

На правах рукописи

Сенников Михаил Николаевич

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ И ИНЖЕНЕРНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

06.01.02 – мелиорация, рекультивация
и охрана земель

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Санкт-Петербург – 2004

Работа выполнена на кафедре «Инженерные мелиорации, гидрология и охрана окружающей среды» ГОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (СПбГПУ) и на кафедре «Мелиорация и рекультивация земель» Таразского государственного университета им. М.Х. Дулати (ТарГУ).

Научный консультант:

доктор технических наук, профессор Арефьев Николай Викторович.

Официальные оппоненты:

член-корреспондент РАСХН, доктор технических наук,

профессор Штыков Валерий Иванович,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор Якушев Виктор Петрович,

доктор технических наук, профессор Заслоновский Валерий Николаевич.

Ведущая организация: Унитарное государственное предприятие – научный центр «Северо-западный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (ГНЦ «СевНИИГиМ»).

Защита диссертации состоится «___»_____ 2004 г. в ___ часов на заседании диссертационного совета Д212.229.17 при ГОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет по адресу: 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д.29, пристройка гидрокорпуса, ауд. 411.

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке ГОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет.

Автореферат разослан «___»_____ 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Орлов В.Т.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В различных природно-климатических зонах отмечены острые негативные последствия орошения – снижение плодородия почв, усиление водной и ветровой эрозии, загрязнение водоемов и рек, изменение гидрогеологической и гидрологической обстановки на сопредельных территориях. За период проведения реформ в аграрном секторе резко ухудшилось техническое состояние практически всех водохозяйственных объектов, включая водозаборные плотины, магистральные и распределительные каналы, гидротехнические сооружения и дренажные системы. Они потеряли свою проектную и эксплуатационную надежность. КПД оросительных систем (ОС) в два раза ниже нормативного показателя из-за высокой степени износа ирригационных сооружений. По данным проведенных исследований и оценкам Среднеазиатского научно-исследовательского института ирригации (САНИИРИ) и Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства (КазНИИВХ) уже более 70 % ОС рассматриваемого региона нуждаются в реконструкции. Проведение работ по своевременной реконструкции существующих ОС позволит повысить их экономическую эффективность в ближайшие годы в 2,5-3 раза, а в отдаленной перспективе в 3-5 раз.

В настоящее время эти вопросы приобретают особый характер, так как в сельскохозяйственном производстве произошли значительные изменения в количественном и качественном составе водопотребителей, в структуре и взаимоотношениях между хозяйствующими субъектами и в организации ремонтно-эксплуатационных работ.

Одной из основных задач, стоящих перед орошаемым земледелием, является обеспечение повышения продуктивности орошаемых земель, что может быть достигнуто за счет частичной или полной реконструкции оросительных систем. Работы по техническому совершенствованию ОС ведутся низкими темпами, в очень небольших объемах, и без достаточного научного и технико-экономического обоснования.

В данной работе рассматривается методологическое и инженерное обеспечение эффективной эксплуатации ОС с целью получения максимальной отдачи орошаемого гектара путем интенсификации технологических процессов, создания и освоения на практике принципиально новых технологий и оптимальных комплектов машин, что весьма актуально.

Диссертационные исследования были связаны с реализацией НТП Минмелиоводхоза СССР 3.02 «Разработать комплекс мелиоративных мероприятий, обеспечивающих эффективное использование водных, земельных и энергетических ресурсов при дефиците воды в районах Средней Азии и Казахстана» и 052.01 «Создать и внедрить высокопроизводительные мелиоративные системы и технологические процессы их строительства, повысить эффективность использования мелиорированных земель и водных

ресурсов в мелиорации» раздела 21.08.Т., Государственной программы по обеспечению стратегического развития «Казахстан-2030», Государственной программы РФ «Плодородие» и планами НИР Джамбулского гидромелиоративно-строительного института (ДГМСИ) преобразованного в 1998 году в Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати.

Целью работы является методологическое и инженерное обеспечение решения проблемы поддержания проектных показателей работы оросительных систем в процессе длительной эксплуатации, выявление резервов существующих оросительных систем и изучение эффективности вовлечения этих резервов в действие. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **основные задачи**:

- ◆ разработать классификатор уровня технического состояния ОС и установить обобщенную структуру показателей, определяющих эффективность их эксплуатации;
- ◆ на основе анализа существующих способов и методов поддержания в рабочем состоянии оросительных систем определить и обосновать эффективность способов и мероприятий, позволяющих обеспечивать их проектные показатели работы;
- ◆ методологически обосновать совершенствование организации и технологии планировочных работ на орошаемых территориях;
- ◆ разработать методику планирования состава работ по поддержанию в надежном состоянии каналов оросительных систем и аналитической оценки конечных результатов;
- ◆ предложить метод оценки экономической эффективности мероприятий по поддержанию оросительных систем в рабочем состоянии;
- ◆ провести практическое внедрение результатов работы на действующих оросительных системах.

Методы исследований. Решение поставленных задач осуществлялось на основе теоретических разработок и экспериментальных исследований на объектах оросительных систем. В предложенных методах использован аппарат системного анализа, теории планирования эксперимента и теории исследования операций.

Научная новизна и личный вклад автора заключается в научном обобщении теоретических и экспериментальных исследований в области инженерной мелиорации, геоэкологии и математического моделирования. Предложенный автором подход к обоснованию эффективности длительной проектной эксплуатации оросительных систем позволил ставить и решать новые задачи, решение которых представляло значительные трудности, а в некоторых случаях было просто не возможно. Среди конкретных результатов следует выделить следующее:

- ◆ сформулирована структура показателей и характеристик оросительных систем определяющих эффективность их работы в процессе эксплуатации;
- ◆ разработан и внедрен классификатор уровня технического состояния оросительных систем для принятия решений о необходимости проведения ремонтно-восстановительных работ;
- ◆ разработана методика оценки эффективности проведения мероприятий по поддержанию оросительных систем в рабочем состоянии;
- ◆ определен оптимальный состав парка машин и механизмов для ремонтно-эксплуатационных работ в специализированных организациях «Водхоз» и отработана методика их подбора;
- ◆ предложены и методически обоснованы оптимальные мероприятия, позволяющие обеспечить проектные показатели работы оросительных систем в процессе их длительной эксплуатации;
- ◆ предложены методы рациональной организации и технологии проведения планировочных работ на оросительных системах обеспечивающие эффективность их функционирования;
- ◆ разработаны критерии оценки экономической эффективности мероприятий по обеспечению проектных показателей работы оросительных систем.

На защиту выносятся следующие результаты многолетних исследований:

- ◆ разработанная с позиции системного подхода методология выбора состава и видов мероприятий по обеспечению заданных показателей работы ОС;
- ◆ показатели и характеристики, определяющие эффективность функционирования ОС;
- ◆ методы рациональной организации и технологии проведения планировочных работ на ОС;
- ◆ методы анализа и оценки результатов проведения мероприятий по поддержанию ОС в рабочем состоянии;
- ◆ критерии оценки экономической эффективности мероприятий по поддержанию ОС в рабочем состоянии.

Достоверность и обоснованность научных результатов и основных выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается: использованием в разработках и исследованиях проверенных методов различных дисциплин; непротиворечивостью полученных результатов существующим научным представлениям и гипотезам; проверкой адекватности полученных экспериментально математических моделей по критериям Стьюдента, Фишера и др.; опытной производственной проверкой предложенных методов и способов эффективной эксплуатации элементов оросительной системы.

Практическая ценность. Развитый в диссертационной работе подход позволяет на практике осуществить необходимые обследования и провести оптимальные мероприятия по поддержанию эффективного функционирования оросительных систем в процессе их длительной эксплуатации. Методические разработки (указания, пособия) и рекомендации автора использованы и внедрены в период с 1985 по 2004 годы на ряде оросительных систем Казахстана и показали их эффективность: Лебяжинская и Павлодарская ОС в Павлодарской области, Правобережный Таласский и Тасуткельский массивы орошения в Жамбылской области, Кызылкумский массив орошения в Южно-Казахстанской области, Левобережный и Правобережный массивы орошения в Кызылординской области. Ряд методических положений сформулированных в виде практических рекомендаций и технической документации переданы в более 30 организаций Комитета по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства РК (МСХ РК).

Результаты научных исследований были внедрены в учебный процесс при подготовке специалистов на факультете «Гидромелиорация» ДГМСИ, «Природообустройства и строительства» ТарГУ и на «Инженерно-строительном» факультете СПбГПУ.

Использование разработок автора в практике управления природопользованием позволяет повысить обоснованность принимаемых решений по эффективной эксплуатации ОС с учетом состояния окружающей среды.

Апробация работы. Основные результаты исследований, на разных этапах обсуждались и докладывались на науч.-техн. конференциях ТИИИМСХ, «Вопросы реконструкции и технического совершенствования оросительных систем» и «Совершенствование технологии реконструкции оросительных систем (Ташкент 1986, 1991 г.г.), на науч. конференции "Всесоюзного научно-исследовательского института стандартизации» при Госстандарте СССР (М., 1991 г.), на семинарах Межд. науч.-техн. программы «Развитие водосберегающих технологий орошения» (ДГМСИ и Центра технологии орошения Калифорнийского государственного университета) США г. Фресно, 1992 г., и Казахстан г. Джамбул, 1993 г. На науч. семинарах Межд. совместного проекта «О эффективности использования научного потенциала» (ЖГМСИ и Синдзян-Уйгурского сельскохозяйственного института) КНР, г. Урумчи, 1993-1994 г.г., на Международной науч.-техн. конференции «Водные ресурсы: экологические аспекты их использования и охрана» (г. Жамбыл, 1996 г.), на науч.-техн. конференции «Актуальные проблемы в экологии и природопользовании». (г. Кызылорда, 1996 г.), на Межд. науч. конференции по проблеме экологии АПК и охраны окружающей среды (г. Алматы, 1998 г.), на Межд. науч.-практ. конференции посвященной 10-летию МКВК (Межгосударственной Координационной Водохозяйственной комиссии) «Водные ресурсы центральной Азии, «WATER-2002», (г.

Алматы, 2002 г.), на Межд. науч. конференции «Наука и образование ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030» (г. Караганда, 2002 г.), на Межд. науч.-практ. конференции «Современные проблемы гидроэкологии внутриконтинентальных бессточных бассейнов Центральной Азии» (г. Алматы, 2003 г.), на II Межд. науч.-практ. конференции «Актуальные проблемы экологии» (г. Караганда, 2003г.), на Республиканской науч.-практ. конференции «Программа – Развитие аула» и научное обеспечение агропромышленного сектора экономики РК (г. Тараз, 2003 г.), на Межд. науч.-практ. конференции «Экономические и правовые факторы развития регионов» (г. Тараз, 2003 г.), на Межд. науч.-практ. конференции «Экологические проблемы агропромышленного комплекса (Алматы, 2004 г.), на 7-й Межд. конференции «Акватера» (г. СПб, 2004 г.), на тех. советах проектно-строительных и эксплуатационных объединениях (ПСЭО) «Семскмелиорация» (г. Семипалатинск, 1988-1989 гг.), «Павлодармелиорация» (г. Павлодар, 1989-1994 гг.) и «Жамбылмелиорация» (г. Жамбыл 1988, 1995, 1997 гг.), Республиканских государственных предприятиях (РПП) «Кызылордаводхоз» (1995-2003 гг.), «Жамбылводхоз» (1998-2003 гг.) и «Югводхоз» (1999-2002 гг.).

В период с 1985-1998 гг. на науч.-практ. конференциях и науч.-техн. советах ДГМСИ, а с 1999-2004 гг. на науч. семинарах и конференциях ТарГУ и «Инженерно-строительном» факультете СПбГПУ.

Публикации. Основные научные результаты диссертации опубликованы в период с 1985-2004 гг. в 51 научных трудах, в т.ч. в 1 учебнике (в соавторстве), монографии, учебном пособии, 3 рекомендациях и 4 методических указаниях и пособиях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка использованных источников из 294 наименований, приложений. Работа изложена на 345 страницах, содержит 57 рисунков и 48 таблиц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе диссертации дан анализ использования водно-земельных ресурсов и современного состояния оросительных систем, проведен обзор существующих методов и способов поддержания проектных показателей их работы в эксплуатационный период. Определены цели исследований и приведена постановка задачи. Данная оценка эффективности орошаемого земледелия приведена на примере Республики Казахстан с учетом общности выводов для аналогичных зон России и других стран СНГ.

В 1991 году в сельскохозяйственном производстве Казахстана использовалось 2284 тыс. га орошаемых земель, а в 2002 г. фактически орошалось уже только 1317,8 тыс. га, остальные не использовались по причинам выведения из оборота засоленных земель,

неисправности оросительной сети (до 45 %), отсутствия или нехватки воды (до 15 %), ухудшения почвенно-мелиоративных условий (до 23 %), организационных мероприятий и прежде всего отсутствия финансовых и материально-технических ресурсов (до 18 %). Произошли также значительные структурные сдвиги в размещении сельскохозяйственных культур. Так, посевы кормовых культур к 2002 г. сократились более чем в 3 раза, овощебахчевых и картофеля – более чем в 2,5 раза, технических – более чем на треть. Урожайность почти всех сельскохозяйственных культур снизилась более чем в 2,5-3 раза.

Усредненные показатели исследований (подтвержденные данными приведенными по программе TACIS подпроекте WUFMAS) свидетельствуют о том, что уже более 60 % воды, подаваемой хозяйствам, не достигают орошаемых полей. Эти потери носят как организационный, так и эксплуатационный характер, и в первую очередь обусловлены недостатками практики управления и распоряжения водой. Основная сумма потерь складывается во внутривозделываемой оросительной сети и на поле (более 32-40 % общей водоподачи, в т.ч. в среднем более 20 % на поле). Большая часть сверхнормативных потерь вызвана нерациональными элементами техники полива на землях с большими уклонами, и современным техническим уровнем ОС. Почти повсеместно уже более 10 лет не приводится капитальная планировка полей, разность отметок неровностей составляют $\pm 25-30$ см и более против нормативных $\pm 3-10$ см). Одной из причин ухудшения показателей эффективности орошаемого земледелия является некорректное планирование инвестиций в эту отрасль. Инвестиции направлялись преимущественно на новое водохозяйственное строительство и ввод новых орошаемых земель.

Многолетние исследования автора, а также сравнительный анализ показал, что экономически выгоднее значительную часть инвестиций, направленных на мелиоративные мероприятия, ориентировать в первую очередь на улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель и реконструкцию оросительных систем.

В настоящее время наблюдается значительное снижение эффективности орошаемого земледелия: не используется почти миллион гектаров орошаемых земель; допускается нерациональное использование водных ресурсов; приостановлены работы по реконструкции ОС, неуклонно снижается их технический уровень и ухудшается мелиоративное состояние орошаемых земель.

Оросительные системы, имея в своем распоряжении соответствующие технические устройства, выполняют сложные многообразные функции, являются производственным звеном обслуживающего характера, самостоятельно участвующим в получении конечной сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях. В частности, их основными функциями являются:

- ◆ забор воды из источника и доставка ее до орошаемой территории, распределение воды между водопользователями в соответствии с режимом (планом, договором) водопользования;
- ◆ отвод сбросных и грунтовых вод за пределы системы и контроль за мелиоративным состоянием орошаемых земель;
- ◆ ремонт и поддержание в рабочем состоянии, то есть обеспечение нормальной эксплуатации всех звеньев системы;
- ◆ реконструкция, развитие оросительных систем, улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель;
- ◆ контроль за правильным использованием воды потребителями (пользователями) и при необходимости оказание последним, прежде всего технического содействия.

Для правильного понимания задач и особенно функций, выполняемых оросительными системами как производственными предприятиями обслуживающего типа, отметим ряд основных показателей их составных элементов. Составными частями оросительных систем, вытекающими из системного рассмотрения всего комплекса факторов на орошаемой территории, должны считаться природная обстановка, технические элементы и производственная деятельность. В состав основных технических элементов оросительных систем входят: каналы, гидротехнические сооружения, поливные устройства, орошаемые участки и другие элементы, обеспечивающие нормальное функционирование основных элементов оросительной сети.

Крупный вклад в разработку конструкций и методик расчетов элементов оросительных систем от определения потребности растений в воде на полях и установления величины водозабора из источника орошения, внесли С.Ф. Аверьянов, С.Т. Алтунин, Я.В. Бочкарев, Г.В. Воропаев, Ю.С. Васильев, А.И. Голованов, А.Н. Костяков, С.М. Кривовяз, Н.Г. Кавешников, Б.М. Кизяев, Н.Т. Лактаев, Ц.Е. Мирцхулава, Е.С. Марков, Б.С. Маслов, М.Ф. Натальчук, И.С. Румянцев, В.А. Сурин, Г.В. Соболин, М.П. Федоров, Б.Б. Шумаков и др.

Оросительные системы входят в состав более крупных мелиоративных природно-технических комплексов и в тоже время являются элементами природно-аграрных систем. Именно для улучшения состояния земель и повышения плодородия почв строятся все сооружения на оросительных системах. В сравнении с другими средствами производства земля обладает такими важнейшими особенностями, как физическая незаменимость, ограниченность по площади и свойство плодородия. На этом свойстве и основана интенсификация сельскохозяйственного производства.

Орошаемые земли, являясь основным определяющим объектом производственной деятельности на оросительных системах, диктующим состав и содержание других элементов,

в то же время и сами могут подвергаться реконструкции в виде планировки орошаемых земель, мероприятий по борьбе с засолением и заболачиванием орошаемой территории.

Вопросам совершенствования эксплуатации природно-техногенных комплексов посвящены работы: Глебова П.Д., Зарубаева Н.В., Дементьева В.Г., Анохина В.Н., Айдарова И.П., Арефьева Н.В., Болгова М.В., Бараева Ф.А., Вагапова Р.И., Добрынина С.Н., Духовного В.А., Жумабекова А.А., Заслоновского В.Н., Косова В.И., Карлиханова Т.К., Мухаметжанова В.Н., Мустафаева Ж.С., Михалева М.А., Осипова Г.К., Полетаева Ю.Б., Ратковича Д.Я, Рау А.Г., Турсунова А.А., Штыкова В.И., Якушева В.П. и др.

Все элементы технической части оросительных систем, как правило, строго взаимосвязаны друг с другом и сельскохозяйственными технологическими процессами. Каналы и гидротехнические сооружения должны пропускать расчетные расходы (Q_p), поливная техника обеспечивать требуемый режим орошения сельскохозяйственных культур, а другие элементы – нормальное функционирование всей оросительной системы (нормативные коэффициенты полезного действия (КПД), земельного использования (КЗИ), использования воды (КИВ) и др.). Следует также отметить, что одна часть их находится в ведении непосредственно водохозяйственных органов (межхозяйственная), а другая – сельскохозяйственных предприятий (внутрихозяйственная).

В отличие от технического понимания сущности оросительных систем как совокупности инженерных устройств включение в их состав элемента, названного производством (производственным процессом или производственной деятельностью), дает качественно новое содержание понятию оросительных систем, позволяет рассматривать их как самостоятельную хозяйственную единицу, функционирующую в определенных формах собственности и методах хозяйствования.

Проведена классификация ОС, дана их функциональная схема и обобщенная структура, определены основные элементы и показатели. Выявлены основные факторы влияющие на эффективность функционирования ОС. К ним прежде всего относятся: потери воды в результате просачивания или фильтрации воды через дно и откосы каналов; снижение пропускной способности вплоть до полного его заиления и зарастания, а также заноса их русел продуктами ветровой эрозии и дефляции почв; нарушение планировки орошаемых участков, что снижает коэффициент земельного использования и урожайность сельскохозяйственных культур.

Под состоянием ОС подразумевается уровень ее качества. Оценка состояния ОС необходима для выявления более полного использования всех заложенных в нее и предусмотренных нормативно-технической документацией (НТД) полезных свойств, а также для сбора необходимой эксплуатационной информации.

В результате проведенных исследований получена обобщенная оценка уровня состояния оросительной системы. Обычно при оценке функционирования объекта используют понятие надежности, характеризующее его способность обеспечить выполнение проектных показателей. Однако, в процессе эксплуатации ОС их показатели в силу отмеченных выше факторов отклоняются от нормативных, но тем не менее система считается функционирующей. Поэтому в данном случае необходимо было разработать систему оценок, характеризующих эксплуатационное состояние, как отдельных элементов, так и ОС в целом, и позволяющих принимать решение о текущем ремонте отдельных сооружений, частичной или полной реконструкции системы.

Предложена методика оценки уровня технического состояния (уровня качества) ОС включающая этапы: формирование иерархической структуры составляющих свойств качества оцениваемой ОС; выбор номенклатуры показателей качества; выбор методов определения показателей качества и расчет единичных определяющих показателей; приведение единичных показателей к общей бальной шкале оценки; определение весовости показателей; вычисление комплексных показателей отдельных элементов и их групп; расчет обобщенного показателя качества ОС; анализ вычисленных показателей и принятие решения. Анализ показателей качества должен выполняться на всех уровнях иерархической структуры качества оросительной системы.

Оценка технического качества ОС начинается с выбора для каждого из ее элементов единичных определяющих показателей качества технического состояния: расход оросительной воды, КПД, гектаро-поливов за расчетный период, удельная водоподача на поля, удельная водоподача в голову оцениваемой ОС за расчетный период, удельный сброс оросительной воды за расчетный период, износ элемента, затраты на техническое обслуживание и ремонт и др. Для каждого единичного определяющего показателя качества применяются соответствующие базовые значения из НТД, а также устанавливается предел допустимого отклонения фактического показателя от базового (предельного состояния). Фактические значения показателей определяются натурными измерениями и расчетами с использованием существующей эксплуатационной информации. Реализация приведенной методики позволила выявить основные признаки состояния типовых ОС и уровни качества их отдельных элементов. На основе данного исследования был получен обобщенный классификатор (в виде таблицы) для определения качественного технического уровня состояния ОС.

Для анализа данных о состоянии обследованных оросительных систем бассейнов рекомендуется использовать автоматизированную информационно-аналитическую систему. Технический уровень надежности всех элементов ОС будет во многом зависеть от того, на

какой стадии эксплуатации находится система. Поэтому при принятии решения об оценке вероятности снижения уровня надежности ее элементов (даже до стадии разрушения) на конкретной ОС обязательно необходимо учитывать этот факт. Для более эффективной оценки состояния и повышения достоверности этих оценок необходимо иметь всю возможную информацию о рассматриваемой оросительной системе (проектные показатели, их отклонения на основе актов обследований, наблюдений и пр., прогнозные ситуации). На основании этого можно выбрать в автоматизированном режиме критические ситуации по отдельным элементам и оросительной системе в целом и наметить очередность реконструктивных мероприятий. В заключении сформулированы основные направления по техническому совершенствованию оросительных систем на рассматриваемых орошаемых массивах.

Вторая глава посвящена разработкам и обоснованиям инженерных решений по снижению фильтрационных потерь воды из оросительных каналов.

Вопросам исследования эффекта от противofильтрационных мероприятий на оросительных каналах посвящены работы многих ученых (Аверьянов С.Ф., Басс В.Н., Ведерников В.В., Гиршкан С.А., Костяков А.Н., Павловский Н.Н., Попов К.В., Пославский В.В. и др.), подчеркнем лишь, что противofильтрационные мероприятия в общем случае могут оказать влияние на: повышение водообеспеченности (собственно-противofильтрационный эффект); водно-солевой баланс массива и территории (мелиоративный эффект); защиту русла от размыва и сокращение потерь земельных ресурсов (противоэрозионный эффект); объемы и затраты по очистке сети и другие элементы. Размеры этих эффектов в разных условиях различны и определяются, с одной стороны, комплексом природных условий, с другой – техническими особенностями самих мероприятий.

Наблюдениями установлено, что трапецеидальная форма поперечного сечения в силу своей неустойчивости обуславливает деформацию откосов таких русел, заиливание угловых пространств. При этом наиболее близко отражает характер движения воды в потоке параболическая форма. При заданных величинах площади поперечного сечения w , коэффициента шероховатости n и уклона i каналы параболического сечения имеют большую пропускную способность. Для относительной ширины канала по зеркалу воды $B=6\text{м}$, длина смоченного периметра у параболических форм поперечного сечения на 17,2 % меньше, чем при трапецеидальной. Можно выделить следующие преимущества: при одинаковой площади живого сечения потока и одинаковых уклонах они имеют большую пропускную способность; параболическая форма сечения более устойчива к деформации (размыв, заиливание); уменьшается объем облицовочных работ на 5,6-20 %; сокращаются объем

земляных работ при разработке каналов (на 2,3-8,2 %); уменьшается как смоченный периметр, так и ширина русла по верху, что снижает потери воды, как на фильтрацию, так и на испарение; облегчается очистка каналов от наносов, т.к. придать каналу обтекаемую первоначальную форму легче, нежели угловатую; за счет обеспечения большей равномерности движения потока увеличивается межочистный период; снижаются колебания уровня воды в канале, обеспечивается надежность подачи воды; уменьшается полоса отчуждения земель на 1,1-2,9 %, что повышает КЗИ примерно на 0,6 %; уменьшается объем очистных работ в среднем на 20 %; снижаются затраты на поддержание оросителей в рабочем состоянии. Как видно, преимущества параболических каналов над трапецидальными неоспоримы, поэтому им уделено в работе большое внимание.

Для защиты каналов от повреждений и предотвращения чрезмерных потерь воды в руслах в большинстве случаев устраивают различные облицовки. Облицовка должна обладать достаточной прочностью, устойчивостью и долговечностью, допускать большую скорость воды в канале, чем обуславливается уменьшение поперечного сечения канала и снижение в связи с этим объема земляных работ. На основании приведенного анализа современных защитных покрытий оросительных каналов, обеспечивающих снижение фильтрационных потерь воды, рекомендована облицовка из полимербитумных вяжущих (ПБВ). Нами доказано, что перспективным направлением в настоящее время является использование асфальтополимербетонных (АПБ) покрытий облицовок. Исследования проводились на базе строительной лаборатории Джамбулского комбината дорожно-строительных материалов и практически внедрены на полигоне ПСЭО «Павлодармелиорация». Работа происходила в два этапа: 1 – подбор состава ПБВ с наилучшими составляющими, при этом в качестве полимера использовалась пластифицирующая добавка ЩСПК с целью определения возможности ее использования для производства АПБ; 2 – подбор и исследование АПБ с использованием полученного ПБВ. Определение вязкости ПБВ в зависимости от процента содержания в нем полимера, в качестве которого использовалась ЩСПК, проводилось при помощи метромера на тридцати образцах (десять различных вариантов по три образца каждый).

Зависимости изменения вязкости ПБВ и влияние содержания полимера на температуру размягчения образцов приведены на графиках (рис.1 и 2). Температура размягчения определялась при помощи прибора «КиШ» на тех же тридцати образцах.

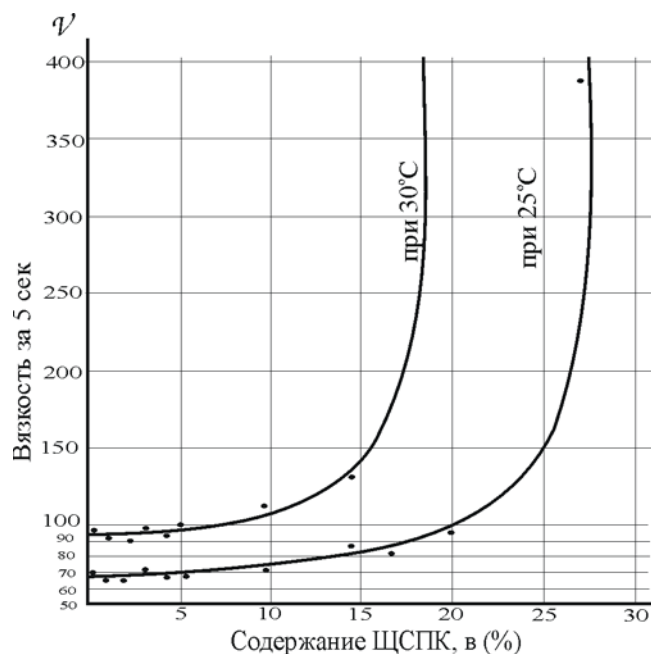


Рис. 1. Зависимость изменения вязкости ПБВ от содержания полимера

Возможные ориентировочные составы материалов для приготовления АПБ смеси содержат следующие материалы: щебень фракции 5-15 мм (30 %) по массе; песок фракции 0-5 мм (50 %) по массе; минеральный порошок – 20 % по массе; ПБВ сверх 100 % минеральной части – 8-10 %. АПБ смесь на основе песчаной минеральной части: высевка или песок фракции 0-5 мм (80-90 %); минеральный порошок 10-20 %; ПБВ сверх 100 % минеральной части – 10-12 %. За оптимальный, при этом должен быть принят состав с минимальной остаточной пористостью.

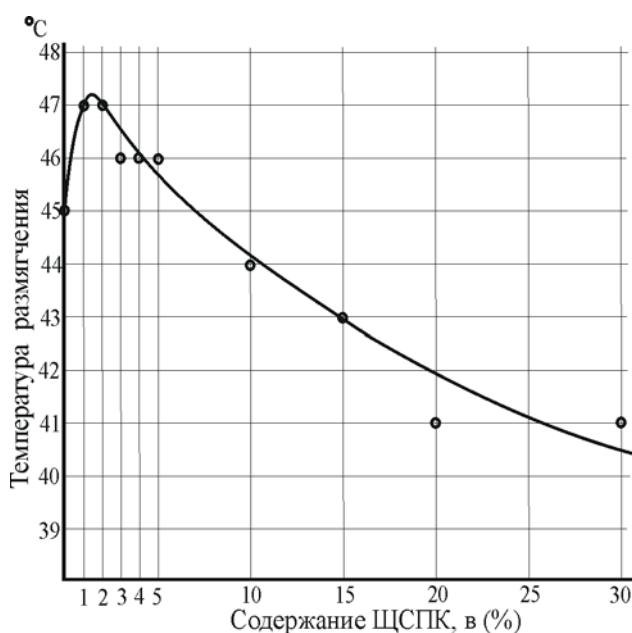


Рис. 2. Влияние содержания полимера на температуру размягчения образцов

На основании полученных зависимостей создана математическая модель выбора оптимального состава компонентов с учетом природно-климатических условий и экономических факторов. Математическая модель вязкости АПБ построена с использованием методов теории планирования экспериментов, в которой принято: V – вязкость; Z_1 – количество полимера (% по весу); Z_2 – температура перемешивания (°C); Z_3 – продолжительность перемешивания (мин). Исходя из выше полученных характеристик можно ограничиться построением линейной зависимости

$$V = a_0 + a_1 Z_1 + a_2 Z_2 + a_3 Z_3 + a_{12} Z_1 Z_2 + a_{13} Z_1 Z_3 + a_{23} Z_2 Z_3 \quad (1)$$

С использованием полного факторного эксперимента, $N = n^k$

где N – число опытов; n – число уровней; k – число факторов.

При переходе к безразмерным величинам, принимаем:

$$X_i = \frac{Z_i - Z_i^0}{\Delta Z_i}; \quad (2)$$

Зная число опытов и пользуясь безразмерными величинами составляем матрицу эксперимента. При этом должны соблюдаться свойства ортогональности:

$$1) \sum_{i=1}^N X_{iu} \cdot X_{ij} = 0, \quad u \neq j, \quad u = j = \overline{ok}.$$

$$2) \sum_{i=1}^N X_{ij} = 0, \quad j = \overline{ok}. \quad 3) \sum_{i=1}^N X_{ij}^2 = N.$$

Обозначим X – матрица факторов, A – вектор значений коэффициентов a_0, a_1, \dots, a_n . Тогда:

$$AX = Y, \quad (3)$$

$$A = (X^T X)^{-1} X^T Y, \quad (4)$$

Согласно свойств ортогональности с учетом (4) находим X и A . Перемножая построчно, определяем параметры a_0, a_1, a_2, \dots

$$a_0 = \frac{\sum Y_i \cdot X_{0i}}{N}; \quad a_1 = \frac{\sum Y_i \cdot X_{1i}}{N}; \quad \dots \quad \text{Тогда:}$$

$$\hat{Y} = 44,25 \cdot 0,75x_1 - 1,25x_2 - 0,125x_3 - 0,25x_1x_2 + 0,375x_1x_3 - 0,125x_2x_3 - 0,125x_1x_2x_3 \quad (5)$$

Оценка значимости параметров по критерию Стьюдента $t = \frac{|a_j|}{S_{aj}}$;

где S_{aj} – среднеквадратичное отклонение; $S_{\text{воспр}}$ – степень свободы воспроизводства

$$S_{aj} = \frac{S_{\text{воспр}}}{\sqrt{N}}; \quad (6)$$

$$S_{воспр}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{u=1}^m (Y_{iu} - \bar{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (m_i - 1)}; \quad (7)$$

где m_i – число проведенных экспериментов; Y_{iu} – результат эксперимента;

При этом параметры, a_3 , a_{23} , a_{123} отпадают, так как они меньше соответствующего параметра Стьюдента. Окончательное уравнение примет вид:

$$\hat{Y} = 44,25 \cdot 0,75X_1 - 1,25X_2 - 0,125X_1X_2 + 0,375X_1X_3, \quad (8)$$

Проверка условия адекватности полученной модели по критерию Фишера, показывает ее адекватность.

Далее приведена методика обеспечения устойчивости откосов канала при использовании ДМ "Кубань". Форма поперечного сечения оросителя под ДМ «Кубань» описывается параболой $y=1,2x^2$. Степень устойчивости откоса канала оценивается коэффициентом запаса устойчивости (K_3), путем расчета минимального значения K_3 и сравнить его с допустимой величиной $(K_3)_{доп}$. При этом соблюдается условие $(K_3)_{min} \geq (K_3)_{доп}$.

На основе опыта исследований конструкции каналов с защитными облицовками на Лебяжинской и Павлодарской оросительных системах, разработана рациональная технология и организация строительства облицованных каналов под ДМ «Кубань» (рис.3).

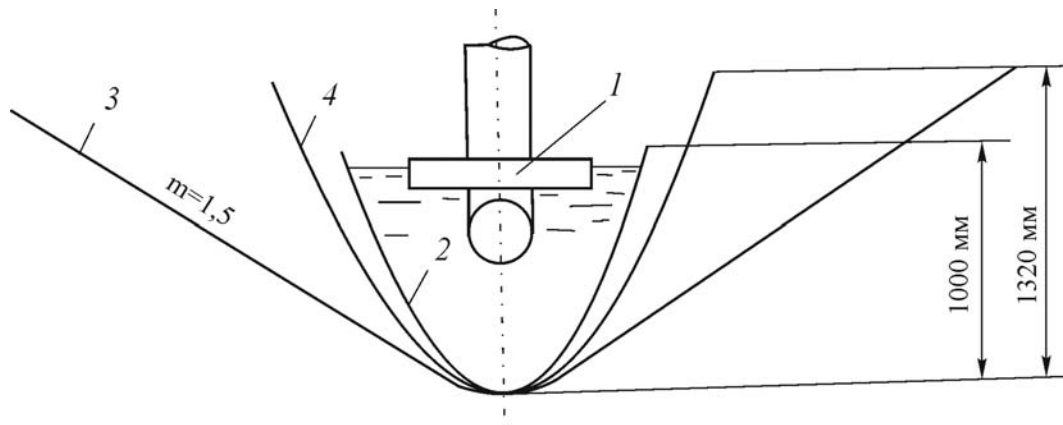


Рис.3. **Формы поперечного сечения открытых оросителей под ДМ «Кубань»**

1 – поплавок с водоприемным фильтром; поперечные профили 2 – железобетонного раструбного лотка ЛР-10, 3 – трапецеидального сечения; 4 – рекомендуемая форма и размеры канала параболического поперечного сечения.

Данная технология определяет основные конструктивные и технологические особенности применения в России и Казахстане эффективных противофильтрационных одежд и рациональных технологий, которые могут быть применены как к открытым участковым оросителям под ДМ «Кубань», так и к хозяйственным и межхозяйственным оросителям, на которых требуется устройство защитных покрытий или реконструкция действующих каналов на грунтах с большими коэффициентами фильтрации, а также для строительства сборных АПБ облицовок на новых и реконструируемых каналах на расходы до $10 \text{ м}^3/\text{с}$. Применение данного типа одежд подобрано с учетом всех факторов, определяющих технико-экономическую целесообразность осуществления мероприятий по защите русла открытых водоемов от деформации и по снижению потерь воды на фильтрацию.

Предложена, исследована и внедрена новая технология создания облицовки, в основе которой лежит приготовление гибких асфальтополимербетонных матов и облицовка ими каналов с параболической формой поперечного сечения, являющейся в данном случае оптимальной.

При этом учтен опыт строительно-эксплуатационных работ и научных изысканий «Главкубаньрисстроя», ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, ВНИИГ им. В.Е. Веденеева, Союзгипроводхоза, Союзоргтехводстроя и ряда других организаций.

В третьей главе предложены подходы к выбору и обоснованию мероприятий по поддержанию проектных показателей работы оросительной системы, при этом главное внимание уделено вопросам поддержания пропускной способности каналов, играющих ключевую роль в эффективной эксплуатации систем. В качестве информационной базы для выбора и обоснования мероприятий предложена система мониторинга природно-технического комплекса, образованного в районе эксплуатации оросительной системы (рис.4). Выбор и обоснование реконструктивных мероприятий проводится не только с учетом состояния ниже перечисленных объектов ОС, но и с учетом состояния природной подсистемы (например, при засолении прилегающих территорий, нарушении почвенно-мелиоративных условий и т.д.).

В диссертации приводится методология оптимизации состава и объема выполняемых работ по поддержанию оросительных систем в рабочем состоянии и установления очередности реконструктивных мероприятий. При этом основные принципы экономико-математического моделирования оросительной системы, начиная с постановки задачи и кончая ее результативным решением (реализацией), более подробно рассматриваются на примере принятия оптимальных вариантов инженерных решений по реконструкции действующих оросительных систем.

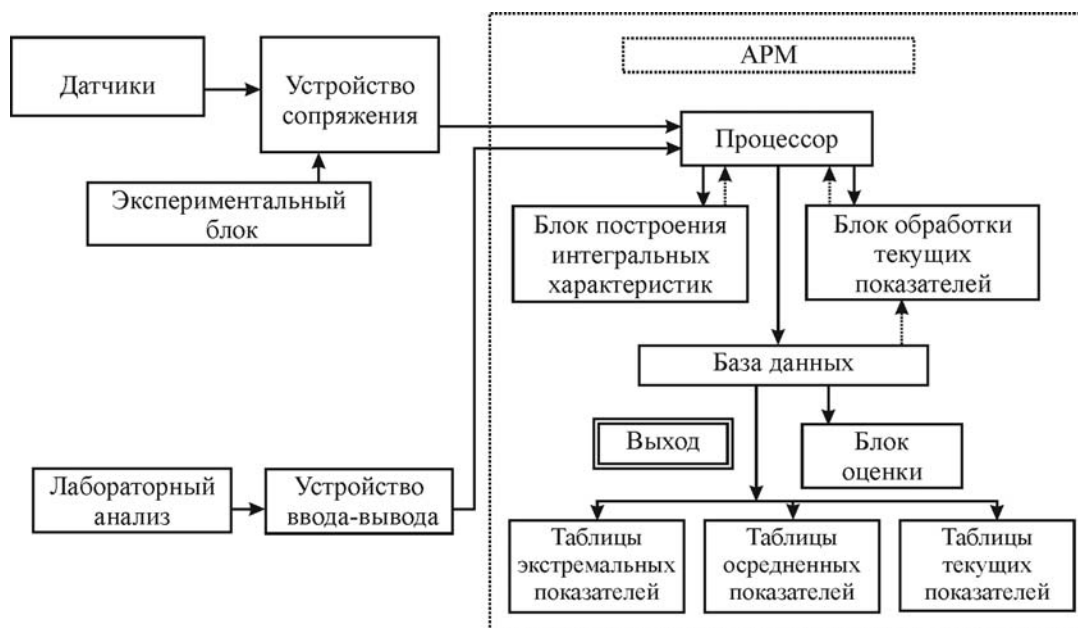


Рис.3. Блок-схема сбора и обработки информации в системе локального мониторинга ОС

Современный подход к проблемам проектирования мелиоративных объектов связан с неперенным условием детального технико-экономического обоснования проектных решений. Характер проектирования предполагает наличие множества вариантов, технически пригодных для решения заданной производственной программы. Однако в каждом из них по разному учитываются и используются производственные ресурсы.

Для решения подобных задач за последнее время Алексеевым Н.А., Акулич И.Л., Марчук Г.И., Мухамеджановым В.Н., Пряжинской В.Г. и др. предложены методы математического программирования в области водохозяйственного проектирования, регулировании речного стока и ирригации. Полученные результаты исследований говорят о значительных возможностях указанных методов как по экономико-математическому моделированию довольно сложных объектов (в том числе и вероятностных схем), так и по автоматическому поиску оптимальных вариантов с помощью ЭВМ. В работе рассмотрена постановка задачи и основные принципы экономико-математического моделирования оросительной системы. Эта система представляет собой производственный объект, функционирование которого определяется наличием производительных сил, уровнем организационной деятельности и степенью профессиональных навыков коллектива. Производительные силы оросительной системы представлены земельными и водными ресурсами, производственными фондами и трудовыми ресурсами. Некоторые производительные силы (земельные и трудовые ресурсы, производственные фонды) имеют вполне определенные размеры в любой отрезок времени, легко могут быть измерены и

учтены, а, следовательно, использованы в перспективном и текущем планировании. Водные же ресурсы, осадки и температура подвержены случайным изменениям, размеры их пока не могут прогнозироваться детерминировано на любой момент времени.

В таких условиях результаты производственной деятельности оросительной системы изменяются из года в год, причем изменения эти случайны. Оросительная система должна обеспечить производство определенной сельскохозяйственной продукции $B=(B_1, B_2, \dots, B_V, B_\phi)$. Одновременно с точки зрения интересов хозяйств должно обеспечиваться ежегодное получение максимально возможных размеров прибыли $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$. Для составления ежегодного плана необходимо принять, как расчетную величину, определенные значения размеров водных ресурсов $W_1, W_2, \dots, W_\phi, \dots, W_n$, обеспеченность которых в многолетнем ряду будет P . В течение вегетационного периода хозяйственные планы будут различны $(\Pi_1^{(P\phi)}, \Pi_2^{(P\phi)}, \dots, \Pi_\phi^{(P\phi)}, \dots, \Pi_n^{(P\phi)})$.

Если характер изменения водности источников за многолетний период известен (известна вероятность появления расходов и стоков воды), то можно за многолетний период определить некоторую величину возможной прибыли как математическое ожидание величины $\Pi_n^{(P\phi)}$.

$$\Pi^{(P\phi)} = \sum_{\phi=1}^n \Pi_\phi^{(P\phi)} \Pi_\phi, \quad (9)$$

Установив максимальное значение $(P^0) = \max(P_\phi)$, где (P^0) – соответствует условию $(P^0) = \max(P_\phi)$, мы найдем то единственное расчетное значение размера водных ресурсов $W^{(P^0)}$, планируя использование которых ежегодно в течение всего многолетнего периода получим наивысшую отдачу от оросительной системы. В таком случае P^0 будет выступать в качестве расчетной обеспеченности водных ресурсов.

Полученное значение $\bar{\Pi}^{(P^0)}$ величины $\bar{\Pi}^{(P\phi)}$ можно рассматривать как обобщенную экономическую среднелетнюю характеристику данной оросительной системы при существующих заданиях производства сельскохозяйственной продукции. Тогда можно сделать вывод, что величина расчетной обеспеченности является функцией объема производства сельскохозяйственной продукции, это пока не находит отражения в существующих методиках по выбору ее размеров. Задачи увеличения производства сельскохозяйственной продукции, снижения ее себестоимости и повышения эффективности производства успешно решаются при осуществлении определенных инвестиций. Современное состояние данной оросительной системы характеризуется величиной $\Pi^{(P^0)}$ являющейся функцией (Ω, W, T, Φ) , где Ω – земельные, W – водные, T – трудовые, Φ – производственные фонды. Осуществление инвестиций K прежде всего изменяет величину

производственных фондов $\Phi = \Phi + K_t$, (t – номер варианта инвестиций), улучшает качественные показатели земельных ресурсов, изменяет характер забора воды из источника и подачи ее на поля, повышает фондо- и энерговооруженность труда, изменяет численность и структуру работников, т.е. формируется новое состояние оросительной системы, характеризующееся производительными силами (Ω, W, T, Φ) , качественно и количественно отличными от исходного состояния. Для такого нового состояния оросительной системы можно установить свою величину среднемноголетнего максимального эффекта

$$\Pi^{(P_t^0)}(K_t) = \max \Pi^{(P_\phi)}(K_t), \quad (10)$$

Инвестиции по любой оросительной системе могут быть направлены на осуществление, как отдельных мероприятий, так и различных их сочетаний, причем размер инвестиций будет зависеть от состава и объема проектируемых мероприятий. В свою очередь и эффективность осуществляемых изменений будет зависеть от намеченных мероприятий, то есть $\mathcal{E} = \mathcal{E}(K_t)$. Поэтому очевидно, что для выбора наиболее эффективного варианта инвестиций (состава мероприятий и их объемов) необходимо, чтобы

$$\mathcal{E}(K_t) = \frac{\Delta \bar{\Pi}(K_t)}{K_t} \rightarrow \max. \quad (11)$$

Путем решения уравнения (11) определяется единственно возможный состав мероприятий, их объем и размер необходимых инвестиций K_t , осуществление которого на данной оросительной системе, обеспечивает наивысший показатель эффективности вкладываемых дополнительно средств.

Рассмотренная выше обобщенная постановка технико-экономической задачи адаптирована к различным мероприятиям по реконструкции оросительных систем. Среди этих мероприятий больше внимания было уделено вопросам обеспечения пропускной способности каналов. Начальные исследования были проведены автором в рамках кандидатской диссертации, а затем продолжены и обобщены в процессе данной работы. В частности подробно рассмотрены вопросы формирования гидравлически и статически устойчивой формы поперечного сечения каналов.

Как уже отмечалось, наиболее эффективной проектной формой поперечного сечения каналов, проложенных в несвязных и полусвязных грунтах, является криволинейная, очерченная параболой третьей-четвертой степеней. Создание такой формы поперечного сечения обеспечивается совместной работой (в единой системе) папильонажных и рамоподъемной лебедек с прибором положения земснаряда в прорези, глубиномером и вакуумметром. Исследование процессов разработки грунта при формировании поперечных сечений русел каналов предлагаемым способом проводилось на основании теории

планировании экспериментов. Проведен цикл исследований по изучению динамических, и кинематических характеристик взвесенесущих потоков охватывающий широкий диапазон изменения средних скоростей гидротранспортирования, объемных консистенций пульпы, крупности твердых частиц и их плотности. О состоянии потока, его транспортирующей способности возможно судить по уровню рассеяния механической энергии в потоке. По закону сохранения энергии при диссипации кинетическая энергия потока переходит в другие виды. Следовательно, всякий напорный поток пульпы благодаря существованию вихрей, возникающих по самым разнообразным причинам, выполняет роль широкополосного генератора акустической энергии. Поэтому на основе установленных амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) полей акустической энергии, выделяемой потоком пульпы, можно судить о состоянии потока, его транспортирующей способности в режиме напорного гидротранспорта грунта.

Изучение режимов гидротранспорта на основе изменения АЧХ, выделяемой потоком, проводилось в лабораторных условиях на стенде "имитатор взвесенесущих потоков" при различных скоростях движения твердых частиц в потоке $V=1,0-2,5$ м/с, их весовой консистенции $C=0-32\%$ и фракционного состава грунта $d=0,3-80,0$ мм. Исследования, приведенные по трехфакторному плану позволили установить зависимость АЧХ потока пульпы от его основных параметров C, d, V .

Математическая модель процесса гидротранспорта наносных отложений имеет следующий вид

$$\begin{aligned}
 Y = & 1,3675 - 0,016875X_1 - 0,055X_2 - 0,02375X_3 - 0,03X_1X_2 - \\
 & - 0,02375X_1X_3 - 0,01125X_2X_3 - 0,0075X_1X_2X_3
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

где Y – значение суммарной АЧХ; X_1 – нормированное значение консистенции пульпы; X_2 – нормированное значение диаметра; X_3 – скорость движения твердых частиц.

Из полученной математической модели (12) следует, что основным фактором, влияющим на АЧХ выделяемой потоком через частицы энергии является скорость и средний диаметр наносных отложений. Несколько меньше влияние консистенции пульпы. Причем, увеличение весовой консистенции, фракционного состава наносных отложений и скорости твердых частиц приводит к уменьшению выхода (коэффициент уравнения регрессии при X_1, X_2, X_3 , с отрицательным знаком). На нулевом уровне ($C=10\%$, $d=2,5$ мм, $V=1,725$ м/с) выход составляет 1,3675 единиц. На основании этой модели установлены и обобщены функциональные зависимости суммарной АЧХ от конкретных зон и условий работы (рис.5).

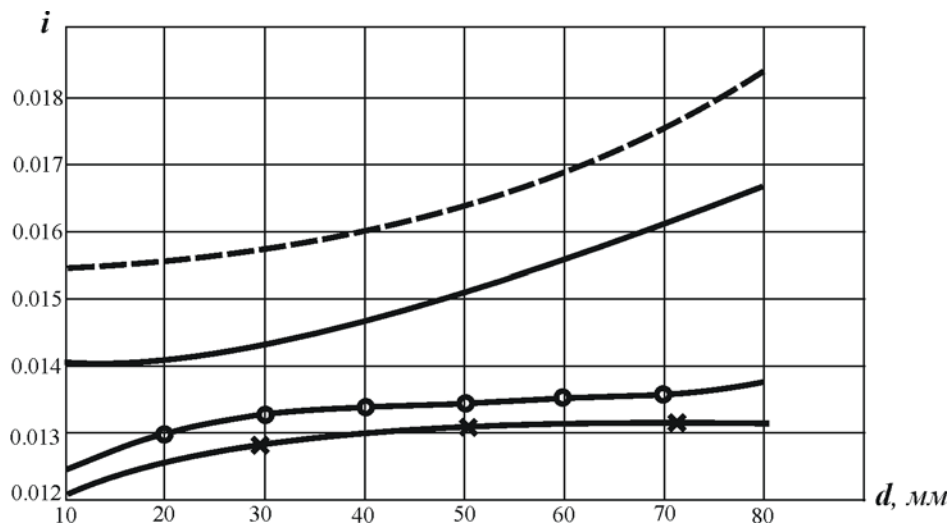


Рис.5. Функциональные зависимости суммарной АЧХ от среднего диаметра

наносных отложений

--- $C = 15\%; V = 2,15 \text{ м/с}$ —○— $C = 5\%; V = 2,15 \text{ м/с}$
 — $C = 15\%; V = 1,3 \text{ м/с}$ —×— $C = 5\%; V = 1,3 \text{ м/с}$

Исследования, проведенные по трехфакторному плану возводили установить взаимосвязь суммарной АЧХ от основных параметров потока в виде неполного полинома второго порядка после исключения малозначимых членов:

$$i = 70,24 - 7,77C - 4,01d - 1,86V - 1,12Cd - 0,35CV, \quad (13)$$

Проведенные исследования и теоретические разработки позволяют сделать следующие выводы: для крупнозернистых грунтов наиболее существенным фактором, влияющим на АЧХ, является весовая консистенция частиц в потоке и их средний диаметр (несколько меньше влияния скорости); благодаря динамическому взаимодействию частиц, транспортирующихся потоком с ограничивающими поверхностями, возможно изучение состояния потока, его транспортирующей способности, характеристик потока (V , C) по уровню диссипации механической энергии потока; исследования АЧХ потока можно производить с помощью низкочастотной контрольно-измерительной аппаратуры.

Наиболее существенными факторами (в порядке их значения), влияющими на АЧХ, выделяемой потоком через частицы механической энергии являются V , d и C .

Снижение технологическо-эксплуатационных показателей ОС обуславливает актуальность оптимизации применяемых технических средств. Обобщенная оптимизационная задача по выбору комплексов ставится в следующем виде. Заданы время t_p выполнения (последовательное) и объем Q_p каждого вида работ. Требуется определить число машин различных типов $X_{m,p}$, необходимое для выполнения каждого вида работы при минимальной стоимости строительства или реконструкции в единицу времени

$$I = \sum_{p=1}^N \sum_{m=1}^M K_{m,p} \cdot C'_{m,p} \cdot X_{m,p} \rightarrow \min, \quad (14)$$

если, $(0 \leq X_{m,p} \leq \bar{X}_m)$ и $(m = 1, \bar{M}; p = 1, \bar{N})$

тогда

$$t_p \sum_{m=1}^M \tau_{m,p} \pi_{m,p} X_{m,p} = Q_p, \quad (15)$$

где $K_{m,p}$ – коэффициент использования машин типа m на работе p ; Q_p – объем работы; $C'_{m,p}$ – себестоимость единицы работы; \bar{X}_m – общее число машин; $X_{m,p}$ – число машин типа m ; $\pi_{m,p}$ – средняя эксплуатационная производительность (в час); $\tau_{m,p}$ – трудоемкость; M – число типов машин; N – число видов работ.

Применительно к технологическому процессу переустройства каналов с противофильтрационной облицовкой целевая функция запишется в виде:

$$C_{прив} = \frac{1}{T} (\sum C_p + \sum C_M) \rightarrow \min, \quad (16)$$

где $C_{прив}$ – суммарная приведенная стоимость 1 пог. км.; C_p – суммарная стоимость основной и вспомогательной операции, отнесенная к 1 км. канала; C_M – стоимость затрачиваемых материалов; T – срок службы канала (год).

В качестве целевой функции в другом случае принимаются удельные приведенные затраты на единицу продукции (1 га):

$$F_{M,j} = Z_{M,j} \rightarrow \min, \quad (17)$$

где $Z_{M,j}$ – удельные приведенные затраты на единицу площади для M -ного количества типоразмеров каналов j -того варианта решения. Тогда:

$$Z_{M,j} = \sum_{i=1}^R X_{i,M,j} \frac{C_{i,M,j} \cdot T_{i,M,j} \cdot E \cdot K_{i,M,j}}{S_j}; \quad (18)$$

где $X_{i,M,j}$ – количество машин i -го типа для M -ного количества типоразмеров каналов при j -том варианте решения; S_j – площадь строительного участка.

При формировании математической модели использовалась методика моделирования целевой функции, предложенная ВНИИГиМом, решение которой позволяет определить оптимальную технологию и организацию работ по реконструкции облицованных каналов (в частности под ДМ "Кубань"). В данном случае в расчеты составляющих целевой функции введен ряд упрощений. Вместо семи исходных величин требуется только три.

Предлагаемый подход учитывает возможность сравнения технологических процессов не только различных машин и последовательности операций, но и строительного материала, применяемого при этом. Таким образом, данная модель, несмотря на сравнительную простоту, является достаточно универсальной.

В четвертой главе рассмотрены методологические положения совершенствования организации и технологии планировочных работ на орошаемых территориях. Относительно изученности вопросов проектирования и обоснования различных технологий планировки следует отметить научные труды Ахметжанова М.А., Багрова М.М., Батракова Ю.Г., Беляева В.П., Ефремова А.Н., Зайцева В.Б., Камальдинова А.К., Каюмова И.А. и др. Планировка орошаемых участков – одно из важнейших условий обеспечения равномерности увлажнения, одновременности созревания сельхозкультур, снижения оросительных норм и улучшения мелиоративного состояния земель. На выровненных полях достигается максимальная выработка применяемых почвообрабатывающих машин и механизмов, а также дождевальных агрегатов. На основе исследований и сравнительного изучения способов капитальной планировки в рассматриваемых зонах, автором определен экономически эффективный вариант кулисной планировки методом чередующихся полос предусматривающий максимальное сохранение естественного плодородия пахотного горизонта. Уточнены и рекомендованы допустимые максимальные величины срезов в зависимости от типов почв и мощности почвенного слоя. В результате повышается производительная способность орошаемых территорий в период эксплуатации. Дополнительные затраты, связанные с применяемым способом планировки, окупаются в течение 1-2 лет. Урожайность сельхозкультур на спланированных участках увеличивается на 12-30 %, обеспечивается экономия оросительной воды и улучшается использование земель. При планировке земель под орошение по бороздам и полосам коэффициент земельного использования повышается на 6-9 % в зависимости от существующего до планировки характера рельефа, применяемой поливной техники и т.д.

При планировочных работах на части площади срезается верхний наиболее плодородный слой почвы. При потребных объемах планировки 300-500 м³/га, урожайность хлопчатника теряется от 15-25 %, а при объемах 750-1000 м³/га до 35-45 %. С увеличением глубины срезов почвы урожай всех культур резко падает. На сероземных почвах при глубине срезов в 20 см урожай составляет 35-60 % по сравнению с контрольным участком, а при глубине срезов в 30 см – 20-40 %. На насыпях до 20 см за счет концентрации гумусового горизонта урожай повышается до 120 %. Применение так называемой легкой планировки без какого-либо научного обоснования приводит к вскрытию бесструктурного горизонта почвы, площади которых ежегодно растут.

При проектировании планировки поливного участка под полив по бороздам (полосам) на всей его площади должна быть обеспечена однозначность уклонов, как в направлении полива, так и перпендикулярно к нему. Диапазон допустимых колебаний местных уклонов проектной поверхности поливного участка в направлении полива определяется в интервале $i_{\min} \leq i_{\text{ср}} \leq i_{\max}$. Уклоны проектной плоскости, как правило, принимаются равными или, по возможности, близкими к средним уклонам естественной поверхности поливного участка или его части. Нарушение дифференцированных рекомендаций приводит к возникновению ирригационной эрозии (на некоторых исследуемых массивах этот показатель смыва почвы достигал 4-5 т/га, что на много больше нормативного. Приведенные в работе результаты исследований подтверждают, что длина борозды для одной и той же почвы может возрастать с уменьшением уклона, достигая максимума при его величине 0,003-0,002, а затем убывать.

Для подсчета объемов планировочных работ и определения баланса земляных масс при проектировании по топографическим планам разработана блок-схема и алгоритм расчета. В основу методики проектирования положен принцип подбора проектной поверхности по вычерчиваемым продольным профилям местности с преимущественным балансированием перемещенных объемов грунта по полосам, ограниченных этими профилями. При планировке под культуры, поливаемые по бороздам и полосам, основной рельеф в большинстве случаев не затрагивается. При этом обычно выравнивают микрорельеф и придают поливной площади однородный уклон. При планировке под горизонтальную плоскость для риса изменение основного рельефа неизбежно. Объем планировки в этом случае зависит как от основного рельефа, так и от микрорельефа.

Приведена методика и алгоритм проектирования планировки рисовых полей. По существующей классификации степень сложности микрорельефа определяется извилистостью горизонталей, уклонами топографической поверхности, колебаниями отметок точек от средней плоскости типового участка и другими факторами. Характеристику сложности микрорельефа рекомендуется устанавливать аналитическим методом:

$$Q = \sqrt{\frac{\sum h^2}{n-3}}; \quad (19)$$

причем

$$\sum h^2 = \sum H - \frac{(\sum H^2)}{n} - \frac{(\sum xH)^2}{\sum x^2} - \frac{(\sum yH)^2}{\sum y^2}; \quad (20)$$

где H – отметки точек поверхности земли с координатами x и y ; n – число вершин квадратов.

Значения величин $\sum x^2$ и $\sum y^2$ вычисляют по формулам:

$$\sum x^2 = N \frac{t(t+1)(2t+1)}{3}; \quad (21)$$

$$\sum y^2 = T \frac{g(g+1)(2g+1)}{3}; \quad (22)$$

где t – последний порядковый номер абсциссы x от линии с абсциссой, равной нулю; N – число точек с одинаковыми абсциссами; g – последний порядковый номер ординаты y от линии с ординатой, равной нулю; T – число точек с одинаковыми ординатами.

Величины $\sum xH$ и $\sum yH$ получают следующим образом:

$$\begin{aligned} \sum xH &= 1(\sum H_{+1} - \sum H_{-1}) + 2(\sum H_{+2} - \sum H_{-2}) + \dots + t(\sum H_{+t} - \sum H_{-t}), \\ \sum yH &= 1(\sum H^0_{+1} - \sum H^0_{-1}) + 2(\sum H^0_{+2} - \sum H^0_{-2}) + \dots + g(\sum H^0_{+g} - \sum H^0_{-g}), \end{aligned}$$

где $\sum H_{+i}$ – суммы отметок точек с одинаковыми абсциссами $\pm x_i$ ($i = \pm 1, 2, 3 \dots t$); $\sum H_{+i}$ – суммы отметок точек с одинаковыми ординатами $\pm j$ ($j = \pm 1, 2, 3 \dots g$).

Средний уклон местности I в направлении полива характеризуется величиной $I = \frac{3\sum xH}{\sum x^2 10^2}$, причем значение величины I берут по абсолютному значению. Для первоначальных (проектных оценок) автором разработаны упрощенный алгоритм и бланк-номограмма для оценки сложности микрорельефа.

В работе приведены сравнительные характеристики систем автоматизированного проектирования планировки орошаемых участков, и перспективы их развития с использованием ГИС-технологий, и каким образом можно в среде ГИС проанализировать решения по планировке территории, используя различные варианты представления информации. Геоинформационные системы можно рассматривать как организованный набор программных и аппаратных средств, позволяющих вводить, хранить, визуализировать, анализировать, обрабатывать (моделировать) и представлять в удобном для пользователя виде пространственно-распределенную (географически привязанную) информацию об изучаемой территории, динамического построения тематических карт, что позволяет эффективно контролировать исходные и промежуточные данные. Для того чтобы на тематических картах отобразить изучаемые объекты, в традиционной картографии разработано множество способов картографирования и все они могут использоваться в ГИС. Пространственно-распределенная информация хранится в ГИС в виде атрибутивно-графических данных. ГИС охватывают все пространственные уровни, интегрируя всевозможную информацию об объектах и процессах, которая поступает из самых различных источников (карты, аэрокосмические данные и т.д.).

В состав ГИС могут быть включены различные модели с помощью которых на основе пространственно-распределенной информации могут анализироваться различные инженерные мероприятия по планировке территории и выбору рациональных решений.

Далее в работе рассмотрены основные принципы подбора технологических комплексов машин и механизмов для проведения планировки орошаемых участков. Под комплексом машин принимается совокупность согласованно работающих и взаимно увязанных по производительности и другим параметрам основных и вспомогательных машин, необходимых для выполнения технологически связанных рабочих процессов и операций. Между интенсивностью потока I_n и производительностью подобранным комплектом машин существует зависимость:

$$I_n \leq P_{э.о.} \text{ и } I_n \leq P_{э.в.}, \quad (23)$$

где $P_{э.о.}$, $P_{э.в.}$ – соответственно эксплуатационная производительность основной машины и комплекса машин (m^3 , m^2), $P_{э.о.} > P_{э.в.}$.

Выбор комплектов машин для комплексной механизации строительных работ осуществляется в два этапа. На первом этапе в зависимости от объемов и условий производства работ, а также принятой технологии или технической структуры специализированного потока определяются требуемые эксплуатационные параметры ведущих машин, их типы и марки, а также перечень технологически необходимых вспомогательных машин, их типы и параметры. На втором этапе производится выбор наиболее рационального варианта механизации основанного на сравнительной технико-экономической оценки.

Автором приведена блок-схема и алгоритм технико-экономических расчетов для обоснования выбора комплексов машин. Основным экономическим критерием для выбора варианта механизации (комплекса машин) являются приведенные затраты (Z_n)

$$Z_n = C_{м.о.} + 0,12 \sum_i^n C_{pi} T_i^{год}, \quad (24)$$

где 0,12 – нормативный коэффициент эффективности; C_{pi} – расчетная стоимость i -й машины комплекта; $C_{м.о.}$ – себестоимость единицы продукции по рассматриваемым вариантам комплекта машин; $T_i^{год}$ – число часов работы данной машины на объекте в долях от годового.

Значительное внимание в работе уделено задаче оптимальной организации планировочных работ. В процессе разработки проекта планировки приходится решать задачу по определению объема и направлению перемещения срезаемого грунта. Для определения объема перемещаемого грунта автором разработаны и реализованы различные по точности варианты цифровых моделей местности. Более сложной задачей является определение

оптимальной схемы перемещения грунта, в конечном итоге от этого зависит стоимость производства работ. В работе предложен подход позволяющий получить эффективное решение с помощью методов линейного программирования на основе постановки так называемой комбинаторно-распределительной задачи. Обозначим через X_{ij} объем перемещения грунта из выемки i в насыпь j ($i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$).

Тогда целевая функция задачи может быть записана в виде

$$f = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} z_{ij} \rightarrow \min, \quad (25)$$

Ограничения задачи, вытекающие из ее постановки, можно представить в виде следующих уравнений

$$B_1 + B_2 + B_3 + \dots + B_m = H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n \quad (26)$$

Из которых следует, что: весь объем грунта в контурах срезки – B_i распределяется в соответствии с потребностью его в контуры насыпи – H_j ; объемы перемещения грунта не могут быть отрицательными $X_{ij} \geq 0$. Отсюда

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = B_i \quad (i=1, 2, \dots, m); \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} = H_j, \quad (j=1, 2, \dots, n). \quad (27)$$

В работе предложен алгоритм расчета целевой функции и решение оптимизационной задачи. Приведены оптимальные комплекты машин для капитальной планировки орошаемых земель зон рисосеяния, хлопкосеяния и свеклосеяния, схемы производства работ при рекомендуемой кулисной планировки методом чередующихся полос, технико-экономические показатели оптимальной организации планировочных работ.

Предложена методика организации оптимальной планировки и контроля за ее качеством с использованием лазерных систем мелиоративного назначения производства России, США, Германии, Италии и др. Высокоточная планировка орошаемых земель успешно осуществляется с применением лазерных средств, позволяющих автоматизировать процессы: геодезической съемки, проектирования планировки орошаемых участков, управления землеройными и мелиоративными машинами, контроля качества спланированных участков.

Практикуемый в настоящее время порядок производства и приемки планировки рисовых полей нельзя считать совершенным. Поверхность чека в результате планировки должна становится горизонтальной плоскостью, если не считать случайных отклонений в пределах ± 5 см. На участке где срезан грунт, т.е. снят пахотный горизонт и обнажена почва происходит выравнивание чека рекомендуемым методом. После вспашки чека не нарушенный грунт на месте срезки разрыхлится, и поверхность чека в этой части повысится

на величину Δh_c . Для улучшения качества планировки, как в странах СНГ, так и за рубежом применяют различные лазерные системы автоматического контроля процесса планировки. Схема планировки полос с использованием лазерных систем контроля приведена на рис.6.

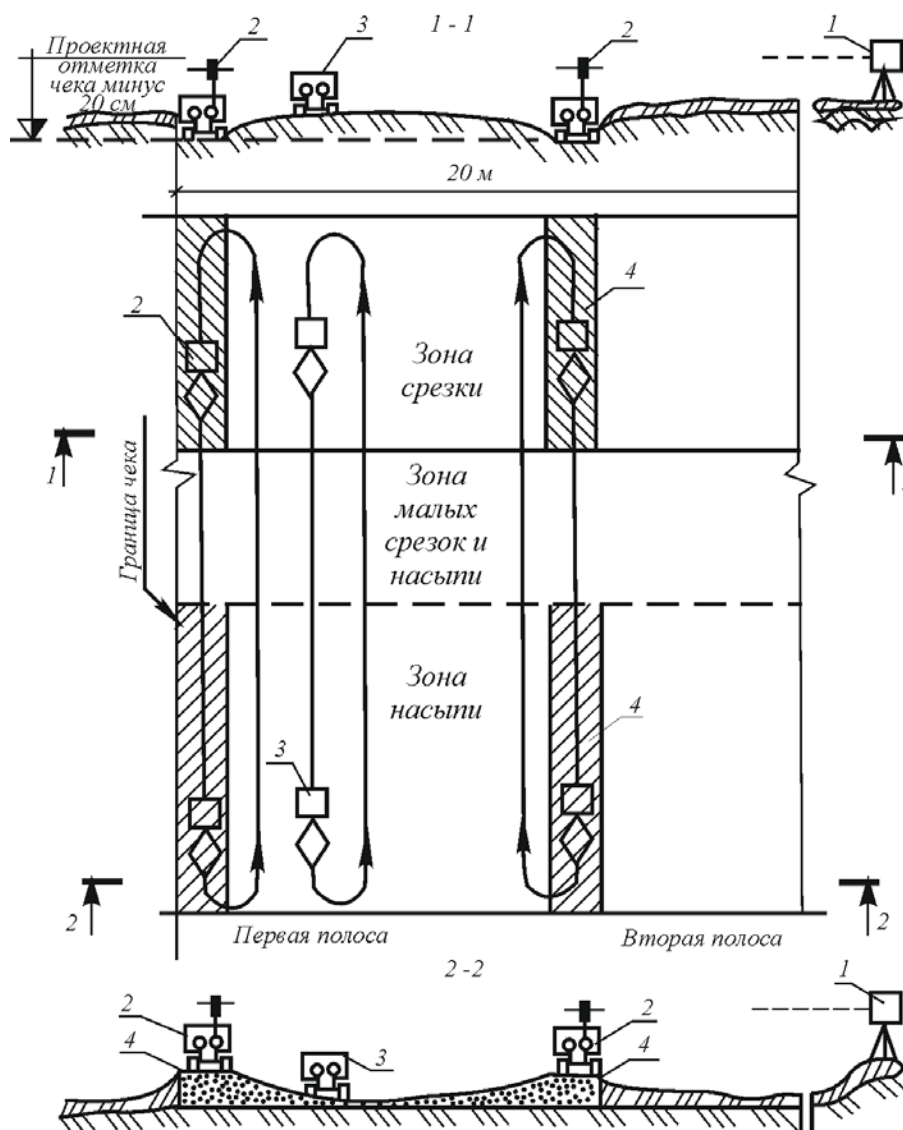


Рис.6. Схема планировки поливного участка методом чередующихся полос

1 – излучатель; 2 – скреперы с фотоприемными устройствами; 3 – скреперы без фотоприемных устройств; 4 – маячные полосы

С помощью лазерных систем автоматического контроля добились точности спланированности поверхности полей соответственно на Аккумской ОС (Lazer Construction Systems “MARA”, Италия) $\pm 1,5-2,6$ см, на Правобережном Кызылординском массиве орошения (Lazer «Горизонт», Россия) $\pm 2-3$ см от средней отметки. До 72-75 % сократились затраты на геодезическое обеспечение, до 28-35 % повысилась эксплуатационная

производительность землеройных машин. До 20-30 % повысилась урожайность сельскохозяйственных культур, улучшилось мелиоративное состояние орошаемых земель.

В пятой главе дана методика оценки экономической эффективности реализации комплекса инженерных мероприятий по поддержанию ОС в рабочем состоянии и описание объектов внедрения.

Реконструкция оросительных систем ставит своей целью повышение эффективности общественного производства на орошаемых землях и решает задачи экономического, социального и экологического характера. Состав работ при реконструкции оросительной системы зависит в первую очередь от технико-экономического уровня производства и сложившейся природной обстановки на орошаемой территории. После соответствующего их изучения устанавливаются основные направления реконструкции. Далее выполняются оптимизационные расчеты по экономическому обоснованию и выбору состава и объемов работ. Именно на этом этапе делаются окончательные выводы о целесообразности включения в план той или иной совокупности мероприятий (варианта реконструкции) и о необходимости первоочередного выделения на эти цели инвестиций.

Вопрос эффективности совершенствования производства на оросительных системах – варианта оптимального состава и объемов работ по реконструкции – должен решаться путем определения сравнительной эффективности рассматриваемых вариантов с последующим установлением общей (абсолютной) экономической эффективности оптимального варианта реконструкции.

Таким образом, экономическое обоснование состава работ при реконструкции производится в следующей последовательности. На первом уровне рассматриваются варианты отдельного мероприятия, отличающиеся друг от друга по степени и глубине осуществления. На следующем уровне подлежат рассмотрению варианты различного сочетания оптимизированных по объемам (на первом уровне) мероприятий по реконструкции оросительных систем.

В заключительной части главы приведены варианты адаптации основных положений методики к конкретным оросительным системам и основные характеристики и показатели ОС Казахстана, на которых происходило практическое внедрение технических мероприятий по обеспечению эффективной эксплуатации ОС. Отмечено влияние мероприятий по реконструкции на основные технико-экономические показатели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований автором предложены научно-обоснованные технические, экономические и технологические решения, внедрение которых вносит

значительный вклад в повышение эффективности эксплуатации оросительных систем. Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем.

1. Определены факторы и сформулирована структура показателей эффективности работ на оросительных системах.
2. Впервые предложен классификатор состояния оросительных систем и ее элементов, на основе которого принимается решение о характере и объеме ремонтно-восстановительных работ.
3. Разработаны структурная и функциональная схемы мониторинга природно-технических комплексов в зоне влияния оросительных систем, как основного источника исходных данных для принятия управленческих решений по эксплуатации.
4. На основе анализа способов и методов поддержания ОС в рабочем состоянии, предложены как направления их совершенствования, так и конкретные решения, внедрение которых даст и дает значительный экономический эффект, в частности: методы планировки на основе новых технических средств и технологий; методы поддержания проектных показателей работы системы на основе рациональных форм поперечного сечения, оптимальных материалов облицовок и технологий.
5. Предложены и разработаны методы автоматизации проектирования и проведения планировочных работ при эксплуатации оросительных систем, с внедрением современных ГИС-технологий и лазерных систем.
6. Научно обоснованы новые технические и технологические решения по снижению фильтрационных потерь воды из каналов ОС.
7. Разработан и обоснован комплекс мероприятий по обеспечению пропускной способности каналов эффективной проектной формой.
8. Предложены технико-экономические критерии оценки эффективности комплекса инженерных мероприятий по поддержанию ОС в рабочем состоянии и даны пути решения соответствующих оптимизационных задач.
9. Проведено практическое внедрение результатов исследований на конкретных оросительных системах, результаты которых подтверждают эффективность разработок автора. Ряд положений внедрены: а) в нормативные документы Комитета по водным ресурсам МСХ РК; б) в учебный процесс ряда вузов России и стран СНГ.

Задача дальнейших исследований состоит в развитии и совершенствовании эколого-экономических подходов к обоснованию, развитию и внедрению системы мониторинга ПТС в зоне влияния оросительных систем бассейнов, в совершенствовании методов автоматизации проектирования планировки на основе ГИС-технологий и методов дистанционного зондирования.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Разработка и внедрение в производство передовой технологии и организации работ по поддержанию рабочего состояния оросительных систем в Каз ССР: Отчет о НИР (закл.) / ДГМСИ: Руков. И.А. Каюмов, соисп. Сенников М.Н. и др.: ЗНТП 3.02. Минмелиоводхоза СССР. Инв.№ГР01.83.0020665. – Джамбул, 1985. – 170 с.
2. Изучение технических характеристик, показателей работы оросительных систем и разработка мероприятий по повышению КПД и организации рационального водопользования на юго-востоке Каз ССР: Отчет о НИР (закл.) / ДГМСИ: Руков. И.А. Каюмов, соисп. Сенников М.Н. и др.: ЗНТП 3.02. Минмелиоводхоза СССР. Инв.№ГР01.83.0079681. – Джамбул, 1985. – 138 с.
3. Каюмов И.А., Сенников М.Н., Олжабеков С.Б. Реконструкция каналов оросительных систем земснарядами // Вопросы реконструкции и технического совершенствования оросительных систем Юга Казахстана. Сб. науч. тр. ТИИИМСХ. – Ташкент, 1986. – С.50-59.
4. Разработка усовершенствованной технологии и организации строительства облицованных каналов под ДМ «Кубань» в условиях Семипалатинской обл.: Отчет о НИР (промеж.) / ДГМСИ: Руков. И.А. Каюмов, соисп. Сенников М.Н. и др.: Инв. 02.89.0031408. №ГР01.89.0026623.ЦБНТИ Минмелиоводхоза СССР. – М., 1988. – 76 с.
5. Рябцев А.Д., Сенников М.Н. Состояние и перспективы развития орошаемого земледелия Семипалатинской области // Тез. докл. науч.-произв. конференции. «Актуальные вопросы проектирования, строительства и эксплуатации гидромелиоративных систем. Сб. науч. тр. ДГМСИ. – Джамбул, 1991. – С.18-19.
6. Сенников М.Н. Сырьевые и технологические резервы реконструкции открытых облицованных каналов в условиях Павлодарской области // Совершенствование технологии реконструкции оросительных систем. Сб. науч. тр. ТИИИМСХ. – Ташкент, 1991. – С.11-18.
7. Каюмов И.А., Сенников М.Н., Попов Ю.А. Совершенствование конструкции облицовки каналов-оросителей под ДМ «Кубань» на Лебяжинском массиве орошения // Вестник с.-х. науки Казахстана. – Алма-Ата, 1991, №8. – С.90-92.
8. Ищанов М.И., Керимкулов Т.И., Сенников М.Н., Балпиков Т.О. Рациональный состав асфальтополимербетона для облицовки оросителей под ДМ «Кубань» в бассейне реки Иртыш // Совершенствование технологии реконструкции оросительных систем. Сб. науч. тр. ТИИИМСХ. – Ташкент, 1991. – С.19-28.
9. Сенников М.Н., Попов Ю.А. Облицовка каналов оросительных систем асфальтополимербетонными матами. // Тез. докл. науч.-произв. конференции. «Актуальные вопросы проектирования, строительства и эксплуатации гидромелиоративных систем. Сб. науч. тр. ДГМСИ. – Джамбул, 1991. – С.39-40.

10. Сенников М.Н., Койбаков С.М., Ибатуллин С.Р. Особенности реконструкции открытых водоемов в условиях северного Казахстана // Совершенствование технологии реконструкции оросительных систем. Сб. науч. тр. ТИИИМСХ. – Ташкент, 1991. – С.46-58.
11. Разработка совершенной технологии и организации строительства облицовки каналов под ДМ «Кубань» в условиях Павлодарской обл.: Отчет о НИР (закл.) / ДГМСИ: Руков. И.А. Каюмов, отв. испол. Сенников М.Н. и др.: НТП 052.01., Р.21.08.Т. ГЗ№289.39.12.88. №ГР01.920.006114. – Джамбул, 1991. – 70 с.
12. Каюмов И.А., Сенников М.Н. Планировка орошаемых земель и контроль за качеством ее выполнения. – М.: Уч. издание. Изд-во стандартов, 1992. – 108 с.
13. Мусин Ж.А., Сенников М.Н., Каюмов И.А. Технология и организация работ по устройству каналов оросительных систем облицованных Г-образными блоками // Методическое указание. ЖГМСИ. – Жамбыл, 1995. – 36 с.
14. Сенников М.Н., Каюмов И.А., Попов Ю.А. Рекомендации по совершенствованию конструкции облицовки каналов-оросителей под ЭДМФ «Кубань». ЖГМСИ. – Жамбыл, 1995. – 32 с.
15. Сенников М.Н., Каюмов И.А., Мусин Ж.А. Конструкция и технология строительства открытых оросителей, способствующих экологической защите реки Иртыш // Водные ресурсы: Экологические аспекты их использования и охраны. Тез. докл. и сообщ. на Межд. науч.-техн. конференции КАЗНИИВХ. – Часть 2. – Жамбыл, 1996. – С.54-55.
16. Мусин Ж.А., Сенников М.Н. Новая конструкция сборной берегозащитной шпоры // «Актуальные проблемы в экологии и природопользовании». Сб. науч. тр. КПТИ. – Часть 1. – Кызылорда, 1996. – С.98.
17. Исабай С.И., Сенников М.Н., Омарова Г.Е. Особенности оценки надежности закрытых оросительных систем // Водные ресурсы: Опыт использования и проблемы. Сб. науч. тр. ЖГМСИ. Вып.2. – Тараз, 1997. – С.63-65.
18. Сенников М.Н., Мусин Ж.А. Технология и организация работ по устройству каналов оросительных систем из сборных железобетонных лотков на стоечных опорах // Методическое указание. ЖГМСИ. – Тараз, 1998. – 29 с.
19. Исабай С.И., Сенников М.Н., Омарова Г.Е. Проектирование графиков полива с учетом надежности закрытой оросительной сети // Сб. науч. тр. ТарГУ. Вып.1 – Тараз, 1998. – С.404-405.
20. Сенников М.Н., Зарубаев Г.М. Определение значения коэффициента конвективной диффузии в естественных условиях // Сб. науч. тр. ТарГУ. Вып.1 – Тараз, 1998. – С.406-407.
21. Каюмов И.А., Сенников М.Н., Мусин Ж.А. Повышение эффективности очистки каналов оросительных систем от наносов одноковшовыми экскаваторами // Проблемы экологии АПК

- и охраны окружающей среды: Материалы 2-й Межд. науч. конф. – Часть 2. – Алматы: РНИ «Бастау». 1998. – С.72-73.
22. Мирзаев А.Г., Сенников М.Н. О механизме просадки лессовых оснований при увлажнении // Респ. науч. журнал «Наука и образование Южного Казахстана». Серия: Мелиорация и водное хозяйство. – Шымкент, 1999. №10(17). – С.236-239.
23. Омаров Е.О., Сенников М.Н., Омарова Г.Е. Комплектование машинно-тракторного парка с учетом наименьшего воздействия на земельные ресурсы // Респ. науч.-техн. журнал «Гидрометеорология и экология». – Алматы, 2000, №1. – С.147-158.
24. Сенников М.Н. Совершенствование способов поддержания оросительных систем в рабочем состоянии. Уч. пособие. – Тараз: изд-во ТарГУ, 2000. – 340 с.
25. Исабай С.И., Омаров Е.О., Сенников М.Н., Омарова Г.Е. Оценка состояния оросительной системы // «Гидрометеорология и экология». – Алматы, 2000, №1. – С.74-83.
26. Омаров Е.О., Сенников М.Н., Омарова Г.Е., Сенников Н.М., Ищанов М.И. Определение перспективной потребности в грузовых автомобилях на уровне агрообъединения // «Наука и образование Южного Казахстана». Серия: Проблемы мелиорации и водного хозяйства. – Шымкент, 2000, №21. – С.53-55.
27. Конюшихин Д.Г., Омаров Е.О., Сенников М.Н., Ищанов М.И. Проблемы экологического прогнозирования // «Гидрометеорология и экология». – Алматы, 2000. №2. – С.59-64.
28. Омаров Е.О., Сенников М.Н., Омарова Г.Е. Организация использования машинно-тракторного парка в агрообъединениях расположенных вокруг химзаводов г.Тараза // «Гидрометеорология и экология». – Алматы, 2000, №2. – С.79-85.
29. Исабай С.И., Омаров Е.О., Сенников М.Н., Омарова Г.Е. Контроль за рациональным использованием воды на поливных участках // «Гидрометеорология и экология». – Алматы, 2000, №2. – С.163-167.
30. Сенников М.Н., Жумабеков А.А., Мусаев А.И. Омарова Г.Е. Рекомендации по переустройству оросительных систем Кызылкумского массива орошения в ЮКО // ТарГУ. – Тараз: Изд-во ТарГУ, 2001. – 23 с.
31. Конюшихин Д.Г., Сенников М.Н., Омаров Е.О., Ищанов М.И. Экологическое состояние Жамбылской области // Вестник ТарГУ. «Природопользование и проблемы антропосферы». – Тараз, 2001, №2. – С.17-20.
32. Мусин Ж.А., Сенников М.Н. Основные факторы, нарушающие надежную работу оросительных систем и эксплуатационные затруднения в определении коэффициента шероховатости в натуральных условиях // Водные ресурсы Центральной Азии. «WATER'2002» // Материалы Межд. науч.-практ. конф., посвященной 10-летию Межгосударственной Координационной Водохозяйственной Комиссии (МКВК). – Алматы, 2002. – С.409-410.

33. Арефьев Н.В., Сенников М.Н. ГИС-технологии для формирования цифровых моделей местности и инженерных объектов // Методическое пособие. СПбГТУ – ТарГУ – Тараз: изд. ТарГУ, 2002. – 44 с.
34. Сенников М.Н., Мусина Р.Ж. Об оптимизации систем бассейнового мониторинга // Тр. Межд. науч. конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030». Вып.2. – Караганда: изд-во КарГТУ, 2002. – С.300-302.
35. Сенников М.Н., Арефьев Н.В. Рекомендации по оценки технического состояния оросительных систем // СПбГТУ – ТарГУ. – Тараз: изд. ТарГУ, 2003. – 30 с.
36. Мусин Ж.А., Сенников М.Н., Тлеукулов А.Т. Приемы моделирования местного размыва у глухих шпор // «Современные проблемы гидроэкологии» внутриконтинентальных бессточных бассейнов Центральной Азии. Материалы Межд. науч.-практ. конференции. – Алматы, 2003. – С.112-116.
37. Сенников М.Н. Направления смягчения сложившейся социально-экономической обстановки в бассейне р. Сырдарьи // Науч. приложение Межд. журнала «Высшая школа Казахстана» МОиН РК. Серия естеств. и техн. наук «Поиск». – Алматы, 2003. №4. – С.86-89.
38. Сенников М.Н. Методика комплектования машин и механизмов для производства планировочных работ // «Поиск». – Алматы, 2003. №4. – С. 82-85.
39. Сенников М.Н. Оптимизация схем перемещения грунта при организации планировочных работ // Материалы II Межд. науч.-практ. конференции: Актуальные проблемы экологии. Часть 2. – Караганда: Изд-во КарГУ, 2003. – С.237-239.
40. Сенников М.Н., Исабай С.И. Показатели и характеристики, определяющие эффективную эксплуатацию оросительных систем // Материалы II Межд. науч.-практ. конференции: Актуальные проблемы экологии. Часть 2. – Караганда: Изд-во КарГУ, 2003. – С.239-241.
41. Сенников М.Н. Оптимизация технических мероприятий определяющих эффективную эксплуатацию оросительных систем / Монография.– Тараз: Изд-во ТарГУ, 2003. – 210 с.
42. Сенников М.Н. Оптимизация технологических процессов при эксплуатации оросительных систем // Респ. науч.-теор. журнал «Механика и моделирование процессов технологии». – Тараз, 2003, №2. – С.240-243.
43. Сенников М.Н., Омарова Г.Е. Особенности использования лазерной техники мелиоративного назначения при реконструкции оросительных систем // «Механика и моделирование процессов технологии». – Тараз, 2003, №2. – С.230-234.
44. Арефьев Н.В., Сенников М.Н. Системы автоматизированного формирования цифровых моделей топографической обстановки в районе реконструкции оросительных систем // «Механика и моделирование процессов технологии». – Тараз, 2003, №2. – С.208-216.

45. Мусин Ж.А., Сенников М.Н. Лабораторный практикум по технологии производства гидромелиоративных работ // ТарГУ. – Тараз: изд-во ТарГУ, 2003. – 89 с.
46. Предпатент (Казахстан). Берегозащитная сборная шпора // По заявке №2003 / 0241.1 от 17.02.2003 г. Мусин Ж.А., Сенников М.Н.
47. Сенников М.Н., Омарова Г.Е., Исабай С.И. Оптимальный путь к зеленому миру // Материалы Респ. науч.-практ. конференции: «Развитие аула и научное обеспечение агропромышленного сектора экономики РК». – Тараз: Вестник ТарГУ, 2003. – С.197-199.
48. Сенников М.Н. Методика расчета приведенных затрат при организации планировочных работ // Материалы Межд. науч.-практ. конференции «Экономические и правовые факторы развития регионов». – Тараз: Тараз университеті, 2003. – С.175-178.
49. Сенников М.Н. Мониторинг природно-технического комплекса при эксплуатации оросительных систем // Материалы Межд. науч.-практ. конференции «Экологические проблемы агропромышленного комплекса». Книга 1. – Алматы: Казахский национальный аграрный университет, 2004. – С.21-24.
50. Арефьев Н.В., Сенников М.Н. Геоинформационные системы как основа проектирования планировочных работ на орошаемых территориях. Научно-технические ведомости СПбГПУ №2. Изд. СПбГПУ, 2004. – С.57-62.
51. Арефьев Н.В., Сенников М.Н. Мониторинг элементов природно-аграрных систем бассейнов // Материалы 7-й Межд. специализированной конференции «Акватера». – Санкт-Петербург, 2004. – С.71-75.

Лицензия ЛР №020593 от 07.08.97.

Подписано в печать
Тираж

Объем в п.л.
Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета,
предоставленного автором,
в типографии Издательства СПбГПУ
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

Отпечатано на ризографе RN-2000 EP
Поставщик оборудования – фирма “Р-ПРИНТ”
Телефон: (812) 110-65-09 Факс: (812) 315-23-04