

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина»

М.А. Бандурин, А.А. Солодунов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОНИТОРИНГА
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СООРУЖЕНИЙ
РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Монография

Краснодар
КубГАУ
2021

УДК 628.3 (075.8)

ББК 38.761.2

Б17

Р е ц е н з е н т ы

Е. В. Кузнецов – зав. кафедрой гидравлики
и с.-х. водоснабжения Кубанского государственного
аграрного университета, д-р техн. наук, профессор;

В. Л. Бондаренко – профессор кафедры техносферной
безопасности и природообустройства НИМИ Донского
государственного аграрного университета, д-р техн. наук, профессор.

Бандурин М.А.

Б17 Совершенствование мониторинга эксплуатационной надежности сооружений рисовых оросительных систем: монография / М.А. Бандурин, А.А. Солодунов – Краснодар: КубГАУ, 2021. – 170 с.

ISBN

В монографии изложены вопросы решения проблемы совершенствования методов контроля и оценки технического состояния сооружений рисовых оросительных систем, что возможно путем разработки, внедрения и применения комплекса инновационных мероприятий выявления дефектов и нарушений конструктивных элементов ГТС, определения уровня сохранившейся работоспособности эксплуатируемых сооружений.

Предназначена студентам аспирантам, специалистам и руководителям водохозяйственного комплекса, а также всем, кто занимается и интересуется исследованием этой сложной и актуальной темой.

УДК

ББК

© Бандурин М.А. Солодунов А.А. 2021
© ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет имени

ISBN

И.Т. Трубилина», 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СООРУЖЕНИЙ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ СЕТИ РИСОВЫХ СИСТЕМ КАК ФАКТОР ЭКОНОМИИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	7
1.1 Современное состояние рисоводства.....	7
1.2 Водные ресурсы юга России и перспективы развития рисовых систем	18
1.3 Эффективные инновационные технологии технической эксплуатации внутрихозяйственных систем как фактор водосбережения на функционирующих рисовых системах	23
ГЛАВА 2. НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ РИСОВЫХ СИСТЕМ	31
2.1 Характеристика объектов натуральных исследований технического состояния сооружений внутрихозяйственных рисовых систем.....	31
2.2 Инженерно-геодезические исследования сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем.....	34
2.3 Гидравлические исследования сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем.....	48
2.4 Контроль и учет угрозы подтопления чеков рисовых систем с помощью цифровой аэрофотосъемки	53
2.5 Классификация технического состояния длительно эксплуатируемых конструкций внутрихозяйственных рисовых систем.....	59
ГЛАВА 3. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ К ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ СЕТИ РИСОВЫХ СИСТЕМ... ..	63
3.1 Объекты исследования	63

3.2 Неразрушающие методы контроля сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем.....	66
3.3 Программа, методика, приборы и оборудование, аппаратура натуральных исследований	68
3.4 Оценка технического состояния объектов контроля по результатам визуального осмотра	73
3.5 Результаты подповерхностного зондирования сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем	80
3.6 Исследования по определению прочностных характеристик конструктивных элементов сооружений	93
ГЛАВА 4. КОНЕЧНО - ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО - ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ СЕТИ РИСОВЫХ СИСТЕМ	98
4.1 Постановка задачи моделирования эксплуатационной надежности водоподающего трубопровода с колодцем численным методом.....	98
4.2 Математическая модель напряженно-деформированного состояния водоподающего трубопровода с колодцем	101
4.3 Численные расчеты напряженно – деформированного состояния водоподающего трубопровода с колодцем	102
4.3.1 Численные расчеты напряженно – деформированного состояния водоподающего трубопровода с колодцем без дефектов и повреждений	102
4.3.2 Численные расчеты напряженно – деформированного состояния водоподающего трубопровода с поперечной трещиной.....	108
4.3.4 Численные расчеты напряженно – деформированного состояния водоподающего сооружения с разрушением стенок колодца.....	115
4.4 Результаты имитационного моделирования устойчивости земляного валика рисового чека	122

ГЛАВА 5. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОБОСНОВАНИЮ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ СООРУЖЕНИЙ	132
5.1 Мероприятия контроля и оценки технического состояния сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем по показателям работоспособности	132
5.2 Техническое и технологическое обеспечение реализации комплекса мероприятий контроля работоспособности сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем	135
5.3 Расчет экономической эффективности применения комплекса мероприятий контроля технического состояния сооружений по показателям работоспособности .	140
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	146
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	149

ВВЕДЕНИЕ

Рис – важнейшая зерновая продовольственная культура и неотъемлемая часть традиционного питания многих народов. По размеру посевных площадей в мире рис занимает второе место после пшеницы, а по объемам собранного зерна третье, после пшеницы и кукурузы. Россия самый северный регион рисосеяния, активизировавшийся с 1929 г. во многом благодаря развитию ирригации. Пик строительства отечественных инженерных оросительных систем приходится на 60-70 гг. прошлого столетия. Износ их сооружений к настоящему времени достигает 50 %. К сожалению, перестройка хозяйственного механизма страны отрицательно сказалась на эксплуатации мелиоративного водохозяйственного комплекса, в первую очередь, внутрихозяйственной оросительной сети, так как ее техническое обслуживание было возложено на сельхозтоваропроизводителя, финансовые, технические и организационные возможности которого часто не соответствуют требующемуся уровню. Первоочередной задачей эксплуатации оросительных рисовых систем являются рационализация водопользования на основе повышения технологического уровня и совершенствования управления водоподачей и водоотведением за счет применения водосберегающих технологий и оптимальных режимов эксплуатации внутрихозяйственной водопроводящей сети.

Культура риса является одной из самых урожайных и самой водоемкой зерновой культурой. Наибольшее распространение в нашей стране рисосеяние получило на юге – в Краснодарском крае и Республики Адыгея, т. е. в регионах напряженного водопользования. Для предотвращения деградации экосистемы р. Кубани и реализации целей водной стратегии ее бассейна на уровне 2020 г. уже сейчас безвозвратный водоотбор необходимо, как минимум, остановить на достигнутом уровне, что требует незамедлительного совершенство-

вания оросительных рисовых систем на объектах существующих водопользователей.

В Краснодарском крае и Республике Адыгея объекты сельского хозяйства являются главными потребителями и пользователями водных ресурсов, которые абсолютно преобладают по объемам водозабора среди других потребителей. На возделывание культуры риса приходится более 92 % общего водопотребления в сельском хозяйстве, оросительная норма находится в диапазоне 17-20 тыс. м³ на гектар. Современная площадь возделывания риса составляла 136,2 тыс. га (2020 г.) с возможным ростом площадей посевов до 146 тыс. га, ограниченной острой нехваткой водных ресурсов. Возникает необходимость разработки и внедрения современных ресурсосберегающих технологий с поэтапным формированием экосистемного водопользования. В этой связи диссертационные исследования, направленные на разработку рекомендаций по повышению уровня технического состояния и/или продлению жизненного цикла сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем для обеспечения эффективности использования водных ресурсов и снижения напряженного водохозяйственного баланса в Краснодарском крае и Республике Адыгея, являются актуальными.

Исследованием проблем технического состояния, оценки надежности и продлением жизненного срока мелиоративных сооружений, занимались многие известные ученые, среди которых: В.С. Алтунин, А.Н. Асоченский, Ю.М. Баженов, А.Д. Гумбаров, И.А. Долгушев, С.Д. Исаева, Г.М. Каганов, Б.М. Кизяев, А.В. Колганов, Д.В. Козлов, П.И. Коваленко, Б.С. Маслов, В.П. Максименко, Д.А. Манукьян, Ц.Е. Мирцхулава, В.И. Ольгаренко, В.А. Попов, В.В. Пославский, В.Н. Рагольский, Л.М. Рекс, Н.П. Розанов, И.С. Румянцев, Т.П. Сенкевич, И.Д. Суладзе, Ю.А. Тевелев, В.В. Шабанов и др.

ГЛАВА 1. ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СООРУЖЕНИЙ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ СЕТИ РИСОВЫХ СИСТЕМ КАК ФАКТОР ЭКОНОМИИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

1.1 Современные состояние рисоводства

Рис – тропическое растение из семейства злаковых, зона происхождения - Вьетнам и Таиланд в Юго-Восточной Азии, отличается биологическими характеристиками, связанными с необычной средой его произрастания. Россия самый северный регион рисосеяния, сложившийся во многом благодаря развитию ирригации. По размеру посевных площадей в мире рис занимает второе место после пшеницы, а по объемам собранного зерна - третье, после пшеницы и кукурузы. По времени возделывания и ценным качествам он по праву считается самым популярным злаком во всем мире [10]. На современном этапе развития агропроизводства способы возделывания риса в мировой практике очень разнообразны.

В настоящее время в мировом агропроизводстве рис возделывается на площади около 145 млн. га, каждый год собирается урожай порядка 550 млн. тонн и спрос на продукцию рисоводства только возрастает. В 2020 г. мировая потребность в рисе составила 781 млн. тонн, что на 2-3 % превышает спрос такой важной зерновой культуры как пшеница, производство которой составляет порядка 750 млн. тонн [9].

В нашей стране производство риса достигло своего расцвета во второй половине 20-го века [10], и существенно снизилось в период трансформации агропроизводства, связанной с политической и экономической направленностью перестройки отечественной экономики 90-х годов прошлого столетия. Сейчас производство отечественного риса восстанавливается и увеличивается.

Основные регионы возделывания культуры риса в России находятся в Краснодарском, Ставропольском и Приморском краях, в Ростовской и Астраханской областях, республиках Дагестан, Адыгея, Чечня и Калмыкия, и в Еврейской автономной области. На современном этапе наибольший объем производства риса, составляющий более 80,01 % общего объема, приходится на Краснодарский край и Республику Адыгея (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Производство риса по регионам РФ в 2019 г., % общего объема

№ п/п	Субъект	Объем производства риса в регионе, % общего объема производства
1	Краснодарский край	78,6
2	Ростовская область	6,8
3	Приморский край	5,8
4	Дагестан	3,7
5	Адыгея	2,4
6	Калмыкия	1,5
7	Астраханская область	0,9
8	Чеченская Республика (Чечня)	0,2
9	Еврейская автономная область	0,1
ИТОГО:		100

Осредненные валовые сборы продукции и посевные площади посевов за период 1986- 2016 гг. по Российской Федерации составляют [2]:

– 1986-1990 гг. – собрано 1054 тыс. т., – засеяно 301 тыс. га.;

– 1990 г. – собрано 896 тыс. т., – засеяно 287 тыс. га.;

– 1995-2000 гг. – собрано 436 тыс. т., – засеяно 165 тыс. га.;

– 2001-2010 гг. – собрано 657 тыс. т., – засеяно 161 тыс. га.;

– 2011-2016 гг. – собрано 1047 тыс. т., – засеяно 201 тыс. га.

Структура площадей рисовых систем в Краснодарском крае и Республике Адыгея по состоянию на 2020 г. приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Распределение площадей рисовых систем в Краснодарском крае в 2019 г.

Рисовая система	Площадь, тыс. га
Темрюкская	13,9
Петровско-Анастасиевская	40,4
Черноерковская	33,2
Кубанская	81,1
Понуро-Калининская	24,9
Федоровская	26,6
Крюковская	9,2
Варнавинская	4,7
Пригородная	0,4
ИТОГО:	234,4

Динамика посевных площадей риса в регионе, отличающаяся определенной стабильностью, представлена на рисунке 1.1.

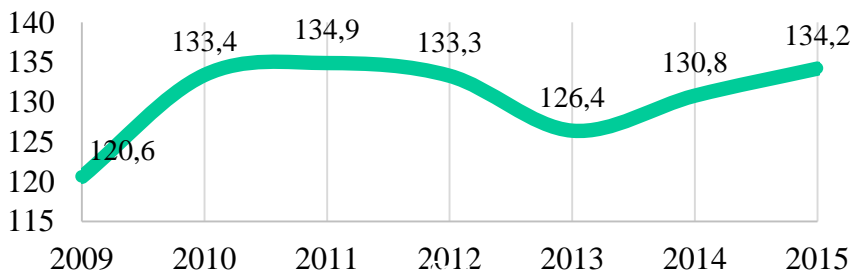


Рисунок 1.1 – Посевные площади риса в Краснодарском крае и Республике Адыгея, тыс. га

Начиная с XXI века наблюдается увеличение урожайности риса и повышение рентабельности его производства, что положительно сказывается на объемах сбора продукции (рисунок 1.2).

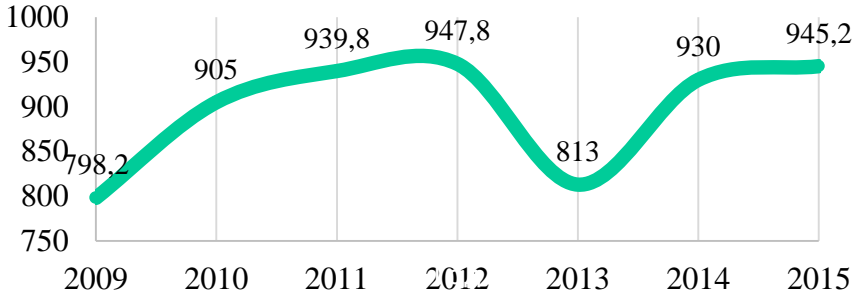


Рисунок 1.2 – Динамика валового сбора риса в Краснодарском крае и Республике Адыгея, тыс. т

В Краснодарском крае и Республике Адыгея устойчиво функционирует один из крупнейших в России водохозяйственный комплекс, запроектированный и построенный с учетом территориальных гидрологических особенностей. Он представляет современную гидротехническую систему накопления и перераспределения водных ресурсов. Уникальная сеть водохозяйственных объектов, включающая распределительные и, сбросные, межхозяйственных и внутрихозяйственных каналы и сооружения на них, транспортирует воду сельскохозяйственному потребителю на рисовые системы. Комплекс обеспечивает повторное использование сбросного стока поливной воды и его отвод в Приазовские и Причерноморские лиманы, а в дальнейшем - в Азовское море [8].

Плавни Нижней Кубани, включающие более 870 тыс. га ежегодно затапливаемых тальми и паводковыми водами заболоченных пространств в долине реки Кубань ниже г. Краснодара, до 1930 г. весьма слабо использовались насе-

лением и относились к не пригодным для сельскохозяйственного использования землям. Весенние паводковые воды р. Кубани сходили очень медленно, что резко сокращало срок вегетации, и посеянные культурные растения не успевали вызревать. Летние паводки р. Кубани затапливали посевы культурных растений, в результате чего они гибли. Площади плавней Нижней Кубани местное население, в основном, использовало для выпаса крупнорогатого скота, а произраставший на них в большом обилии тростник использовался - как топливо и строительный композитный материал – саман. В настоящее время земли плавней Нижней Кубани, используемые в агропроизводстве, составляют более 17 % общей площади земель с.-х. использования в Краснодарском крае и Республике Адыгея, достигающей 5,04 млн. га» [96].

В 1923 - 1924 гг. академик Б.А. Шумаков выполнил первое полное научное сельскохозяйственно-мелиоративное обследование плавней Нижней Кубани [137]. В этот временной период «наводнения на Нижней Кубани отмечались фактически ежегодно, летние - происходили в основном в июне-июле, зимние (заторные) – в феврале-апреле, нагонные – в октябре-декабре. Борис Аполлонович Шумаков составил описание особенностей мелиоративных работ на Нижней Кубани. Мелиорация плавней южных и юго-восточных рек региона, заключающаяся в предохранении от затоплений, регулировании затопления и осушении наиболее пониженных мест, тесно связана с регулированием речного стока. Последнее мероприятие, преследующее в условиях сухого и жаркого климата данного региона задачи обще зонального значения, связанные с обводнением и орошением, что вкупе со значимостью размеров занятых плавнями, придало задаче мелиорации плавней большое хозяйственное значение [98].

Академик Б.А. Шумаков дал следующую оценку проведенным обследованиям: «Высота низконапорных дамб обвалования колеблется в зависимости от рельефа местности от 1 до 3 аршин (0,71...2,13 м), ширина поверху от 0,5 до 1 саж.

(1,07...2,13 м) при полуторных и одинарных откосах, эти дамбы тянутся по обоим берегам р. Кубань от Краснодара почти непрерывно до моря. Начало сельскохозяйственного освоения территории плавней Нижней Кубани характеризуется земляными работами, связанными со строительством низконапорных земляных дамб. Преграждение доступа поверхностных вод на плавни осуществлялось с помощью сплошного земляного обвалования берегов р. Кубань, с помощью строительства низконапорных дамб. Землеустроительные работы производились по большей части в порядке трудовой повинности местного населения Краснодарского края и Республики Адыгея [6].

Осуществление мелиорации плавней Кубани для рисоводства начиналось еще XIX веке, так в 1909 г. проведения соответствующих мероприятий на неиспользуемых землях бассейна р. Кубани, близ г. Темрюк обеспечило урожайность более 20 ц/га. Первой инженерной рисовой системой в Краснодарском крае была введенная в эксплуатацию в 1931 г. Тиховская рисовая система (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Рисовые чеки Тиховской оросительной системы (2020 г.)

В Республике Адыгея первые рисовые чеки (2 га) были введены в опытную эксплуатацию в начале 1948 г. в Тахтамукайском районе [14]. «Мелиоративные системы построены на землях-плавнях. Строились эти опытные чеки примитивным способом и мало чем напоминали рисовую систему в ее современном виде. Полученная урожайность значительно превзошла урожайность озимых зерновых (6,6 ц/га) и составила более 15 ц/га, что еще раз доказывало возможность и целесообразность возделывания риса на Нижней Кубани» [4].

Создатели научного отечественного рисоводства – П.А. Вите, Б.Л. Шумакова, Г.Г. Гущина, П.С. Ерыгина, В.Б. Зайцева и др. оказали существенное влияние на развитие мелиоративного водохозяйственного комплекса в бассейне р. Кубани.

К 1941 г. прошлого века на Нижней Кубани было построено более 101 тыс. га оросительных систем, а к 1965 г. к ним добавилось более 70 тыс. га. Так в 1941 г. на р. Белая в Красногвардейском районе методом народной стройки было создано Тшикское водохранилище, его полный объем – 312 млн. м³, а полезный объем – 280 млн. м³, площадь зеркала водохранилища, при нормальном подпорном уровне – 7,60 тыс. га. Одно из главных водохранилищ – Шапсугское, введено в постоянную эксплуатацию в 1952 г., на р. Афипс в Октябрьском районе Республики Адыгея, его полный проектный объем составлял 150 млн. м³, а полезный объем более 130 млн. м³, площадь зеркала Шапсугского водохранилища при нормальном подпорном уровне достигала 4,57 тыс. га.

Наиболее разрушительное наводнение на р. Кубани, произошедшее в 1966 г., выявило существенные недостатки действующего водохозяйственного комплекса, так и не позволившего защитить сельскохозяйственные земли Нижней Кубани от паводков от 3 до 10 % обеспеченности. «Но мелиорация земель в Краснодарском крае и Республике Адыгея получила долговременную государственную поддержку, что позволило приступить к организованному строительству ороси-

тельно-осушительных систем и развитию современной инфраструктуры агропромышленного комплекса» [2, 11, 54, 79].

Летом в июне 1967 г. был утвержден проект по строительству Краснодарского водохранилища, так же в этом году было завершено строительство Федоровского гидроузла (рисунки 1.4, в 1971 г. выполнен ввод Варнавинского водохранилища [25].



Рисунок 1.4 – Федоровский гидроузел на р. Кубань

В 1972 г. введено в эксплуатацию – Крюковское водохранилище, объемом при нормальном подпорном уровне 111 млн. м³. Весной в мае 1973 г. на р. Кубань введено в эксплуатацию крупнейшее на юге России – Краснодарское водохранилище [1].

С 1923 по 1980 г. в Краснодарском крае и Республике Адыгея был запроектирован, построен и введен в эксплуатацию уникальный водохозяйственный комплекс [5], «включающий 4 водохранилища (Краснодарское, Шапсугское, Крюковское, Варнавинское), 650 км низконапорных дамб обвалования рек Кубань и Протока; Федоровский гидроузел с отбором стока реки Кубань на правобережные рисовые системы Кубанскую, Марьяно-Чебургольскую, Понуро-Калининскую и Федоровскую до 250 м³/с.

На Кубано-Приазовской низменности за 60 лет гидромелиоративные системы построены на площади 415 тыс. га ме-

лиорированных земель, из них на площади 390 тыс. га - орошаемые и на площади 24 тыс. га осушаемые гидромелиоративные системы, из которых рисовые системы занимают в структуре площадей орошаемых систем мелиорированных земель Краснодарского края и Республике Адыгея более 60 % или более 235 тыс. га. Из них на площадь межхозяйственной части оросительных систем приходится чуть более 10 тыс. га, а площадь внутрихозяйственных систем составляет 223,9 тыс. га.

Структура объектов рисовых систем характеризуется в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Состав и характеристика объектов рисовых систем.

Сооружения	Количество конструкций		
	внутрихозяйственная сеть	межхозяйственная сеть	всего
Гидротехнические сооружения, тыс. шт.	86,0	1,1	87,1
Протяженность каналов, тыс. км	16,0	2,2	18,2
Дороги, тыс. км	15,0	1,4	16,4
Чеки, тыс. шт.	52,0	-	52,0
Валики, тыс. км	7,7	-	7,7
Насосные станции, шт.	16,0	104,0	120,0

Государственные рисовые системы занимают 234,4 тыс. га, локальные орошаемые участки 73,5 тыс. га, а государственные не рисовые системы более 78 тыс. га.

На современном этапе развития агропроизводства в Краснодарском крае только 60 % орошаемы площадей по засолению почв и уровню залегания грунтовых вод находится в хорошем состоянии [101].

Это стало следствием снижения работоспособности длительно используемых ГТС и, практически, отсутствия эксплуатации внутрихозяйственных систем, которая с 1995 г. возложена на сельхозпроизводителя [107].

До этого эксплуатация рисовых систем осуществлялась государством и реализованные нововведения не способствовали повышению ее эффективности [3].

Структура эксплуатационных филиалов ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз» характеризуется в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Структура эксплуатационных филиалов ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз».

№ п/п	Наименование филиала	Обслуживание		Количество	
		Орошаемые земли, тыс. га	Хозяйства, шт	Экспл. участки, шт	Насосные станции, шт.
1	Абинский	26,9	14	3	5
2	Анапский	2,4	8	-	4
3	Калининский	34,8	15	3	10
4	Кубаньводстрой	-	-	-	-
5	Красноармейский	84,3	27	5	12
6	Краснодарский	25,7	50	3	22
7	Крымский	23,5	23	3	9
8	Новокубанский	19,6	33	2	-
9	Петровско-Анастасиевский	41,3	14	4	15
10	Северский	9,2	7	3	5
11	Темрюкский	15,6	8	5	10
12	Тихорецкий	27,3	42	2	5
13	Черноерковский	33,2	11	4	7
14	Федоровский	-	-	-	-
ИТОГО:		345,05	259	39	104

Таким образом, успешное решение задачи развития рисоводства юга России, становление и развитие которого изначально обусловлено ирригацией, закономерно обусловлено повышением нагрузки на водохозяйственные сооружения, требующей действенной системы водораспределения, водоподачи и водоотведения, что современное техническое состояние водохозяйственного комплекса обеспечить не может. В конце XX века для большинства водохозяйственных конструкций наступил период окончания проектных (нормативных) сроков эксплуатации. Имеются многочисленные гидротехнические сооружения, требующие проведения реконструкции. Следовательно, устранение выявленных дефектов и повреждений, а также диагностика технического состояния сооружений рисовых систем и выполнение мероприятий технической эксплуатации является одним из факторов способствующим эффективности использования водных ресурсов и водосбережению.

Теорией оценки технического состояния мелиоративных систем и надежности, а также эффективности их функционирования занимались многие известные ученые, среди которых: Алтунин В.С., Аскоченский А.Н., Баженов Ю.М., Гумбаров А.Д., Долгушев И.А., Каганов Г.М., Колганов А.В., Козлов Д.В., Коваленко П.И., Маслов Б.С., Манукьян Д.А., Мирцхулава Ц.Е., Пославский В.В., Рагольский В.Н., Рекс Л.М., Розанов Н.П., Румянцев И.А., Сенкевич Т.П., Сергеев Б.И., Суладзе И.Д., Тевелев Ю.А., Шабанов В.В. и др. Однако методы количественной оценки остаточного ресурса работоспособности ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса при их чрезвычайной актуальности разработаны недостаточно и требуют своего решения.

Вопросам повышения интенсификации использования водных ресурсов на основе совершенствования мониторинга эксплуатационной надежности конструкций оросительных систем посвятили свои исследования многие ученые. Среди них: Ф.К. Абдразаков, Е.П. Алешин, А.И. Апрод,

В.Д. Агарков, М.А. Андрушин, Н.А. Анискин, И.П. Айдаров, Ф.А. Бараев, В.В. Беликов, Е.Б. Величко, Г.В. Воропаев, В.А. Волосухин, В.П. Витте, Г.Г. Гуцин, Г.В. Дегтярев, Н.Н. Дубенок, А.П. Джулай, П.С. Ерыгин, В.Б. Зайцев, М. Жалбасбаев, Н.С. Жовтоног, Б.М. Кизяев, Л.В. Кирейчева, П.И. Коваленко, Ю.М. Косиченко, А.В. Колганов, И.П. Кружилин, Е.В. Кузнецов, Б.А. Неунылов, В.И. Ольгаренко, Г.В. Ольгаренко, Н.В. Островский, Ю.П. Поляков, В.А. Попов, А.Г. Рау, Г.А. Романенко, Ю.А. Свистунов, В.И. Сметанин, П.И. Усатенко, З.Ф. Тулякова, Н.С. Тур, Е.М. Харитонов, Б.А. Шумаков, Б.Б. Шумаков, К.М. Шумакова, В.Н. Щедрин и др. Результаты исследований, полученных указанными авторами, способствовали эффективности становления отечественного рисоводства и не потеряли своей актуальности до настоящего времени. Сказанное не снижает потребности в поисках методов и способов водосбережения в условиях возрастающего дефицита водных ресурсов от изменяющихся климатических условий и уже наблюдающейся напряженности водного баланса территории юга России.

1.2 Водные ресурсы юга России и перспективы развития рисовых систем

В России запасы пресных водных ресурсов составляет около 88 тыс. км³ на сегодняшний день, а включая возобновляемые водные ресурсы различных рек по стоку, а также подземные водные ресурсы 31 % соответственно [7].

На современном этапе развития забор воды достигает порядка 78 км³ в год, из них более 64 км³ составляет пресная вода, а порядка 11 км³ подземные воды. Использование инновационных систем водоснабжения экономит около 25 км³ водных ресурсов каждый год. Возвращается в природные водные объекты около 51 км³ воды, из них только 20 км³ водных ресурсов загрязнены сверх установленных нормативов и

требуют очистки. Максимальный водозабор осуществляется из рек: Волга более 26 км^3 , Кубань более 10 км^3 , Обь более 10 км^3 , Дон более 7 км^3 , Терек более 6 км^3 [5].

Промышленность использует более 40 км^3 изымаемых водных ресурсов, в том числе энергетическая отрасль более 31 км^3 , жилищно-коммунальное хозяйство более 14 км^3 , агропромышленный комплекс более 13 км^3 , из них на мелиорацию более 9 км^3 .

Возрастающая проблематика постоянного дефицита воды все больше влияет на урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур, что особенно характерно для агропромышленного комплекса юга России.

Существенная разница между югом России и другими регионами страны по водообеспечению индустриально-аграрного комплекса обусловлена крайне неблагоприятным соотношением его потребности в водных ресурсах и возможностями водных объектов. При незначительном превышении в бассейне р. Кубани удельных водных ресурсов на 1 км^2 территории (составляющих $254 \text{ тыс. м}^3/\text{год}$), их среднего значения по России - $237 \text{ тыс. м}^3/\text{год}$, удельная водообеспеченность одного жителя в бассейне Кубани - $4,15 \text{ тыс. м}^3/\text{год}$ в 7 раз ниже, чем в среднем по Российской Федерации ($27,8 \text{ тыс. м}^3/\text{год}$). По территории бассейна водные ресурсы распределены неравномерно, обводнение территория Карачаево-Черкесской Республики превышает обводнение Краснодарского края почти в 3 раза [8].

В целом для бассейна р. Кубани, занимающего площадь 57900 км^2 , характерна интенсивная хозяйственная деятельность: непосредственно в гидрографической сети, связанная с объемными водозаборами и переброской части стока рек за пределы бассейна, созданием водохранилищ и прудов обвалованием русел рек, и на территории водосбора (агролесомелиоративные мероприятия, оросительные и осушительные мелиорации), приводящей к нарушению естественного гидрологического режима. Хозяйственная деятельность оказала ощути-

мое воздействие на изменение режима стока рек, в первую очередь вследствие вырубki лесов и интенсивной распашки водосбора, обусловивших рост максимальных расходов водотоков, что в условиях изношенных и устаревших систем инженерной защиты паводкоопасных зон приводит к более значительным и частым наводнениям.

В гидрографии Краснодарского края и Республики Адыгея выделяются группы рек, отличающиеся неравномерностью водообеспеченности сельского хозяйства: речная система Кубани; реки Закубанья; степные реки; реки черноморского побережья» [10].

Анализ социально-экономической ситуации в субъектах Федерации, расположенных на водосборной площади бассейна р. Кубани показывает высокий уровень их хозяйственной деятельности. Сейчас и в будущем основные водопотребители в бассейне реки Кубани – сельское хозяйство, орошаемое земледелие – водоснабжение – промышленность и гидроэнергетика – рыбное хозяйство – жилищно-коммунальное хозяйство.

По данным [12] коэффициент использования водных ресурсов в бассейне р. Кубани составляет 0,86, величина безвозвратного водопотребления – 6,86 км³ против нормативно допустимого изъятия 1,6 км³. Оценка степени экологического неблагополучия водных экосистем в бассейне р. Кубани [10] свидетельствует о чрезвычайной экологической ситуации, граничащей с состоянием экологического бедствия. Выполнение экологических попусков ограничено дефицитом водных ресурсов, перераспределение которых в пользу природоохранных мероприятий вызовет сокращение, вплоть до полной ликвидации, промышленного и сельскохозяйственного производства.

Для предотвращения деградации экосистемы р. Кубани предлагается отказаться от дальнейшего увеличения достигнутого уровня безвозвратных отборов, используя в качестве приоритетной альтернативы – водосбережение [9].

Рисовые оросительные системы являются ведущими потребителями водных ресурсов бассейна, для которых из р.Кубани и ее притоков забирается до 4 млрд м³ воды в год (рисунок 1.5) при общем годовом объеме водозабора 11,3 млрд м³.

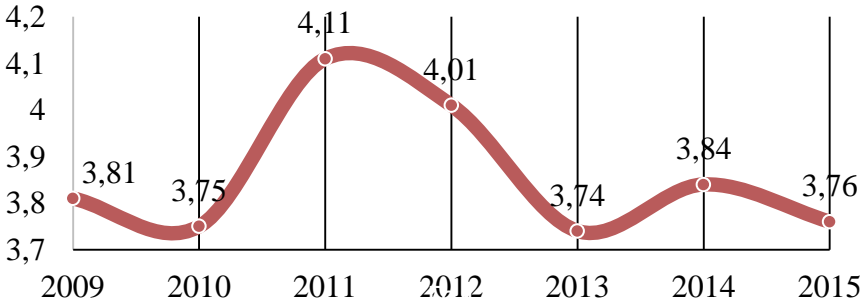


Рисунок 1.5 – Забор водных ресурсов из различных водных источников, млрд. м³

В условиях ежегодно нарастающего дефицита водных ресурсов успешное развитие рисосеяния в бассейне р. Кубани требует: совершенствования процессов планирования и реализации мероприятий водопользования; внедрения современных средств информационно-коммуникационных технологий распределения поливной воды; применения новых современных композитных материалов для новых технических решений и т. п. [4].

В настоящее время эксплуатационное состояние многих оросительных и осушительных систем агропромышленного комплекса находится в неудовлетворительном состоянии. Площадь с хорошим мелиоративным состоянием на орошаемых землях уменьшилась за последние 7 лет с 4,11 млн. га до 2,76 млн. га или на 33 %, на осушаемых землях – на 62 %, площади с хорошим состоянием уменьшилась с 2,32 до 0,88 млн. га, что составляет более 64 % [3].

Уровень технического состояния и моральное старение сооружений мелиоративного комплекса Краснодарского края и Республики Адыгеи является причиной крайне низкой фактической эффективности использования воды в орошаемом земледелии. Снижение объем водоподачи составляет до 30 % объема водозабора (рисунок 1.6).

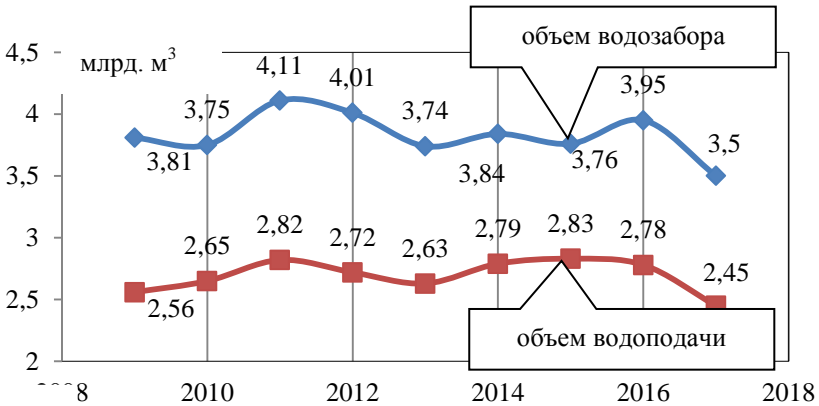


Рисунок 1.9 – Объемы водозабора и водоподачи на орошение водохозяйственным комплексом Краснодарского края и Республики Адыгея

Следовательно, очевидным и перспективным мероприятием водосбережения в системе орошаемого земледелия становится разработка и использование инновационных методов и способов повышения эксплуатационной надежности ГТС, способствующих снижению утечек, несанкционированных сбросов и др. потерь поливной воды из-за неудовлетворительного технического состояния объектов мелиоративного водохозяйственного комплекса. Его реализация сделает возможным планируемое расширение ежегодных посевных земель риса до 145 тыс. га.

1.3 Эффективные инновационные технологии технической эксплуатации внутрихозяйственных систем как фактор водосбережения на функционирующих рисовых системах

На современном уровне в бассейне реки Кубани наиболее водоемкой отраслью экономики является сельское хозяйство, объединяющее орошение, рыбное хозяйство и сельхозводоснабжение. Основным потребителем водных ресурсов орошаемого земледелия – рисовые системы, чем объясняется необходимость повышенного внимания к вопросам водосбережения при их использовании для решения экологических проблем водных объектов бассейна. Организация эффективного водопользования на гидромелиоративной системе – процесс многофакторный, включающий в качестве приоритетных мероприятий рационализацию процедур водозабора, водораспределения, водоподачи, обеспечения работоспособности оборудования и технических средств, базирующихся на передовых современных технологиях управления объектами мелиоративного водохозяйственного комплекса.

В соответствии с целью и задачами исследований в настоящей работе выполнен анализ технического состояния и организации службы технической эксплуатации внутрихозяйственных рисовых систем, для определения их потенциальных возможностей в процессе водосбережения агропроизводства в бассейне реки Кубань.

Успешное орошаемое земледелие в бассейне р. Кубани обеспечивают: крупные водоподводящие магистральные каналы; каналы межхозяйственной сети, трубопроводы закрытой оросительной сети; гидротехнические сооружения на каналах.

За 50 лет, прошедших с момента строительства и ввода в эксплуатацию первых инженерных рисовых систем, изменились геометрические параметры рисовых чеков, предложены

и реализованы новые конструктивные элементы ГТС, трансформировалась система агропроизводства, что, безусловно, требует организации эффективной эксплуатации объектов мелиоративного водохозяйственного комплекса.

Сложившаяся к настоящему времени структура собственности мелиоративных фондов, обусловленная реорганизацией экономики начатой в 90-х годах прошлого столетия, характеризуется федеральной формой собственности; собственностью субъектов федерации; муниципальной; граждан и юридических лиц, в т.ч. фермерских хозяйств. За время продолжительной эксплуатации работоспособность сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем, обслуживаемых сельхозтоваропроизводителями, снизилась значительно сильнее, чем магистральных каналов и сооружений межхозяйственной сети, оставленной в собственности государства. «Во многом это объясняется отсутствием средств у сельскохозяйственных производителей, не позволяющим им поддерживать в удовлетворительном состоянии внутрихозяйственные сооружения. Кроме того, была осуществлена сегментация рисовых систем в ходе реструктуризации и приватизации предприятий агропромышленного комплекса, что так же не способствовало эффективности их функционирования. Чтобы продлить срок службы внутрихозяйственных рисовых систем необходима разработка мероприятий по ликвидации и предотвращению возможных аварий» [12].

Как показывает практика агропроизводства на мелиорируемых землях «работоспособность внутрихозяйственной сети оросительных систем неудовлетворительная и продолжает снижаться с каждым годом эксплуатации. На значительной части сельскохозяйственных земель внутрихозяйственная сеть заилена, профили каналов нарушены, железобетонные сооружения на водопроводящей сети поражены дефектами, способствующими протечкам и фильтрационным потерям поливной воды, учет расходования водных ресурсов не выполняется. Коэффициент полезного действия оросительных систем сни-

жается до недопустимо низких значений – 0.47...0.60, т.е., по меньшей мере, порядка 50 % воды, забираемой из источника орошения, теряется непроизводительно на глубинную фильтрацию и испарение. Все это ведет к перерасходу поливной воды и в дальнейшем, к ухудшению мелиоративного состояния земель [7].

За последние перестроечные годы (1990-2020 гг.) в результате произошедшего спада производства из сельскохозяйственного оборота выбыло и/или переведено в богарное земледелие 98,8 тыс. га орошаемых земель рисовых систем. Снижающаяся эксплуатационная надежность конструкций сооружений внутрихозяйственных рисовых систем орошения из-за неудовлетворительной технической эксплуатации мелиоративного комплекса может привести к массовому отказу базовых элементов водохозяйственных объектов и выводу земель рисосеяния из хозяйственного оборота на территории Краснодарского края и Республики Адыгея.

По данным инвентаризации, проведенной Минсельхозом России в 2011 г., в Российской Федерации свыше половины, находящихся на балансе оросительных рисовых систем нуждалось в проведении реконструкции, повышении технического уровня и в других планово-предупредительных эксплуатационных мероприятиях, способствующих водосбережению, потребность в которых к настоящему времени только возросла.

Особо необходимо отметить повсеместную ликвидацию и снижение технического состояния метрологической службы в составе хозяйствующего субъекта ГМС. Как правило, не выполняется минимально необходимый перечень работ по поддержанию в требуемом состоянии гидрометрических постов. Более чем в 40 % пункты водоучета не оборудованы средствами измерения параметров водного потока. Доля пунктов водоучета, оснащенных водоучитывающими приборами, не достигает 6 %. На открытой оросительной сети более 60 % пунктов водоучета оснащены лишь гидрометрическими рей-

ками, что не соответствует требованиям, предъявляемым к пунктам коммерческого водоучета.

В процессе длительной эксплуатации под воздействием агрессивных факторов внешней среды, наличествующие дефекты и повреждения нередко перерастают в серьезные конструктивные нарушения. Очень важно правильно и во время оценить работоспособность внутрихозяйственных конструкций рисовых систем и разработать действительные мероприятия по их устранению.

Таким образом, на современном этапе развития агропромышленного комплекса Краснодарского края и Республики Адыгея требуется эволюция эксплуатации систем рисосеяния с учетом современных экономических реалий, обусловленных самостоятельностью действующих сельскохозяйственных предприятий, отсутствием ограничительных рамок со стороны государственных структур, снижающих свое участие в экономическом регулировании становления водохозяйственного комплекса. Промедление с реализацией инновационных решений в повышении эксплуатационной надежности рисовых систем ведет к формированию условий для варварского использования важнейших природных ресурсов и ухудшения экологической обстановки.

Фактический развал службы водоучета в сфере мелиорации, наряду с отсутствием должной востребованности результатов деятельности эксплуатационных организаций во многом обусловил сложившуюся негативную ситуацию в сфере технической эксплуатации мелиоративных систем. Контроль, сбор, учет данных о техническом состоянии сооружений внутрихозяйственных рисовых систем по результатам специальных обследований и инструментальных замеров является, скорее, приятным исключением, чем правилом работы эксплуатационной службы, требующим неукоснительного исполнения.

Анализ теории и практики процедур совершенствования внутрихозяйственных систем орошения показал, что уже сей-

час разрабатываются и используются новые технологии модернизации и реконструкции сооружений рисовых систем, гарантирующие эффективность водопользования. Вместе с тем необходима интенсификация развития новых и совершенствования старых технологий повышения эксплуатационной надежности ГТС и выработки рекомендаций по их ремонту, модернизации, восстановлению и трансформации для решения вопросов водосбережения и продления жизненного цикла внутрихозяйственных рисовых систем.

Для реализации эффективной эксплуатации сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса персонал должен быть снабжен надлежащими инструкциями, знание которых персоналом обязательно проверяется. Инструкции эксплуатационного персонала охватывают все виды его деятельности на системе: по уходу за отдельными сооружениями внутрихозяйственной сети рисовых систем, осмотру, контролю за их работой, по управлению расходами и уровнями воды, и пр. Инструкции дополняются различными правилами, схемами, должностными указаниями. Специальные технические инструкции, отражающие принятые в проекте условия работы сооружения внутрихозяйственной сети рисовых систем, должны составляться проектировщиками и прилагаться к техническому проекту сооружения. Эти инструкции могут дополняться приемной комиссией по приемке сооружений в эксплуатацию специальными указаниями.

Строгое выполнение указаний, инструкций и правил является основным базовым условием для организационного обеспечения службы эксплуатации рисовых систем.

Практика реконструкции мелиоративных объектов показывает возрастающую необходимость разработки рекомендаций по диагностике технического состояния конструкций внутрихозяйственных систем орошения для принятия рациональных технических и хозяйственных решений по повышению эффективности водопользования при возделывании риса,

отсутствующей в системе нормативно – методической документации.

В целом, результаты анализа состояния сооружений рисовых оросительных систем и организации их технической эксплуатации установили большие нереализованные возможности сокращения водопотребления на рисосеяние за счет снижения, вплоть до полной ликвидации негативного влияния указанных факторов на эффективность процессов водосбережения. На современном этапе необходимы поиск и реализация новых решений задачи достоверной количественной оценки технического состояния ГТС.

В качестве приоритетного нетрадиционного подхода представляется целесообразным реализация метода количественной оценки технического состояния сооружений по критерию ресурса работоспособности - эффективному показателю их эксплуатационной надежности, что имеет значительный научный и практический интерес для агропромышленного комплекса [10].

Выполненный на примере Краснодарского края и Республики Адыгея по результатам производственного опыта и научных разработок анализ состояния рисоводства, современных тенденций в реализации экономии водных ресурсов и технического состояния ГТС внутрихозяйственных рисовых систем показал возможность повышения водосбережения путем совершенствования технического состояния ГТС.

При этом комплекс мероприятий по оценке технического состояния ГТС следует рассматривать как целостную систему взаимосвязанных элементов - технологических, технических, конструктивных решений, реализуемых на внутрихозяйственном звене рисовых систем для контроля и количественной оценки его работоспособности, гарантирующей эксплуатационную надежность и повышение эффективности водопользования за счет сокращения потерь воды.

Цель исследований – совершенствование методов контроля и учета технического состояния гидротехнических со-

оружений рисовых оросительных систем, обеспечивающих сокращение потерь воды в штатном режиме работы сооружений и предотвращение аварийных ситуаций.

Для достижения обозначенной цели:

- выполнялись натурные, экспериментальные и информационно – аналитические исследования по установлению и оценке факторов снижения работоспособности ГТС внутрихозяйственных рисовых систем;

- на основе комплекса мероприятий, моделей и процедур, полученных экспериментальным путем в лабораторных и полевых исследованиях разрабатывались новые подходы к развитию методов контроля конструкций внутрихозяйственных систем орошения помощью инновационных технологий.

Указанные подходы потребовали решения следующих задач:

- провести инженерно-геодезические, гидравлические исследования для определения местоположения участков и элементов сооружений внутрихозяйственной рисовой системы с неблагоприятными процессами, опасными дефектами и повреждениями;

- выполнить натурные эксперименты по определению прочностных характеристик сооружений внутрихозяйственной сети методами неразрушающего контроля;

- систематизировать нарушения технического состояния сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем по видам выявленных дефектов и повреждений и определить причины их возникновения;

- осуществить имитационное моделирование повреждений сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем с целью определения зон характерных поражений и оценить их техническое состояние;

- усовершенствовать методы контроля состояния сооружений внутрихозяйственной сети для повышения эффективности использования водных ресурсов на рисовых оросительных системах.

Достоверность получаемых результатов обеспечивалась использованием ниже следующих методов проведения соответствующих наблюдений и исследований:

- выбором репрезентативных объектов водохозяйственного мелиоративного комплекса Краснодарского края для анализа современного состояния сооружений внутрихозяйственных рисовых систем, выполнения полевых опытов и внедрения результатов;

- применением приборов с наличием сертификатов соответствия для обеспечения инженерно-геодезических и гидравлических экспериментов, определения местоположения участков и элементов сооружений внутрихозяйственной сети с неблагоприятными процессами, опасными дефектами и повреждениями;

- использованием стандартного сертифицированного оборудования, общепринятых современных методик с обработкой результатов статистическими методами и применением программного обеспечения для численного моделирования, натурных и лабораторных исследований по определению прочностных характеристик сооружений внутрихозяйственной сети методами неразрушающего контроля;

- реализацией имитационного моделирования повреждений сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем с целью определения зон характерных поражений и оценки их технического состояния;

- оптимизацией методов контроля состояния сооружений внутрихозяйственной сети с учетом остаточного ресурса их работоспособности для повышения эффективности использования поливной воды на рисовых оросительных системах.

ГЛАВА 2. НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ РИСОВЫХ СИСТЕМ

2.1 Характеристика объектов природных исследований технического состояния сооружений внутрихозяйственных рисовых систем

Обследования конструкций внутрихозяйственных систем орошения производились на трубчатых гидротехнических сооружениях открытого и закрытого типа хозяйственной водопроводящей сети рисовых систем Закубанского мелиоративно-водохозяйственного массива, особое внимание было уделено состоянию защитного слоя арматуры железобетонных элементов.

Географически Закубанский мелиоративно-водохозяйственный массив находится на юге России в Краснодарском крае на территории Абинского, Северского и Крымского районов и объединяет водохозяйственные объекты Афипской, Крюковской, Варнавинской и Федоровской оросительных систем. Орошение выполняется: водой Закубанских рек, из которых самые крупные: Ахтырь, Абин, Адагум, Кудак, Иль, Хабль; водными ресурсами регулируемых водохранилищ и реки Кубань, а также повторно используемыми для поливов сбросными водами с рисовых систем [10].

Исследовались гидротехнические сооружения Афипской, Крюковской, Варнавинской и Федоровской оросительных систем Абинского района. Орошаемые земли в Абинском районе имеют 15 хозяйств:

- ППСП ООО «НИРИС»;
- ООО «Рис»;

- ООО «Люкс-Агро-Р» ОСП «Абинская»;
- ООО «Зерновая компания Новопетровская»;
- ООО «Агрофирма Абинская»;
- ООО «Агро-Альянс»;
- ООО СХП «Кубань»;
- ООО «Юагро»;
- ООО «С. Г. Пугачь»;
- Крестьянско-фермерские хозяйства: Скрынько, индивидуальные предприниматели: Дрынкин, Лясова, Афисов, Горбанец и Колодко.

Источником орошения для Федоровской и Афипской систем орошения является: р. Кубань; для Крюковской системы – Крюковское, Варнавинское водохранилища, водные ресурсы Афипского коллектора и СЛ-14-1 коллектора [11]; для Закубанской оросительной системы – повторные водные ресурсы левого ДС КСК.

Водозабор из р. Кубани осуществляется самотеком через головное сооружение. Из-за аварийного состояния Крюковского водохранилища водозабор из него с 2018 г. не осуществляется, на рисовые посевы Крюковской оросительной системы вода для поливов подавалась из р. Кубань и использовалась повторно вода из Афипского коллектора, подаваемая насосной станцией № 5.

Водозабор из Варнавинского водохранилища осуществляется через головное водозаборное сооружение. Водозабор из Афипского коллектора, СЛ-14-1 и левого ДС КСК, осуществляется насосными станциями №№ 5, 8, 11, 12, 20. Сброс воды с систем осуществляется в Афипский коллектор самотечным способом и в Варнавинское водохранилище с помощью НС № 20. Орошаемый ирригационный фонд на 1.01.2019 г. составлял более 26,8 тыс. га.

В 2018 г. планом водопользования предусматривалось полить в Абинском районе – 13,8 тыс. га, в том числе рисовых посевов – 13,8 тыс. га.

Фактически полиито орошаемых земель: всего – 14009 га, в том числе рисовых посевов – 12810 га, кормовых культур – 359 га, провокационные и прочие поливы выполнены на площади – 840 га.

Кратность поливов составила:

- рис – 12 при плане 12;
- люцерна в рисе – 0 при плане 0.

Подача водных ресурсов осуществлялась:

- механическим способом на площади – 4079 га;
- самотечном способом на площади – 9930 га.

Общий водозабор по Абинскому филиалу составил 316,07 млн. м³, при плане 316,99 млн. м³. Водозабор повторных вод составил 37,59 млн. м³, при плане 27,26 млн. м³. Суммарная подача на все нужды составила 210,81 млн. м³, при плане 207,27 млн. м³

Из них:

- на полив риса 206,92 млн. м³, при плане 207,27 млн. м³;
- на полив не рисовых культур – 0,17 млн. м³, при плане – 0 млн. м³;
- на провокационные поливы – 3,16 млн. м³, при плане – 0 млн. м³;
- на замочку каналов – 13,60 млн. м³, при плане – 13,35 млн. м³;
- подпитка рек и прудов – 0,56 млн. м³, при плане – 0 млн. м³;
- КПД системы составил – 0,67.

Средняя оросительная норма на рисовых посевах – 16,15 тыс. м³/га, при плане 16,18 тыс. м³/га. Посев риса в 2018 г. – 12,810 тыс. га или 48 % общего ирригационного рисового фонда. Валовый сбор риса по Абинскому району в первоначально оприходованном весе составил 80 тыс. т. Отчетность по посевам и поливам рисовых и не рисовых культур в вышестоящие организации велась регулярно.

Отборы проб на загрязнение водных ресурсов по конечным сбросным точкам коллекторно-дренажной сети, а также в

хозяйствах на сбросных каналах, производились ФГУ «Кубаньмониторингвод». Службой отдела водопользования проводился круглосуточный учет забранной, поданной воды по хозяйствам, сброшенной по конечным точкам коллекторно-дренажной сети [69].

Подача воды хозяйствам водопользователям осуществлялась при наличии договора на подачу воды, акта готовности внутривозвратной сети, а также доверенности на право подачи заявок на воду.

Абинским филиалом ФГБУ «Управление Кубаньмелиоводхоз» регулярно проводились замеры воды на оросительных и сбросных каналах, которые тарифированы и оборудованы водомерными рейками, что позволяло вести учет оросительной и сбросной воды.

Подача воды хозяйствам производилась согласно заявкам и ежедневно контролировалась во избежание ее перерасхода. Со специалистами хозяйств водопользователей проводились стандартные мероприятия по рациональному использованию оросительной воды.

Отделом водопользования ведутся регулярно учет поданной воды хозяйствам-водопользователям, каждую декаду составляется отчетность «Информация о поливе и подаче оросительной воды по хозяйствам» и доводится специалистам управления сельского хозяйства и специалистам хозяйств-водопользователей.

2.2 Инженерно-геодезические исследования сооружений внутривозвратной сети рисовых систем

Обследуемый экспериментальный участок расположен в Прикубанской низменности. Исследования производились на сооружениях внутривозвратной сети Афипской рисовой оросительной системы (рисунок 2.1).

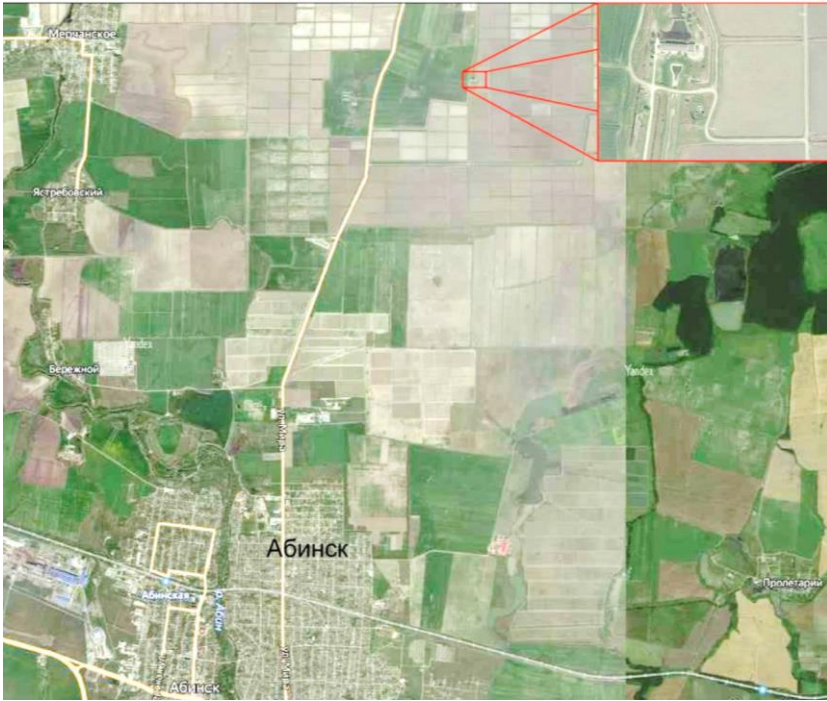


Рисунок 2.1 – Экспериментальный участок исследований на сооружениях внутрихозяйственной сети Афипской рисовой оросительной системы

В составе рекогносцировочного обследования конструкций Афипской рисовой оросительной системы, в качестве элемента обследования принят рисовый чек, для которого определялись:

- границы территорий, подлежащих топографической съемке;
- сохранность пунктов гидротехнических конструкций и ранее установленных реперов, их состояние и возможность использования при выполнении топографо-геодезических работ;
- места установки реперов;

- проект планово-высотной геодезической сети;
- методы выполнения топографической съемки.

Необходимые топографо-геодезические исследования на гидротехнических конструкциях производились в соответствии с требованиями действующих нормативных документов в объеме, предусмотренном программой исследований [11]. Исходные пункты для построения в установленном порядке опорной геодезической сети предоставлены УФС государственной регистрации, кадастра и картографии по Краснодарскому краю.

Спутниковая геодезическая сеть на объекте создана методом построения сети статическим способом согласно нормативным документам по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS» [77]. Основные технические характеристики приемников представлены в таблице 2.1.

В ходе выполненных топографо-геодезических работ использованы пункты государственной геодезической сети для определения координат пунктов спутниковой геодезической сети в местной системе координат (Краснодарский край - МСК-23) и Балтийской системе высот, представленные в каталоге координат и высот пунктов опорной геодезической сети. Необходимые пункты спутниковой геодезической сети сгущения для проведения исследования привязаны к пунктам государственной геодезической сети и пунктам ранее созданной опорной геодезической сети для определения координат в местной системе координат (Краснодарский край - МСК-23) и отметок в Балтийской системе высот 1977 г.

Таблица 2.1 – Основные технические характеристики приемников

Основные технические характеристики приемников	
<i>MAXOR GGD Turbo:</i>	<p>Точность измерения координат:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Статика, быстрая статика - плановые 3 мм + 1 ppm; - высотные 5 мм + 1 ppm; - Кинематика 10 мм + 1 ppm; - Дифференциальный режим (RTK KINEMATIC): • плановые 1.0 см • высотные 1.7 см
<i>Jawad Triumph-1:</i>	<p>Точность измерения координат:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Статика, быстрая статика - плановые 3 мм + 0.5 ppm; - высотные 5 мм + 0.5 ppm; - Кинематика 10 мм + 1 ppm; - Дифференциальный режим (RTK KINEMATIC): • плановые 1.0 см + 1.0 ppm • высотные 1.5 см + 1.0 ppm
Конфигурация приемников	
<i>MAXOR GGD Turbo:</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 40 каналов; - Измерение фазы длины волны L1+L2 /L2C+D5 для GPS/GLONASS систем; - СО-ОР-слежение; - Режим RTK (сантиметровая точность) для базового и подвижного приемника; - Статика, быстрая статика - плановые 3 мм + 0.5 ppm; - высотные 5 мм + 0.5 ppm; - Частота вывода 1 Гц; - Стандарт NMEA 0183; - 2 входа внешнего питания элементов; - 2 последовательных порта RS 232.
<i>Jawad Triumph-1:</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 216 каналов (GPS/ГЛОНАСС/Galileo) - Измерение фазы длины волны L1+L2 /L2C+D5 для GPS/GLONASS систем; - СО-ОР-слежение; - Режим RTK (сантиметровая точность) для базового и подвижного приемника; - Частота вывода 5 Гц; - Стандарт NMEA 0183 при выводе данных.

Чтобы зафиксировать уклон дна сооружения (геодезический перепад) применялся *MAXOR GGD Turbo* и тахеометр *SOKKIA IM-105* (рисунок 2.2).



а)



б)

Рисунок 2.2 – Рекогносцировочное обследование конструкций внутрихозяйственной сети Афипской рисовой оросительной системы:

а) с помощью *MAXOR GGD Turbo*; б) с помощью тахеометра *SOKKIA IM-105*

Объектом исследования являлся рисовый чек Кубанско-го типа внутрихозяйственной сети рисовой системы, площадь 5,27 га, водообеспеченность участка удовлетворительная.

Почвенный покров представлен лугово-болотными и лугово-черноземными почвами. Грунтовые воды находятся на глубине 0,4...0,6 м, в основном пресные и среднеминерализованные [152].

При выполнении геодезических измерений (GPS/GLONASS) был применен статический способ обработки полученных данных, для обеспечения качественного измерения. Одновременно использовались два неподвижных приемника MAXOR GGD Turbo за продолжительный период времени наблюдения.

Большой объем проводимых одновременно измерений позволяет зафиксировать пропуски циклов геодезических измерений (GPS/GLONASS) и правильно их смоделировать в дальнейшем. Выполняются измерения геометрических расположений спутников на орбите, которые необходимы для фиксирования неоднозначности геодезических измерений (GPS/GLONASS) [81].

Проведение геодезических исследований на рисовом чеке начиналась с установки антенны MAXOR GGD Turbo. Штатив, на котором устанавливалась антенна MAXOR GGD Turbo, закреплялся для неизменности высоты антенны во время геодезических измерений (GPS/GLONASS).

Антенна MAXOR GGD Turbo ориентировалась на север по ориентирным стрелкам (меткам). Нивелирование антенны MAXOR GGD Turbo выполнялось на основании инструментальной поверки топографо-геодезических исследований (GPS/GLONASS) с точностью до 1 мм. Ошибка измерения высоты антенны MAXOR GGD Turbo влияет на точность определения всех трех координат на элементах конструкций внутривладельческого звена рисовых систем.

Высота измерялась рулеткой и специальным устройством дважды: до и после наблюдений MAXOR GGD Turbo, во избежание разности высот антенны MAXOR GGD Turbo в начале и в конце сеанса более 2 мм геодезических измерений (GPS/GLONASS).

Топографо-геодезические исследования производились согласно утвержденному расписанию на конструкциях внутрихозяйственных систем орошения рисовых систем, приемник MAXOR GGD Turbo включался и начинал запись до установленного начала измерений. Интервал записи MAXOR GGD Turbo был одинаковым и составлял 10 секунд для привязки топографо-геодезических пунктов измерения к пунктам геодезических измерений (GPS/GLONASS) и 0.5 секунд для сопровождения лазерного сканирования.

Перед началом измерений устанавливались рабочие установки приемника MAXOR GGD Turbo для сохранения результатов измерений. «После включения контролировалось отслеживание приемником MAXOR GGD Turbo необходимого количества спутников и вычисление им своего местоположения, для выполнения геодезических измерений (GPS/GLONASS) [88].

Во время сеанса в приемники MAXOR GGD Turbo вводились название пункта, высота антенны и др. «Параллельно велись записи в полевом журнале установленного образца. В процессе выполненных наблюдений за конструкциями на внутрихозяйственном звене рисовых систем проверялась работа приемников MAXOR GGD Turbo, а именно: электропитание, сбои в приеме сигналов, количество спутников. При ухудшении этих показателей увеличивалось время топографо-геодезических исследований [121].

При передаче данных измерений на конструкциях внутрихозяйственных систем орошения рисовых систем использовался программный продукт PCView производства фирмы Javad Navigation Systems. Для постобработки и уравнивания использовалась программа Pinnacle, фирма производитель – Javad Navigation Systems.

Инженерно геодезические исследования включали изучение и оценку: состояния земляного валика рисовых чеков; ирригационной эрозии.

В ходе выполненных работ в составе инженерно геодезических исследований:

1. Собраны и обработаны проектные, топографо-геодезические и картографические данные;
2. Проведена топографическая съемка земляного валика, включающая замеры откосов и просадки гребня;
3. Проведены поверочные измерения зон, участков, конструкций, определены места наличия дефектов и повреждений конструкций и оборудования;
4. Выполнена фото и видеосъемка дефектов и поврежденных конструкций и оборудования, снижающих их безопасность;
5. Оформлены графические результаты топографической съемки;
6. Проведена оценка соответствия условий эксплуатации требованиям безопасности;

В процессе обследования были выявлены следующие нарушения:



Рисунок 2.3 – Земляной валик рисового чека

1. Геометрия заложения откосов (обрывисты, подмыты) земляного валика. Наблюдается просадка гребня на величину, превышающую предельно допустимое значение 0,05 м;

2. Сколы, трещины, коррозия арматуры и разрушение бетона на входных оголовках водопроводящих ГТС;

3. Разрушение бетона и оголение арматуры на выходном оголовке водосбросного сооружения.

Земляной валик, представляет собой замкнутую фигуру, ширина гребня водоподпорного сооружения колеблется от 5,5 м до 6,5 м. На гребне сооружения имеются ямы и колеи, образованные в результате передвижения автомобильного транспорта по гребню земляного валика рисового чека (рисунок 2.3).

В северной части земляного валика имеется просадка гребня и откосов на 1,5 м (рисунки 2.4 – 2.9) [128].



Рисунок 2.4 – Фрагмент продольного профиля земляного валика рисового чека на участке ПК0+00,00 – ПК16+20,00

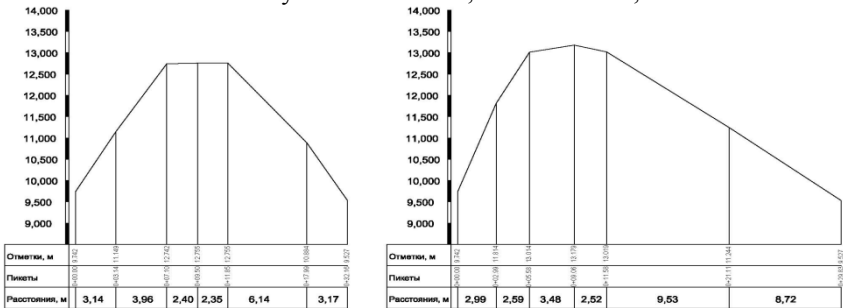


Рисунок 2.5 – Поперечные профили земляного валика рисового чека:

а – на ПК0+56,63 без дефектов и повреждений;

б – на ПК1+26,69 без дефектов и повреждений.

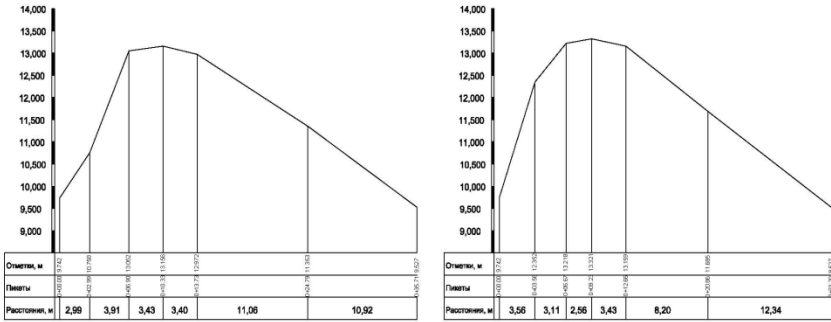


Рисунок 2.6 – Поперечные профили земляного валика рисового чека:
 а – на ПК2+00,84 без дефектов и повреждений;
 б – на ПК2+97,51 без дефектов и повреждений.

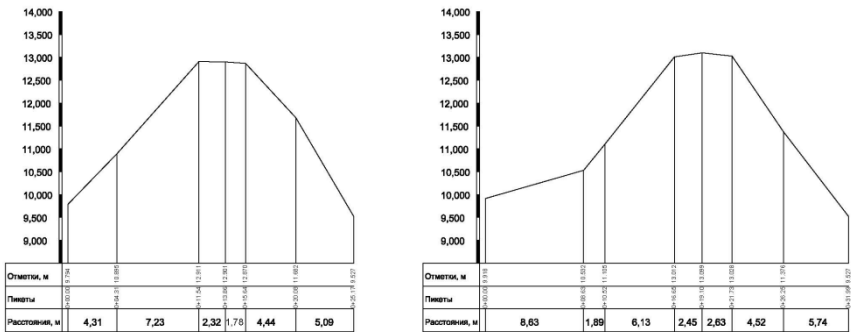
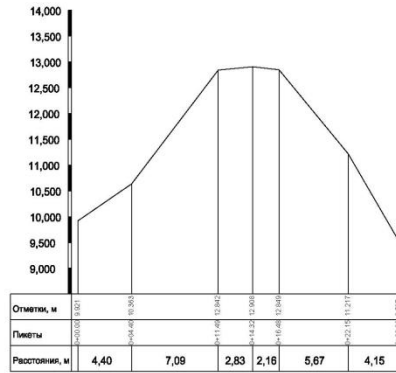
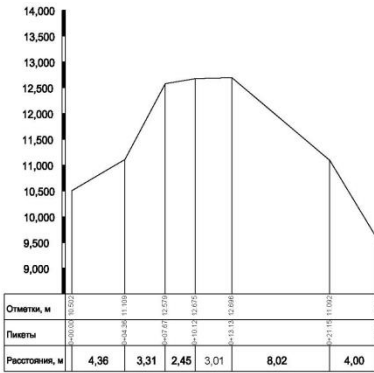


Рисунок 2.7 – Поперечные профили земляного валика рисового чека:
 а – на ПК7+71,95 без дефектов и повреждений;
 б – на ПК10+53,96 без дефектов и повреждений.

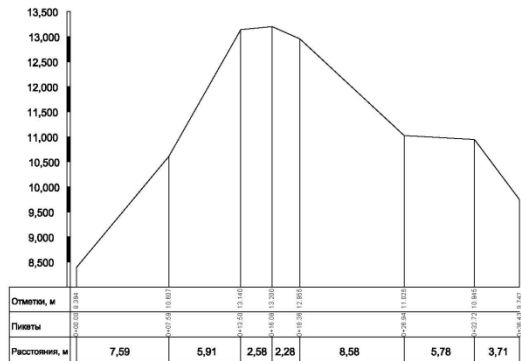
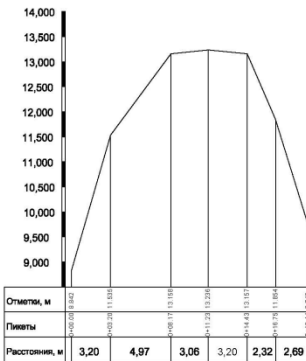
Значительная часть откосов заросла травой и камышом, геометрия заложения откосов земляного валика нарушена – они обрывисты и подмыты (рисунок 2.8). В швах между плитами крепления верхового откоса земляного валика, в области месторасположения водосбросного сооружения, образовались микроползны и просадки грунта (рисунок 2.9).



а

б

Рисунок 2.8 – Поперечные профили земляного валика рисового чека:
 а – на ПК1+84,73 геометрия заложения откосов земляного валика нарушена; б – на ПК13+22,03 геометрия заложения откосов земляного валика нарушена.



а

б

Рисунок 2.9 – Поперечные профили земляного валика рисового чека:
 а – на ПК2+51,24 без дефектов и повреждений; б – на ПК8+88,09 с образованием оползневых процессов.

Одной из проблем эксплуатации внутрихозяйственных систем орошения рисовых является возрастающая ирригационная эрозия, которая вызывает заилиение и загрязнение конструкций, снижение плодородия сельскохозяйственных угодий, вывод площадей из сельхозоборота [144].

В ходе анализа данных мониторинга внутрихозяйственных систем орошения юга России было установлено, что 45 % площади внутрихозяйственных систем орошения поражены эрозией опасных размеров [16], из – за которой более 20 % мелиорируемых сельскохозяйственных угодий непригодны для агропромышленного производства. На остальных сооружениях внутрихозяйственных систем орошения (с долей 55 % общей площади) наблюдались косвенные признаки скрытой эрозии «Значительную долю в ущерб, причиняемый ирригационной эрозией, вносят последствия размыва внутрихозяйственных систем орошения» [83].

Для внутрихозяйственных рисовых систем эрозия опасных размеров формирует дефицит грунта для засыпки временного оросителя в конце сезона. Ежегодный смыв с одного погонного метра внутрихозяйственной сети превышает 0,5 - 1,0 м³. При величине гумусного горизонта 0,2 - 0,4 м и естественном процессе образования гумусного слоя 1 - 2 см за 200 - 300 лет, на орошаемых полях внутрихозяйственных рисовых систем «через 20 - 40 лет будет смыт весь гумусный горизонт. Учитывая также, что гумусный горизонт снижается вследствие ветровой эрозии фактический срок полной потери плодородия орошаемых участков может стать значительно меньше. Недостаточная засыпка временных оросителей на внутрихозяйственном звене рисовых систем приводит к образованию ложбин шириной 2 - 3 м и глубиной 0,2 - 0,3 м. Сохранение месторасположения оросителей приводит к оврагообразованию и отчуждению пахотных земель» [139, 157].

В наибольшей степени эрозии опасных и катастрофических размеров подвержены системы орошения с большими уклонами территории.

Заилиение водопроводящих сооружений внутрихозяйственных систем орошения требует их периодической очистки, что приводит к дополнительному расходу водных ресурсов. Механическая очистка водопроводящих каналов способствует образованию оползневых процессов на откосах кана-

лов и образованию различных дефектов, ведущих к аварийной ситуации (рисунок 2.10) [40].



а)

б)

Рисунок 2.10 – Процессы эрозии на сооружениях внутрихозяйственной сети: а) образование ложбин на рисовом чеке; б) образование оползня на земляном валике.

Скрытая эрозия земляного валика внутрихозяйственных систем орошения характерна для участков с эксплуатационными уклонами $0,0001 - 0,001$ и высокой эрозионной устойчивостью грунтов на внутрихозяйственном звене рисовых систем. При этом наблюдается размыв верхней части сооружения, и отложение продуктов эрозии в его донной части.

В сооружениях на внутрихозяйственном звене рисовых систем с уклонами $0,001 - 0,003$ происходит перемещение продуктов эрозии, которые, оседая в нижней части сооружения (откосы валика) вызывают неравномерность распределения грунтового основания.

По результатам визуального обследования конструкций внутрихозяйственных рисовых систем, было выполнено геодезическое обеспечение комплекса мероприятий контроля работоспособности длительно эксплуатируемых конструкций внутрихозяйственных систем орошения тахеометрической съемкой (рисунок 2.11) [115].



Рисунок 2.11 – Выполнение комплекса мероприятий контроля работоспособности длительно эксплуатируемых конструкций внутрихозяйственных систем орошения тахеометрической съемкой

Более 40 % продуктов эрозии от общего количества смываемого грунта, выносятся за пределы орошаемого участка на внутрихозяйственном звене рисовых систем, вызывая уменьшение грунта на участке. Ресурсы земель, не предрасположенных к проявлению эрозии опасных размеров и пригодных для выращивания сельскохозяйственных культур, на юге России практически исчерпаны» [114].

В процессе натурных исследований определены участки рисовых чеков наиболее подверженных вымыванию грунта (рисунок 2.12).

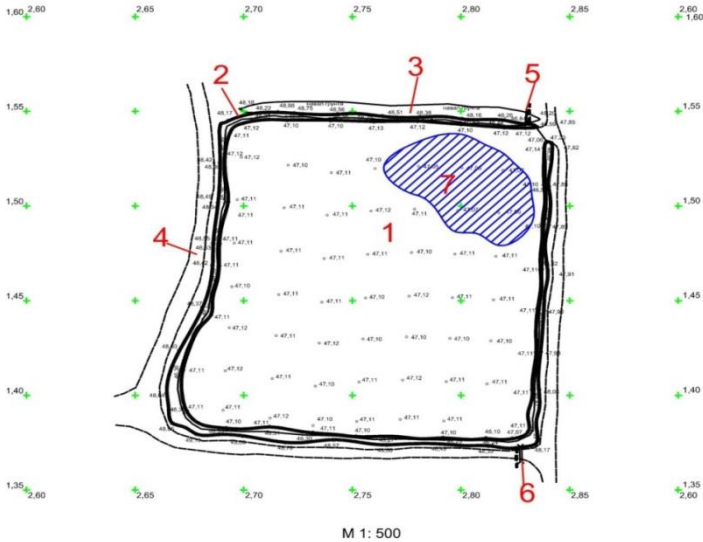


Рисунок 2.12 – Результаты проведения тахеометрической съемки рисового чека: 1) рисовый чек; 2) чековая канавка; 3) земляной валик; 4) инспекторская дорога; 5) водоотводящее сооружение; 6) водоподающее сооружение; 7) участок подверженный вымыванию грунта.

Несмотря на недопустимость сброса водных ресурсов, в объемах превышающих технологически обоснованные, подобное явление наблюдается практически при каждом поливе. При этом минимальная величина излишнего сброса составляет 15 – 20 % от необходимого объема. Сброс водных ресурсов вызывает загрязнение и заиливание прудов и рек.

2.3 Гидравлические исследования сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем

Натурные гидравлические исследования производились на сооружениях Афипиской оросительной системы, расположенной в Абинском и Северском районах Кубанского края. Водозабор на систему осуществляется из р. Кубани, гидроузел

введен в эксплуатацию в 2005 г., водоподача механическая, расходом 0,197 - 0,453 м³/с.

Объект исследования - распределитель Сх 6-3-1 Главного Афипского коллектора, сооружение армировано трубчатыми переездами и трубчатыми водовыпусками с переездом. Установлена скорость: в начале коллектора – 3,474 м/с, по середине коллектора – 3,251 м/с в конце коллектора - 3,271 м/с.

В составе гидравлических исследований выполнялось измерение скоростей потока и проведение промерных работ для составления поперечных профилей конструкции внутрихозяйственных систем орошения и вычисления площадей живых сечений.

Скорости течения потока измерялись с помощью гидрометрической вертушки ГР-21, детальным способом согласно рекомендациям [80]. Продолжительность измерения скорости в каждой точке была более 100-120 с.

Промерные работы производились с помощью металлической штанги с контролем получаемых результатов путем определения отметок дна сооружения и уровня воды нивелирными съемками. Привязка отметок всех точек при нивелирной съемке выполнялась к береговым устоям конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем, километровым столбикам или реперным знакам государственной геодезической сети.

Отметки в намеченных точках конструкции вычислялись с точностью технического нивелирования. Такая точность при малой длине хода достаточна. Отсчеты по штанге при промерных работах округлялись до 1 см. Погрешность в измерениях глубин на бетоне не превышала 0,5 - 1,0 см.

Положение промерных вертикалей в намеченных створах определялось с помощью троса, размеченного через 0,5 м и стальной рулетки. Сначала производились с помощью нивелира замеры отметок наблюдения, далее полученные результаты измерений глубин уточнялись по формуле:

$$\Delta H = H_p - H_c, \quad (2.1)$$

где H_p – уровень воды, для выполнения измерений;

H_c – срезочный уровень на какой-то момент времени;

ΔH – разность между рабочим и срезочным уровнями.

Срезку вносили пропорционально времени (с учетом ее знака) в каждую измеренную глубину, что позволяло наблюдения свести к одному моменту времени.

По окончании работ отсчет уровня воды брался повторно, чтобы убедиться в неизменности его положения.

При осмотре дна водопроводящего сооружения распределителя Главного Афипского коллектора визуально определено, что за длительный период эксплуатации в железобетонных конструкциях образовались разуплотнения и происходит отслоение защитного слоя бетона (рисунок 2.13).



Рисунок 2.13 – Распределитель Сх 6-3-1 Главного Афипского коллектора

Коэффициент шероховатости дна водопроводящего сооружения распределителя Главного Афипского коллектора установлен по зависимости (2.2):

$$\frac{MV^2}{2} - \frac{MV_0^2}{2} = \sum A_i^E = \sum F_i \cdot ds = -F_{mp} \int_0^s ds \quad (2.2)$$

Выполним интегрирование:

$$\frac{MV^2}{2} - \frac{MV_0^2}{2} = -F_{mp}s. \quad (2.3)$$

Установим коэффициент трения скольжения для рассматриваемой конструкции распределителя Главного Афипского коллектора.

$$f = \frac{MV_0^2 - MV^2}{2Gs} = \frac{MV_0^2 - MV^2}{2Mgs} = \frac{V_0^2 - V^2}{2gs} = \frac{3,3^2 - 3,1^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 4} = 0,0163.$$

В процессе наблюдений нами было установлено, что за длительный период постоянной эксплуатации водопроводящего сооружения (30 лет) коэффициент гидравлического сопротивления распределителя Главного Афипского коллектора увеличился на 0,0053. Чтобы полностью раскрыть сущность данного сложного явления, необходимо продолжать его изучение и находить новые пути решения по борьбе с ними.

В верхнем бьефе переезд на распределителе Рх 2-1-1 Главного Афипского коллектора оборудован щитом шириной 1,15 м. Для освещения гидравлической картины у входа в сооружение, в нижнем бьефе и в отводящем канале было разбито 7 створов и в каждом измерены скорости по ширине на глубинах 0,8 h, 0,6 h и 0,2 h.

Анализ измеренных скоростей свидетельствует о том, что расход потока по ширине русла распределяется неравномерно: в правой половине живого сечения протекают более значительные водные массы, что является причиной существенного размыва дна.

Значительному увеличению скоростей на выходе из сооружения способствует и то, что дно перепада выполнено с продольным уклоном. Следует отметить, что в конце бетонной облицовки служба эксплуатации закрепила отводящий

канал хаотически выполненной наброски из камня размером 50-60 см. Беспорядочная каменная наброска побудила отклониться поток вправо.

Увеличение коэффициента сопротивления влечет за собой повышение уровня воды и влияет на искажение фактических измерений расходов воды на данном гидропосте (рисунок 2.14).



Рисунок 2.14 - Переезд на распределителе Рх 2-1-1 Главного Афипского коллектора

Правый берег канала сильно размывает и обрушивается. В процессе исследований гидравлических характеристик потока установлено, что его динамическая ось тяготеет к правому берегу обследуемого сооружения шахтного перепада на МК-1 ПК – 355. Поток обладает у левого берега большими глубинами, нежели у правого. Так в 7 створе по урезу воды на расстоянии 1 м от правого берега глубина в канале 0,65 м, а на таком же расстоянии от левого берега глубина равна 1,10 м.

Шахтный перепад на МК-1 ПК - 355 (рисунок 2.15).



Рисунок 2.15 – Нижний бьеф шахтного перепада на МК-1 ПК – 355

По результатам визуальных наблюдений установлено, что железобетонное крепление откосов находится в аварийном состоянии. За бетонной частью образовался размыв отводящего канала и для его стабилизации размыв заполнили рваным камнем, что привело к перепаду горизонтов воды за бетонными креплениями величиной 0,35-0,40 м.

2.4 Контроль и учет угрозы подтопления чеков рисовых систем с помощью цифровой аэрофотосъемки

В конце XX века в картографии классической аэрофотосъемки появились новые методы дистанционного зондирования поверхности Земли с использованием воздушного лазерного сканирования.

Вместо классической аэрофотосъемки получила распространение высокоточная лазерно-локационная съемка в сочетании с цифровой аэрофотосъемкой – воздушное лазерное сканирование подразумевает использование тандема ла-

зер+фото, поскольку лазерная съемка без аэрофотосъемки применяется редко.

Постепенное распространение высокоточной лазерно-локационной съемки в сочетании с цифровой аэрофотосъемкой в мире и прогресс в области создания цифровых камер и лазерных сканеров привели к эволюции точности и подробности получаемых по этим материалам данных» [7].

Применение технологии высокоточной лазерно-локационной съемки в сочетании с цифровой аэрофотосъемкой позволяет в кратчайший срок создавать топографические, инженерно-топографические планы и карты всего масштабно-го ряда (рисунки 2.16 – 2.17) [115].



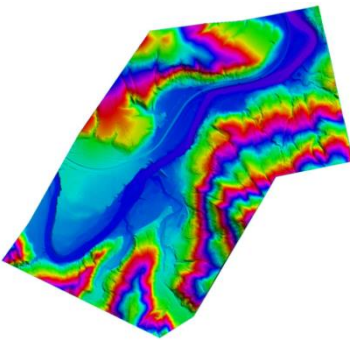
Рисунок 2.16 – Воздушное судно АН–2, подготовка к работе оборудования для выполнения аэросъемочных работ с помощью воздушного лазерного сканера *Leica ALS 70 – CM*

В результате высокоточной лазерной съемки, а также современной аэрофотосъемкой получается массив точек воздушного лазерного сканирования. Совокупность этих данных позволяет создавать на месте съемки цветные ортофотопланы высокого разрешения. Обработка полученных аэросъемочных данных и составление картографической продукции — завершающие этапы производственного цикла воздушного сканирования и аэрофотосъемки. Каждая точка имеет координаты в необходимой системе координат, и комплект аэрофотосним-

ков с параметрами их внешнего ориентирования (рисунок 2.18).



Рисунок 2.17 – Воздушный лазерный сканер *Leica ALS 70 – CM* в работе при выполнении аэросъемочных работ на самолете АН-2



а)



б)

Рисунок 2.18 – Фрагменты цифровой аэрофотосъемки каналов внутрихозяйственной сети рисовых систем: а) построенный по энергии импульса отражения, полученной с помощью воздушного сканера лазерных систем контроля; б) построенный по энергии импульса отражения, полученных с помощью воздушного сканера.

Точное позиционирование авианосителя на чеке может достигаться установкой на него оборудования, что позволяет исключить трудоемкую подготовку створов, автоматизировать управление движением и повысить производительность работ на внутривладельческом звене рисовых систем.

Принцип работ комплекса воздушного сканирования подтопления земель рисовых систем следующий: «во время полета воздушного судна бортовым приемником определяются координаты траектории полета, инерциальная навигационная система фиксирует углы наклона аппаратуры, воздушный лазерный сканер выступает в роли дальномера, фиксируя угол и расстояние от аэросъемочной аппаратуры до подстилающей поверхности. Для уточнения пространственного положения воздушного лазерного сканера во время проведения измерений с помощью высокоточной лазерно-локационной съемки в сочетании с цифровой аэрофотосъемкой, за счет которой определяется поправка для навигационной системы аэросъемочного оборудования [111].

В качестве носителя для воздушного сканера используются управляемые воздушные судна или беспилотные летательные аппараты, выполняющие высокоточную лазерную съемку, а также современную аэрофотосъемку. Отличительная особенность воздушного сканирования и цифровой аэрофотосъемки при мониторинге подтопления земель на рисовых оросительных системах – высокая скорость выполнения работ, особенно в условиях труднодоступной местности и местности с густой древесно-кустарниковой растительностью.

Входной контроль исходных данных лазерного сканирования и аэрофотосъемки при проведении мониторинга подтопления земель рисовых систем осуществляется путем проверки данных по следующим пунктам:

– полнота покрытия данными съемки разграфки выпускаемых листов; соответствие требованиям данных контроля планового и высотного положения знаков наблюдения отно-

сительно точки лазерного отражения в системе координат и высот объекта;

- наличие и корректность в файлах точек лазерного отражения данных об очередности и интенсивности отражений лазерного импульса и номере аэросъемочного маршрута;

- сходимость точек лазерного отражения из разных пролетов по высоте (не более погрешности лазера);

- сходимость точек лазерного отражения относительно предыдущих объемов данных в случаях перетрассировок и дополнительной съемки (не более погрешности лазера);

- выполнение требований программы работ относительно пространственного разрешения аэрофотоснимков;

- корректность калибровки файла(ов) камеры и элементов внешнего ориентирования;

- выполнение требований программы работ относительно плотности покрытия земной поверхности (рисунок 2.19).

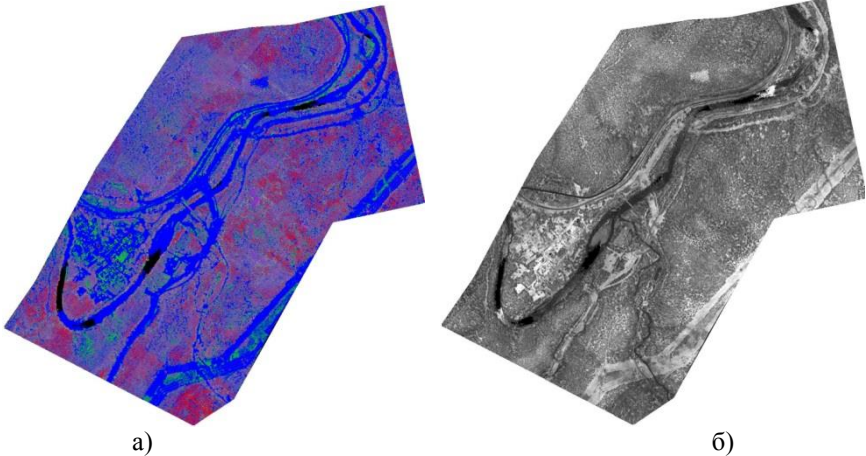


Рисунок 2.19 – Фрагменты цифровой аэрофотосъемки каналов внутрихозяйственной сети рисовых систем: а) построенный по обработанному облаку точек лазерного отражения, полученных с помощью воздушного сканера; б) построенный по облаку точек с выделением объектов, полученных с помощью воздушного сканера.

Для построения ортофотопланов нам необходимо иметь точки лазерного отражения, также должна быть выделена земная поверхность, в противном случае у нас будут искажения в изображении (в землю попали высотные объекты, например здания, либо ошибочные точки), которые будут давать неправильное представление о местоположении объектов на местности [115].

Исследования, проведенные на внутрихозяйственном звене рисовых систем показали, что существенного улучшения качества планировки при строительстве и ремонте рисовых чеков можно достигнуть с использованием лазерных систем контроля [68]. Осуществляя контроль планировки на внутрихозяйственном звене рисовых систем с помощью лазерной системы, непрерывно получаем информацию о неровностях и дефектах. Это дает возможность соблюдать точность планировки с требуемым допуском. Внедрение лазерных систем при планировке рисовых чеков на внутрихозяйственном звене рисовых систем позволяет повысить производительность и эффективность использования не только строительных машин, но и специализированных геодезических служб, которые обеспечивают фронт работ механизированным бригадам и осуществляют контроль за ходом строительства на внутрихозяйственном звене рисовых систем. Компьютерное проектирование обеспечивает точный баланс земляных работ внутрихозяйственных систем орошения [71].

Перед планировкой на внутрихозяйственном звене рисовых систем обычно проводят «вертикальную съемку поверхности рисовых чеков и составляют проект планировочных работ. Проектная отметка рисового чека обеспечивает баланс земляных работ на конструкциях внутрихозяйственных систем орошения и дает возможность установки рабочего оборудования на проектной высоте. Вертикальную съемку чека выполняют по квадратам, по створам через 20 м параллельными проходами» [132].

Рекомендуется внедрение нового способа планировки, обеспечивающего максимальное приближение поверхности чеков к горизонтальной поверхности.

2.5 Классификация технического состояния длительно эксплуатируемых конструкций внутрихозяйственных рисовых систем

Изучение, анализ и систематизация результатов выполненных натурных исследований по оценке технического состояния сооружений внутрихозяйственных оросительных систем позволили установить зоны и степень опасности зон разрушения ГТС, что обеспечило рационализацию:

- процедур прокладки профилей георадарного зондирования и выбора точек оценки прочностных характеристик в процессе натурных опытов по диагностике состояния сооружений методами неразрушающего контроля;

- операций моделирования влияния геометрии и местоположения дефектов и нарушений на показатели эксплуатационной надежности ГТС.

По результатам выполненных исследований установлены категории технического состояния сооружений внутрихозяйственных систем орошения в зависимости от ресурса работоспособности и критерии распределения контролируемых ГТС по категориям (см. таблицу 2.2). Сформированы предложения по выбору рациональных мероприятий технической эксплуатации, базирующиеся на единой методологической основе и использующие лучшие решения по обеспечению контроля и оценки функциональных возможностей ГТС отечественного АПК и продвинутых секторов экономики.

Использование материалов классификации на сооружениях рисовых оросительных систем Юга России повысит эффективность мероприятий технической эксплуатации за счет систематизации объектов мелиоративного водохозяйственного комплекса по степени пораженности дефектами и обосно-

ванного выбора первоочередных процедур ремонта и ухода в условиях ограниченных ресурсов и финансирования.

Таблица 2.2 – Категории технического состояния сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем

Категория технического состояния ГТС	Критерии оценки состояния ГТС по категориям	Рекомендуемые мероприятия технической эксплуатации	Планируемые мероприятия для ввода в эксплуатацию
Исправное состояние	Дефекты визуально не наблюдаются	Выполняется осмотр действующего сооружения без реализации комплекса технической диагностики	Нет мероприятий
Работоспособное состояние	Дефекты, снижающие работоспособность сооружения, в размере до 40 % площади контроля наблюдаются визуально	Выполняется техническая диагностика состояния ГТС и оценка ресурса работоспособности для назначения мероприятий технической эксплуатации и определения очередности их выполнения	Планировка рисового чека, заделка трещины и др.
Ограниченно работоспособное состояние	Дефекты визуальные и скрытые, снижающие работоспособность действующего сооружения, в размере от 40 % до 70 % площади контроля	Требуется оценка ресурса работоспособности ГТС по результатам технической диагностики, назначение и реализация приоритетных мероприятий технической эксплуатации	Планировка рисового чека и восстановление откосов земляного валика, заделка трещины и повреждений колодца и др.
Недопустимое состояние	Дефекты визуальные и скрытые, снижающие работоспособность функциониру-	Необходимо ограничить эксплуатационные нагрузки и выполнить оценку работоспособности на основе технической диагностики с	Восстановление откосов земляного валика и грунтового основания ГТС,

Категория технического состояния ГТС	Критерии оценки состояния ГТС по категориям	Рекомендуемые мероприятия технической эксплуатации	Планируемые мероприятия для ввода в эксплуатацию
	<p>ющего сооружения, в размере более 70 % площади контроля, которые подтверждают опасное техническое состояние ГТС</p>	<p>последующей реализацией мероприятий технической эксплуатации</p>	<p>заделка трещины и повреждений колодца и др.</p>
Аварийное состояние	<p>Сооружение неработоспособно</p>	<p>Выводится из эксплуатации</p>	<p>Полная замена. Проведение ремонтно-восстановительных работ</p>

Следует отметить, что представленные в классификации к использованию методы неразрушающего контроля в практике службы эксплуатации, по большей мере, характеризуются экспериментальной направленностью и спонтанным выбором диагностируемого сооружения. Это потребовало обоснования эффективных способов их реализации и опытной проверки, что было выполнено автором в составе диссертационных исследований.

Выводы.

1. Выполнены визуальные и инженерно-геодезические исследования состояний конструкций внутрихозяйственных систем орошения, оценка водопроводящих каналов, земляных валиков, рисового чека, водоподающих и водоотводящих конструкций.

2. Проведена топографическая съемка ГТС и поверочные измерения зон, участков, конструкций и оборудования,

где имеют место неблагоприятные процессы, дефекты и повреждения; выполнена фото и видеосъемка дефектов и повреждений конструкций и оборудования, снижающих их безопасность и работоспособность.

3. Выполнены гидравлические исследования конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем, в ходе которых установлено, что расход потока по ширине русла распределяется неравномерно: в правой половине живого сечения протекают более значительные водные массы, что является причиной существенного размыва дна.

4. Показана целесообразность применения методов цифровой аэрофотосъемки с использованием лазерных систем контроля, позволяющих достоверно определить масштаб угрозы подтопления конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем при сокращении трудозатрат и времени.

5. Обоснован контроль планировки чеков рисовых систем с помощью лазерной системы, обеспечивающий оперативность получения информации о дефектах их поверхности.

6. Выполнена классификация категории технического состояния сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем, повышающая эффективность методов диагностики технического состояния ГТС и реализации мероприятий их технической эксплуатации.

ГЛАВА 3. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ К ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ СЕТИ РИСОВЫХ СИСТЕМ

3.1 Объекты исследования

Исследования методов неразрушающего контроля технического состояния сооружений внутрихозяйственных рисовых систем, выполненные автором, включали разработку и апробацию технологии поиска и оценки интенсивности скрытых дефектов и нарушений прочностных характеристик, открытых и закрытых трубчатых ГТС, базирующуюся на комплексном применении способов и приборов неразрушающего контроля указанного метода.

Объекты исследования – сооружения, которые эксплуатируются более 30 лет в составе Крюковской и Федоровской оросительных систем.

Крюковская оросительная система территориально занимает два района Краснодарского края (Северский и Абинский). Крюковское водохранилище является источником водоснабжения всей системы, общая площадь орошения которой более 10 тыс. га, из которых на площади 7,5 тыс. га применяются рисовые севообороты. Водоснабжение осуществляется из трех водозаборов самотечной насосной станцией № 12 на рисовые участки, насосной станцией № 9 на овощной участок. Афипский коллектор обслуживает север Крюковской оросительной системы, а Крюковское водохранилище и Крюковский соединительный канал охватывает юг. Сбросные воды Крюковской оросительной системы из Афипского коллек-

тора забирается насосной станцией №5 и повторно используется для орошения около 4 тыс. га посевов риса.

Федоровская оросительная система расположена на территории двух районов Краснодарского края (Абинский и Крымский). Головной водозабор системы расположен на р. Кубани в верхнем бьефе Федоровского гидроузла, общая площадь орошения составляет более 12 тыс. га. Для водоснабжения Федоровской оросительной системы повторно забираются сбросные воды из Афипского коллектора, так как сброс воды с системы осуществляется насосной станцией № 2 в р. Кубань и насосной станцией № 1 в Варнавинское водохранилище.

Обследовано более 50 железобетонных конструкций и в первую очередь оценивалось состояние стыковых соединений и толщины защитного слоя бетона.

По своему функциональному назначению различают следующие стыковые соединения:

деформационные швы;

температурные швы;

осадочные швы;

стыковые соединения сборных железобетонных и бетонных конструкций с целью превращения разрезной конструкции в цельную конструкцию.

По характеру работы конструктивных элементов выделяются:

плоские стыки;

штрабовидные стыки.

По характеру обеспечения пространственной жесткости различают:

нерасчетные стыки (стыки с замоноличиванием, конструктивные, на сварке);

расчетные стыки (стыки на арматурных выпусках, на закладных деталях, сборно-монолитные, с напрягаемой арматурой).

К стыковым соединениям элементов конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем, предъявляются следующие требования:

- водонепроницаемость;
- механическая прочность (монолитность стыкового соединения);
- эксплуатационная надежность;
- технологичность выполнения;
- ремонтпригодность.

Основными конструктивными элементами стыковых соединений являются:

- стыкуемые грани;
- соединительные детали;
- композиционные смеси для омоноличивания полости стыка;
- компенсаторы (для деформационных, температурных и осадочных швов).

Для выполнения стыковых соединений конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем, используются следующие материалы:

- арматурная сталь;
- листовая сталь;
- резина;
- синтетические материалы, в том числе: полиэтилен, поливинил-хлорид, винипласт (Канада), полиамиды, неопрен (Швеция), стеклопластикат (Англия, Канада, Россия, ФРГ) полиизобутилен и др.

При выполнении стыковых соединений конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем, используют [56]:

- опалубочные приспособления;
- пневмоопалубку;
- инъекторы для подачи омоноличивающей смеси;
- машины и приспособления для механизированной укладки герметика.

Надежность стыковых соединений открытых и закрытых трубчатых гидротехнических конструкций зависит от выбора конструктивных решений, правильно подобранного химического состава герметика и объема заполнения.

Хорошее состояние композитного материала швов наблюдается в случаях, когда силы адгезии больше, чем силы необходимой для разрыва композитного материала шва герметика – когезии (характеристики прочности материала и его способность противостоять внешнему воздействию).

В стыковых соединениях сооружений выполняется омоноличивание, которое производится цементацией технологических швов при нагнетании в них цементного раствора через специальную систему труб с выпусками, закладываемыми в бетон, прочность которого после затвердевания должна быть на одну ступень выше, чем прочность материала стыкуемых элементов [155].

3.2 Неразрушающие методы контроля сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем

Замена трубопроводов внутрихозяйственных рисовых систем довольно трудоемкое и затратное мероприятие, поэтому вопрос о неизбежности их ремонта, модернизации и реконструкции требует убедительного обоснования, связанного с оценкой и диагностикой технического состояния конструктивных элементов.

В связи со спецификой конструкций трубопроводов отбор образцов бетона и арматуры для контроля работоспособности невозможен или затруднен, что повышает актуальность оценки их эксплуатационных характеристик неразрушающими методами контроля [136].

Используя неразрушающие методы контроля можно получить фактические (на данный момент времени) физико-механические характеристики железобетона сооружения, а

также установить степень их изменения за продолжительное время эксплуатации от воздействия различных внешних факторов и выполнить расчеты по оценке работоспособности конструктивных элементов ГТС. Это позволяет оптимизировать планирование ремонтов и/или реконструкции, а также внести коррективы в характер дальнейшей эксплуатации ГТС внутрихозяйственной сети рисовых систем.

Кроме того, своевременное выявление скрытых дефектов работает на упреждение аварийных ситуации в дальнейшей эксплуатации объекта [41].

Для диагностики состояния бетонных и железобетонных гидротехнических конструкций научно-исследовательскими организациями (ВНИИГ, НИИЭС, ОРГЭНЕРГОСТРОЙ и др.) в настоящее время рекомендуются акустические, механические, тепловые (инфракрасные), радиационные и электромагнитные способы неразрушающих методов контроля. В сопредельных с агропроизводством областях экономики накоплен значительный опыт использования методов неразрушающего контроля, разработаны методики и приемы их выполнения, технические средства и специальное оборудование [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Методы неразрушающего контроля позволяют определить такие характеристики бетона как: прочность на сжатие и растяжение, модуль упругости, коэффициент Пуассона, удельная деформация ползучести, предельная растяжимость, морозостойкость, плотность, влажность [36].

Кроме того, указанные методы гарантируют: выявление скрытых дефектов структуры бетона (каверны, нарушение сплошности, трещиноватость и др.); определение параметров трещин, сцепления бетона с арматурой; оценку диаметра и расположения арматуры, толщины защитного слоя бетона, качества швов и др. [37].

3.3 Программа, методика, приборы и оборудование, аппаратура натуральных исследований

В отличие от сложившегося традиционного подхода к определению технического состояния сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса по результатам их визуального обследования автором выполнено формирование и проверка целенаправленного комплекса процедур и приборов неразрушающего контроля. В составе комплекса предлагается георадарное зондирование для выявления просадок и разуплотнения и определения геометрических параметров указанных дефектов и повреждений, а также количественное определение прочностных характеристик поврежденных конструкций.

Исследования с применением методов неразрушающего контроля при определении технического состояния прочности бетонных, водоподающих железобетонных и грунтовых конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем, производились двумя приборами.

Для выявления дефектов трубопроводов внутрихозяйственных систем орошения использовался прибор поверхностного зондирования «ОКО-2», сертификат № 04.01.01.0062 (рисунок 3.1) и измеритель прочности бетона «ОНИКС-2.52», сертификат соответствия RU.C.27.004.A № 5042 (рисунок 3.2) [133].

Высокая скорость производства работ по обследованию и большая разрешающая способность исследования, как в плане, так и по глубине является достоинством метода неразрушающего контроля. Радиотехнический прибор подповерхностного зондирования георадар ОКО-2 используется для обнаружения границ раздела сред (грунтовое основание, водные ресурсы, железобетонные элементы и т.д.) с выводом радарограмм на экран.



Рисунок 3.1 – Радиотехнический прибор, подповерхностного зондирования георадар ОКО-2



Рисунок 3.2 – Измеритель прочности бетона ОНИКС-2.52

Программа натуральных исследований технического состояния ГТС с применением указанного комплекса приборов и учетом рекомендаций [127] включала:

1. Изучение проектно-технических материалов по конструкциям стыковых соединений между звеньями трубопроводов внутрихозяйственной сети рисовых систем, конструктивными элементами оголовков, частями водопроводящего тракта открытых водотоков, плит крепления и др.

2. Сбор проектно-технических материалов по гидравлическим характеристикам сооружений внутрихозяйственных систем орошения (расходу, гидравлическому перепаду бьефов), уклону дна водопроводящей части и др.

3. Проведение натурных исследований (визуальное обследование, методы неразрушающего контроля) с целью выявления дефектов в стыковых соединениях, защитном слое бетона, изучения кинематики потока на сооружениях внутрихозяйственной сети рисовых систем, ее влияния на прочностные характеристики материала (железобетона).

Очередность объектов для исследований технического состояния конструкций ГТС внутрихозяйственных систем орошения неразрушающими методами контроля устанавливалась по результатам визуальных обследований.

За единичное значение прочности бетона принималось среднее арифметическое значение всех измерений его прочности на контролируемом участке конструкции [35].

При сборе проектно-технических материалов обращается внимание на физико-механические свойства материалов конструкций внутрихозяйственных систем орошения (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Физико-механические свойства материалов конструкций внутрихозяйственных систем орошения

Наименование	Значение технико-экономических показателей							
	объекты			Используемые в настоящее время	Базовый образец	Объект по стандарту	Объект разработки	Перспективный образец
	Ранее используемые		Используемые в настоящее время					
	отечественного (материала шва – полимер-бетон)	зарубежного (США) (материал – бетон и профильная лента)		Россия (материал – бетон и отечественная герметизация на проймающих составах)				
1. Физико-механические показатели материалов шва: - сопротивление сжатию - сопротивление изгибу - сопротивлений разрыву - прочность адгезионной связи к сухому и влажному бетону - усадка бетона, %	120-130 37-41 13-21 5 0,3-0,52	114-132 34-42 20 5 -	возрастание адгезионных связей	130 40 20 4 -	-	-	130 40 20 6 0,3	
2. Показатель снижения прочности и эластичности гермети-	2 - 2,5 раза	не установлено	-	2	-	-	1,5	

Наименование	Значение технико-экономических показателей						
	объекты			Базовый образец	Объект по стандарту	Объект разработки	Перспективный образец
	Ранее используемые		Используемые в настоящее время				
	отечественного материала шва – полимер-бетон	зарубежного (США) (материал – бетон и профильная лента)	Россия (материал – бетон и отечественная герметизация на проймающих составах)				
ков после 5 лет эксплуатации							
3. Показатель относительной линейной деформации герметиков, %	20 - 30	-	-	-	-	10 - 15	
4. Осадка конуса бетонной смеси, см	0 - 1	5 - 6	5 - 6	3 - 4		*	
5. Водонепроницаемость шва (воздухопроницаемость) коэффициент воздухопроницаемости	удовлетворительно	удовлетворительно	резко возрастает	удовлетворительно			

Оценка прочности бетона, контролируемая неразрушающими методами, проводилась с использованием градуированной зависимости, установленной в соответствии с требованиями действующих государственных стандартов на эти методы [161]. Для измерения использовалось оборудование, прошедшее метрологическую сертификацию.

3.4 Оценка технического состояния объектов контроля по результатам визуального осмотра

Визуальные исследования, проведенные по оценке технического состояния конструкций внутрихозяйственных систем орошения, установили негативные факторы, очевидные уже при визуальном осмотре. Так, закрытые водопроводящие сооружения забиты травой с окашиваемых откосов каналов. Ликвидация заторов, образованных травой, выполняется металлическими крючьями, что приводит к нарушению стыковых соединений и внутренней поверхности трубопроводов. К характерным повреждениям относятся нарушения облицовки открытых каналов, трещины и сколы бетона железобетонных конструкций, нарушения стыковых соединений, просадка грунта оснований сооружений и т. п.

Сведения о состоянии исследованных сооружений внутрихозяйственных систем орошения и гидравлических характеристиках по результатам визуальных обследований приведены в таблицах 3.2 – 3.4

В таблице 3.2 характеризуется состояние сооружений на Варнавинском сбросном канале Варнавинской оросительной системы.

Сведения о состоянии конструктивных элементов трубчатого водовыпуска подпитывающего сооружения Сх 6-3-1 Главного Афипского коллектора Афипской оросительной системы, приведены в таблице 3.3. Они представлены типовыми конструкциями – быстроток перепад с водобойным колодцем (рисунок 3.3).

За период эксплуатации в нижних бьефах конструкций появились нарушения стыковых соединений, проявление которых на одних - незначительно, а на других - достигло недопустимых размеров.

Таблица 3.2 – Сведения о техническом состоянии сооружений Варнавинского сбросного канала Варнавинской оросительной системы.

Наименование сооружения, расход водотока и характеристика грунта канала (основания)	пикет	Скорость течения, м/с		Перепад уровней воды в бьефах, м	Зафиксированные визуальные повреждения и дефекты
		придонная	средняя по сечению		
Переезд-перепад с квадратной трубой 1,45×1,45 м, $Q=3,5$ м ³ /с, грунт – суглинок средний	60	2,82	1,70	0,40	В днищах звеньев трубы каверны, деформированы ребра (края) стыковых соединений.
Быстроток-перепад с квадратной трубой, $Q=4,5$ м ³ /с, грунт - суглинок средний	39	2,70	3,10	1,72	Стыки между плитами крепления нарушены, в трубе – сколы стыков днища и каверны
Быстроток-перепад с квадратной трубой, $Q=3,5$ м ³ /с, грунт – суглинок средний	79	2,43	2,59	1,39	Плиты крепления сползли, трещины шириной до 2 см в трубе – сколы стыков днища и каверны
Переезд-перепад с квадратной трубой 1,45×1,45 м, $Q=3,5$ м ³ /с, грунт – суглинок средний	80	2,69	1,52	0,35	От транспортируемых потоком камней царапины глубиной до 1,5 мм в защитном слое бетона
Переезд-перепад с трубой $d=1,5$ м, $Q=2,0$ м ³ /с, грунт – суглинок средний	260	1,53	1,80	0,75	На дне водобойного колодца вмятины от ударов кам-

Наименование сооружения, расход водотока и характеристика грунта канала (основания)	пикет	Скорость течения, м/с		Перепад уровней воды в бьефах, м	Зафиксированные визуальные повреждения и дефекты
		придонная	средняя по сечению		
					нями, в трубе – сколы стыков днища и каверны
Трубчатый переезд из четырех звеньев $d=1,2$ м, длиной звена $2,5$ м, $Q= 1,5$ м ³ /с, грунт – суглинок средний	410	1,22	1,34	0,15	Расстройство стыков с последующей заделкой их раствором. Последний ряд крепления нижнего бьефа из железобетонных плит разрушен. Плиты с трещинами



Рисунок 3.3 – Трубчатый водовыпуск подпитывающего сооружения Сх 6-3-1 Главного Афильского коллектора Афипской оросительной системы

Данные получены по результатам визуальных осмотров и инструментального обследования приборами неразрушающего состояния, включающих бетонные, железобетонные элементы и материал тела низконапорных земляных плотин: глина, суглинок.

Во время проведения исследований через сооружения пропускался расход воды $4,5 \text{ м}^3/\text{с}$, грунт основания под сооружениями суглинок средний с включениями «белоглазки» до 20 % на 1 м^2 . На всех сооружениях глубина водобойного колодца не превышает $0,2 \text{ м}$ (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Сведения о состоянии конструктивных элементов трубчатого водовыпуска подпитывающего канала Сх 6-3-1 Главного Афипского коллектора Афипской оросительной системы.

Наименование сооружения, расход и характеристика грунта канала основания	пикет	Скорость течения, м/с		Перепад уровней воды в бьефах, м	Зафиксированные визуальные повреждения и дефекты
		придонная	средняя по сечению		
Переезд-перепад с квадратной трубой $1,44 \times 1,44 \text{ м}$, $Q=3,4 \text{ м}^3/\text{с}$, грунт – суглинок средний	69	1,81	1,69	9,49	В днищах звеньев трубы каверны, деформированы ребра (края) нарушение стыков между плитами крепления
Быстроток-перепад с квадратной трубой, $Q=4,4 \text{ м}^3/\text{с}$, грунт - суглинок средний	39	1,69	3,19	1,61	Стыки между плитами крепления нарушены, в трубе – сколы стыков днища и каверны
Быстроток-	69	1,43	1,49	1,39	Плиты крепле-

Наименование сооружения, расход и характеристика грунта канала основания	пикет	Скорость течения, м/с		Перепад уровня воды в бьефах, м	Зафиксированные визуальные повреждения и дефекты
		придонная	средняя по сечению		
перепад с квадратной трубой, $Q=3,4$ м ³ /с, грунт – суглинок средний					ния сползли, трещины шириной до 1 см в трубе – сколы стыков днища и каверны
Переезд-перепад с квадратной трубой $1,44 \times 1,44$ м, $Q=3,4$ м ³ /с, грунт – суглинок средний	89	1,69	1,41	9,34	От транспортируемых потоком камней царапины глубиной до 1,4 мм в защитном слое бетона, нарушение стыков между плитами крепления
Переезд-перепад с трубой $d=1,4$ м, $Q=1,9$ м ³ /с, грунт – суглинок средний	169	1,43	1,89	9,64	На дне водобойного колодца вмятины от ударов камнями, в трубе – сколы стыков днища и каверны
Трубчатый переезд из четырех звеньев $d=1,1$ м, длиной звена 1,4 м, $Q=1,4$ м ³ /с, грунт – суглинок средний	419	1,11	1,34	9,14	Расстройство стыков с последующей заделкой их раствором. Последний ряд крепления нижнего бьефа из железобетонных плит разрушен.

Сведения и характеристики выявленных дефектов и повреждений сооружений на водосбросе, сведены в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Сведения и характеристики выявленных дефектов и повреждений сооружений на водосбросе канала Сх 6-3-1 Главного Афипского коллектора Афипской оросительной системы.

Наименование сооружения, расход и характеристика грунта канала основания	пикет	Скорость течения, м/с		Перепад уровней воды в бьефах, м	Зафиксированные визуальные повреждения и дефекты
		придонная	средняя по сечению		
Переезд-перепад с квадратной трубой 1,35×1,35 м, $Q=3,5 \text{ м}^3/\text{с}$, грунт – суглинок средний	61	1,81	1,81	1,31	В днищах звеньев трубы каверны.
Быстроток-перепад с квадратной трубой, $Q=3,5 \text{ м}^3/\text{с}$, грунт - суглинок средний	39	1,81	3,11	1,81	Стыки между плитами крепления нарушены, в трубе – сколы стыков днища и каверны
Быстроток-перепад с квадратной трубой, $Q=3,5 \text{ м}^3/\text{с}$, грунт – суглинок средний	89	1,33	1,59	1,39	Плиты крепления сползли, трещины шириной до 1 см в трубе – сколы стыков днища и каверны
Переезд-перепад с квадратной трубой 1,35×1,35 м, $Q=3,5 \text{ м}^3/\text{с}$,	81	1,69	1,51	1,35	От транспортируемых потоком камней царапины глубиной до 1,5 мм в за-

Наименование сооружения, расход и характеристика грунта канала основания	пикет	Скорость течения, м/с		Перепад уровней воды в бьефах, м	Зафиксированные визуальные повреждения и дефекты
		придонная	средняя по сечению		
грунт – суглинок средний					щитном слое бетона
Переезд-перепад с трубой $d=1,5$ м, $Q= 1,1 \text{ м}^3/\text{с}$, грунт – суглинок средний	161	1,53	1,81	1,85	На дне водобойного колодца вмятины от ударов камнями, в трубе – сколы стыков днища и каверны
Трубчатый переезд из четырех звеньев $d=1,1$ м, длиной звена 1,5 м, $Q= 1,5 \text{ м}^3/\text{с}$, грунт – суглинок средний	311	1,11	1,33	1,15	Расстройство стыков с последующей заделкой их раствором. Последний ряд крепления нижнего бьефа из железобетонных плит разрушен.

Результаты визуальных исследований были использованы для планирования исследований при оценке технического состояния ГТС внутрихозяйственных рисовых систем неразрушающими методами контроля.

3.5 Результаты подповерхностного зондирования сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем

Исследования производились после визуального осмотра конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем, с использованием предложенного оборудования [123]. Были установлены и охарактеризованы параметры скрытых дефектов и повреждений более чем на 40 сооружениях Закубанского мелиоративно-водохозяйственного массива.

На первом этапе обследования выполнялось георадиолокационное зондирование и измерение прочности бетона ГТС, находящихся в удовлетворительном и неудовлетворительном эксплуатационных состояниях. Система контроля включала в себя съемку профилей, которые прокладывались как вдоль осевой линии сооружения, так и поперек, в местах характеризующихся наибольшими повреждениями. Для определения фактической прочности бетона конструктивных элементов сооружения обследовались с помощью измерителя прочности бетона – ОНИКС-2.52 [32]. Точки замеров для определения прочности железобетона водоподающего сооружения совпадают с георадарным обследованиям [17].

Результаты обследования представлены на рисунках 3.5, 3.7, 3.9, 3.11, 3.13, 3.15, где показаны фрагменты профилей №№ 47, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 62, 74, 75 подповерхностного зондирования водоподающих конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем. На рисунках 3.6, 3.8, 3.10, 3.12, 3.14 показаны характерные дефекты и повреждения водоподающих конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем, сформировавшиеся за длительный период эксплуатации. В качестве примера водоподающего сооружения внутрихозяйственной сети рисовых систем, находящегося в удовлетворительном состоянии на рисунке 3.4 представлена фотография его фрагмента.



Рисунок 3.4 – Водоподающее сооружение внутрихозяйственной сети в удовлетворительном состоянии без дефектов

На рисунке 3.5 показаны фрагменты профилей №№ 47 и 50 зондирования водоподающего сооружения внутрихозяйственной сети без визуальных дефектов. Приведенный фрагмент профиля № 47, проложенного вдоль сооружения (рисунок 3.5 а), показал, что конструктивные элементы находятся в удовлетворительном состоянии, не имеют скрытых дефектов и могут эксплуатироваться в дальнейшем. Отчетливо заметна несущая арматура, нет опасных раковин и трещин в железобетоне. С целью дальнейшей детализации обследования, был проложен профиль № 50 поперек сооружения (рисунок 3.5 б) в месте стыка между кольцами, также показавший, что скрытые конструктивные элементы находятся в удовлетворительном состоянии. Отмечены небольшие смещения арматурной сетки, полученные на этапе производства сооружения, а также несущественные трещины, длина и раскрытие которых не влияют на эксплуатационные свойства элементов. Согласно

результатам инструментального обследования и визуального осмотра ГТС находится в удовлетворительном состоянии и может еще эксплуатироваться в дальнейшем [30].

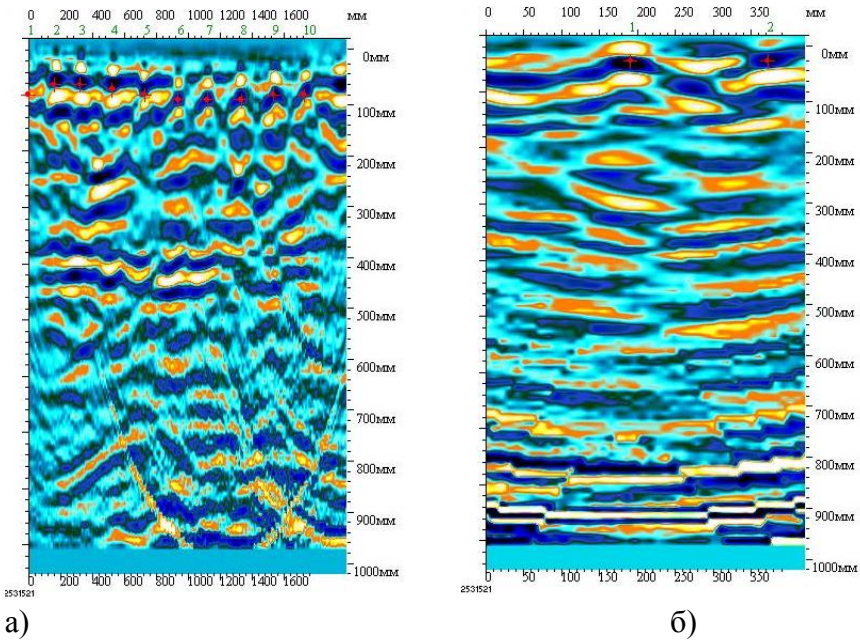


Рисунок 3.5 – Обработанные снимки зондирования водоподводящего сооружения без дефектов: а) фрагмент профиля № 47 в длину конструкции; б) фрагмент профиля № 50 поперек конструкции в месте стыка между кольцами.

На рисунке 3.6 представлен один из характерных дефектов ГТС, а именно, оголение арматуры и образование пустот в бетоне, куда вследствие разрушения стыка между кольцами просачивается вода. За долгий период эксплуатации произошло разрушение защитного слоя бетона как снаружи трубы, так и с ее опорной плиты на грунтовое основание из-за просачивания поливной воды, выявлена коррозия арматуры находящейся в контакте с водой.



Рисунок 3.6 – Оголение арматуры и образование пустот в бетонном фрагменте ГТС, куда вследствие разрушения стыка между кольцами просачивается вода

На рисунке 3.7 представлен профиль № 52, проложенный вдоль нижней части водоподающего сооружения внутрихозяйственной сети, находящегося в неудовлетворительном состоянии. На профиле № 52 видны отражения от арматуры, которая смещена и нарушения арматурной сетки. Показано смещение слоев диэлектрической проницаемости зондируемой среды посередине фрагмента

В процессе обследования сооружения методами неразрушающего контроля были обнаружены зоны поражения железобетона дефектами, влекущими за собой потерю прочностных характеристик и несущей способности конструктивных элементов. Образовались раковины и области разуплотнения (рисунок 3.7 а), куда вследствие разрушения стыка между кольцами поступает поливная вода, что может привести к просадке всей конструкции, также выявлены образовавшиеся

раковины и коррозия бетона в местах контакта железобетонных элементов с грунтовыми основанием.

На фрагменте профиля № 53 видны образовавшиеся пустоты и смещение арматурной сетки, установлены раковины и трещин различных размеров для верхней части трубы водоподводящего сооружения внутрихозяйственной сети (рисунок 3.7 б) не выявленные при визуальном осмотре.

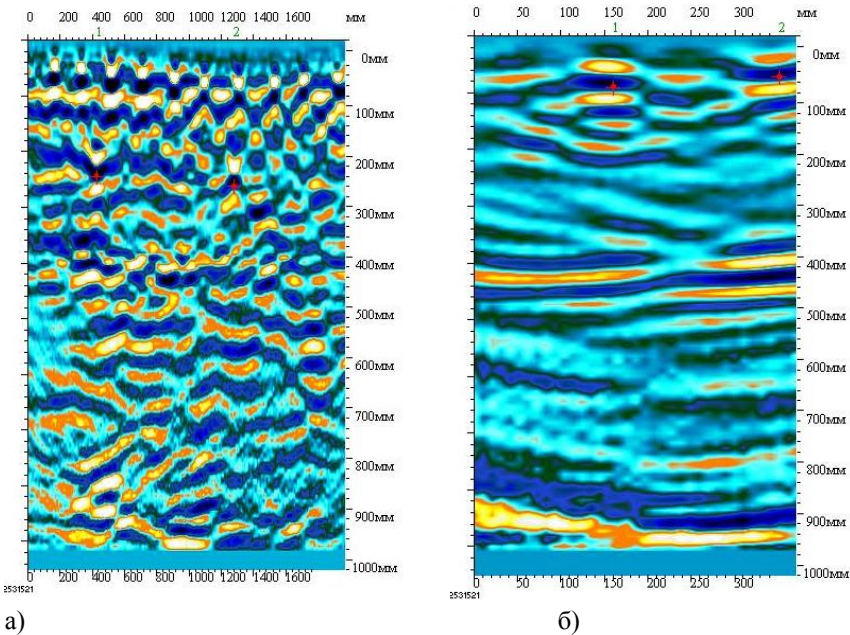


Рисунок 3.7 – Обработанные снимки зондирования водоподводящего сооружения с дефектами: а) фрагмент профиля № 52 вдоль сооружения; б) фрагмент профиля № 53 поперек конструкции.

На рисунке 3.8 демонстрируется выявленное, разрушение стыков между кольцами водоподводящего сооружения внутрихозяйственной сети, со следами проведенных ремонтных работ для предотвращения фильтрации через сооружение.

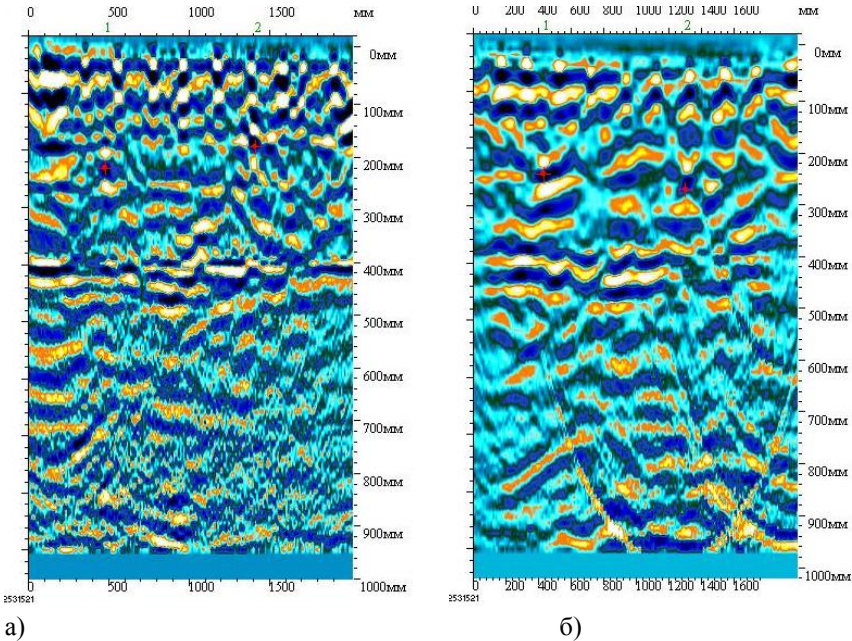
Отслоение и коррозия железобетона произошла из-за того, что условия функционирования этого конструктивного

элемента наиболее неблагоприятны, что и приводит к концентрации повреждений.



Рисунок 3.8 – Разрушение стыков конструкции

На рисунке 3.9 а, рассмотрен фрагмент профиля № 54, проходящий в верхней части водопроводящего трубопровода (вдоль сооружения), видны места разрушения стыка между его фрагментами, показано разрушение защитного слоя, коррозия бетона в местах соприкосновения колец с грунтовым основанием. На рисунке 3.9 б, приведен фрагмент профиля № 55, проложенного поперек сооружения в месте стыка между кольцами, в верхней части кольца видны образовавшиеся пустоты и коррозия арматуры.



а)

б)

Рисунок 3.9 – Обработанные снимки зондирования водоподводящего сооружения с дефектами: а) фрагмент профиля № 54 вдоль конструкции; б) фрагмент профиля № 55 в месте стыка между кольцами поперек конструкции.

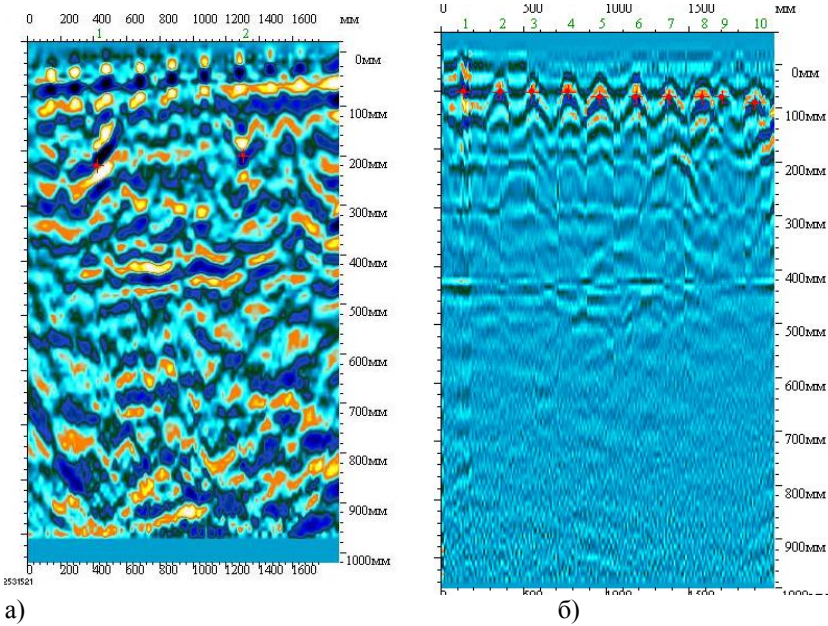
Один из характерных выявленных дефектов защитного слоя бетона в виде разрушения в процессе длительной эксплуатации конструкций внутрихозяйственных систем орошения, представлен на рисунке 3.10. Был проведен визуальный технический осмотр, по его результатам привязаны профили георадиолокационного зондирования водоподводящего сооружения для детализации выявленных дефектов, система инструментальных наблюдений включала съемку, которая проводилась в режиме постоянной записи.



Рисунок 3.10 – Разрушение защитного слоя бетона

На рисунке 3.11 а, представлен фрагмент профиля № 56, который проходит вдоль водоподающего сооружения внутрихозяйственной сети. На фрагменте профиля видно, что на стыке между кольцами образовались раковины, и происходит коррозия бетона, оголение арматурной сетки и ее коррозия.

Далее на рисунке 3.11 б, представлен фрагмент профиля № 57, проложенного поперек водоподающего сооружения внутрихозяйственной сети. В месте стыка между кольцами просматривается арматурная сетка, Правое кольцо находится в удовлетворительном состоянии, раковины и трещины в окружающем сетку бетоне отсутствуют. Левое, наоборот находится в опасном эксплуатационном состоянии: произошло разрушение и разуплотнение защитного слоя бетона арматурной сетки, образовались раковины и наблюдается коррозия бетона в местах контакта сооружения с грунтовым основанием.



а) Рисунок 3.11 – Обработанные снимки зондирования водоподводящего сооружения с дефектами: а) фрагмент профиля № 56 вдоль конструкции; б) фрагмент профиля № 57 в месте стыка между кольцами поперек конструкции.

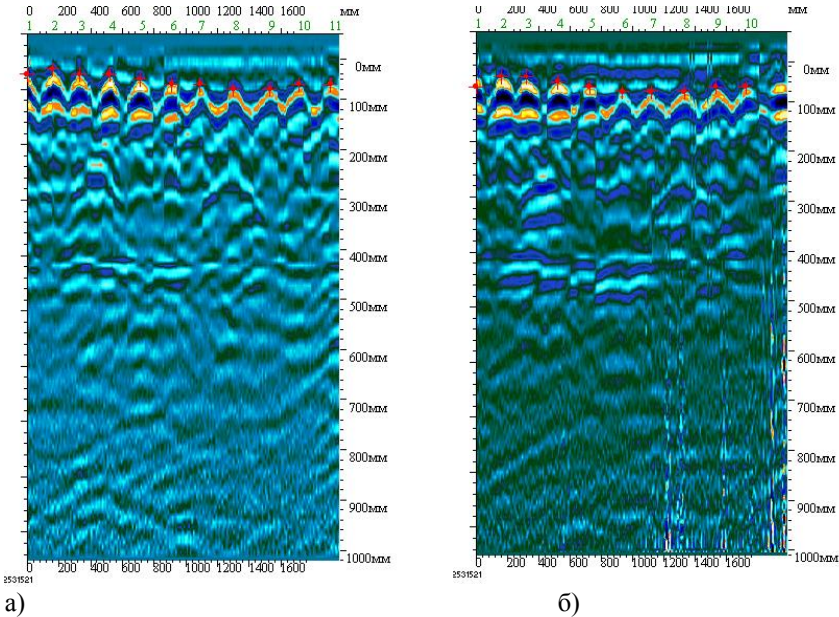
Для получения детальных данных о повреждениях в виде продольных трещин и пустот (рисунок 3.12) проложены профили №№ 58 и 62, проходящие вдоль водоподводящего сооружения внутрихозяйственной сети (рисунок 3.13 а) и поперек (рисунок 3.13 б) в месте стыка между кольцами.



Рисунок 3.12 – Образование пустоты под кольцом и продольной трещины

На фрагменте профиля №58, проложенного вдоль элементов конструкции внутрихозяйственной системы орошения (рисунок 3.13 а), в местах стыка между конструкциями внутрихозяйственных систем орошения, выявлены пустоты под кольцом и слева от него, а также продольная трещина справа и слева на конструкции.

На рисунке 3.13 б представлен фрагмент профиля № 62, проложенного поперек водоподающего сооружения, показавшего неоднородность подстилающего грунта ГТС из-за нарушения герметизации стыковых соединений между железобетонными кольцами и протечки воды.



а)

б)

Рисунок 3.13 — Обработанные снимки зондирования водоподающего сооружения с дефектами: а) фрагмент профиля № 58 вдоль конструкции; б) фрагмент профиля № 62 в месте стыка между кольцами, поперек конструкции.

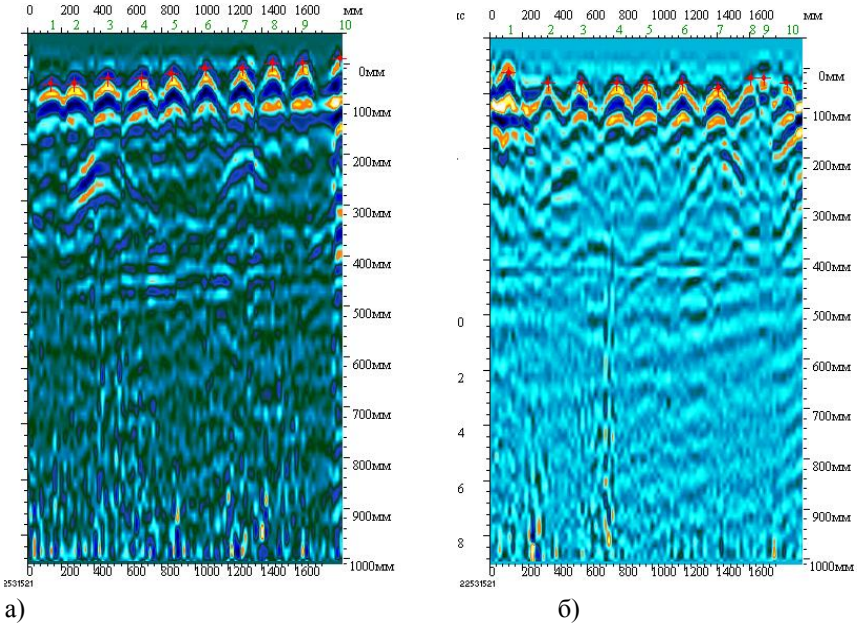
На рисунке 3.14 показано расхождение стыка между конструктивными элементами - кольцами, под которыми приборами неразрушающего контроля выявлены пустоты (рисунок 3.15), что способствует вибрации от действия потока и дальнейшему нарушению стыковых соединений водоподающего сооружения. При исследовании было зафиксировано, что кольца трубопровода имеют прогиб, составляющий более 14 мм, который не виден невооруженным глазом.



Рисунок 3.14 – Расхождение стыка между кольцами

По данным профиля георадарного зондирования № 74 (рисунок 3.15), проложенного вдоль сооружения в области разошедшегося стыка, было выяснено, что в нижней части стенки конструкции, произошли коррозия и расслоение бетона, образовались поперечные трещины (рисунок 3.15 а).

Выявлено характерное наличие пустот в конструктивных элементах водоподающего сооружения. На рисунке 3.15 б, представлен выделенный фрагмент профиля № 75. В основании дна конструкции, грунт тяжелый суглинок, уплотненный. Однако и в нем имеются пустоты, нарушающие структуру грунта. Это говорит о том, что трещины при снятии нагрузки от водного потока в оросительный период не закрываются, и есть вероятность, что трещинообразование будет только увеличиваться.



а) б)
 Рисунок 3.15 – Обработанные снимки зондирования водоподающего сооружения с дефектами: а) фрагмент профиля № 74 вдоль конструкции; б) фрагмент профиля № 75 в месте стыка между кольцами, поперек конструкции

На основании проведенных исследований были установлены места наиболее сильного отслоения бетона, его коррозии и разрушения, а также оголения арматуры на стыках железобетонных элементов водоподающего сооружения внутрихозяйственной сети, образование продольных и поперечных трещин, ведущих к снижению эксплуатационной надежности и дальнейшему разрушению всего водоподводящего сооружения. К ним относятся:

- поперечная трещина на водопроводящем сооружении;
- продольные и косые трещины в местах опирания сооружения.

Указанные дефекты не очевидны при визуальном наблюдении технического состояния объекта наблюдения.

3.6 Исследования по определению прочностных характеристик конструктивных элементов сооружений

Для установления фактической прочности железобетонных элементов водоотводящих конструкций, самые опасные зоны сооружений (установленные по данным профилей георадиолокационного зондирования) были обследованы измерителем прочности бетона ОНИКС-2.52.

В комплект прибора входит электронный блок, соединительные провода и специальное устройство с фиксированной базой и преобразователями, обеспечивающими точечный способ ввода и приема ультразвуковых колебаний. Испытания проводились поверхностным профилированием, с размещением датчиков-концентраторов переносного устройства прибора с одной стороны исследуемой поверхности [51].

При исследовании сооружений внутрихозяйственных систем орошения на ПК-52 межхозяйственного канала (рисунок 3.16) зафиксировано, что бетон по оси обследуемого сооружения разрушается. При возведении водоподающего сооружения внутрихозяйственной сети был применен бетон класса В 50.

Появление микротрещин определялось с помощью прозвучивания конструкции, характеризующейся незначительным и плавным уменьшением скорости продольных волн ультразвука в приборе. Данные, полученные в ходе испытания, позволяют выявить характерные деформации в различных стадиях приложения нагрузки и сопоставить работу одних приборов с другими. Так, например, образование трещин в изгибаемом конструктивном элементе влечет увеличение прогиба трубы (время прохождения ультразвука через железобетонный элемент увеличивается).



Рисунок 3.16 – Обследуемое водоподающее сооружение
внутрихозяйственной сети

Число серий испытаний на каждом участке (захватке) принималось не менее 3. Серия испытаний представлена шестью частными измерениями. Датчик-склерометр при испытании устанавливался в места с гладкой поверхностью, не имеющих трещин, выступов щебня на поверхности бетона [124].

При проведении испытания автоматически записывались полученные данные прочности бетона серий из 6 испытаний для каждого участка в память прибора R_{cp} в (МПа) или ($кг/см^2$).

Встроенный в прибор компьютер автоматически обрабатывал полученные результаты измерений по универсальной зависимости и высвечивал максимальное, минимальное и среднее значение прочности бетона на своем табло. Через инфракрасный канал связи электронного блока прибора осуществлялась передача в компьютер и обработка информации.

Представление о результатах измерений дают данные, занесены в таблицу 3.4.

Таблица 3.5 – Результаты измерений прочности железобетонных элементов водоподающего сооружения.

№ профиля	Первый замер		Второй замер		Третий замер	
	R _{сж} , МПа	Класс бетона В	R _{сж} , МПа	Класс бетона В	R _{сж} , МПа	Класс бетона В
47	60,7	В 50	61,1	В 50	60,3	В 50
50	57,4	В 50	54,5	В 50	53,2	В 50
52	61,4	В 50	60,8	В 50	60,6	В 50
53	44,8	В 30	45,2	В 30	46,1	В 30
54	59,3	В 50	58,9	В 50	61,3	В 50
55	60,7	В 50	60,1	В 50	61,2	В 50
56	39,9	В 30	36,3	В 30	39,3	В 30
57	38,5	В 30	36,8	В 30	37,5	В 30
58	36,8	В 30	35,5	В 30	35,8	В 30
62	35,3	В 30	35,7	В 30	36,3	В 30
74	36,7	В 30	36,9	В 30	35,8	В 30
75	35,9	В 30	37,9	В 30	36,5	В 30

Ультразвуковые измерения прочностных конструктивных элементов сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем показали, что средняя прочность бетона в плитах крепления, боковых стенках и днище сооружения колебалась в пределах от 35,3 до 61,4 МПа. Это соответствует прочности бетона марок от В 30 до В 50 при проектной марке бетона В 50 и указывает на необходимость превентивных мероприятий повышения эксплуатационной надежности сооружения.

Нормируемый (условный) класс бетона элементов конструкций, при значении коэффициента вариации прочности бетона, не превышающего 16 %, определялся по формуле (3.1).

$$B=R_{cp}(1-1,64v), \quad (3.1)$$

где - R_{cp} – среднее арифметическое серии измерений, серия предусматривала шесть измерений;

v – коэффициент вариации.

Нормируемый (условный) класс бетона при значении коэффициента вариации прочности бетона более 16 % определялся:

$$R_{норм} = \frac{R_m \cdot K_b}{1,1} = 0,709 \cdot R_m, \quad (3.2)$$

где K_b – коэффициент, принимаемый для тяжелого бетона $K_b=0,78$.

Анализируя данные таблицы 3.4 можно отметить, что некоторые частные измерения превышают величину расчетного сопротивления – 60 МПа. Средние значения измеренных сопротивлений оказались меньше расчетного сопротивления. Нормируемые же значения, вычисленные по формуле (3.1) имеют значения еще меньше от расчетных величин, чем средние величины.

Выводы.

1. По результатам анализа информационно – аналитического материала предложен способ определения технического состояния сооружений внутрихозяйственных рисовых систем, отличающийся совместным применением приборов георадиолокационного зондирования конструкций и ударно-импульсных испытаний их прочности, это позволяет без дополнительных повреждений конструкций получить объективную оценку их состояния, включающую обнаружение скрытых дефектов, определение геометрических характеристик выявленных дефектов, а также величину фактической прочности.

2. Апробация предложенного подхода к использованию приборов неразрушающих методов контроля выполнена в составе натурных исследований технического состояния конструкций внутрихозяйственных систем орошения Закубанского мелиоративно-водохозяйственного массива и показала воз-

возможность и целесообразность его широкого применения для получения достоверной информации об их прочностных характеристиках за счет целенаправленного поиска скрытых дефектов и разрушений и установления их интенсивности в зонах с максимальной вероятностью концентрации негативных воздействий.

3. В составе натурных исследований технического состояния конструктивных элементов сооружений неразрушающими приборами контроля получены профили георадиолокационного зондирования и прочностные характеристики, описывающие состояние железобетона и грунтового основания сооружения, обеспечивающие

4. Данные георадиолокационного зондирования конструкций и ударно-импульсных испытаний прочности бетона, позволяют получить объективную оценку его технического состояния, обеспечивая определение геометрических размеров выявленных поражений и величину фактической прочности железобетонных элементов.

5. Использование данных оценки состояния ГТС методами неразрушающего контроля в службе эксплуатации внутрихозяйственных систем повысит эффективность оперативного планирования затрат на текущий и капитальный ремонт объектов рисовых систем, а также уточнить правила их дальнейшей эксплуатации за счет возрастающего информационно-го обеспечения принимаемых управленческих решений.

ГЛАВА 4. КОНЕЧНО - ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО - ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ ВНУТРИХОЗЯЙ- СТВЕННОЙ СЕТИ РИСОВЫХ СИСТЕМ

4.1 Постановка задачи моделирования эксплуатационной надежности водоподающего трубопровода с колодцем численным методом

Моделирование эксплуатационной надежности конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем выполнялось в составе численного эксперимента, реализованного конечно – элементным методом. На начальном этапе численного эксперимента была построена твердотельная модель напряженно–деформированного состояния водоподающего трубопровода с колодцем без дефектов и повреждений на основании данных натурных исследований (рисунок 4.1). Все расчеты были выполнены на известных программных продуктах: SCAD Office и SolidWorks, приняты допущения [10] для численного метода расчета по общепризнанному методу конечных элементов.

В дальнейшем были построены твердотельные модели напряженно-деформированного состояния водоподающего трубопровода с колодцем с характерными выявленными дефектами, а именно поперечная трещина на водоподающем трубопроводе (рисунок 4.2) и разрушение водоприемного колодца (рисунок 4.3). Последующее моделирование эксплуатационных нагрузок водоподающего трубопровода с колодцем позволило установить критерии физического износа отдельных конструктивных элементов [18], что необходимо для определения остаточного ресурса работоспособности сооружения в целом.

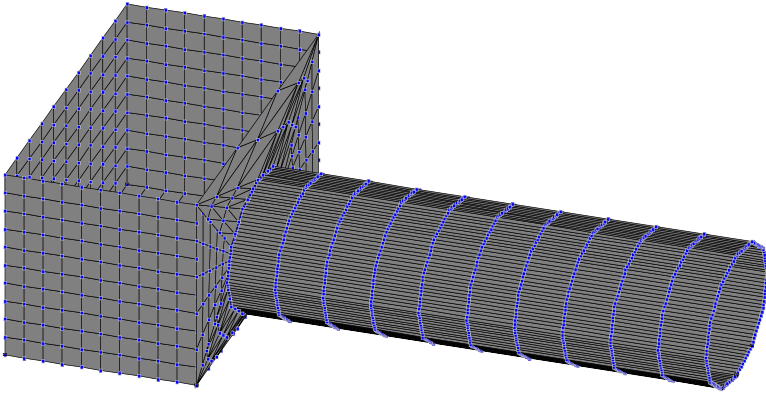


Рисунок 4.1 – Трехмерная модель напряженно-деформированного состояния водоподводящего трубопровода с колодцем без дефектов и повреждений

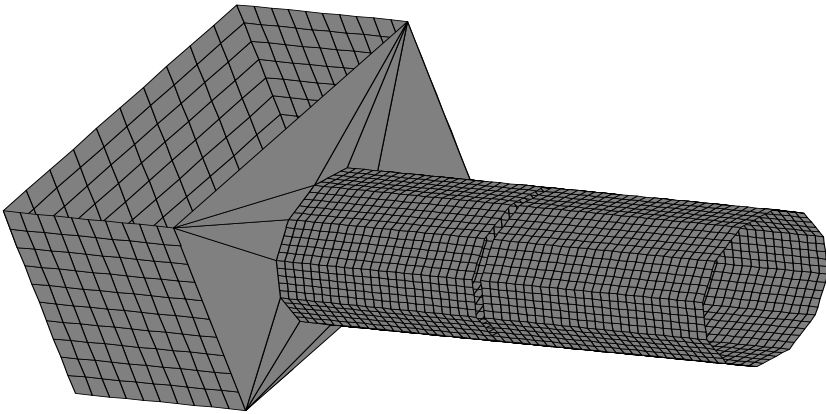


Рисунок 4.2 – Расчетная схема трехмерной модели водоподводящего трубопровода с колодцем с поперечной трещиной

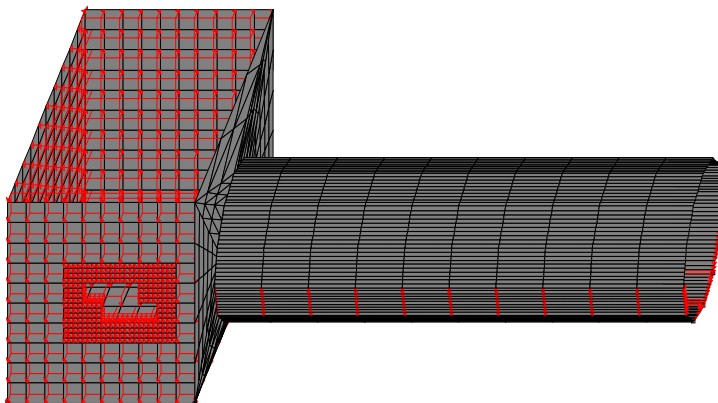


Рисунок 4.3 – Расчетная схема твердотельной модели водоподающего трубопровода с колодцем с разрушением бортов колодца

В качестве материала водоподающего трубопровода с колодцем был принят железобетон, соответствующий нормативным документам [27]. В ходе проведенного эксперимента и выполненных расчетов получены эпюры усилий от многочисленных сочетаний, как нагрузок, так и характерных дефектов и повреждений, установленных в процессе визуального обследования и инструментальных замеров.

При планировании численного эксперимента, в первую очередь, необходимо было установить адекватность напряженно-деформированного состояния твердотельной модели при максимальном напоре воды данным натурных испытаний для различных граничных условий [58].

4.2 Математическая модель напряженно-деформированного состояния водоподающего трубопровода с колодцем

Твердотельная модель напряженно-деформированного состояния водоподающего трубопровода с колодцем без выявленных дефектов сформирована для бетона марки – В 50. Число элементов модели составило – 15272580, узлов – 1730643550, использовался метод приращений с учетом фрагментального представления водоподающего трубопровода с колодцем в виде четырех узловых пластин [20].

В расчетах напряженно-деформированного состояния твердотельной модели водоподающего сооружения внутривоздействующей сети, наибольшее значение нормального напряжения (рисунки 4.7, 4.9) при полном нагружении составило более $127 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, а при численном моделировании напряженно-деформированного состояния – $134 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, что различается не более чем на 3 % и подтверждает адекватность модели [111].

На рисунках 4.2 и 4.3 показаны результаты моделирования водоподающего трубопровода с колодцем с выявленными дефектами и повреждениями с учетом статических и динамических нагрузок [112]. На рисунке 4.2 приведена твердотельная модель водоподающего трубопровода с колодцем при наличии поперечной трещины. На рисунке 4.3 представлена твердотельная модель водоподающего трубопровода с колодцем, у которого разрушены бортовые стенки.

Планирование и реализация математического эксперимента на твердотельной модели сооружения выполнялись с учетом результатов натурных исследований [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**], стенки колодца рассматриваются как тонкостенная пространственная оболочка, работа кото-

рой рассмотрена с учетом ее опирания на грунтовое основание.

4.3 Численные расчеты напряженно – деформированного состояния водоподающего трубопровода с колодцем

4.3.1 Численные расчеты напряженно – деформированного состояния водоподающего трубопровода с колодцем без дефектов и повреждений

На рисунке 4.4 показана эпюра перемещений по вертикали сооружения внутривозвратных систем орошения без выявленных дефектов и повреждений от статических и динамических нагрузок, возникающих в процессе его эксплуатации.

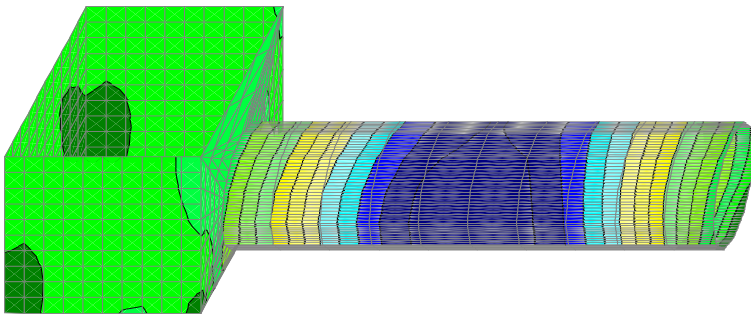


Рисунок 4.4 – Эпюра перемещений по вертикали

Результаты моделирования подтверждают адекватность модели напряженно-деформированного состояния водопода-

ющего трубопровода с колодцем. Сам трубопровод работает на изгиб, максимальные перемещения возникают в месте максимального прогиба трубопровода как балки. У колодца максимальные перемещения возникают в местах опирания на грунтовое основание, что подчеркивает адекватность численного моделирования [15, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

На рисунке 4.5 показана эпюра максимальных перемещений по вертикали сооружения внутрихозяйственной сети. Выделена желтым цветом зона опасности перелома трубопровода при работе на изгиб, красным цветом показаны участки в местах опирания на грунтовое основание колодца.

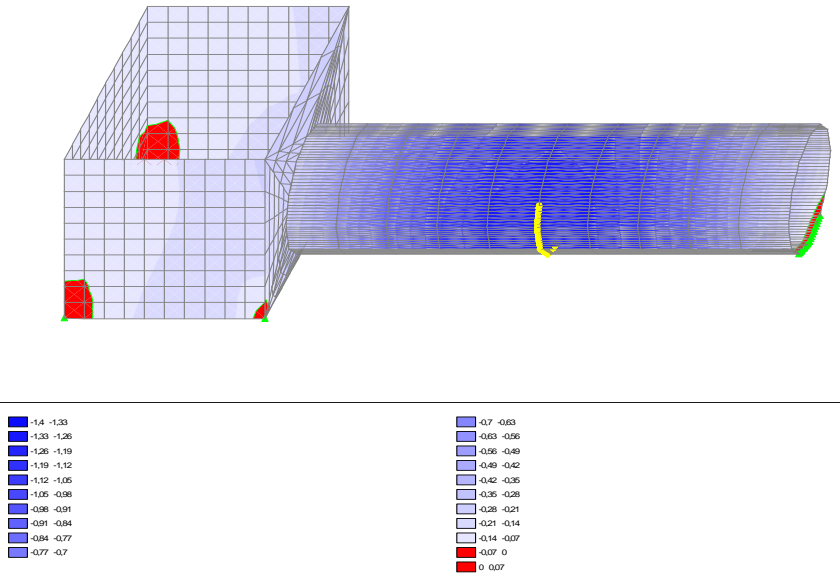


Рисунок 4.5 – Эпюра максимальных перемещений по вертикали

Эпюра перемещений по горизонтали вдоль сооружения внутрихозяйственной сети, где значения перемещений находятся в норме и не переходят допустимые границы приведена на рисунке 4.6.

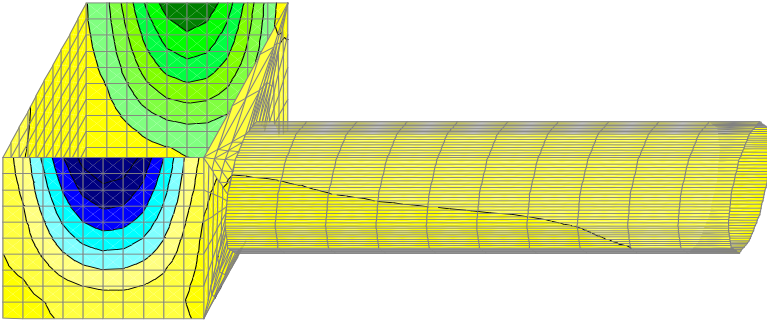


Рисунок 4.6 – Эпюра перемещений по горизонтали

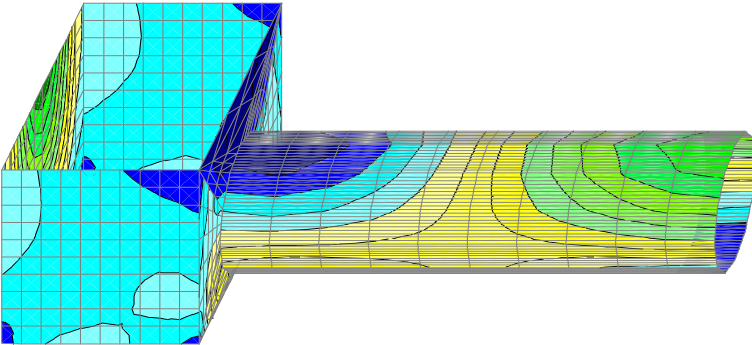


Рисунок 4.7 – Эпюра перемещений напряженно-деформированного состояния водоподводящего трубопровода с колодцем от вращения

Данные моделирования напряженно-деформированного состояния показали малые перемещения вдоль водоподающего трубопровода с колодцем, что отражено в расчетах о наличии запаса прочностных характеристик сооружения внутрихозяйственных систем орошения (рисунок 4.7).

На рисунке 4.8 представлена эпюра суммарных перемещений напряженно-деформированного состояния водоподающего трубопровода с колодцем, рассмотрены суммарные перемещения в местах образования прогиба водоподающего трубопровода с колодцем и опирания на грунтовое основание.

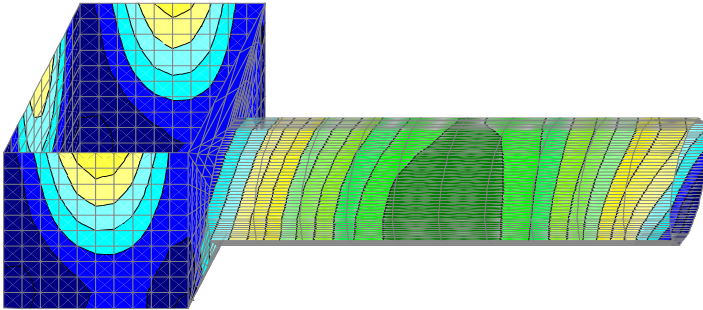


Рисунок 4.8 – Эпюра суммарных перемещений напряженно-деформированного состояния водоподающего трубопровода с колодцем

Моделирование суммарных перемещений водоподающего трубопровода с колодцем вдоль горизонтальной оси сооружения показало малые смещения зон опирания водоподающего трубопровода на грунтовое основание, а суммарные перемещения водоподающего трубопровода с колодцем по горизонтали в сечении поперек него показывают потерю не-

сущей способности [43] и свидетельствуют о возникновении критических напряжений в местах опирания.

На эпюрах напряжения водоподающего трубопровода с колодцем (рисунки 4.9 – 4.11) отражено, что значения напряжений возрастают по вертикали конструкции и на водоподающем трубопроводе, и стенках колодца, а также в местах соединения трубопровода и колодца.

Наибольшие напряжения, возникают в местах соединения водоподающего трубопровода и колодца, которые работают как жесткая балочно-рамная система (рисунок 4.9), что приводит к выходу из строя рассматриваемых элементов и потере несущей способности всей конструкции.

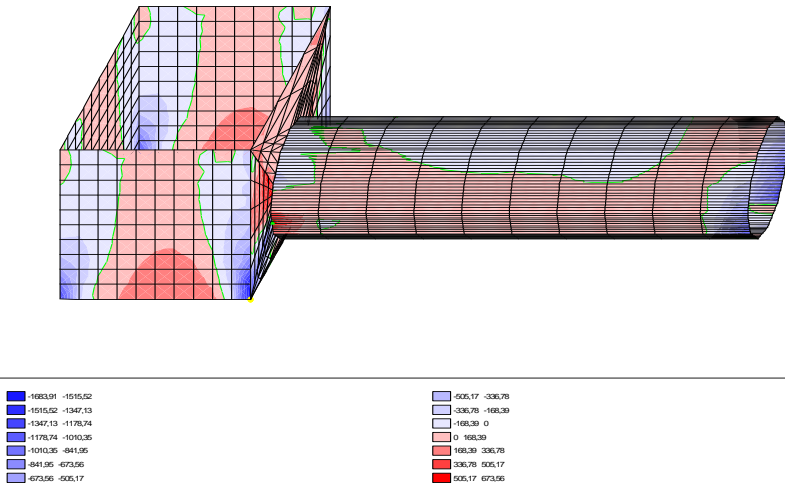


Рисунок 4.9 – Эпюра эквивалентных напряжений по вертикали водоподающего сооружения внутрихозяйственной сети

На рисунке 4.10 приведена эпюра эквивалентных напряжений по горизонтали водоподающего сооружения, напряжения возникают в верхней части водоподающего трубопровода внутрихозяйственных систем орошения на изломе.

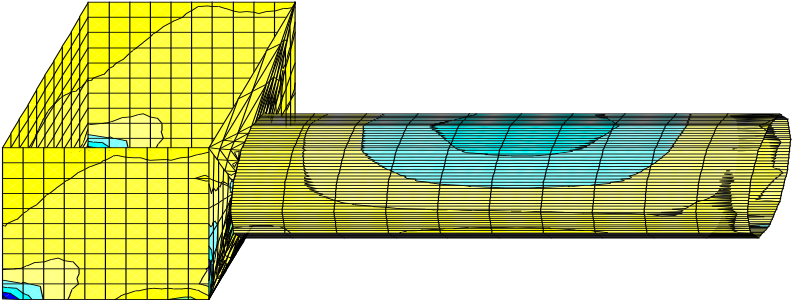


Рисунок 4.10 – Эпюра эквивалентных напряжений по горизонтали вдоль водоподводящего сооружения внутрихозяйственной сети

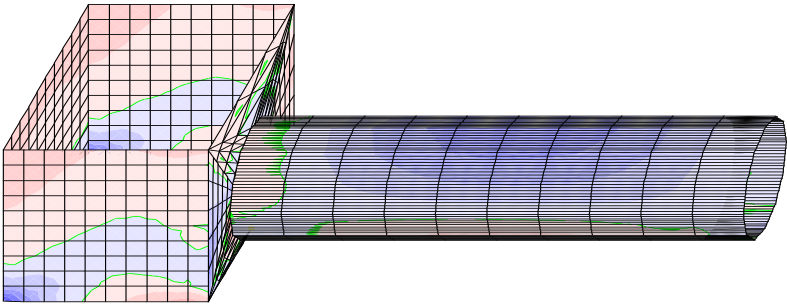


Рисунок 4.11 – Эпюра напряженно-деформированного состояния водоподводящего трубопровода с колодцем по горизонтали

Максимальные эквивалентные напряжения по горизонтали вдоль водоподающего сооружения при плавном увеличении внешней нагрузки к максимальным значениям показаны на рисунке 4.11.

Рассмотрены три характерные стадии напряженно-деформированного состояния моделируемой конструкции:

1 – до появления продольных трещин в растянутой зоне конструкции;

2 – после появления трещин в растянутой зоне конструкции;

3 – стадия разрушения конструкции, когда за короткий период напряжения в растянутой арматуре достигают предела текучести [10].

В ходе выполненного моделирования установлено, что снижение фактической толщины арматуры до 10 % от проектной является опасным, ведущим к выходу из строя водоподающего сооружения внутривозвратной сети [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Определенно, что вертикальные напряжения растут по оси сооружения, а горизонтальные напряжения увеличиваются до опасных значений от колодца к водоподающему трубопроводу [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния подтверждаются натурными исследованиями повреждений конструкций внутривозвратной сети рисовых систем, выявившими аналогичные дефекты в указанной зоне, ведущие к разрушению водоотводящего трубопровода с колодцем.

4.3.2 Численные расчеты напряженно – деформированного состояния водоподающего трубопровода с поперечной трещиной

В ходе моделирования напряженно-деформированного состояния водоподающего трубопровода с колодцем при

наличии поперечной трещины установлено, что наблюдается потеря устойчивости опирания несущих элементов от раскрытия трещины водоподающего трубопровода. На рисунке 4.12 показана эпюра перемещений в условиях максимального раскрытия трещины.

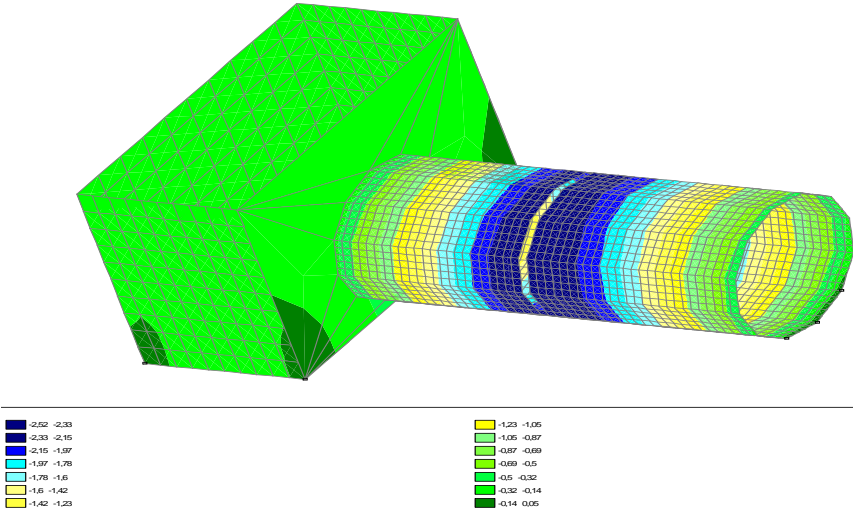


Рисунок 4.12 – Эпюра перемещений по вертикали водоподающего сооружения внутрихозяйственной сети

Установлено, что по длине водоподающего сооружения с колодцем возрастают вертикальные напряжения, а в дальнейшем с увеличением длины продольной трещины, происходит потеря несущей способности сооружения, как по горизонтальной, так и вертикальной осям трубопровода (рисунок 4.13).

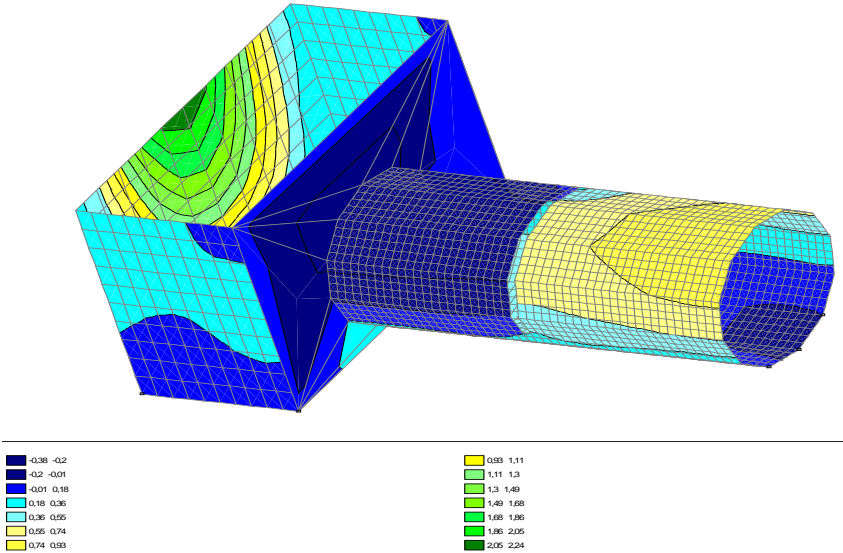


Рисунок 4.13 – Эпюра перемещений по горизонтали

Результаты расчетов суммарных перемещений водоподводящего трубопровода с колодцем от увеличения длины поперечной трещины трубопровода и ее раскрытия в виде эпюры представлены на рисунке 4.14.

В процессе моделирования длины поперечной трещины и ее раскрытия установлено, что наибольшая потеря устойчивости опирания трубопровода на грунтовое основание происходит в месте образования трещины, а в дальнейшем происходит ее увеличение по направлению к колодцу. Также возникают суммарные перемещения в местах опирания колодца на грунтовое основание. Вертикальные перемещения увеличатся по направлению к низу колодца, а горизонтальные перемещения – незначительны.

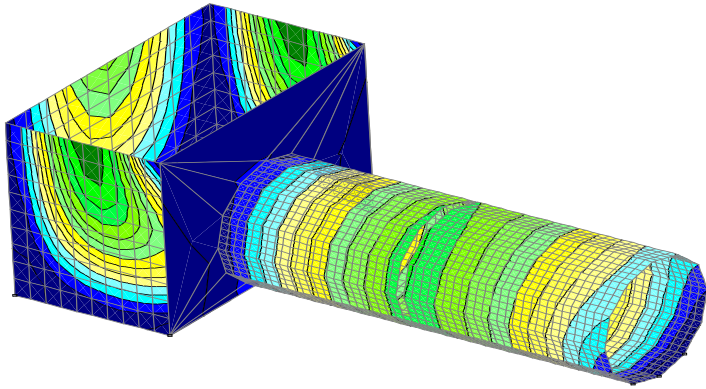


Рисунок 4.14 – Эпюра суммарных перемещений

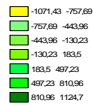
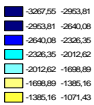
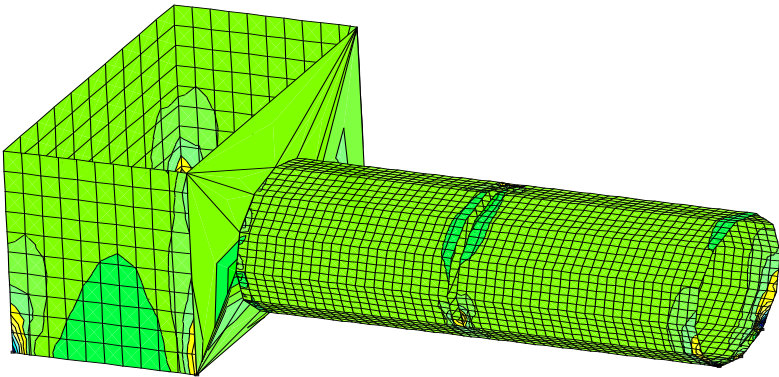


Рисунок 4.15 – Эпюра эквивалентных напряжений по горизонтали поперек водоподводящего сооружения

Полученные эпюры интенсивности эквивалентных напряжений, по длине водоподающего трубопровода с колодцем с поперечной трещиной (рисунки 4.15 – 4.17) позволяют установить, какие параметры трещины является опасными для дальнейшей эксплуатации сооружения. Порог опасности наступает при раскрытии трещины более $1/3$ диаметра трубопровода.

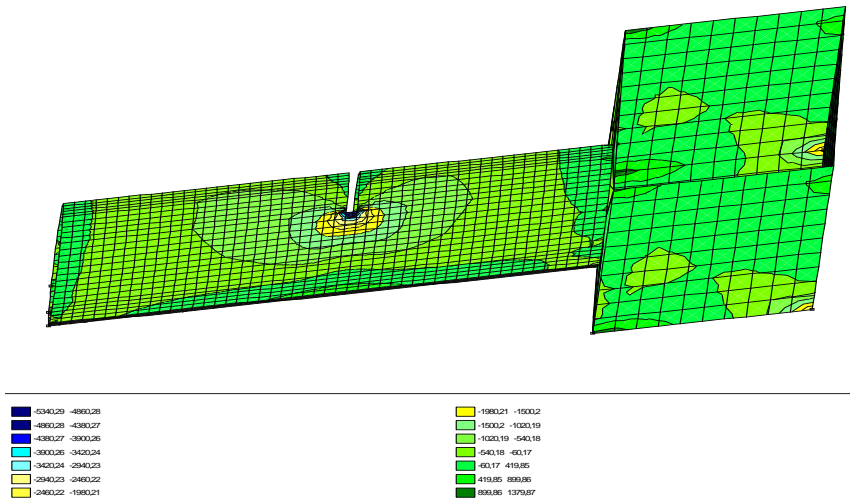


Рисунок 4.16 – Эпюра эквивалентных напряжений по трещине

Проведенное моделирование убедило о наличии существенного запаса прочности водоподающего трубопровода рисовых систем. Образование дефектов и повреждений приводит к нарушению нормального технического состояния водоподающего трубопровода с колодцем. Увеличение длины трещины более $1/3$ диаметра трубопровода, который работает на изгиб, приведет к его перелому. Даже небольшое раскрытие трещины приводит к потере воды, а также размыванию грунтового основания, что увеличивает скорость разрушения водоподающего сооружения. Максимальные напряжения возникают в нижней части несущих элементов трубопровода с

колодцем, а по вертикали, в основном, в напряжениях с боков вдоль фрагмента в нижней части опирания и посередине трубопровода.

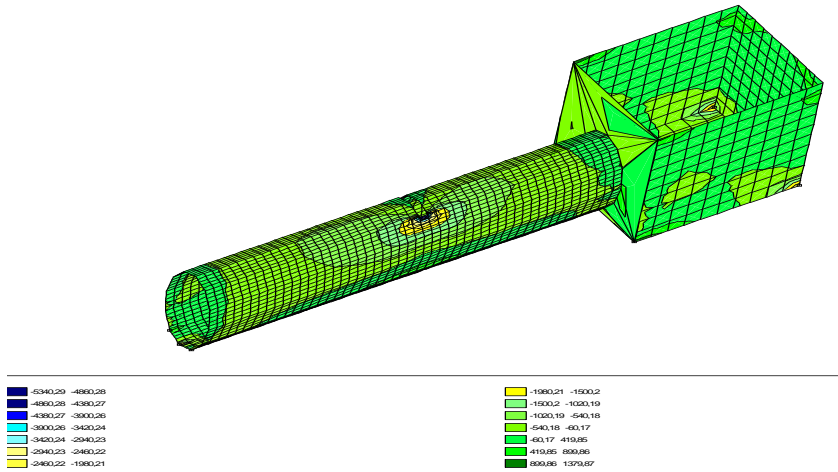


Рисунок 4.17 – Эпюра максимальных эквивалентных напряжений водоподводящего трубопровода с колодцем по трещине

На основании выполненных численных экспериментов и полученных результатов были выделены опасные зоны, приоритетные для измерения прочности бетона при проведении технического освидетельствования конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем.

Результаты эксперимента, характеризующие работоспособность водоподводящего трубопровода при наличии поперечных трещин, представлены на рисунке 4.18, в виде графика напряжений в зоне нарушения прочности сооружения.

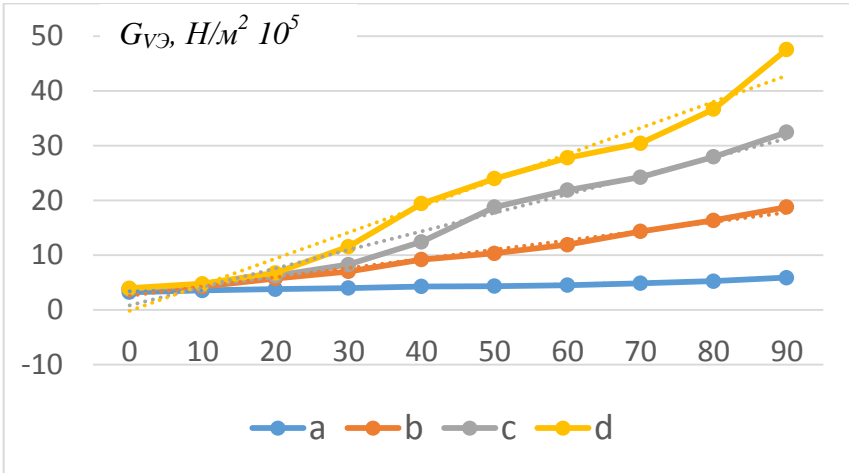


Рисунок 4.18 – График напряжений при математическом моделировании неисправностей водоподающего трубопровода с поперечной трещиной: зона а) без трещины; б) с образованием трещины до 25 % от периметра трубопровода; в) с образованием трещины до 50 % от периметра трубопровода; г) с образованием трещины до 75 % от периметра трубопровода.

Получены эмпирические зависимости для расчета прогнозируемых напряжений в зоне, отличающейся наибольшей вероятностью нарушения прочности водоподающего трубопровода, с поперечной трещиной: для условий без трещины (4.1); с образованием трещины до 25 % от периметра (4.2); с образованием трещины до 50 % от периметра (4.3); с образованием трещины до 75 % периметра трубопровода (4.4):

$$G_{VЭ} = 0,0001x^2 + 0,0131x + 3,3856; R^2 = 0,9743; \quad (4.1)$$

$$G_{VЭ} = 0,0008x^2 + 0,0938x + 3,5947; R^2 = 0,9976; \quad (4.2)$$

$$G_{VЭ} = 0,0014x^2 + 0,2122x + 2,5298; R^2 = 0,9848; \quad (4.3)$$

$$G_{VЭ} = 0,0024x^2 + 0,2613x + 2,7079; R^2 = 0,9827; \quad (4.4)$$

где x – расстояние в миллиметрах по периметру трубопровода от верха трубы до точки измерения напряжения в зоне нарушения его прочности;

R^2 – коэффициент корреляции.

Выполнен трехмерный анализ жесткости водоподающего трубопровода с колодцем внутривоздейственных систем орошения. Установлено, что на работоспособность водоподающего трубопровода с колодцем внутривоздейственных систем орошения значительное влияние оказывает разрушение бетона и оголение арматуры сооружения. Водоподающий трубопровод с колодцем внутривоздейственных систем орошения, имеет запас несущей способности, который существенно снижается в результате длительной конструктивной эксплуатации.

4.3.4 Численные расчеты напряженно – деформированного состояния водоподающего сооружения с разрушением стенок колодца

В ходе численного моделирования напряженно-деформированного состояния исследуемых конструкций внутривоздейственной сети рисовых систем для условий водоподающего трубопровода с разрушением стенок колодца и «потерей устойчивости колодца при опирании на грунтовое основание установлено, что происходит потеря устойчивости опирания конструктивных элементов по середине водоподающего трубопровода, работающего как балка на изгиб» [42].

На рисунке 4.19 показана эпюра перемещений по вертикали водоподающего сооружения. В местах разрушения бортовых элементов колодца перемещения незначительные, и на работу всей конструкции не влияют.

На рисунке 4.20 показана эпюра перемещений по горизонтали сооружения, наибольшие перемещения возникают в местах соединения водоподающего трубопровода и колодца, о чем свидетельствует смещение элементов относительно друг друга.

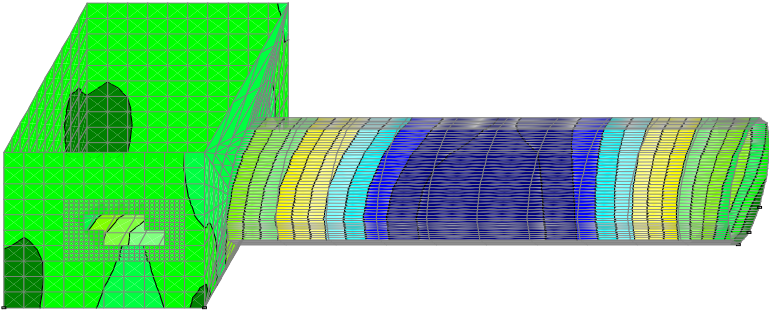


Рисунок 4.19 – Эпюра перемещений по вертикали сооружения
внутрихозяйственной сети рисовых систем

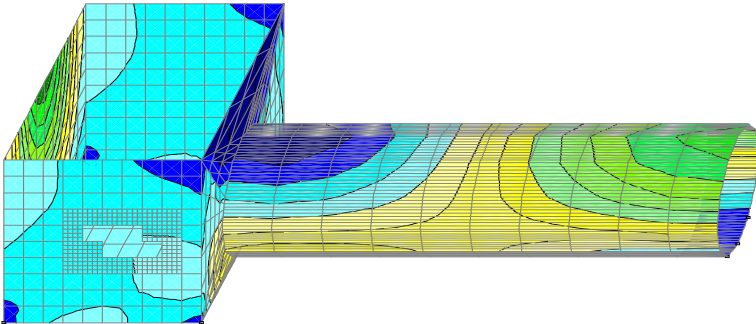


Рисунок 4.20 – Эпюра перемещений по горизонтали сооружения
с разрушением стенок колодца

Сравнения эпюр перемещений несущих элементов водоподающего трубопровода и колодца, как по вертикали, так и по горизонтали вдоль и поперек несущих элементов выявили незначительные внутренние изменения (рисунок 4.21) над образовавшимся отверстием и ведущие к разрушению стенок колодца.

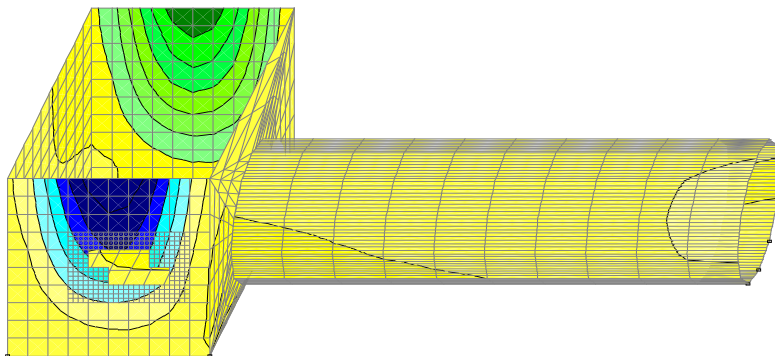


Рисунок 4.21 – Эпюра перемещений по вертикали сооружения с разрушением стенок колодца

На эпюре суммарных перемещений показаны незначительные перемещения (рисунки 4.22), на водоподающем трубопроводе, которые не привели к значительным изменениям – все данные находятся в допустимых пределах расчетных и проектных нагрузок. Суммарные перемещения на колодце показывают смещения зон опирания по горизонтали в сечении поперек несущих элементов сооружения (рисунок 4.23), также возникают значительные смещения зон опирания на грунтовое основание.

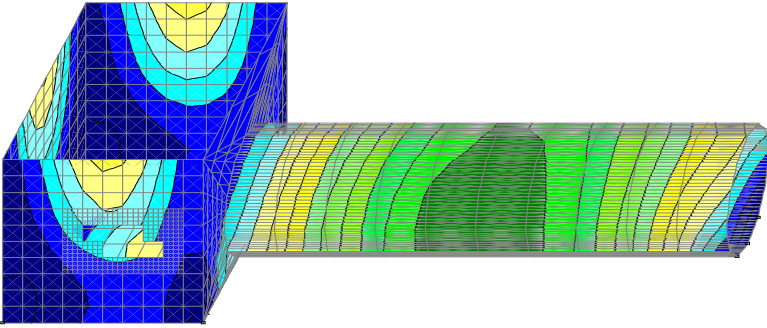


Рисунок 4.22 – Эпюра суммарных перемещений

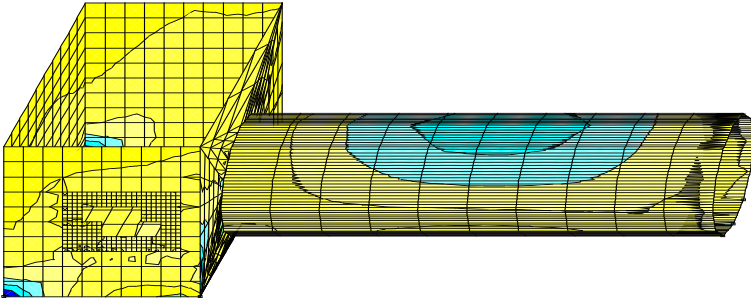


Рисунок 4.23 – Эпюра аксиальных напряжений по горизонтали вдоль водопадающего сооружения

На рисунке 4.24 показана эпюра эквивалентных максимальных напряжений по вертикали вдоль водоподающего трубопровода и колодца внутривоздушных систем орошения, напряжения находятся в предельно-допустимых значениях. При увеличении нагрузки опасность может представлять соединение колодца с водоподающим трубопроводом внутривоздушных систем орошения.

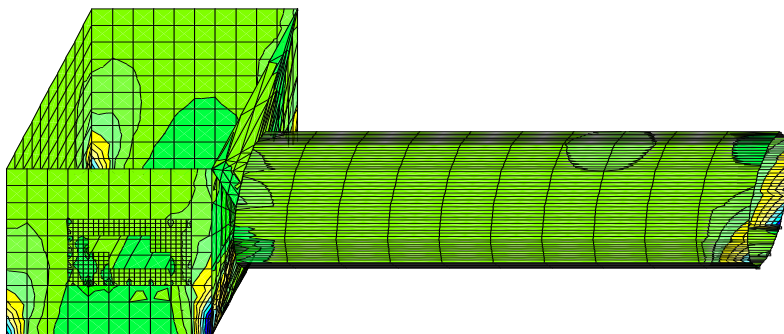


Рисунок 4.24 – Эпюра эквивалентных максимальных напряжений по вертикали вдоль водоподающего сооружения

Максимальные эквивалентные напряжения по горизонтали поперек водоподающего трубопровода и колодца показаны на рисунке 4.25.

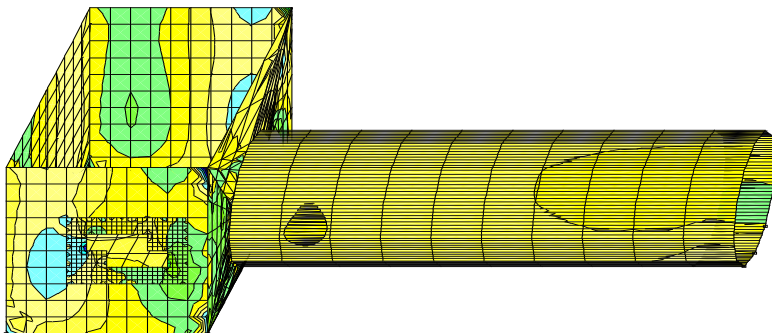


Рисунок 4.25 – Эпюра эквивалентных максимальных напряжений по горизонтали в поперек водоподающего сооружения

В результате проведенного математического моделирования установлены зоны образования однотипных дефектов и повреждений водоподающего трубопровода с колодцем, что определяет места прокладки профилей георадарного зондирования и измерения прочности бетона. Установлен порог опасности напряженно-деформированного состояния водоподающего трубопровода с колодцем, который наступает, начиная с поражения стенки колодца отверстием диаметром 75 мм и более.

Результаты расчетов в виде графика напряжений характеризующего работоспособность водоподающего трубопровода с колодцем, представлены на рисунке 4.26.

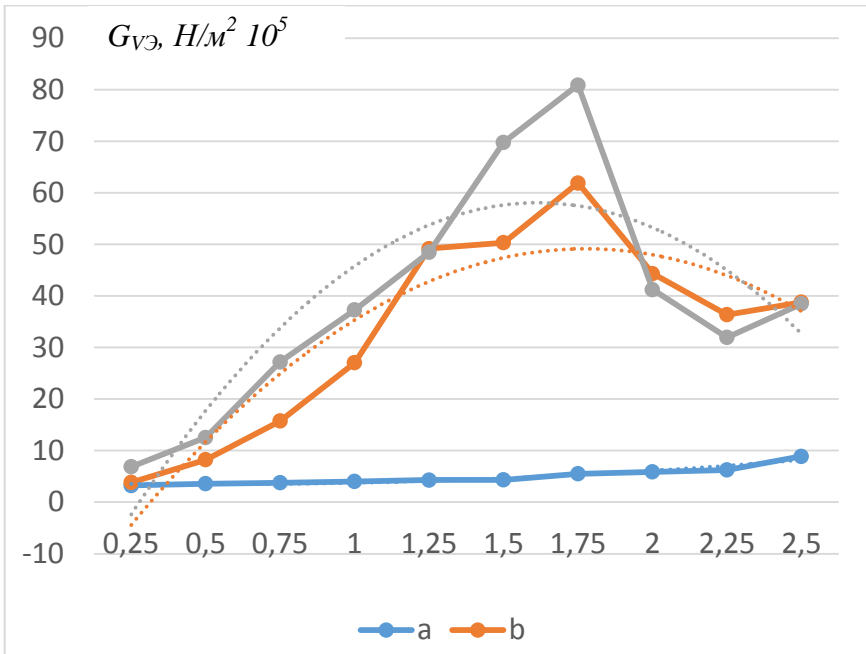


Рисунок 4.26 – График напряженного состояния на бортах колодца при математическом моделировании неисправностей водоподающего трубопровода с разрушением бортов колодца: зона а) без разрушения; б) с разрушением бортов колодца до 30 % от площади борта; в) с разрушением бортов колодца до 60 % от его площади.

Эмпирические зависимости для расчета напряжений элементов водоподающего трубопровода с колодцем, полученные по данным рисунка 4.26, позволяют рассчитать влияние дефекта или повреждения на прочностные характеристики: для элементов без разрушения (4.5); с разрушением бортов колодца до 30 % (4.6); с разрушением бортов колодца до 60 % (4.7):

$$G_{vэ} = 1,1939x^2 - 1,2353x + 3,8017; R^2 = 0,9374; \quad (4.5)$$

$$G_{vэ} = -23,035x^2 + 81,772x - 23,427; R^2 = 0,8454; \quad (4.6)$$

$$G_{vэ} = -32,42x^2 + 104,73x - 26,528; R^2 = 0,8246; \quad (4.7)$$

где x – расстояние, измеряемое по ширине поврежденного борта колодца от левого ребра до точки замера напряжения;

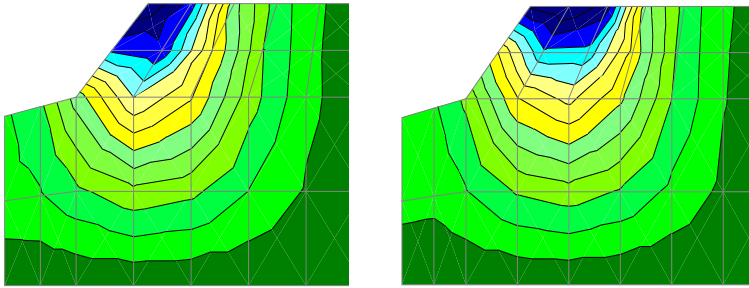
R^2 – коэффициент корреляции.

Дефекты конструкций внутрихозяйственных систем орошения, приводят к негативной трансформации конструктивных элементов. Этим обусловлена актуальность поиска и реализации эффективных подходов к оценке фактического состояния конструкций внутрихозяйственных систем орошения, безопасности и долговечности.

4.4 Результаты имитационного моделирования устойчивости земляного валика рисового чека

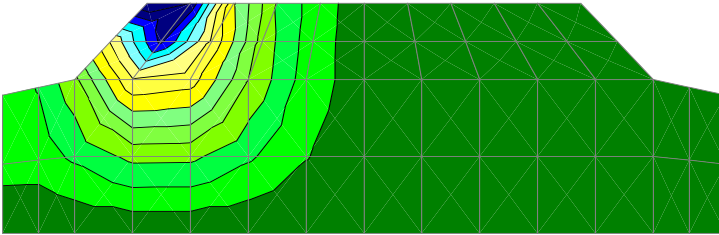
Имитационное моделирование устойчивости земляного валика рисового чека, отсыпанного сухим способом с уплотнением длиной 720,2 м, с максимальной высотой 1,5 м, шириной по гребню 8 м, с абсолютной отметкой верха 3,5 м, с заложением верхового откоса $m_b=3,2$, выполнен с использованием известных программных комплексов: SCAD Office и SolidWorks. При назначении параметров земляного валика использованы результаты натурных исследований по 12 скважинам в 4 расчетных створах, выполненных отделом геологии и гидрогеологии ОАО «Кубаньводпроект», а также топографо-геодезические данные, полученные в исследованиях автора, приведенных во второй главе, позволившие разграничить инженерно-геологические условия и определить динамические свойства сооружения и грунтового основания.

На первом этапе было выполнено моделирование оползневых процессов на откосе земляного валика рисового чека. На рисунке 4.27 показаны эпюры перемещений. Выделен механизм развития оползня на верховом откосе земляного валика рисового чека: первый этап подготовки; второй этап образования; третий этап стабилизации оползневых процессов.



a)

b)



c)



Рисунок 4.27 – Эпюры перемещений: а) этап подготовки оползня; б) этап образования; в) этап стабилизации.

На рисунке 4.28 показаны эпюры эквивалентных максимальных напряжений, также выделены этапы механизма динамики развития оползня на верховом откосе земляного валика рисового чека – подготовки оползня; второй этап образования; третий этап стабилизации оползневых процессов.

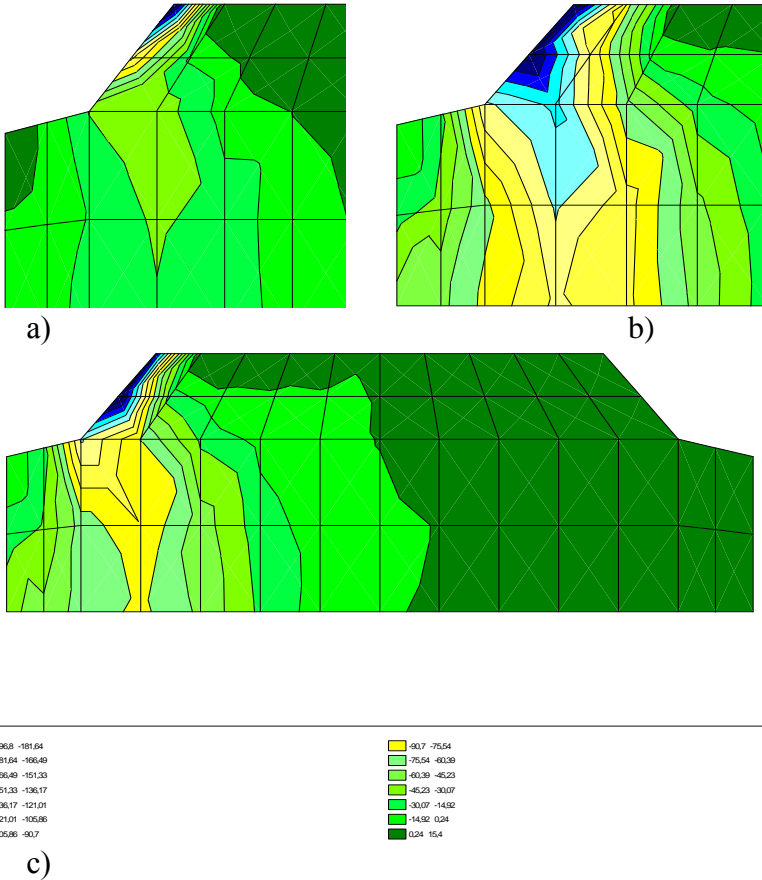


Рисунок 4.28 – Эпюры эквивалентных максимальных напряжений: а) этап подготовки оползня; б) этап образования; в) этап стабилизации.

На втором этапе было выполнено моделирование воздействия перемещения тяжелой сельскохозяйственной техники по насыпи земляного валика рисового чека. На рисунке 4.29 показана эпюра суммарных перемещений без образований оползневых процессов на верховом откосе насыпи земляного валика рисового чека.

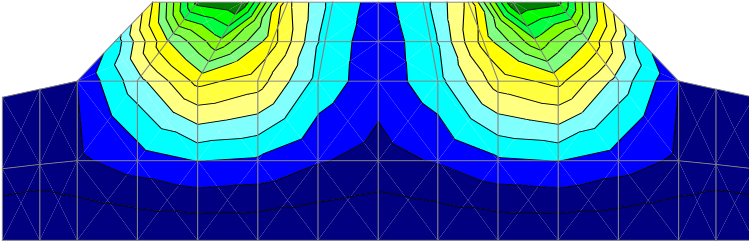


Рисунок 4.29 – Эпюра суммарных перемещений без образования оползневых процессов

На рисунке 4.30 показана эпюра перемещений, а на рисунке 4.31 эпюра эквивалентных максимальных напряжений без образования оползневых процессов

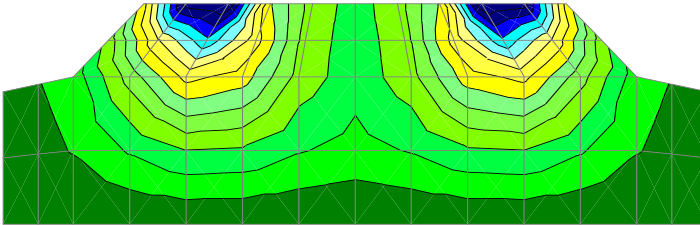


Рисунок 4.30 – Эпюра перемещений без образования оползневых процессов

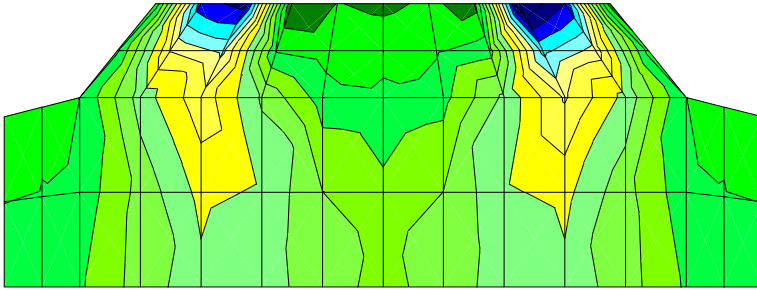


Рисунок 4.31 – Эпюра эквивалентных максимальных напряжений без образования оползневых процессов

На рисунке 4.32 показана эпюра перемещений, а на рисунке 4.33 эпюра эквивалентных максимальных напряжений при образовании оползневых процессов - первый этап подготовки.

Главными характеристиками оползневого процесса на верховом откосе земляного валика рисового чека является его определенность в части смещения, по поверхностям и зонам ослабления, особенно в районе области опирания. В ряде случаев происходит сдвиг структуры конструкции или его отдельных элементов.

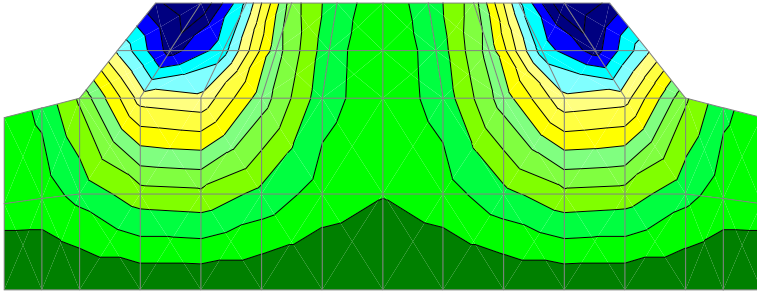


Рисунок 4.32 – Эпюра перемещений при образовании оползневых процессов

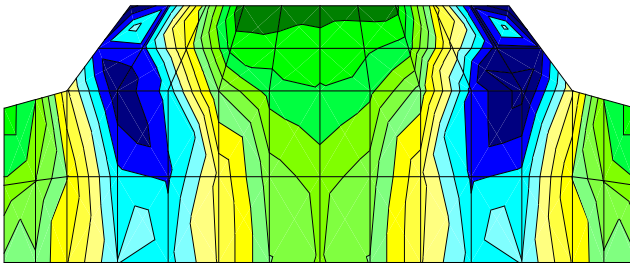


Рисунок 4.33 – Эпюра эквивалентных максимальных напряжений при образовании оползневых процессов

По результатам расчетов установлено, что коэффициент устойчивости в верховом откосе земляного валика рисового чека: в расчетном створе I-I $k_u=2,35$; в расчетном створе II-II $k_u=1,81$; в расчетном створе III-III $k_u=3,52$;

Результаты моделирования оползневых процессов ограждающих земляных валиков рисовых чеков в виде графика напряжений на откосе от воздействия проходов сельскохозяйственной техники по его гребню, представлены на рисунке 4.34.

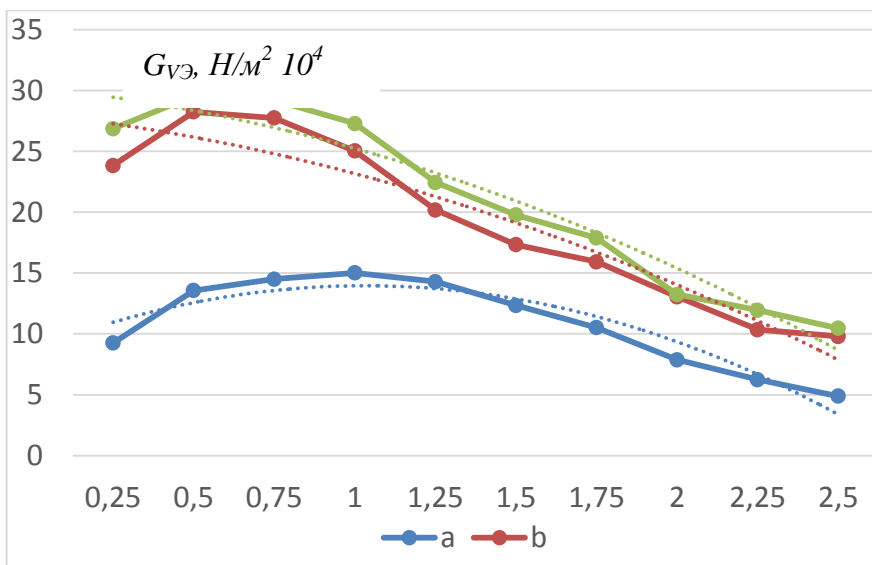


Рисунок 4.34 – График напряжений при математическом моделировании оползневых процессов на откосе земляного валика от воздействия сельскохозяйственной техники: зона а) без разрушения; б) при разрушении откоса от перемещения сельскохозяйственной техники на гребень до 50 % площади поперечного сечения валика; в) при разрушении до 75 % площади поперечного сечения.

В составе конечно – элементного моделирования получены эмпирические зависимости для расчета опасного напря-

женного состояния на откосе земляного валика рисового чека от воздействия сельскохозяйственной техники: в условиях без разрушения (4.8); при разрушении откоса от перемещения сельскохозяйственной техники на гребень до 50 % площади поперечного сечения валика (4.9); при разрушении до 75 % площади поперечного сечения (4.10):

$$G_{V\varnothing} = -0,3069x^2 + 2,5327x + 8,7337; R^2 = 0,9001; \quad (4.8)$$

$$G_{V\varnothing} = -0,1317x^2 - 0,7052x + 28,102; R^2 = 0,9106; \quad (4.9)$$

$$G_{V\varnothing} = -0,1513x^2 - 0,6479x + 30,256; R^2 = 0,9427; \quad (4.10)$$

где x – расстояние, определяемое по склону валика от подножия до точки измерения напряжения в поперечном сечении земляного валика;

R^2 – коэффициент корреляции;

Выполненные натурные опыты и численные эксперименты позволили выявить четыре зоны частоты и интенсивности проявления дефектов рисового чека (рисунок 4.35), обеспечивающие эффективность процедур организации и диагностики технического состояния ГТС: 1 – зона водоподающего и водоотводящего сооружения; 2 – зона земляного валика; 3 – зона рисового чека с максимальным образованием фильтрационных процессов; 4 – зона рисового чека с минимальным образованием фильтрационных процессов.

Выполненные численные эксперименты позволили построить твердо-тельные модели напряженно-деформированного состояния ГТС рисовых систем с выделением зон сооружений, содержащих однотипные характерные дефекты и установить предельно допустимые размеры напряжений конструктивных элементов (рисунок 4.36). Указанные данные обеспечат информационную поддержку процедур диагностики технического состояния сооружений методами неразрушающего контроля при трассировании профилей георадарного зондирования, а также в процессе оценки ресурса работоспособности ГТС.

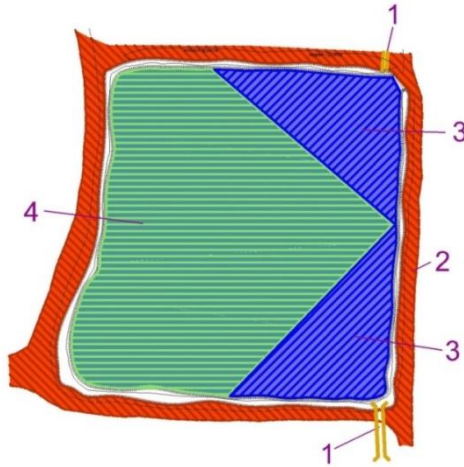


Рисунок 4.35 – Представление рисового чека, как элемента рисовых систем в виде зон с характерными выявленными дефектами: 1) зона водоподающего и водоотводящего сооружения; 2) зона земляного валика; 3) зона рисового чека с максимальным образованием фильтрационных процессов; 4) зона рисового чека с минимальным образованием фильтрационных процессов.

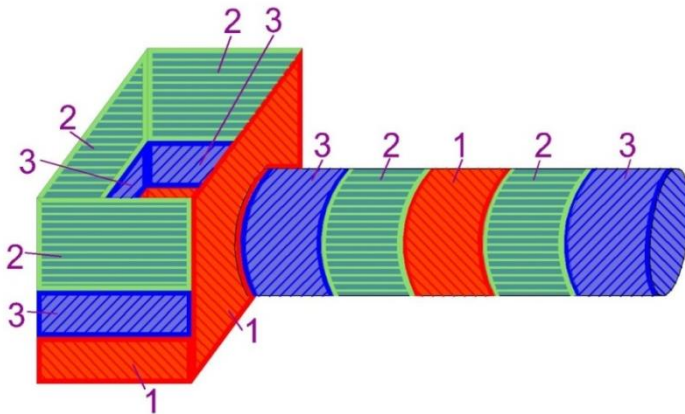


Рисунок 4.36 – Представление элементов рисовых систем в виде зон с характерными выявленными дефектами: 1) зона максимального проявления наибольших напряжений при эксплуатации конструкций; 2) зона возникновения опасных напряжений; 3) зона минимальной подверженности дефектам.

Представление в виде зон с характерными выявленными дефектами: 1 – зона максимального проявления наибольших напряжений при эксплуатации конструкций; 2 – зона возникновения опасных напряжений; 3 – зона минимальной подверженности дефектам.

Выводы.

1. Осуществлено имитационное моделирование пораженных конструкций ГТС внутрихозяйственных систем орошения возможными дефектами и оценено их влияние на работоспособность конструкций в целом для выявления наиболее опасных.

2. Проведен ряд численных экспериментов, которые можно условно разделить на две группы:

- расчеты водоподающего трубопровода с колодцем без дефектов и земляного валика рисового чека без образования оползневых процессов для установления адекватности твердотельных моделей напряженно–деформированного состояния водоподающего трубопровода с колодцем, выполненных из железобетона, и земляного валика данным прочностных характеристик физического объекта, определенных в натуральных испытаниях;

- расчеты водоподающего трубопровода с колодцем при наличии выявленных дефектов и земляного валика рисового чека при образовании оползневых процессов, в результате чего были получены предельно допустимые размеры повреждений, которые позволяют водоподающему трубопроводу с колодцем внутрихозяйственных систем орошения нести конструктивную нагрузку в период длительной эксплуатации.

3. В результате проведенных численных экспериментов были установлены зоны водоподающего с трубопровода с колодцем, содержащие однотипные дефекты и повреждения, что позволяет упорядочить процесс прокладывания профилей зондирования и определения точек для измерения прочности бетона.

ГЛАВА 5. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И РЕКОМЕН- ДАЦИЙ ПО ОБОСНОВАНИЮ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ СООРУЖЕНИЙ

5.1 Мероприятия контроля и оценки технического состояния сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем по показателям работоспособности

Существующие методики контроля конструкций внут-рихозяйственных систем орошения направлены на оценку технического состояния сооружений и их пригодности к последующей эксплуатации, связанных с изношенностью основного фонда, которая определяется по длительности срока эксплуатации [13, 68, 84, 85, 87]. Поэтому появилась необходимость в обосновании методов контроля, характеризующих техническое состояние ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса по показателю фактической/прогнозной работоспособности контролируемых объектов. Такие методы активно внедряются в практику других секторов экономики и уже находят применение в отечественном АПК [12, 151, 155].

Предлагаемые в диссертационной работе методы контроля и оценки технического состояния ГТС разработаны с учетом действующих нормативных документов, а также проведенных натуральных обследований и лабораторных экспериментов автора по оценке работоспособности ГТС и характеру выявленных повреждений и дефектов [1, 26, 27, 85].

Функциональная схема комплекса мероприятий диагностики технического состояния сооружений рисовых систем по показателям работоспособности, разработанная на основе вышеприведенных исследований, в качестве базовых элементов включает: инструментальную оценку визуально наблюдаемых дефектов, использование приборов неразрушающего

контроля для установления скрытых повреждений, количественную оценку прочностных характеристик (рисунок 5.1).



Рисунок 5.1 – Функциональная структура комплекса мероприятий диагностики технического состояния сооружений рисовых систем по показателям работоспособности

Критерием работоспособности является напряжение $G_{VЭ}$. Значение показателя работоспособности не ном техническом состоянии сооружения/конструкции. При значении показателя ниже нормативного, оценка технического состояния сооружения – неудовлетворительная, внутрихозяйственных систем орошения и используется для установления времени гарантированной эксплуатационной надежности, либо принятия решения о проведении ремонта, восстановления, реконструкции, ликвидации сооружения.

Подготовленные автором рекомендации по обоснованию жизненного цикла эксплуатируемых сооружений внутрихозяйственных рисовых систем, базирующиеся на результатах оценки их технического состояния по ресурсу работоспособ-

ности, характеризуют правила и порядок реализации комплекса мероприятий диагностики остаточного ресурса работоспособности ГТС и оценки технического состояния. При формировании документа использованы результаты натурных исследований и моделирования прочностных характеристик конструктивных элементов по зонам интенсивности их пораженности дефектами и повреждениями, полученные автором в процессе НИР.

Для оценки возможности дальнейшего использования сооружений необходимо также иметь максимально полную информацию об особенностях изготовления несущих элементов конструкции, этапов монтажа и условиях эксплуатации. Поэтому процедурам обследования и диагностики состояния и оценки возможности продления срока службы конструкций, предшествуют сбор и обработка технической и эксплуатационной документации и соответствующей информации. К ней относятся:

1. Рабочие чертежи с пояснительной запиской к ним о данных проектных нагрузок и воздействий. Документы согласования с проектной организацией имеющих отступлений от проекта.

2. Исполнительные рабочие чертежи, документы о производственных заменах арматуры железобетонных элементов конструкций ГТС.

3. Сертификаты строительных материалов, используемых при строительстве, а также при выполнении различных ремонтных работ.

4. Рабочие чертежи на железобетонные конструкции с указанием прочности бетона.

5. Сведения о дефектах, выявленных в элементах несущих конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем.

6. Документы, акты на доставку и складирование несущих элементов конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем;

7. Акты на скрытые работы с указанием всех внесенных изменений;

8. Акты и протоколы сдачи - приемки объекта с указанием недоделок, выявленных дефектов и повреждений, а также акты их устранения;

9. Документы на обследуемые сооружения внутрихозяйственной сети рисовых систем;

10. Сроки эксплуатации конструкций внутрихозяйственных систем орошения и данные о повреждениях отдельных элементов, причинах вызвавших их в процессе эксплуатации;

11. Документы за период эксплуатации о выполнявшихся ремонтных работах, реконструкциях конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем;

12. Технические журналы по эксплуатации конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем.

13. Заактивированные результаты периодических и внеочередных осмотров элементов эксплуатируемых конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем.

14. Результаты геодезических наблюдений за несущими элементами конструкций за период эксплуатации.

15. Документы комиссионных оценок состояния конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем;

16. Отчетная документация специализированных организаций о выполненных обследованиях конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем.

5.2 Техническое и технологическое обеспечение реализации комплекса мероприятий контроля работоспособности сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем

Успешная реализация комплекса мероприятий контроля фактической работоспособности и диагностики ее остаточного ресурса для ГТС внутрихозяйственных систем орошения

требует надежного технического, технологического и организационного обеспечения.

В составе диссертационной работы сформированы требования к рациональному составу приборного комплекса для определения нарушения геометрии заложения откосов земляного валика, оценки однородности и прочности железобетонных конструкций рисового чека, а также оценки их несущей способности на основании характера и интенсивности коррозии бетона и арматуры, местоположения трещин, их геометрического размера и степени раскрытия.

Для выполнения рекогносцировочного обследования конструкций внутрихозяйственной сети рекомендуются: геодезические приборы – приемник MAXOR GGD Turbo и тахеометр SOKKIA IM-105. Оценка технического состояния конструкций внутрихозяйственной сети выполняется приборами неразрушающего контроля – георадаром ОКО-2 и электронным измерителем прочности бетона ОНИКС-2.52. Георадар ОКО-2, с помощью которого устанавливается геометрия выявленных дефектов, позволяет проводить измерения с выводом результатов неразрушающего контроля на экран обрабатывающего устройства с последующим сохранением полученных результатов зондирования.

Обследование конструкций и серии необходимых измерений для выявления поражений и оценки остаточного ресурса работоспособности предлагается производить в зависимости от принадлежности ГТС к зоне с характерными проявлениями частоты и интенсивности дефектов рисового чека (глава 2) в следующем составе и последовательности:

- 1) В зоне 1, отличающейся наличием железобетонных конструкций, выполняется обследование сооружений, определенных на начальном (визуальном) этапе контроля на предмет инструментального изучения и выявления различных дефектов. Измерения производятся приборами – приемником MAXOR GGD Turbo, тахеометром SOKKIA IM-105 и георадаром ОКО-2. Определяются геометрические параметры каждо-

го выявленного повреждения. Измерение фактической прочности бетона $R_{сж}$, производится прибором ОНИКС-2.52 в геометрическом центре нуждающихся оценке повреждений с занесением в ведомость выявленных дефектов.

2) Обследование зоны № 2 (зона земляного валика) проводится приемником MAXOR GGD Turbo, тахеометром SOKKIA IM-105, георадаром ОКО-2. Выполняется георадарное зондирование с шагом 1 м, как вдоль сооружения, так и поперек, для выявления просадок и разуплотнения. Выявляются зарождающиеся оползневые процессы. Определяются высотные отметки по земляному валику: отметки гребня, бермы, дренажной призмы, которые сравниваются с проектными.

3) Обследование зоны № 3, отличающейся просадкой грунтового основания рисового чека перед водоподающим и водоотводящим сооружениями, выполняется приемником MAXOR GGD Turbo и тахеометром SOKKIA IM-105 для оценки наличия просадок и разуплотнения грунтового основания.

4) Обследование зоны № 4 выполняется в основном визуально с целью обнаружения просадок и разуплотнения грунтового основания конструкций.

По результатам инструментальной съемки земляного валика определяются высотные отметки гребня, бермы, дренажной призмы (банкета), которые сравниваются с проектными данными для выяснения причин отклонения фактических отметок от проектных (нормативных).

Для определения фактических характеристик грунта тела земляного валика, основания и бортов примыкания производятся отборы проб грунта, которые выполняются специализированными организациями, имеющими на данный вид работ лицензии. Отборы проб грунта для оценки разуплотнения из тела земляного валика и основания рекомендуется производить в трех характерных поперечных створах земляного валика. К примеру, первый створ намечается вблизи правого борта, второй в средней части и третий вблизи левого борта при-

мыкания. Размещение поперечных створов для отбора проб грунта согласуется с продольным геометрическим разрезом по оси земляного валика.

Полученные фактические физико-механические характеристики грунтов тела земляного валика и основания сравниваются с проектными значениями.

Полученные эмпирические зависимости для расчета напряжений (4.1 - 4.10) применяются для определения предельно-допустимых значений напряжений к использованию при контроле и оценке технического состояния конструкций внутрихозяйственных систем орошения в качестве количественного показателя работоспособности сооружения.

Фактическая фильтрационная прочность грунтов земляного валика, основания определяется поверочными расчетами, использующими при этом фактические физико-механические характеристики грунтов земляного валика и основания, полученные по результатам натурных изысканий.

Контрольные замеры фильтрационного расхода воды, профильтровавшиеся через тело земляного валика, производятся водомерными инструментами на устьевых участках системы низового откоса. Для обеспечения эксплуатационной безопасности по критерию фильтрационной способности грунтов земляного валика, суммарный фильтрационный расход через земляной валик должен иметь тенденцию к уменьшению из года в год.

С помощью приборов неразрушающего контроля, производится сравнение с проектными характеристиками бетона и по результатам сравнительного анализа делается заключение о состоянии бетонных элементов конструкций и даются рекомендации по дальнейшей его эксплуатации.

С целью обобщения полученных результатов в виде удобного и доступного документа в практике службы эксплуатации мелиоративного водохозяйственного комплекса разработаны Рекомендации по продлению жизненного цикла тех-

нического состояния конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем, включающие описание процедур и операций:

1. Анализ эксплуатационной, конструкторской (проектной) и ремонтной документации. Изучение материалов проводившихся ранее работ по обследованию, ремонту и т.п.

2. Внешний осмотр для определения повреждений, оценки коррозии, износа и других дефектов, измерения деформаций элементов. Детальной расшифровки полученных данных и позиционирования дефектов и повреждений с помощью навигационной системы ГЛОНАСС.

3. Изучение фактических нагрузок и эксплуатационных воздействий на элементы конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем. Расчет несущей способности элементов с учетом выявленных дефектов и повреждений.

4. Выявления зарождающихся оползневых процессов.

5. Обмерные работы с целью определения соответствия фактического положения конструкций проектному.

6. Расчеты раскрытия трещин, выявление причин их возникновения и наблюдения за динамикой их развития. Определение опасной для дальнейшей эксплуатации сооружения степени повреждения с использованием эмпирических зависимостей.

7. Определение физико-механических параметров материалов несущих и ограждающих конструкций внутрихозяйственных систем орошения неразрушающими методами непосредственно на объекте и путем лабораторных испытаний.

5.3 Расчет экономической эффективности применения комплекса мероприятий контроля технического состояния сооружений по показателям работоспособности

Определение ожидаемого экономического эффекта от применения разработанного комплекса мероприятий для контроля технического состояния конструкций внутрихозяйственных систем орошения выполнялось по материалам контроля и диагностики технического состояния сооружений Абинской оросительной системы Абинского филиала ФГБУ Управление «Кубаньмелиоводхоз».

Получение стабильных урожаев сельскохозяйственных культур в условиях юга РФ без систематического орошения невозможно. Низкий уровень эксплуатационной надежности конструкций внутрихозяйственных систем орошения в первую очередь характеризуется снижением их пропускной способности, с одной стороны и непроизводительными потерями на фильтрацию из-за протечек и непредусмотренных сбросов поливной воды – с другой.

Ожидаемая экономическая эффективность от внедрения комплекса мероприятий сохранения работоспособности ГТС внутрихозяйственной рисовой системы определена согласно Методическим рекомендациям по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель (РД-АПК 3.00.01.003-03). В качестве критерия эффективности принято положительное значение дисконтированного сальдо приростного денежного потока от сокращения потерь воды на фильтрацию при реализации рекомендаций комплекса диагностики технического состояния конструкций рисовых систем. Денежный поток рассчитывался в составе эффектов (от сокращения водоподачи и получения продукции за счет полива дополнительных площадей) и затрат (на реализа-

цию мероприятий технической эксплуатации и выполнения диагностики состояния ГТС).

Дисконтированный прирост чистого дохода (ДПЧД), исчисляемый через дисконтированное сальдо приростного чистого денежного потока за период функционирования комплекса мероприятий по повышению работоспособности ГТС внутрихозяйственной рисовой системы, определялся по зависимости (5.1):

$$\text{ДПЧД} = \sum_m f_m \alpha_m \geq 0 \quad (5.1)$$

где $\sum f_m$ – сальдо денежного потока на m шаге;

α_m – коэффициент дисконтирования.

m – количество лет в рассматриваемом шаге общего расчетного периода, принято равным 10 годам.

$$\alpha_m = 1/(1 + E)^m \quad (5.12)$$

где E – норма дисконта, 6 % .

Исходные данные для расчета экономической эффективности приведены в таблицах 5.1 и 5.2.

Таблица 5.1 – Расход воды на полив риса (м³/га в год)

	До внедрения мероприятий	После внедрения мероприятий
Подача оросительной воды	19742,5	17508,5
Насыщение почвы	1360	1360
Эвапотранспирация	6575	6575
Фильтрация боковая	10270	9036
Организационный сброс	1537,5	1537,5

В таблице 5.3 приведены результаты оценки (в пересчете на один га) экономической эффективности за 10 летний период функционирования оросительной системы после реализации мероприятий комплекса диагностики технического состояния ГТС.

Таблица 5.2 – Исходные данные для выполнения экономических расчетов

Исходные данные	Ед. измерения	Значения
Сокращение потерь воды от реализации мероприятий диагностики состояния конструкций	м ³ /га в год	2234
Удельные затраты на водоподачу	руб./ м ³	0,35
Предотвращенный ущерб от потерь воды на фильтрацию	тыс. руб./га в год	0,7819
Стоимость ремонта	тыс. руб./га	0,133
Затраты на выполнение комплекса мероприятий диагностики	тыс. руб./га	0,0052
Норма дисконта	%	8
Периодичность диагностики	год	3
Урожайность риса	ц/га	45,6
Закупочная цена	тыс руб. /ц	3,450
Удельные затраты на возделывание риса	тыс. руб. /ц	1,5
Объем производства дополнительной продукции за счет экономии воды на га орошения (45,6/17508,5)*2234=5,819	ц	5,819

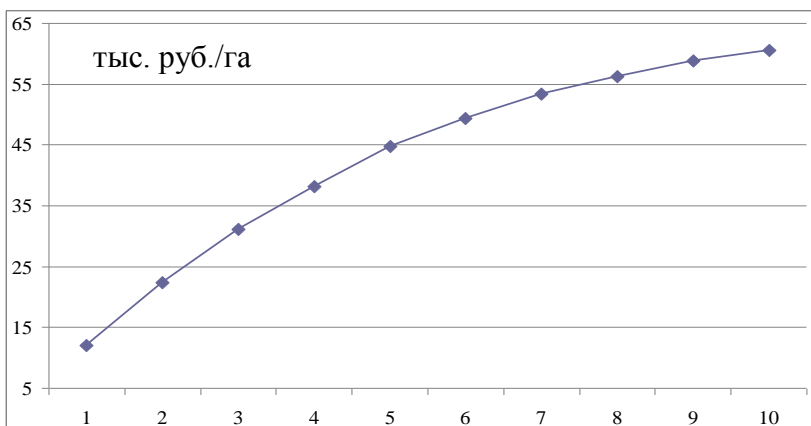


Рисунок 5.2 – Дисконтированное сальдо приростного денежного потока за десятилетний период работы отремонтированных сооружений

	Показатели (приростные)											Итого
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4	Оттоки	8,866	8,728	8,728	8,733	8,728	8,728	8,733	8,728	8,728	8,733	87,434
5	Совокупные затраты на проведение диагностики	0,0052			0,0052			0,0052			0,0052	0,0208
6	Стоимость ремонта	0,133										0,133
7	Затраты на производство дополнительной продукции (5,819*1500)/1000=8,728тыс.	8,728	8,728	8,728	8,728	8,728	8,728	8,728	8,728	8,728	8,728	87,28
8	Прибыль от операционной деятельности	11,989	12,127	12,127	12,122	12,127	12,127	12,122	12,127	12,127	12,122	121,12
9	2. Сальдо денежного потока	11,989	12,127	12,127	12,122	12,127	12,127	12,122	12,127	12,127	12,122	121,12
10	То же нарастающим итогом	11,989	24,116	36,243	48,364	60,491	72,618	84,740	96,867	108,994	121,115	
11	Коэффициент дисконтирования	1,000	0,930	0,860	0,790	0,740	0,680	0,630	0,580	0,540	0,500	
12	Дисконтированное сальдо денежного потока	11,989	11,278	10,429	9,576	8,974	8,246	7,637	7,034	6,549	6,061	

	Показатели (приростные)											Итого
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
13	Дисконтированное сальдо приростного денежного потока	11,989	22,428	31,169	38,208	44,763	49,380	53,386	56,183	58,856	60,558	

Выводы.

1. По результатам теоретического анализа, натуральных опытов и численных экспериментов разработан комплекс мероприятий для контроля технического состояния конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем, обеспечивающий эффективное выявление дефектов и повреждений, оценку пригодности к дальнейшей эксплуатации и возможности для продления срока службы конструктивных элементов конструкций;

2. Подготовлены рекомендации по продлению жизненного цикла конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем, базирующиеся на использовании комплекса мероприятий для контроля технического состояния ГТС с учетом влияния имеющихся дефектов и повреждений на их работоспособность;

3. Апробирование предлагаемого комплекса диагностики технического состояния конструкций внутрихозяйственной сети рисовых систем в условиях эксплуатации Абинской оросительной системы Краснодарского края позволило снизить затраты на подачу поливной воды и получить ожидаемый экономический эффект от реализации рекомендуемых мероприятий технической эксплуатации, определенный по дисконтированному приросту дополнительного чистого дохода, в сумме 447,2 тыс. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ опыта эксплуатации рисовых систем в южном регионе России выявил низкую эффективность использования водных ресурсов в условиях их дефицита, связанного с климатическими особенностями территории и высокой техногенной нагрузкой. Оценка современного технического состояния внутривладельческой оросительной сети рисовых систем Краснодарского края и Республики Адыгея показала, что в сложившихся условиях дополнительный объем воды для обеспечения растущих потребностей сельского хозяйства может быть получен за счет повышения уровня технического состояния оросительных систем и сокращения непроизводительных затрат водных ресурсов. В связи с этим приобретает важность совершенствование методов контроля технического состояния гидротехнических сооружений оросительных систем, прежде всего, рисовых, а также количественных оценок их работоспособности. Это, в совокупности, позволит выявить наблюдаемые и скрытые дефекты ГТС, определить остаточный ресурс функциональной надежности и своевременно выполнить необходимый ремонт не только для предотвращения дальнейшего разрушения сооружения, но и для повышения эффективности его эксплуатации.

2. Проведены комплексные натурные исследования технического состояния рисовых систем с применением инженерно-геодезических методов, гидрологических, топографической съемки ГТС, поверочных измерений элементов системы с наличием повреждений, цифровой аэрофотосъемки с использованием лазерных систем контроля. Выполненные работы позволили выявить участки и оценить размеры повреждений и разрушений ГТС, степень их опасности. Установлено, что характерными нарушениями на участках системы и элементах конструкций являются: повреждение откосов и просадка гребня земляных валиков рисового чека; разрушаю-

щее превышение скорости потока водопроводящей сети; разрушение бетона, оголение и коррозия арматуры водоподающего сооружения; просадка основания сооружений на водопроводящей сети; ирригационная эрозия; оползневые явления.

3. На основе анализа результатов натуральных исследований выполнена систематизация повреждений сооружений, обоснованы критерии оценки и категории технического состояния длительно эксплуатируемых ГТС, позволяющие устанавливать приоритеты при планировании эксплуатационных мероприятий для повышения надежности работы инженерных сооружений на рисовых оросительных системах.

4. Разработан и апробирован комплексный метод разрушающего контроля для выявления скрытых дефектов ГТС. Метод основан на совместном применении георадарного зондирования поверхности сооружения и ультразвукового измерения прочностных характеристик конструктивных элементов ГТС. Применение предложенного подхода в практике эксплуатации рисовых систем повышает надежность информационно-методического обоснования принятия решений, эффективность планирования и реализации мероприятий по улучшению технического состояния внутрихозяйственной сети.

5. На основе математического моделирования методом конечных элементов выполнен анализ надежности сооружений рисовых оросительных систем в зависимости от наличия и характера повреждений. По результатам моделирования разработаны корреляционные модели для прогнозирования остаточного ресурса работоспособности сооружений. На модели выполнена оценка прочностных характеристик водоподающего трубопровода при наличии поперечных трещин, с колодцем, стенки которого подверглись нарушению. Получены эпюры напряжений и перемещений элементов сооружения, а также корреляционные зависимости для прогноза напряжений в зоне максимальной вероятности нарушений прочности водоподающего трубопровода при разных условиях (без трещины; с образованием трещины до 25 %, до 50 % и до 75 % от

периметра трубопровода). Построены графики напряжения борта колодца в зависимости от площади разрушения (без разрушения стенок колодца; с разрушениями до 30 % и до 60 %). Разработанные модельные зависимости позволяют рассчитывать влияние повреждений на прочностные характеристики сооружения и его остаточный ресурс. Определена устойчивость земляного валика рисового чека при различающейся степени повреждений его откосов и получены зависимости для расчета опасного напряженного состояния на откосе. Зависимости могут быть использованы для оценки изменения функциональной надежности валика рисового чека от воздействия применяемой сельхозтехники. Полученные по результатам моделирования корреляционные модели обеспечат повышение эффективности планирования и обоснования управляющих воздействий сохранения и повышения работоспособности объектов эксплуатации.

6. По результатам проведенных исследований усовершенствованы методы и предложен комплекс мероприятий для контроля и оценки технического состояния сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем по показателям его работоспособности, обеспечивающий диагностику опасности визуально наблюдаемых дефектов, установление скрытых повреждений на основе применения приборов неразрушающего контроля, количественную оценку прочностных характеристик и определение целесообразности дальнейшей эксплуатации сооружения.

7. Сформированы рекомендации по обоснованию жизненного цикла длительно эксплуатируемых сооружений внутрихозяйственной сети рисовых систем, устанавливающие правила и порядок реализации мероприятий контроля их технического состояния на основе усовершенствованных методов и оценки прочностных характеристик конструктивных элементов ГТС в сравнении с нормативными для назначения приоритетных мероприятий технической эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдразаков, Ф.К. Безопасность эксплуатации гидротехнических сооружений [Текст] / Ф.К. Абдразаков, А.В. Поморова, А.В. Носенко // Инновационные технологии в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении. – 2017. – С. 16-22.
2. Абдразаков, Ф.К. Проблемы управления мелиоративным под комплексом на региональном уровне [Текст] / Ф.К. Абдразаков, А.Ю. Сметанин // Аграрный научный журнал. – 2011. – № 3. – С. 47-50.
3. Айдаров, И.П. Цели и задачи комплексных мелиораций сельскохозяйственных земель [Текст] / И.П. Айдаров // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 5. – С. 24-38.
4. Али, М.С. Анализ нестационарных процессов при нештатных режимах работы насосных станций [Текст] / М.С. Али, Д.С. Бегляров, Б.Т. Бекишев, Д.М. Греков // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2016. – № 2 (72). – С. 35-39.
5. Али, М.С. Теоретические исследования двухступенчатого каскада насосных станций с пневматическим резервуаром [Текст] / М.С. Али // Естественные и технические науки. – 2019. – № 5 (131). – С. 277-279.
6. Али, М.С. Методика расчета насосной установки с приподнятой всасывающей трубой [Текст] / М.С. Али, Э.Е. Назаркин // Естественные и технические науки. – 2019. – № 12 (138). – С. 397-400.
7. Али, М.С. Особенности расчета переходных процессов в водоводах насосных станций в условиях образования разрывов сплошности потока [Текст] / М.С. Али, Д.С. Бегляров, Э.Е. Назаркин // Природообустройство. – 2020. – № 4. – С. 122-128.

8. Али, М.С. Решение практических задач с использованием модели насосов при переходных режимах в напорных системах [Текст] / М.С. Али, Д.С. Бегляров, А.Ю. Титаева, Е.А. Лентаева // Природообустройство. – 2020. – № 1. – С. 100-103.
9. Бальзанников, М.И. Система управления состоянием гидротехнических сооружений [Текст] / М.И. Бальзанников, Б.Г. Иванов, А.А. Михасек // Вестник МГСУ. – 2012. – № 7. – С. 119-124.
10. Бандурин М.А., Белогай С.Г., Волосухин Я.В. Мониторинг технического состояния мостовых переездов на каналах (монография). -М.: РИОР: ИНФА-М, 2015. – 268с. – (Научная мысль). – www.dx.doi.org/10.12737/5263.
11. Бандурин М.А., Волосухин В.А. Методика проведения инженерного мониторинга лотковых каналов оросительных систем Южного федерального округа. – Новочеркасск: Изд-во «Лик», – 2007. – 40 с.
12. Бандурин М.А., Волосухин В.А. Мониторинг безопасности гидротехнических сооружений низконапорных водохранилищ и обводнительно-оросительных систем. – Новочеркасск: Изд-во «Лик», – 2010. - 410 с.
13. Бандурин М.А., Волосухин В.А., Шестаков А.В. Методика проведения инженерного мониторинга безопасности гидротехнических сооружений (монография). – Новочеркасск: Изд-во «Лик», – 2009. – 157 с.
14. Бандурин М.А., Волосухин В.А., Шестаков А.В. Мониторинг безопасности гидротехнических сооружений с применением неразрушающих методов контроля. – Новочеркасск: Изд-во «Лик», – 2009. – 255 с.
15. Бандурин, М.А. Конечно-элементное моделирование напряженно-деформированного состояния Ташлинского дюкера на Право-Егорлыкском канале [Электрон.] // Инженерный вестник Дона – 2012. – №3. – С. 18-23.
16. Бандурин, М.А. Особенности технической диагностики длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений

- [Электрон.] // Инженерный вестник Дона – 2012. – №2. – С. 693-696.
17. Бандурин, М.А. Эколого-экономическая эффективность диагностики технического состояния водопроводящих сооружений оросительных систем [Текст] / М.А. Бандурин, И.Ф. Юрченко, В.А. Волосухин, В.В. Ванжа, Я.В. Волосухин // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22. – № 7. – С. 66-71.
 18. Бахтин, Б.М. Оперативное определение свойств искусственных грунтовых материалов для моделирования работы гидротехнических сооружений [Текст] / Б.М. Бахтин // Природообустройство. – 2012. – № 3. – С. 43-49.
 19. Васильева, Н.К. Эффективность производства риса на Кубани [Текст] / Н.К. Васильева, Е.А. Коврякова - Москва : Науч. б-ка, 2016. – 179 с.
 20. Величко, Е.Б. Агротелиоративные основы возделывания риса [Текст] / Е.Б. Величко, Б.Б. Шумаков - Краснодар : Кн. изд-во, 1987. – 191 с.
 21. Величко, Е.Б. Технология получения высоких урожаев риса [Текст] / Е.Б. Величко, Б.Б. Шумаков - М. : Колос, 1984. – 84 с.
 22. Владимиров, С.А. Интенсификация рисоводства как фактор экологической напряженности [Текст] / С.А. Владимиров, Е.И. Хатхоху, Н.Н. Крылова, Е.Ф. Чебанова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 70. – С. 147-155.
 23. Волосухин, В.А. Особенности георадарного обследования состояния лотковых каналов Азовской оросительной системы [Текст] / В.А. Волосухин, М.А. Бандурин // Экологические проблемы природопользования в мелиоративном земледелии: материалы междунар. науч.-практ. конф., (г. Новочеркасск, 2-3 февр. 2006 г.) / Мин-во с.-х. РФ; Отд-ние мелиорации; водного и лесного хоз-ва Россельхозакадемии; Новочерк. гос. мелиор. акад.; Междунар. акад. экологии и

- природопользования; ред. кол. В.Н. Шкура [и др.]. - Новочеркасск: ООО НПО "Темп", 2006. -Т.2. - С. 17-21.
24. Волосухин, В.А. Факторы, определяющие безопасность гидротехнических сооружений водохозяйственного назначения [Текст] / В.А. Волосухин, В.Л. Бондаренко // Наука и безопасность. - 2014. - № 3 (12). - С. 7-8.
 25. Волосухин, В.А., Безопасность гидротехнических сооружений [Текст] / В.А. Волосухин, В.Л. Бондаренко, Ю.А. Свистунов // Учебное пособие. Краснодар, 2001. - 89 с.
 26. ВСН 33-2.2 Автоматизация водоподачи водоотведения на мелиоративных системах. Нормы проектирования. Проект. - М.: Союзводпроект, 1986. - 56 с.
 27. ВСН II-25-75 Инструкция по проектированию рисовых оросительных систем. - М., 1975.- 48 с.
 28. Галкин, Г.А. Оценка урожайности риса в Краснодарском крае [Текст] / Г.А. Галкин, М.И. Чеботарев, В.А. Ладатко // Вестник российской сельскохозяйственной науки. - 2016. - № 6. - С. 17-19.
 29. Гарибин, П.А. Разработка автоматизированной системы для непрерывного контроля технического состояния гидротехнических сооружений [Текст] / П.А. Гарибин, В.Е. Марлей, Е.О. Ольховик // Гидротехника. XXI век. - 2013. - № 2. - С. 50-53.
 30. Глазунов, В.В. Применение метода георадиолокации для оценки состояния крепления верхового откоса грунтовых плотин [Текст] / В.В. Глазунов, С.М. Данильев, Н.Н. Ефимова // Записки Горного института. - 2011. - Т. 194. - С. 167-172.
 31. Голованов, А.И. Мелиорация земель [Текст] / А.И. Голованов и др. // учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки (специальности) "Природообустройство и водопользование"; Ассоц. "Агрообразование". Москва, 2011.
 32. Голованов, А.И. Методика неразрушающего контроля композиционных конструкций путем оценки изгибных

- жесткостей [Текст] / А.И. Голованов и др. // В сборнике: Математическое моделирование и краевые задачи Труды Второй Всероссийской научной конференции. – 2005. – С. 45-47.
33. Голованов, А.И. Методология мелиорации [Текст] / А.И. Голованов // Природообустройство. – 2009. – № 4. – С. 5-16.
34. Голованов, А.И. Прогнозирование развития чрезвычайных ситуаций на мелиорируемых и рекультивируемых землях [Текст] / А.И. Голованов, С.А. Максимов // Природообустройство. – 2008. – № 1. – С. 55-62.
35. ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности [Текст]. - М.: Госком. РФ по делам стро-ва, 1989. - 17 с.
36. ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности бетона методами неразрушающего контроля [Текст]: Техн. условия - М.: Госком. РФ по делам стро-ва, 1989. - 25 с.
37. ГОСТ 22904-93. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры [Текст]. - М.: Из-во стандартов, 1994. – 22 с.
38. Гостищев, Д.П. Математическое моделирование по выбору оптимальной схемы расстановки трехъярусной насадки на водопроводящем поясе ДДА-100МА [Текст] / Д.П. Гостищев, Е.Ю. Гильденберг // Природообустройство. – 2012. – № 3. – С. 20-25.
39. Гулюк, Г.Г. Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения [Текст] / Сборник науч. тр. // ФГНУ “РосНИИПМ”: В 2 ч.// Под ред. В.Н. Щедрина-Новочеркасск, 2003.- Ч. 1. – С. 21-27.
40. Гурьев, В.В. О разработке нормативно-технических документов, связанных с обследованием и мониторингом технического состояния зданий и сооружений в период эксплуатации [Текст] / В.В. Гурьев, В.М. Дорофеев // Про-

мышленное и гражданское строительство. – 2011. – № 12. – С. 43-45.

41. Гусев, Н.Н. Обеспечение информационной устойчивости мониторинга технического состояния строительных конструкций и грунтовых оснований зданий и сооружений при возникновении чрезвычайных ситуаций [Текст] / Н.Н. Гусев, Ю.М. Глуховенко, М.Д. Маслаков // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". – 2013. – № 3. – С. 17-21.
42. Дацко, П.А. Эффективность использования орошаемых земель в Краснодарском крае [Текст] / П.А. Дацко, С.Н. Миненко // Гидротехника и мелиорация. – 1980. – №4. – С. 73-76.
43. Дебольская, Е.И. Математическое моделирование деформаций дна в покрытых льдом нестационарных потоках [Текст] / Е.И. Дебольская, В.К. Дебольский, О.Я. Масликова // Водные ресурсы. – 2006. – Т. 33. – № 1. – С. 29-38.
44. Дегтярев, Г.В. Методы и технические средства очистки вод поверхностного стока от грубодиспергированных примесей [Текст] / Г.В. Дегтярев, Ю.А. Свистунов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2005. – № 35 (131). – С. 158-165.
45. Дегтярев, Г.В. Теоретические основы характеристик системы автоматического регулирования рисового чека и регулятора уровня [Текст] / Г.В. Дегтярев, Н.В. Коженко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 44. – С. 252-255.
46. Дегтярев, Г.В. Теоретический анализ и экспериментальные исследования адаптивного датчика регулятора расхода воды [Текст] / В.Г. Дегтярев, Г.В. Дегтярев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 36. – С. 300-303.

47. Джулай, А.П. Культура риса на Кубани / А.П. Джулай, Е.П. Алешин, Е.Б. Величко - Краснодар : Кн. изд-во, 1980. - 205 с.
48. Дубенок, Н.Н. Мелиорация земель - основа успешного развития агропромышленного комплекса [Текст] / Н.Н. Дубенок // Мелиорация и водное хозяйство. - 2013. - № 3. - С. 7-9.
49. Дубенок, Н.Н. Приоритеты научного обеспечения развития мелиорации [Текст] / Н.Н. Дубенок // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 2014. - № 1. - С. 96-104.
50. Егоркин, А.А. Методика обоснования требований к мониторингу при проектировании систем мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений [Текст] / А.А. Егоркин, Д.В. Ибадулаев, В.П. Космачев, И.В. Степанов // Мониторинг. Наука и безопасность. - 2012. - № 4. - С. 16-21.
51. Егоров, Ф.А. Автоматизированная система мониторинга инженерных конструкций. Практика применения [Текст] / Ф.А. Егоров, А.П. Неугодников, В.А. Быковский, Ю.А. Туляков, С.П. Шерстюк // Датчики и системы. - 2014. - № 11. - С. 71-78.
52. Жарницкий, В.Я. Вероятностный статистический подход к оценке эксплуатационной надежности низконапорных грунтовых плотин [Текст] / В.Я. Жарницкий и др. // Природообустройство. - 2014. - № 5. - С. 49-54.
53. Жарницкий, В.Я. Принципы мониторинга технического состояния низконапорных грунтовых плотин, попадающих в группу риска на основании экспертного заключения [Текст] / В.Я. Жарницкий, Е.В. Андреев // Природообустройство. - 2013. - № 1. - С. 38-42.
54. Жарницкий, В.Я. Проблемы мониторинга эксплуатационной надежности и безопасности грунтовых плотин [Текст] / В.Я. Жарницкий и др. // Известия высших учеб-

- ных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4. – С. 26-30.
55. Жарницкий, В.Я. Проблемы эксплуатационной надежности и безопасности грунтовых плотин [Текст] / В. Я. Жарницкий, Е. В. Андреев // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 1. – С. 42-47.
56. Зайцев, В.Б. О реконструкции Кубанских рисовых оросительных систем [Текст] / В.Б.Зайцев, В.Н. Танитовский, В.И. Шишкин // Гидротехника и мелиорация. – 1981. – № 9. – С. 35-34.
57. Зеленский, Г.Л. К вопросу о производстве миллиона тонн кубанского риса: история и перспективы [Электронный ресурс] / Г.Л. Зеленский // Научный журнал КубГАУ. - Краснодар: КубГАУ. - 2011. - №70(06). - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/06/pdf/29.pdf>
58. Зонн, И.С. Современный уровень и перспективы развития мелиорации земель в странах мира [Текст] / И.С. Зонн, П.П. Носенко // Гидротехника и мелиорация. – 1981. – №1. – С. 35-39.
59. Ибад-Заде, Ю.А. Транспортирование воды в открытых каналах [Текст] - М.: Стройиздат, – 1983. – 272 с.
60. Исмайллов, Г.Х. К вопросу создания ведомственной автоматизированной системы гидрологического мониторинга [Текст] / Г.Х. Исмайллов, Т.И. Беглякова // Природообустройство. – 2011. – № 3. – С. 43-46.
61. Кизюн, Ж.В. Оценка экономической эффективности способа выращивания риса с повторным использованием дренажно-сбросных вод [Электрон.] / Ж.В. Кизюн, В.О. Шишкин, Н.В. Островский // Научный журнал КубГАУ. – №03(097). – С. 776-786. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/53.pdf/>.
62. Кизяев, Б.М. Водное хозяйство: проблемы и пути их решения [Текст] / Б.М. Кизяев, С.Д. Исаева // Мелиорация и водное хозяйство. –2015. –№ 6. –С. 23-27.

63. Кизяев, Б.М. О техническом оснащении организаций отрасли для строительства, реконструкции и эксплуатации мелиоративных систем [Текст] / Б.М. Кизяев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. – № 2. – С. 5-6.
64. Кирейчева, Л. В. Развитие мелиорации в России: современное состояние и перспективы [Текст] / Л.В. Кирейчева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – № 2. – С. 18-22.
65. Кирейчева, Л.В. Мелиорация земель в России: планы и реальность [Текст] / Л.В. Кирейчева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 2-5.
66. Кирейчева, Л.В. Роль мелиорации земель в решении проблемы продовольственной безопасности России [Текст] / Л.В. Кирейчева, И.Ф. Юрченко // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 2. – С. 13-15.
67. Кириченко, К.С. Получение высоких урожаев риса на Кубани [Текст] / К.С. Кириченко, В.П. Доценко - Краснодар : Краев. гос. изд-во, 1951. - 44 с.
68. Коваленко, П.И. Водооборот на рисовых оросительных системах [Текст] / П.И. Коваленко, А.А. Сокирко // Гидротехника и мелиорация. – 1981. – № 9. – С 35-39.
69. Ковшарь, В.С. Подтопление и переувлажнение территории [Текст] / В.С.Ковшарь, А.А. Солодунов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. – 2019. – С. 416-419.
70. Коженко, Н.В. Теоретическая модель процесса снижения цены намечаемых мероприятий по водообеспеченности рисового чека [Текст] / Н.В. Коженко, Т.И. Сафронова, Г.В. Дегтярев // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 3. – С. 19-24.
71. Козлов, Д.В. Природообустройство / Д.В. Козлов [и др.] // учебник для студ-в высш. учеб. завед., обуч. по направлениям 280400 "Природообустройство", 280300 "Водные ресурсы и водопользование" / М., 2008. – Сер.

Учебники и учеб. пособия для студ. в высш. учеб. завед. – 552 с.

72. Колганов, А.В. Водохозяйственный комплекс Южного Федерального округа: современное состояние, проблемы управления [Текст] / А.В. Колганов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 5. – С. 2-4.
73. Кубанский рис: Опыт. Проблемы. Перспективы : [Сборник статей]. - Краснодар : Кн. изд-во, 1974. - 159 с.
74. Кузнецов, Е.В. Мелиорация - современное состояние и перспективы [Текст] / Е.В. Кузнецов, А.Д. Гумбаров, Ю.А. Свистунов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2002. – № 400. – С. 347.
75. Кузнецов, Е.В. Регулирование водного режима в чеках и каналах рисовых оросительных систем автономными водоподъемниками [Текст] / Е.В. Кузнецов, В.Т. Островский, Н.В. Островский. – Труды КубГАУ. – 2010. – № 364(392). – С. 18–24.
76. Кузнецов, Е.В. Способ создания оптимального водного режима в чеках и рационального использования воды для выращивания риса [Текст] / Е.В. Кузнецов, Н.В. Островский // Научные основы современных технологий сельскохозяйственной мелиорации: тезисы докладов. – Краснодар: КубГАУ – 1997. – С. 6.
77. Левада, Ю.А. 3D кадастр в России [Текст] / Ю.А. Левада, А.А. Солодунов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. – 2019. – С. 422-424.
78. Медунов, С. Большой рис Кубани [Текст] / С. Медунов, Н. Огурцов, Ю. Поляков и др. - Краснодар : Кн. изд-во, 1981. - 254 с.
79. Мирцхулава, Ц.Е. Надежность гидромелиоративных сооружений – М. : Колос, 1974. – 277 с.
80. Натальчук, М.Ф. Эксплуатация гидромелиоративных систем [Текст] / М.Ф. Натальчук, Х.А. Ахмедов, В.И. Ольгаренко. - М.: Колос, 1983. - 279 с.

81. Нех, Ю.И. Сравнение системы 2D кадастра и 3D кадастра в России [Текст] / Ю.И. Нех, А.А. Солодунов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. – 2019. – С. 428-430.
82. Новиков, А.А. Пути повышения эффективности рисовых оросительных систем юга России [Текст] / А.А. Новиков, Н.А. Сергеев, С.Н. Хмельниченко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2012. – № 1 (5). – С. 132-144.
83. Олейник, О.А. Мелиоративная обстановка на Манычской рисовой оросительной системе [Текст] / О.А. Олейник // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2011. – № 45. – С. 136-140.
84. Ольгаренко, В.И. Методология организации экологического мониторинга мелиоративных систем [Текст] / В.И. Ольгаренко, И.В. Ольгаренко, В.Иг. Ольгаренко // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). – 2015. – Т. 01. – С. 15-19.
85. Ольгаренко, В.И. Планирование и реализация ремонтно-эксплуатационных работ на оросительных системах [Текст] / В.И. Ольгаренко, И.В. Ольгаренко // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2010. – № 4. – С. 8-11.
86. Ольгаренко, В.И. Эксплуатация оросительных систем / В. И. Ольгаренко, И.А. Чуприн, Н.Ф. Чередниченко [и др.] – М. : Россельхозиздат, – 1976. – 175 с.
87. Ольгаренко, В.И., Комплексная оценка технического уровня гидромелиоративных систем [Текст] / В.И. Ольгаренко, Г.В. Ольгаренко, И.В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 6. – С. 8-11.
88. Основы систем автоматизированного проектирования в землеустройстве / А.Т. Гаврюхов, И.Н. Гурский, Г.Г. Турк, А.А. Солодунов // Краснодар, - 2018. - 89 с.
89. Островский, Н.В. Инновационные технические средства для экономии водных ресурсов при возделывании риса

- [Текст] / Н.В. Островский. – Природообустройство. – 2015. – №1. – С. 72-77.
90. Островский, Н.В. О практическом внедрении водосберегающих технологий на рисовых системах [Электрон.] / Н.В. Островский // Научный журнал РОСНИИПМ. – 2016. – №2(22). Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=406>.
91. Островский, Н.В. Технология повторного использования дренажно-сбросного стока на внутрихозяйственном звене рисовых систем [Текст] / Н.В. Островский, В.О. Шишкин. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – 3(47). – С. 225-233.
92. Поляков, Ю.Н. Рекомендации по высокоэффективному использованию рисовых систем на Кубани [Текст] / Ю.Н. Поляков и др. - Краснодар: Советская Кубань, 1982.-48 с.
93. Поляков, Ю.П. Оросительная мелиорация на Дону / Ю.П. Поляков, Т.И. Морозова, Г.А. Сенчуков [и др.] // под общ. ред. проф. Ю.П. Полякова, – Новочеркасск : – НГМА, 1998. – 77 с.
94. Попов, В.А. Агроклиматология и гидравлика рисовых экосистем. Монография. / В.А. Попов, Н.В. Островский. – Краснодар: КубГАУ, – 2013. – 189 с.
95. Попов, В.А. Водные и биоэкологические аспекты устойчивого производства одного миллиона тонн кубанского риса [Текст] / В.А. Попов, Н.В. Островский. – Труды КубГАУ. – 2011. – № 1(28). – С. 153-155.
96. Попов, В.А. Водные ресурсы низовья р. Кубань и основы их рационального использования [Текст] / В. А. Попов - Рисоводство. - 2002. - № 2. - С.24-28.
97. Попов, В.А. Методы предотвращения ирригационного (сезонного) засоления почв рисовых систем / В.А. Попов, Н.В. Островский. – Труды КубГАУ. – 2012. – № 5(38). – С. 166-169.

98. Попов, В.А. Совершенствование рисовых систем Кубани / В.А. Попов. - Краснодар, - 1988. - 190 с.
99. Романенко, Г.А. Концепция мелиорации сельскохозяйственных земель в России : под общ.ред. акад. РАСХН А. В. Гордеева и Г. А. Романенко. - М., - 2006. - 41 с.
100. Свистунов, Ю.А. Водопользование на рисовых гидромелиоративных системах Нижней Кубани [Текст] / Ю.А. Свистунов, А.Ю. Галкин, А.Ю. Свистунов, С.Н. Якуба - Краснодар.: КубГАУ, - 2014. - 295 с.
101. Свистунов, Ю.А. Водопользование на рисовых системах Кубани [Текст] / Ю.А. Свистунов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2015. - № 52. - С. 219-224.
102. Свистунов, Ю.А. Водопользование на рисовых системах Кубани [Текст] / Ю.А. Свистунов, А.Ю. Свистунов, А.Ю. Галкин // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию образования ВолГАУ. - 2014. - С. 199-206.
103. Свистунов, Ю.А. Изменение параметров каналов рисовых оросительных систем в процессе эксплуатации [Текст] / Ю.А. Свистунов, А.Ю.Свистунов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2012. - № 78. - С. 413-423.
104. Свистунов, Ю.А. Совершенствование водопользования на рисовых оросительных системах [Текст] / Ю.А. Свистунов, А.С. Шишкин // Научное обеспечение агропромышленного комплекса Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко. Отв. за вып. А. Г. Кощаев. - 2017. - С. 1196-1197.
105. Свистунов, Ю.А. Техника и технология автоматизации внутрихозяйственного звена рисовых систем: дисс. ... д-ра

- техн. наук: 06.01.02 / Свистунов Юрий Анатольевич КубГАУ. - Новочеркасск, 1998. - 409 с.
106. Свистунов, Ю.А. Технический уровень Петровско-Анастасиевской рисовой оросительной системы и эффективность водопользования [Текст] / Ю.А. Свистунов, А.С. Шишкин, А.Ю. Свистунов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 78. – С. 179-190.
107. Сербинов, А.В. Рекомендации по проектированию и эксплуатации рисовых оросительных систем с многократным использованием поливной воды / А.В.Сербинов, В.В.Лысенко, Д.П.Гостищев - Краснодар, 1981.- 23 с.
108. Система рисоводства Краснодарского края / под ред. Е.М. Харитонова. - 2-е изд., доп. - Краснодар: ВНИИ риса, 2011. - 316 с.
109. Солодунов, А.А. Вопросы безопасной эксплуатации внутрихозяйственной сети рисовых оросительных систем [Текст] / А.А. Солодунов, М.А. Бандурин // Научное обеспечение агропромышленного комплекса Сборник тезисов по материалам Всероссийской (национальной) конференции. Ответственный за выпуск А. Г. Коцаев. – 2019. – С. 492-493.
110. Солодунов, А.А. Вопросы безопасной эксплуатации внутрихозяйственной сети рисовых оросительных систем [Текст] / А.А. Солодунов, М.А. Бандурин // Научное обеспечение агропромышленного комплекса Сборник тезисов по материалам Всероссийской (национальной) конференции. Ответственный за выпуск А. Г. Коцаев. Краснодар, – 2019. – С. 492-493.
111. Солодунов, А.А. К вопросу организации мониторинга эксплуатационной надежности сооружений рисовых оросительных систем на юге России [Электрон.] / А.А. Солодунов, М.А. Бандурин, В.А. Волосухин // Инженерный вестник Дона, – 2019, – № 7, URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2019/6095.

112. Солодунов, А.А. Комплексная оценка технического уровня сооружений внутрихозяйственной сети рисовых оросительных систем [Текст] / А.А. Солодунов // В сборнике: Мелиорация и водное хозяйство Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Шумаковские чтения) с международным участием, посвященной 130-летию со дня рождения академика Б. А. Шумакова, в 2-х частях. Новочеркасск, 2019. С. 206-212.
113. Солодунов, А.А. Компьютерная технология оценки резерва дееспособности сооружений внутрихозяйственной сети рисовых оросительных систем [Текст] / А.А. Солодунов // Научные основы природообустройства России: проблемы, современное состояние, шаги в будущее. Материалы международной научно-практической конференций, посвященной 55-летию эколого-мелиоративного факультета. 8 ноября 2019 года г.Волгоград – ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2020 – С. 102-108.
114. Солодунов, А.А. О продовольственной безопасности России [Текст] / А.А.Солодунов // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 10 (99). – С. 77-81.
115. Солудунов, А.А. Математическое моделирование влияния дефектов сооружений рисовых систем на их эксплуатационную надежность [Текст] / А.А. Солодунов, М.А. Бандурин, В.А. Волосухин // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 12 (2) – С. 304-311.
116. Солодунов А.А. Возможности применения лазерного сканирования [Текст] / А.А. Солодунов, М.С. Лукьянова // Студенческие научные работы землеустроительного факультета Сборник статей по материалам Международной студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 118-123.
117. Солодунов А.А. Особенности применения методов лазерного сканирования [Текст] / А.А. Солодунов, Л.Д. Сарксян // Студенческие научные работы землеустроительного факультета Сборник статей по материалам Международной

- студенческой научно-практической конференции. – 2020. – С. 123-127.
118. Солодунов А.А. Мониторинг эксплуатационной надежности сооружений внутрихозяйственной сети рисовых оросительных систем [Текст] / А.А. Солодунов // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4 (11). – С. 126-131.
119. Степовой, А.И. Рациональное использование оросительной воды на рисовых мелиоративных системах Кубани [Текст] / А.И. Степовой, Ю.П. Поляков. - Краснодар: ППО Краснодарского крайисполкома, 1984. - 69 с.
120. Солодунов А.А. К вопросу о повышении эффективности рационального использования земель рисовых систем [Текст] / А.А. Солодунов // В сборнике: Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений. Сборник статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции. Отв. за выпуск Е.В. Яроцкая. – 2020. – С. 506-511.
121. Струсь, С.С. Структура системы управления земельными ресурсами с учетом эколого-экономических факторов [Текст] / С.С. Струсь, Д.С. Смоляков, А.А. Солодунов // Экономика и предпринимательство. – 2013. – № 4 (33). – С. 237-241.
122. Сухарев, Ю.И. Обоснование мелиоративных режимов агроландшафтов [Текст] / Ю.И. Сухарев // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – № 2. – С. 33.
123. Тулякова, З.Ф. Рис на Северном Кавказе [Текст] / З.Ф. Тулякова - Москва : Ростиздат, 1973. - 116 с.
124. Тулякова, З.Ф. Техника полива на рисовых полях [Текст] / З.Ф. Тулякова - Москва : Колос, 1964. - 76 с.
125. Федоров, В.М. Совершенствование сборных элементов водопроводящих сетей [Текст] / В. М. Федоров // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 4. – С. 47-48.

126. Харитонов, Е. М. Проблемы и перспективы развития рисоводства в Низовьях Кубани / Е.М. Харитонов, В.Е. Райнин, Ю.А. Лысенко - Мелиорация и водное хозяйство. - 2003. - №5.- С. 2-7.
127. Харитонов, Е.М. Новые сорта риса требуют применения новых технологий [Текст] / Е.М. Харитонов, Н.А. Очкас, В.А. Шелег, Н.Г. Туманьян // Труды Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина. – 2018. – № 72. – С. 355 – 360.
128. Холоденин, С.Г. Кадастровый учет объектов водного фонда [Текст] / С.Г. Холоденин, А.А. Солодунов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса Сборник статей по материалам XII Всероссийской конференции молодых ученых. Отв. за вып. А.Г. Кощаев. Краснодар, – 2019. – С. 452-453.
129. Чеботарев, М.И. Проблемы утилизации рисовой соломы [Текст] / М.И. Чеботарев, И.В. Масиенко // Сельский механизатор. - 2015. - № 2. - С. 18-19.
130. Чеботарев, М.И. Прогностическая оценка ожидаемой урожайности риса на Кубани в 2016-2020 гг. [Текст] / М.И. Чеботарев, В.А. Ладатко, Г.А. Галкин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2016. - № 120. - С. 1250-1265.
131. Шабанов, В.В. Ведение мониторинга водных объектов в современных условиях / В.В. Шабанов, В.Н. Маркин // ФГОУ ВПО, Рос. гос. аграр. ун-т - МСХА им. К. А. Тимирязева. – М. : Изд-во РГАУ-МСХА, – 2015. – 150 с.
132. Шкура, В.Н. Рекомендации по восстановлению элементов оросительных систем / В. Н. Шкура, Н. А. Иванова, В. М. Федоров [и др.] // ФГБОУ ВПО НГМА. – Новочеркасск, – 2011. – 128 с.
133. Шумаков, Б.А. Водопотребление риса и перспективы развития рисосеяния в Европейской части СССР [Текст] /

- Б.А. Шумаков // В кн. «Биологические основы орошаемого земледелия». – М.: Наука, 1967. – С. 111 – 115.
134. Шумаков, Б.А. Дмитрий Жлоба - строитель рисовых систем на Северном Кавказе [Текст] / Б.А. Шумаков // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 3. – С. 23-25.
135. Шумаков, Б.А. Мелиорация орошаемых земель [Текст] : (По американским данным) / Б.А. Шумаков; Н.К.З. Госуд. ин-т сел.-хоз. мелиораций. - [Москва] : ГИСХМ, 1929 ([Рязань] : Рязгостип.). - 74 с.
136. Шумаков, Б.А. Освоение плавней Кубани [Текст] / Б.А. Шумаков, Б.Б. Шумаков, Ю.Н. Поляков - Москва : Колос, 1976. - 143 с.
137. Шумаков, Б.А. Освоение плавней Кубани [Текст] / Б.А. Шумаков, Б.Б. Шумаков, Ю.П. Поляков // - М.: Колос, – 1976. – 143 с.
138. Шумаков, Б.А. Рисосеяние в СССР [Текст] / Б.А. Шумаков, З.Ф. Тулякова // Земледелие. – 1960. – № 4. – С. 8-29.
139. Шумакова, К.П. Возделывание риса при периодических поливах [Текст] / К.П. Шумакова - Ростов н/Д : Кн. изд-во, 1954. - 28 с.
140. Щедрин, В. Н. Направления и перспективы развития орошаемого земледелия в России [Текст] / В. Н. Щедрин, Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2014. – №2 (134). – С. 13-15.
141. Щедрин, В.Н. Эксплуатационная надежность оросительных систем [Текст] / В.Н. Щедрин, Ю.М. Косиченко, А.В. Колганов – Ростов-н/Д: СКНЦ ВШ; – Рос НИИ проблем мелиорации, 2004. – 388 с.
142. Юрченко, И.Ф. Водосберегающая технология планирования технической эксплуатации мелиоративных систем [Текст] / И.Ф. Юрченко // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2016. – №5. – С. 76-88.

143. Юрченко, И.Ф. Методология и компьютерная технология поддержки решений при оперативном управлении водораспределением на межхозяйственных оросительных системах [Текст] / И.Ф. Юрченко, В.В. Трунин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2012. – № 2. – С.6-10.
144. Юрченко, И.Ф. Методология создания информационной технологии оперативного управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах [Текст] / И.Ф. Юрченко, В.В. Трунин // Природообустройство. – 2013. – № 4. – С. 10-14.
145. Юрченко, И.Ф. Нормативно-правовая база обеспечения безопасности гидротехнических сооружений [Текст] / И.Ф. Юрченко, А.К. Носов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2015. – № 4 (20). – С. 262-277.
146. Юрченко, И.Ф. О критериях и методах контроля безопасности гидротехнических сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса [Текст] / И.Ф. Юрченко, А.К. Носов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. - Вып. 53. - С. 158-165.
147. Юрченко, И.Ф. Планово-предупредительные мероприятия повышения надежности мелиоративных объектов [Текст] / И.Ф. Юрченко // Природообустройство. – 2017. – №1. – С. 73-77.
148. Якуба, С.Н. Параметры оптимизации рисовых оросительных систем для обеспечения энергетической безопасности водохозяйственного комплекса Нижней Кубани [Текст] / С.Н. Якуба // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2007. – № 34. – С. 109-113.
149. Якуба, С.Н. Приоритетные направления развития мелиорации на Кубани [Текст] / С.Н. Якуба, Н.Н. Малышева, С.А. Владимиров // Рисоводство. – 2019. – № 1 (42). – С. 58-66.

Монография

Бандурин Михаил Александрович
Солодунов Александр Александрович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОНИТОРИНГА
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ
СООРУЖЕНИЙ РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМ**

Монография

В авторской редакции
Макет обложки – Т. В. Иванкова

Подписано в печать 20.09.2021. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.
Усл. печ. л. – 11,4. Уч.-изд. л. – 11,0.
Тираж 100 экз. Заказ №204

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13