат, 1968. – 416 с.
20. Mirsaidov M.M. Seismic stability of different earth dams. 6th International Conference on Dam Engineering. 15-17 February 2011. LNEC. Lisbon, Portugal, pp. 121 – 122 (2011).
21. Мирсаидов М.М., Султанов Т.З., Сержанова М. Методика и алгоритм для определения динамических характеристик сооружений // Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта ВЕСТНИК. – Ташкент, 2009. – № 3-4. – С. 10-16.