

УКРАИНСКАЯ АКАДЕМИЯ АГРАРНЫХ НАУК
ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ

На правах рукописи

КУЛИВАВИН АЛЕКСАНДР ГРИГОРЬЕВИЧ

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ
ЭНЕРГОЕМКОСТИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
(на примере юга Украины)

Специальность 06.01.02 - мелиорация и
орошаемое земледелие

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Киев - 1993 г.

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00810565 (P)

УКРАИНСКАЯ АКАДЕМИЯ АГРАРНЫХ НАУК
ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ

На правах рукописи

КУЛИБАБИН АЛЕКСАНДР ГРИГОРЬЕВИЧ

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ
ЭНЕРГОЕМКОСТИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

/на примере юга Украины/

Специальность 06.01.02 - мелиорация и
орошаемое земледелие

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Киев - 1998 г.

AB 28.30

Диссертацией является рукопись.

Работа выполнена в Украинском южном государственном проектно-исследовательском институте водного хозяйства "Укржгипроводхоз", Одесском Облводхозе, Одесском гидрометеорологическом институте.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор	Н.Г.Пивовар
доктор технических наук, профессор	П.Д.Коружий
доктор технических наук, профессор	И.И.Науменко

Ведущая организация - Украинский Головной объединенный проектно-исследовательский и научно-исследовательский институт "Укрводпроект" Госводхоза Украины

Защита состоится " 24 " 11 1993 г. на заседании специализированного ученого совета Д.Ой.26.Ой в Институте Гидротехники и мелиорации УААН.

Отзывы и замечания на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 252022, Киев-22, ул.Васильковская, 37, ИГиМ УААН, ученому секретарю специализированного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института Гидротехники и мелиорации.

Автореферат разослан " 20 " 10 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
к.с.-х.н., с.н.с.

Д.М.Фещенко

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. Последние годы в связи со снижением объема капитального строительства орошения в Украине большое внимание стали уделять вопросам экономической эффективности орошения при условии снижения энергопотребления. Повышение цен на энергоносители и основные материалы - трубы и оборудование - потребовало пересмотра ряда принципиальных положений и подхода к оценке эффективности орошения. Магистральная система водоподачи и водораспределения, а также передача воды на дальние расстояния потребовали нового, методически необычного обоснования. Для этого необходимо выполнить технико-экономическое сравнение новых подходов и методик со старыми системами и оценками. Продолжающееся повышение цен на электроэнергию потребовало провести специальные гидравлические и технико-экономические расчеты с помощью ПЭВМ по определению оптимальных отметок водоподачи на системы и дать предложения по корректировке перспективных планов орошения на ближайшее десятилетие.

Ведущее место, в связи с этим, занимает вопрос снижения напоров в трубопроводной сети, применение низконапорных систем водоподачи, разработка средств защиты трубопроводной сети от гидроудара, повышение надежности системы водоподачи и водораспределения, повсеместная экономия воды, исключение аварийных, непроизводительных и технологических сбросов, разработка эксплуатационных мероприятий, направленных на экономию электроэнергии. Актуальность проблемы приобретает, в связи со всем этим, особую значимость.

Работа выполнялась в течение 20 лет отдельными блоками включая исследования, обоснование, проектирование, строительство. При этом каждый блок входил в Совзную или Республиканскую программы бывшего Минводхоза (в разные годы).

В 1993 году эта тема вошла в государственную программу Госкомитета по водному хозяйству (Т-993) Украины.

Цель работы - разработка технических требований и решений как при проектировании и строительстве так и при эксплуатации по снижению энергоемкости оросительных систем, создание конструкций, рациональных схем и методик их расчета, разработка и анализ конкретных мероприятий по экономии электроэнергии в процессе эксплуатации. Для достижения этих целей необходимо решить следующие задачи:

- выполнить анализ эксплуатационных особенностей и исследований гидравлического режима комплексов сооружений, оборудования и средств автоматизации для подготовки конструктивных предложений по снижению на-

пороз в закрытых системах;

- разработать и внедрить в строительство низконапорных систем водоподачи и водораспределения, выполнить их исследование, научное и технико-экономическое обоснование;

- разработать мероприятия, направленные на повышение надежности закрытых низконапорных систем в условиях снижения напоров в сети;

- разработать методические пособия для обоснования снижения энергоемкости оросительных систем.

Для выполнения поставленных задач и достижения цели работы необходимо выполнение ряда исследований и обоснований;

- обобщение опыта проектирования, строительства и эксплуатации закрытых систем водоподачи и водораспределения;

- анализ работы комплекса НСП-ЗЭС-ДМ и средств автоматизации и защиты в условиях снижения энергоемкости системы;

- определение оптимального размера севооборотного участка, обслуживаемого одной насосной станцией и разработка модульного метода проектирования и строительства закрытых низконапорных систем, сравнение их с традиционными решениями других построенных систем.

Объект исследований. Исследования выполнялись в период 1973... 1991 г.г. на оросительных системах юга Украины - Червоноярской, Нижне-Днестровской, Дунай-Днестровской, Татарбунарской, Явкинской, Белоусовской, на рисовых системах в Килийском районе Одесской области. Лабораторные и опытно-конструкторские исследования проводились в лабораториях Московского инженерно-строительного института, Украинского института инженеров водного хозяйства (г. Ровно), Херсонского сельскохозяйственного института, на специальных установках и опытных моделях систем. Все теоретические, технологические, производственные и лабораторные исследования и опытно-конструкторские работы проводились под руководством и при участии соискателя.

Методика исследований. Состоит в анализе и обобщении условий снижения энергоемкости оросительных систем и вытекающих из них условий снижения напоров как при магистральной водоподаче и водораспределении так и в закрытой оросительной сети. В процессе исследований использовались общепринятые методики: физическое и математическое моделирование, поставленные задачи решались на основе анализа натуральных исследований, фондовых и литературных данных, на основе специально выполненных лабораторных, натуральных и теоретических исследований, на специально построенных лабораторных моделях системы.

Научная новизна разработок заключается в разработке теоретических основ принятия оптимальных инженерных решений при проектировании и эксплуатации ОС, в обосновании ряда новых предложений, защищенных авторскими свидетельствами. К ним относятся научные исследования по обоснованию системы водоподачи и водораспределения, исследования и сравнения на закрытой оросительной сети новых схем внутривладельческого водораспределения, разработка новых методических и практических подходов к оценке влияния традиционных и новых технических решений на энергоемкость систем, определение оптимальных размеров (площади) орошаемых участков, обслуживаемых одной насосной станцией подмачки, установление закономерности проявления переходных процессов при перерегулировании системы, разработка новых технических решений по стабилизации гидравлического режима закрытых систем, обоснование и создание модульной системы ЗОС с сокращением защитных устройств и уменьшением давления при переходных процессах, обоснование и создание низконапорных систем, исключающих применение металлических труб.

Практическая ценность работы заключается в решении крупной народнохозяйственной задачи по снижению напоров в закрытой системе водоподачи и водораспределения, стабилизации напоров в ЗОС, применении металлических труб в сети, уменьшении давлений во всех звеньях сети при переходных процессах, что в конечном итоге, приводит к снижению энергоемкости оросительных систем, значительному повышению эффективности и экономичности ранее осуществленных и внедренных в настоящее время систем водоподачи и водораспределения, в разработке и обосновании мероприятий по снижению энергоемкости систем при эксплуатации, в разработке методического обоснования при экспертной оценке необходимости развития орошения или реконструкции существующих систем.

Основные защищаемые положения:

- методические основы оптимизации параметров предлагаемых схем водоподачи и водораспределения;
- обоснование выбора и разработка конструкций в системах магистрального водораспределения и водоподачи, исследования по стабилизации давлений в системе НСП-ЗОС-ДМ и пути повышения надежности НСП-ЗОС-ДМ;
- исследования и разработка систем, снижающих энергопотребление и напоры в закрытых трубопроводах с расчетами по оптимизации вариантов водоподачи на различные отметки местности в диапазоне расходов, напоров и диаметров трубопроводов для обоснования снижения энергоемкости оросительных систем на юге Украины;

- предложения и исследования по рассредоточенной системе распределительной сети с определением оптимальных размеров орошаемой площади, обслуживаемой одной НСП;

- разработка и исследования модульной системы проектирования ЗОС с широкозахватной дождевальнoй техникой;

- разработка и обоснование применения электропогружных насосов в орошении;

- исследования состояния трубопроводов из различных материалов после нескольких лет эксплуатации;

- предложения и исследования по закрытой рисовой оросительной системе.

Достоверность научных результатов обусловлена значительным объемом лабораторных, полевых, теоретических исследований и производственных испытаний, статистической обработкой и оценкой точности полученных результатов. Теоретические и лабораторные исследования нашли полное подтверждение при осуществлении предложенных решений в натуре на действующих системах.

Реализация результатов исследований.

Основные результаты исследований внедрены в технических проектах и осуществлены в натуре на оросительных системах юга Украины - на Червоноярской, Дунай-Днестровской, Нижне-Днестровской, Татарбунарской, Белгород-Днестровской оросительных системах на пойменных землях р. Дунай-на рисовых системах в Одесской области, на Ново-Одесской и в колхозе им. Кирова Вознесенского района Николаевской области, а также на ряде других систем. Ряд разработанных предложений вошли в руководство и нормы проектирования ЗОС при применении широкозахватной поливной техники "Союзводпроект", нормы и внутриведомственные нормативы прошлых лет.

Апробация работы: Основные положения диссертации были доложены и одобрены на 28 научных, научно-технических, научно-производственных советах, конференциях, совещаниях и семинарах, в том числе: на научной конференции /Ленинград 1973 ВНИИГ им. В. Е. Веденеева/ на научной конференции /Союзводпроект, Москва 1976 г./, на Всесоюзном семинаре научных работников /Минводхоз СССР, ДНХ 1977 г./ на 4-м Всесоюзном научно-техническом совещании /г. Краснодар 1978 г./, на 5-м Всесоюзном научно-техническом совещании /г. Саратов 1980 г./, на Всесоюзной научной конференции Ленинградского Политехнического института /Ленинград 1983/, на международном семинаре ООН по планированию и проектированию развития водных

ресурсов /Киев 1982 г./, семинарах-совещаниях ВДНХ СССР /Москва 1977; 1979; 1980, 1982 г.г./, ВПОХ УССР /Киев 1979; 1980; 1983; 1984 г.г./ научно-техническом Совете Совзводпроекта /Москва 1980; 1982; 1984 г.г./; научно-технических Советах Минзодхоза Украины /Киев 1979; 1982; 1983; 1984; 1985; 1986, 1987; 1988 г.г./ на республиканской школе передового опыта /Каховка 1983; Днепрпетровск 1988, Ужгород 1991 г.г./.

В 1976 году Ленинградский государственный художественный фонд РСФСР изготовил действующий, озвученный макет закрытой оросительной системы с каскадным регулированием и автоматическим водораспределением, который с 1977 по 1979 г. демонстрировался в павильоне мелиорации на ВДНХ СССР, а затем с 1979 по 1981 г.г. в павильоне ВПОХ Украины. За схему системы автор награжден Золотой медалью ВДНХ СССР и Дипломом первой степени ВПОХ Украины.

Объем работы. Диссертация состоит из Введения, шести глав, выводов и рекомендаций.

Объем 245 страниц машинописного текста, 74 рисунка; 15 таблиц; список использованных источников 154 наименований, приложений 25 страниц и 13 рисунков.

Публикации. Основные результаты исследований и разработок изложены в 50 научных работах.

Получено 4 авторских свидетельств на изобретения.

Содержание работы

В первой главе дан анализ современных проектных решений по магистральной водоподаче и водораспределению, по комплексу насосная станция подкачки - закрытая оросительная сеть - дождевальная машина и их реализация в строительстве и эксплуатации. Все построенные системы в течение последних 20 лет на юге Украины представляют сложный комплекс закрытой системы водоподачи и водораспределения, современное внутрихозяйственное водораспределение с насосными станциями подкачки, в большинстве случаев автоматизированными, закрытыми трубопроводами из различных материалов и современной широкозахватной дождевальной техникой. При проектировании в прошлые годы оросительных систем с машинным водоподъемом, как правило, на энергозатраты мало обращали внимания, т.к. стоимость 1 кВт часе составляла 1 коп. и при расчетах экономической эффективности доля затрат на электроэнергию была сравнительно невелика. Снижение энергоемкости оросительных систем сводится к решению трех основных задач:

1. Снижение напоров при магистральной водоподаче и водораспределении, определение рациональных приемов машинного водоподъема начиная с подбора оборудования, зонирования водоподачи и оптимального планового расположения магистральной сети водоподачи. Эти вопросы отражены в работах Абрамова Н.Н., Ароновича Г.В., Картвелишвили Н.А., Любимцева Я.К., Аргунова П.П., Аршевского Н.Н., Бочкарева Я.В., Коваленко П.И., Войнич - Сяноженского Г.П., Говазд Ф., Пекворт, Киенчука А.Ф., УкрНИИГиМа /Коваленко П.И./, Шевченко А.В., Валирон Ф., Гросса С.А., Маковского Э.Э., Хоруки П.Д.

2. Снижение напоров в закрытой оросительной сети путем оптимизации площади орошения, обслуживаемой насосной станцией подкачки, снижения гидравлического удара путем выбора рационального планового расположения закрытой оросительной сети и применения низконапорных труб, создания модульной системы ЗОС с сокращением защитных устройств и уменьшением давления при переходных процессах в системе, повышения надежности оросительных систем. Этому вопросу посвящены работы Авакяна Г., Кривелова Л., Коршунова Д., Андришина М.А., Блохина В.И., Бочкарева Я.В., Базилевича А.И., Подласова А.В., Вишневого К.П., Гарника В.К., Гриня Ю.И., Гурина В.А., Дикаревского В.К., Эликова Г.М., Ильина В.Г., Конакова Б.И., Кикачешвили Г.Е., Лелявского В.В., Голованова А.И., Дямаева В.Ф., Мوشнина Л.Ф., Миркулава Ц.Е., Смирнова Д.Н., Фокса Д.А., Хамадова И.В., Чарного И.А., Шейнина Г.Ю., Шевелева Ф.А., Шевченко А.В., Наумико И.И.

3. Исключение непроизводительных и технологических сбросов как из системы магистральной водоподачи и водораспределения, так и из системы внутрихозяйственного водораспределения, внедрение водосберегающих технологий и выбор рациональной структуры севооборота и режима орошения. Эти вопросы отражены в работах Айдарова И.П., Голованова А.И., Остапчика В.П., Собко А.А., Костякова А.И., Коваленко П.И., Зайцева В.В., Стрельца И.В., Гурина В.А., Роднова В.А., Шарова И.А., Шаввы И.И., Руденко В.Ф., Цирвоара Н.Г.

На территории Украины энергоемкость систем орошения зависит от рельефа местности, планового и высотного расположения источника орошения, конфигурации орошаемого массива или отдельных участков, наличия одного или нескольких водораздельных плато.

Для анализа современных проектных решений и обоснования и сравнения предлагаемых новых схем были проанализированы около 80 оросительных систем и из них выбраны 10 построенных оросительных систем в качестве объектов - представителей. Эти объекты - представители классифицировались следующим образом:

- система водоподачи "анти-рекой"
- система водоподачи и водораспределения на командную отметку местности без промежуточного водосоъема и с концевыми накопителями;
- система водоподачи с зональным водораспределением и внутри-системным регулированием;
- система водоподачи с зональным водораспределением и с каскадным регулированием в бьефах каналов;
- система закрытой напорной водоподачи и водораспределения без разрыва сплошности потока.

Рассмотренные оросительные системы являются объектами представителями принимаемых в разные годы технических решений по водоподаче и водораспределению. Анализ этих систем и принятых в них решений позволил сформулировать требования к новым схемам водоподачи и выработать такие решения, которые имели бы минимальные удельные затраты энергии на 1 га орошаемых земель и на единицу полученной сельскохозяйственной продукции.

Гидравлические и технико-экономические сравнения выявили ряд существенных недостатков этих систем с точки зрения их энергоёмкости. В первую очередь следует отметить, что почти во всех системах на главных водоподающих насосных станциях установлено высокопроизводительное оборудование:

- Татарбунарская О.С. - насосы ОП2-110 /3,4 м³/с
/одного агрегата/
- Оросительная система из с. Ялпуг - ОПВ /2,3 м³/с/
- Нижнеднестровская О.С. /I и II очереди/ - 52В-II
/5 м³/с/
- Белоусовская О.С. - 24НДС /2,3 м³/с/
- Белгород-Днестровская О.С. - 28НД /2 м³/с/
- Явкинская О.С. /I и II очереди/ - ГНС - 49В-22
перекачки 49Д-22 /3 м³/с/ /4 м³/с/
- Дунай-Днестровская О.С. - 52В-II /6 м³/с/
24НДС - /1 м³/с/
24НДВ - /1,6 м³/с/

Различные /малые/ насосы в этих насосных станциях или вообще отсутствуют или установлены по одному в каждой станции. В результате, работа насосных агрегатов и подбор оборудования в них не соответствует допустимой частоте включения /выключения/ агрегатов. Для весенних, /осенних/ влагозарядковых поливов или для полива ограниченной площади приходится включать высокопроизводительные агрегаты, что приводит к частичному сбросу воды, поднятой на командную отметку местности, в от-

дельных случаях излишний напор гасят дросселированием, что также приводит к излишним затратам электроэнергии.

В каналах, как правило, емкости не хватает и в связи с этим часто имеют место непроизводительные сбросы воды из системы, в лучшем случае вода сбрасывается в накопительную емкость, расположенную на пониженных отметках местности. В прошлые годы также решения были обычными. На стоимость электроэнергии внимания тогда не обращали, т.к. она была незначительной. При выборе оборудования руководствовались исключительно строительной стоимостью насосных станций, стремились к компактным решениям.

Если систематизировать недостатки приведенных систем, то кратко можно сделать следующее замечание:

- Нижне-Днестровская оросительная система /I очередь/ вода подается на командную отметку местности /на 105м/, прогоняется самотеком через сеть каналов и сбрасывается до 10-х отметок в Сандейское водохранилище, работа высокопроизводительного оборудования не регулируется.

- Нижне-Днестровская оросительная система /II очередь/ - вода подается на 105м, затем сбрасывается до уровня в Барабойском водохранилище / до 30х отметок/ и затем насосной станцией подымается опять до 130м, как и в первой очереди, высоконапорное оборудование не регулируется;

- Белгород-Днестровская оросительная система - весь расход подается на командную отметку 126 м и в отсутствие водопотребления перетекает из бьефа в бьеф в конечную емкость, объем которой не обеспечивает даже суточного регулирования.

Высоконапорное оборудование подобрано без учета ступенчатого водопотребления, при малом водопотреблении значительная часть воды идет на сброс;

- Явкинская оросительная система /I очередь/ - подача воды осуществляется по зонам с постепенным подъемом из бьефа в бьеф насосными станциями. Однако каналы имеют уклоны и не в состоянии накапливать необходимый объем для каскадного регулирования и часть воды все равно теряется, в лучшем случае сбрасывается в регулируемую емкость. Во II очереди каналы построены с горизонтальными бровками, имеют регулирующую емкость.

- Белоусовская оросительная система - вся вода подается на командную отметку и при отсутствии водопотребления стекает по сети каналов в Щербановское водохранилище до исходных отметок;

- Ново-Одесская оросительная система - полностью закрытая водоподающая магистраль без обросов, но с гашением излишнего напора насосной станцией, вследствие отсутствия достаточной регулирующей емкости и невозможности подбора оборудования для обеспечения ступенчатой работы.

- Татарбунарская оросительная система и оросительная система с водозабором из озера Ялпуг наиболее экономичны с точки зрения энергопотребления, но прохождение каналов по пойменной части и создание емкостей в руслах малых рек с высокой до 3...4 г/л минерализацией /система анти-реки/ не дает возможности получения исходной, качественной для орошения воды, и требует больших затрат на прокладку как каналов так и водохранилищ, а следовательно и затрат электроэнергии и не может быть рекомендована в дальнейшем для применения.

Анализ удельных затрат на 1 га орошаемой площади и 1 м³ подаваемой воды для систем - представителей /таблица I/ если исключить системы с водоподачей по схеме "анти-рекой" показывает, что наиболее экономичной системой является закрытая система без обросов и без разрыва сплошности потока. Однако такую систему водоподачи можно применять для сравнительно небольших площадей и, соответственно напоров и расходов. При увеличении расхода и напора, появляется необходимость применения более высокопрочных, металлических труб и увеличение их диаметра и количества ниток. При новых стоимостях электроэнергии необходимо в таких случаях делать тщательное технико-экономическое сравнение и обоснование. Для больших орошаемых массивов, в соответствии с анализом в таблице I, можно рекомендовать зональную водоподачу и при соответствующем обосновании чередовать закрытую водоподачу и водораспределение с зональной открытой системой.

Вторым основным потребителем электроэнергии является система НСП-ЗЭС ДМ, именно система, а не отдельная НСП как считают многие авторы. Рациональное размещение насосных станций подстанции на массиве, оптимальный выбор количества ДМ, подвешенных к одному агрегату, оптимальная площадь, обслуживаемая одной насосной станцией - все эти факторы существенно влияют на энергоёмкость системы. Поэтому проведено много исследований в этом направлении. Исследования Украиний М. Шевченко А.В., Стрельца И.Б., УИИВХ г.Ровно Гурина В.А., МГМИ И.П. Вишневого и многих других, подтверждают важность этой проблемы и весьма малую еще изученность этих процессов.

Удельные затраты электроэнергии на I га
орошаемой площади и I м³ подаваемой воды по
энергосберегающим схемам технологиям и меро-
приятиям

Таблица №1

№ п/п	Наименование объекта	Площадь орошения гект.га	Расход системы м ³ /с	Напор м	Мощность кВт = $\frac{102}{102}$	Количество часов работы в году	Потребляемая мощность кВт.часов	Годовой объем подаваемой воды млн. м ³	Удельные затраты		Примеч
									кВт.час га	кВт.час м ³	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Величковая О.С. I и II очереди	50,0	25,0	90,0	30637	2530	77511610	190,0	1550	0,4	
2.	Дунай-Днестровская I очередь	29,0	16,0	60,0	13071	2392	31265832	73,0	1078	0,4	- 12 -
	II очередь	29,0	17,0	80,0	18518	2310	42776580	73,0	1475	0,58	
3.	Ново-Одесская О.С.	4,0	1,6	86	1873	2320	4345360	12,0	1086	0,36	
4.	Червоноярская О.С. I зона подачи	2,9	1,5	41,0	840	2450	2058000	12,75	709,8	0,16	По пред- лож. автора
	II зона подачи	3,1	1,55	55,0	1155	2450	2829750	13,6	912,8	0,2	

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5.	Рисовый участок в к-зе "Рассвет" каскадная водопдача с прямой гидравлической связью с помощью насосов ОПВ	0,56	1,3	Супергидро-напор 12,0	212	2640	559680	5,6	999,0	0,09	По пред-ложен-автора
6.	Паропорковый участок татарибурской оросительной системы	0,98	0,44	Приводон-ный напор 90,0	540	2820	1522800	3,820	1553	0,39	По пред-ложен-автора
7.	Децентрализованная схема внутрихозяй-ственного водораспре-деления с ДМ "регат"	1,098	0,58	91,0	720	2320	1670400	3,6	1521	0,46	По пред-ложен-автора
8.	Модульная система комплектации и строи-тельства закрытой сети с ДМ "Днепр" /Внутрихозяйственная сеть на Почереди ДДС/	1,080	0,72	45,0	440	2400	1056000	3,6	977	0,29	По пред-ложен-автора
9.	Внутрихозяйственное водораспределение в к-зе "Пограничник" Дунай-Дмаэтровской										
a/	выполненное строи-тельством с одной НСП	2,467	1,28	80,0	1400	2392	3348800	10,85	1357	0,3	

13

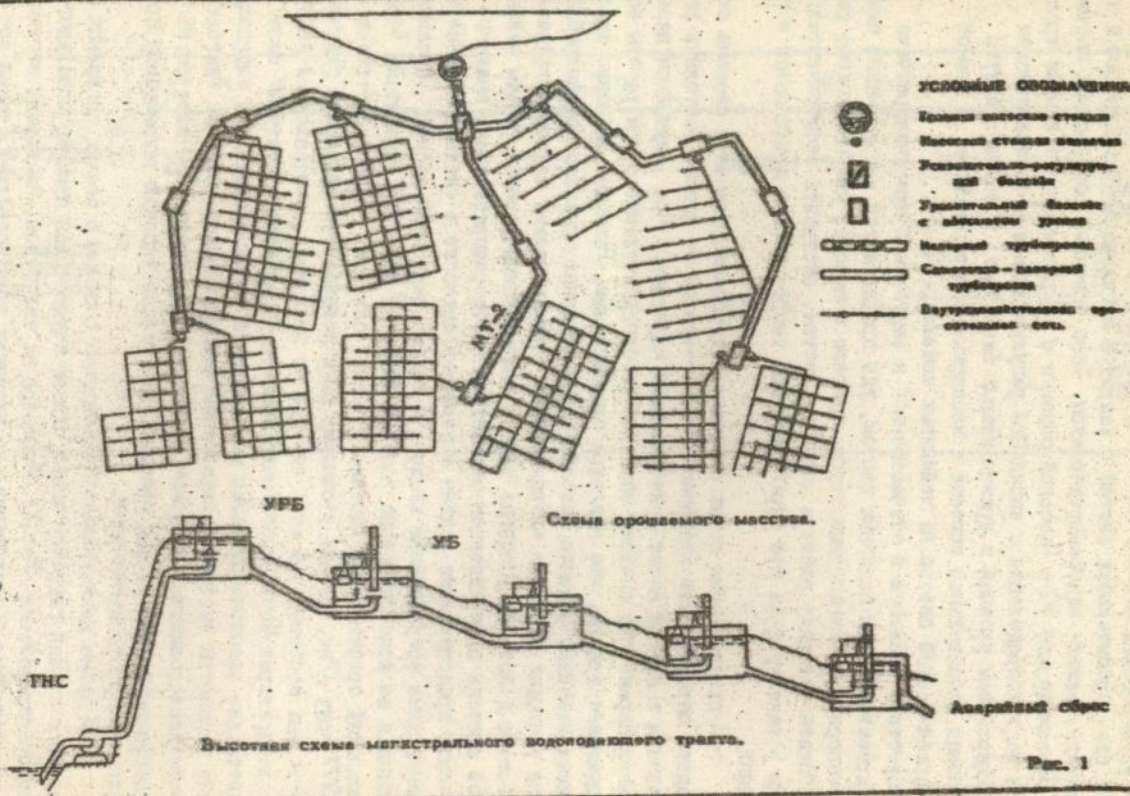
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6/ расчетное с помощью распределения НСП		2,509	1,5	66,0	1170	2392	2798640	9,576	1115	0,29	По предложению автора
7. Зональная магистральная водоподдача и водоразделение		1,0	0,45	40	245	2500	612500	4,95	612,5	0,12	По предложению автора

Во второй главе излагаются особенности и конструктивные решения новых схем оросительных систем с закрытой магистральной водоподачей и внутрихозяйственным водораспределением. Дано описание построенных систем - Червоноярской ОС в Одесской области с закрытым магистральным трактом водораспределения с каскадным регулированием и автоматическим поддержанием уровней в уравнительных бассейнах, а также закрытая ризоовая оросительная система с каскадным регулированием и прямой гидравлической связью на пойменных землях р. Дунай.

Отсутствие аналогов в отечественной и зарубежной практике расчета и проектирования подобных систем, где предлагаются к применению низконапорные и безнапорные трубы, привели к выводу, что необходимо разработать методику расчета подобных систем, построить экспериментальную установку и на ней отработать все теоретические предпосылки и положения.

В предложенных новых системах водоподачи, элементы системы обладают определенной инерционностью и переход от одного состояния равновесия в другое имеет колебательный характер. При случайном назначении параметров системы возможен автоколебательный режим работы водоподающего тракта, что является недопустимым. Решающее значение здесь имеют величины объемов бассейнов при заданных графиком водопотребления расходах, а также инерционность автоматических затворов гидравлического действия. Основные задачи исследования режимов работы закрытой системы вышеуказанной водоподачи и водораспределения, аналитическое представление задачи о движении жидкости в системе и экспериментальные исследования входили в задачи настоящей работы. Описанная схема и ее конструктивные решения внедрены как было сказано на Червоноярской оросительной системе Одесской области. Система построена в 1977 году /Рис. 1/. Для уточнения ряда положений и выяснения гидравлических особенностей этой системы по программе, составленной автором, в лаборатории Московского инженерно-строительного института: была построена экспериментальная модель, на которой исследованы гидравлические параметры системы и выработаны конструктивные решения. Благодаря этим исследованиям, натурным исследованиям, проводимым автором, на построенной действующей системе, был создан типовый технический проект для повторного применения.

В схеме магистральной водоподачи с помощью осевых погружных насосов с прямой гидравлической связью осуществлен принцип зонального водораспределения /Рис. 2/. Несмотря на кажущееся, на первый взгляд, нагромождение оборудования, по экономии электроэнергии, такая система при определенных условиях может оказаться наиболее экономичной.



- УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:**
- Источники водоснабжения
 - Клапаны водоснабжения
 - Регулирующие-регулирующие клапаны
 - Ультразвуковые клапаны с абсолютным давлением
 - Напорный трубопровод
 - Сливной-сборный трубопровод
 - Вспомогательная сеть

УВС

Схема орошаемого массива.

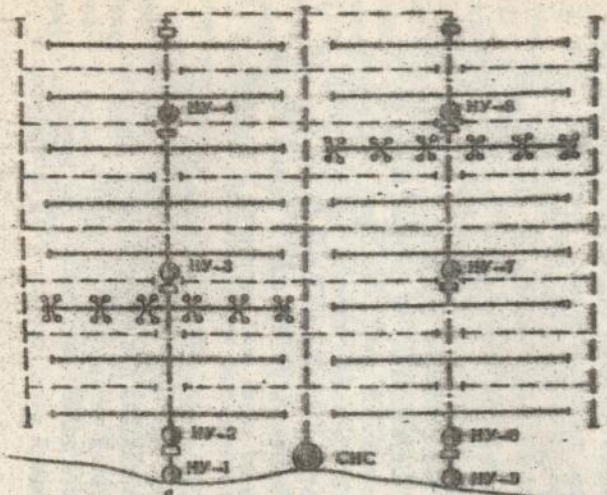
УРС

ТНС

Высотная схема магистрального водопроводящего тракта.

Аварийный сброс

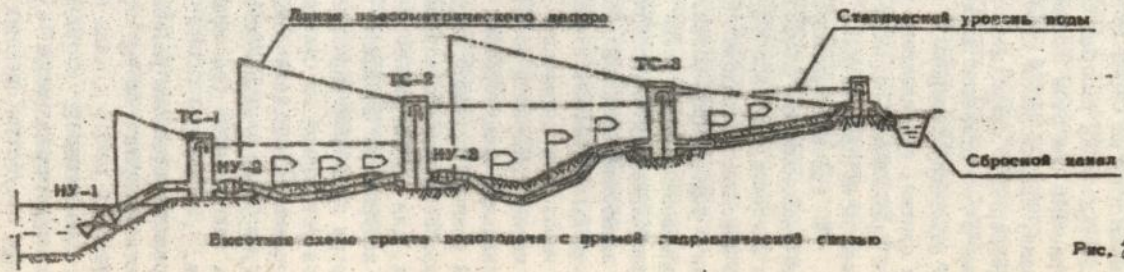
УСЛОВНЫЕ СВОЗНАЧЕНИЯ



- НУ Насосная установка
- СНС Сбросная насосная станция
- Магистральный водовод
- - - Межконтурная сбросная сеть
- - - Картоная сбросная сеть
- ⌋ Водовыпуск в чех с автоматом уровня
- Трубе-степь № 1
- ⌋ Водовыпуск в картоный ороситель
- Картоный ороситель

План автоматизированной закрытой распыл оросительной системы

16а



Висотная схема треста водоподвода с прямой гидравлической связью

Рис. 2

Подавая воду на определенные отметки, можно по тракту с помощью этого же оборудования распределять ее на промежуточные отметки местности не затрачивая при этом лишней энергии. По сравнению с традиционными системами, предлагаемая схема дает максимальную экономию электроэнергии. В диссертации приводятся описания построенных систем и дан их анализ. Кроме этого приведен анализ систем с рассредоточенным внутриводоемным водораспределением с помощью электропогружных насосов, дано описание систем, где внедрены эти решения и схемы. Приведены также системы с применением водоподпорных сооружений и даны конструктивные особенности их применения.

В третьей основополагающей главе приводятся исследования и технико-экономические обоснования перспективных схем по снижению напоров при магистральной водоподаче и водораспределении в ЗОС. Дается подробное описание исследований и обоснование закрытой магистральной водоподачи и водораспределения.

Предложенные новые схемы и разработки по водоподаче и водораспределению воплощенные, затем, в комплексе новой оросительной системы, потребовали выработки методики расчетов как системы водоподающего тракта, так и отдельных элементов и конструкций. Обычными гидравлическими расчетами невозможно определить параметры системы и размеры сооружений. Чтобы четко определить постановку и задачи исследований, приведем принципиальную схему системы /Рис. 1 / Система состоит из главной насосной станции подающей воду в успокоительно-регулирующий бассейн, магистрального закрытого канала из безнапорных железобетонных труб, разделенных, для снятия лишнего напора, разгрузочными бассейнами, перепад между которыми не превышает 4-5 м. Регулирование по нижнему бьефу достигается введением обратной гидравлической связи. Эта связь обеспечивается установкой на выходе каждого водовода в бассейн автоматических регуляторов гидравлического действия, пропускная способность которых регулируется в зависимости от положения уровня воды в данном бассейне. Разгрузочные бассейны выполняют также роль гасителей и водовабуров.

Удовлетворительная работа системы предполагает установившийся режим, соответствующий любому водоотбору. При этом параметры каждого установившегося режима должны быть установлены для определенного водоотбора с известным Q и степени открытия авторегулятора уровня.

Расход авторегулятора - Q затвора должен быть больше или равен / при отсутствии питания никеляющей сети / расходу Q п, забираемому в данном бассейне.

Включение или отключение водопотребителей вызывает изменение уровня в соответствующем заборном бассейне, на которое реагирует автоматический затвор, это вызывает изменение расхода на верхнем участке магистрали. В конечном итоге информация об изменении расходов и связанных с ними положений уровней передается в головной бассейн, изменение уровня воды в котором вызывает изменение степени открытия автоматического затвора на выходе из головного напорного водосда и осуществляет включение /отключение/ насосов головной насосной станции. Таким образом обеспечивается обратная гидравлическая связь в системе, переводящая ее в другое равновесное состояние.

Так как элементы оросительной системы обладают определенной инерционностью, то переход от одного состояния равновесия в другое имеет колебательный характер. При случайном назначении параметров системы возможен автоколебательный режим работы водораспределительного тракта, что является недопустимым. Возможны /и это подтверждено натурными исследованиями/ явления, описанные Говардом Э. Пеквортом, которые происходили в долине р. Коачела в Калифорнии. Решающее значение здесь по-видимому имеют величины объемов бассейнов при заданных графиком водопотребления расходах, а также инерционность автоматических затворов гидравлического действия. Таким образом, основные задачи исследования режимов работы системы водораспределения были сформулированы следующим образом:

- 1/ Определение условий /гидравлических параметров/ установившегося движения жидкости при равновесных режимах работы системы;
- 2/ Исследование условий и определение характера и интенсивности колебаний расходов и уровней в системе при переходе от одного равновесного состояния ее работы к другому при принятых параметрах;
- 3/ Исследование условий возникновения автоколебательных режимов при выводе системы из равновесного состояния. Определение характера и интенсивности колебаний расходов и уровней;
- 4/ Оценка величины ударного давления при автоматическом переходе системы от одного состояния равновесия к другому в диапазоне ее рабочих режимов;
- 5/ Разработка рекомендаций по назначению гидравлических параметров, конструктивному улучшению элементов и выявлению рациональных эксплуатационных режимов работы оросительной системы при ее автоматическом регулировании затворами гидравлического действия.

Далее в работе дано аналитическое представление задачи о движении жидкости в системе при неустановившемся режиме с регулированием по верхнему и нижнему бьефам.

На основании сложных преобразований уравнения Бернулли получено уравнение неустановившегося движения между двумя соседними бассейнами /Рис. 1/.

$$Z_{N+1} = Z_N + \zeta_n \frac{v_n^2}{2g} + \zeta_n^{zavr} \frac{v_n^2}{2g} + \frac{l_n}{g} \frac{dv_n}{dt} \quad /1/$$

где $\zeta_n \frac{v_n^2}{2g}$ - потери напора от входного сечения n -й трубы до ее выходного сечения;

$\zeta_n^{zavr} \frac{v_n^2}{2g}$ - потери напора при протекании воды через затвор в N -ом резервуаре.

Уравнение /1/ можно записать в виде

$$Z_{N+1} = Z_N + (K_n + K_n^{zavr}) Q_n^2 + \frac{l_n}{g \omega_n} \frac{dQ_n}{dt} \quad /2/$$

где $K_n^{zavr} = \frac{\zeta_n^{zavr} v_n^2}{2g Q_n^2}$ - переменный размерный коэффициент, учитывающий сопротивления при протекании воды через затвор и зависящий от величины его открытия.

Поскольку открытие затвора зависит от уровня воды в резервуаре коэффициент K_n^{zavr} в некотором приближении положить равным

$$K_n^{zavr} = \phi(Z_N - Z_N^0) = m + \frac{n}{(Z_N^0 - Z_N)^2} \quad /3/$$

где Z_N^0 - уровень воды в бассейне, при котором затвор закрыт полностью. При $Z_N^0 - Z_N \geq h_{max}$ / h_{max} - разность уровней, отвечающая максимальному открытию затвора/ $K_n^{zavr} = (K_n^{zavr})_{min}$.

Уравнение баланса расходов в N -ом резервуаре:

$$Q_n = Q_{n-1} + Q_n^n + Q_N \frac{dZ_N}{dt} \quad /4/$$

где Q_N - площадь зеркала воды в N -ом резервуаре.

Число уравнений можно сократить вдвое, исключив из системы уравнений, например, расходы Q_n в соединительных трубопроводах. Для этой цели продифференцируем уравнение /4/ по t и значения Q_n и $\frac{dQ_n}{dt}$ подставим в уравнение /2/.

$$\frac{dQ_n}{dt} = \frac{dQ_{n-1}}{dt} + Q_N \frac{dZ_N}{dt} \quad /5/$$

В этом уравнении отсутствует производная $\frac{dQ_n}{dt}$, ибо предполагаем, что расход, забираемый потребителем, может меняться только мгновенно ($-\frac{dQ_n}{dt} = a$).

Подставляем значения Q_n и $\frac{dQ_n}{dt}$ в уравнение /2/

$$Z_{N+1} = Z_N + (k_n + k_n^{\text{зак.}}) (Q_{n-1} + Q_n^n + \Omega_N \frac{dZ_N}{dt}) + \frac{Q_n}{g\omega_n} \left(\frac{dQ_{n-1}}{dt} + \Omega_N \frac{d^2 Z_N}{dt^2} \right) \quad /6/$$

Итак, исключив из уравнения переменные Q_n и $\frac{dQ_n}{dt}$ мы ввели в него новые неизвестные Q_{n-1} и $\frac{dQ_{n-1}}{dt}$. Для исключения последних следует использовать уравнение баланса расходов для / N - 1 /-го резервуара:

$$Q_{n-1} = Q_{n-2} + Q_{N-1}^n + \Omega_{N-1} \frac{dZ_{N-1}}{dt}$$

$$\text{и } \frac{dQ_{n-1}}{dt} = \frac{dQ_{n-2}}{dt} + \Omega_{N-1} \frac{d^2 Z_{N-1}}{dt^2}$$

Значения Q_{n-1} , Q_{n-2} и т.д. и их производных подставляем в / 4, 6 / и окончательно получаем:

$$Z_{N+1} = Z_N + (k_n + k_n^{\text{зак.}}) \left[\sum_1^N Q_n^n + \sum_1^N \Omega_N \frac{dZ_N}{dt} \right] + \frac{Q_n}{g\omega_n} \sum_1^N \frac{d^2 Z_N}{dt^2} \quad /7/$$

$$\text{или } \frac{Q_n}{g\omega_n} \sum_1^N \frac{d^2 Z_N}{dt^2} + (k_n + k_n^{\text{зак.}}) \left[\sum_1^N Q_n^n + \sum_1^N \Omega_N \frac{dZ_N}{dt} \right] - (Z_{N+1} - Z_N) = 0 \quad /8/$$

Поскольку N может иметь любое значение от 1 до $K - 1$ - уравнение /8/ представляет собой систему / K - 1 / нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка, полностью описывающих колебания уровней воды в резервуарах оросительной системы. Решение этой системы уравнений должно выполняться на ПЭМ.

Для нахождения начальных условий колебательного процесса /уровней воды в резервуарах до изменения расходов потребителей и уровней воды после затухания колебаний в оросительной системе следует использовать ту же систему уравнений /8/. Однако следует учесть, что при установившемся течении в оросительной системе все производные $\frac{dZ_N}{dt}$ и $\frac{d^2 Z_N}{dt^2}$ равны нулю. В связи с этим система уравнений упрощается и принимает вид:

$$(k_n + k_n^{\text{зак.}}) \left(\sum_1^N Q_n^n \right)^2 - (Z_{N+1} - Z_N) = 0 \quad /9/$$

При этом для нахождения начальных условий колебательного процесса под Q_n^n следует понимать расход потребителя перед возникновением колебаний, а для нахождения уровней воды после затухания колебаний - расход потребителя, отвечающий новому установившемуся режиму течения воды в системе.

В виду сложности получения точного аналитического решения для определения основных параметров неустановившегося движения жидкости в рассматриваемой системе, с учетом приведенных аналитических исследований, была создана в лаборатории Московского инженерно-строительного института

опытная экспериментальная установка для проведения гидравлических опытов с записью режимов колебания расходов и уровней в системе в зависимости от условий потребления. Исследования проводились по программе и с участием автора.

Аналитические и лабораторные исследования закрытой магистральной водоподдачи и водораспределения вскрыли одну очень важную закономерность: колебания уровней в уравнительных бассейнах / при регулировании по нижнему бьефу / и в стояках со встроенными насосами / при регулировании по верхнему бьефу / являются внешними признаками неустановившегося режима в трубопроводе и являются опасными как для самих бассейнов или стояков, так и для самотечно-напорного тракта. Установлено, что в условиях сравнительно крутого рельефа / при скорости в трубах $v > 1,5$ / и при небольшой длине трубопровода колебания будут незначительны. В то же время в условиях плоского рельефа и большой длине трубопровода колебания значительны и исключается всякая возможность работы оросительных насосных станций ввиду попеременного наполнения и мгновенного опорожнения бассейна или стояка. Проведенные исследования установили оптимальную емкость уравнительного бассейна и условия работы автоматического регулятора уровня. Однако в сочетании с различными авторегуляторами емкость бассейна может быть разной. На лабораторной установке удалось провести исследования только с регуляторами непрямого действия - диафрагменного типа. При этом было определено, что они малопригодны для данной системы. Ошибка в определении емкости уравнительного бассейна может обойтись очень дорого - с одной стороны занижение емкости приведет к неустановившемуся режиму, т.е. к большим колебаниям уровня и невозможности работы насосного оборудования, с другой стороны, завышение емкости бассейнов приведет к большим неоправданным затратам капиталовложений. А установлено, что система экономически может быть выгодной при применении низконапорных или безнапорных к.б. труб и минимальной стоимости сооружений. Последствия неустановившегося режима и возникающие при этом вредные колебания могут привести к разрушению трубопровода /это также установлено аналитическими и лабораторными исследованиями/.

Таким образом, для выработки окончательной методики расчета рассматриваемых систем, разработки отдельных конструкций и сооружений, определения эффективности работы того или иного авторегулятора уровня, разработки рекомендаций и технических условий для распространения опыта проектирования и строительства подобных схем было принято следующее решение. В процессе строительства по новой схеме Черноморской оросительной системы в Одесской области, по согласованию с Минводхозом Украины, в проект был внесен ряд изменений, давших возможность затем произвести натурные

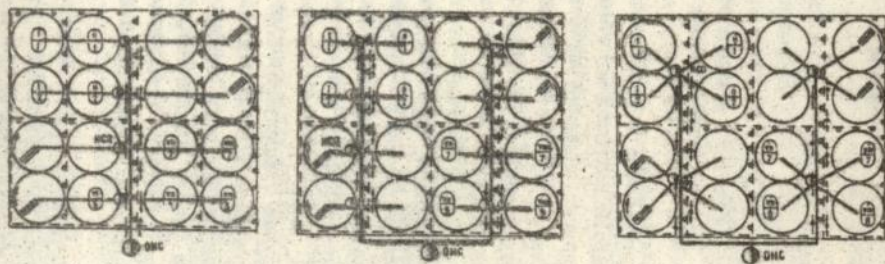


Рис. 3. Децентрализованные схемы оросительной сети при поливе Д.М. "Фрегат"

исследования без опасности вредных исследований - разрушений сооружений и трубопроводов. Проведенные исследования позволили сделать ценные выводы и внести новые конструктивные решения с одной стороны безопасные для системы, с другой стороны экономичные по капиталовложениям.

Далее в работе выполнены исследования и даны описания децентрализованных схем оросительной сети. Приведены также гидравлические, технико-экономические и натурные исследования этих схем на построенных системах в Одесской и Николаевской областях, а также освещены принципы применения электропогружных насосов в этих схемах на действующих системах /Рис. 3/.

Глава четвертая посвящена разработке мероприятий, направленных на доведение эффективности работы закрытой магистральной водоподдачи и комплекса ИСП-ЗЭС-ДМ в условиях снижения их энергоемкости. Предложения и гипотезы, которые выдвигались в процессе исследований и разработки новых схем систем подтвердились, а разработанная на основании исследований уточненная методика позволила внести необходимые изменения в проект и построить ряд систем.

Проведенные исследования установили характер и величину колебательных процессов в транспортирующем водоводе - закрытом канале из безнапорных труб между уравнительными бассейнами. Было установлено, что для обеспечения прочности низконапорных труб, необходимо обеспечить время закрытия затвора $T_{\text{закр}} = 60$ сек.

Было также установлено, что в случае стационарного режима, время затухания колебаний зависит от площади зеркала воды в бассейне и конфигурации последнего. После установления всех параметров системы, выяснения гидравлического режима работы сооружений, был составлен и выпущен технический проект для повторного применения в виде типового проекта для всех водохозяйственных организаций бывшего Союза.

Располагая анализом работы действующих оросительных систем, построенных в последние 20 лет, изучая их недостатки и достоинства в процессе эксплуатации, проведя исследования на построенных системах по схемам автора, можно сделать ряд выводов и выработать предложения по повышению эффективности работы магистральной водоподдачи и водораспределения с точки зрения снижения их энергопотребления. Прежде всего магистральная водоподдача и водораспределение по трубопроводам. При анализе существующих схем водоподдачи, совсем не обязательно подавать весь расход воды на командную отметку местности. При применении низконапорных трубопроводов вместо открытых

каналов, можно подавать воду, особенно в условиях юга Украины, на промежуточные отметки местности на вторую или третью террасы /если это касается пойма/ или на промежуточные точки местности не доходя до водораздела. На водораздел подавать только ту часть расхода, которая необходима для площадей, расположенных по фактическим непосредственно у водораздела, или близко от него. Для этого делается детальное технико-экономическое сравнение и определяются экономически выгодные отметки на которые следует подавать воду. В отдельных случаях может оказаться целесообразным устройство подкачивающих низконапорных установок. Так как мы располагаем при строительстве ограниченной номенклатурой материалов, оборудования и труб, то наиболее экономичным решением оказывается применение низконапорных труб /безнапорных по ГОСТу/ изготавливаемых на заводах Госводхоза Украины.

Эксплуатация каналов из труб значительно дешевле, чем из открытых облицованных каналов. На II очереди Нижне-Днестровской оросительной системы на канале МК-2 за 10 лет эксплуатации открытой части канала истрачено на ремонт канала и его облицовки около 6 млн. рублей, в то же время закрытая концевая часть канала МК-2 из безнапорных к.б. труб длиной 9 км не требовала никакого ремонта.

Последние годы с введением на оросительной системе фермерской формы хозяйствования и увеличением отбора воды из бьефов канала не по системе планового водопользования, а по системе "по потребности" открытая часть канала стала работать в режиме в течение суток попеременного наполнения и сброски. Такой режим приводит к частому сползанию облицовки и разрушению канала. За 17 лет эксплуатации закрытых транспортирующих каналов на Червоноярской оросительной системе, аварий на каналах не было, очистку трубопроводов между уравнительными бассейнами производили два раза.

Возможность значительного снижения расчетного давления, а следовательно, и стоимости водовода, которую обычно дает разбивка его на участки /с установкой уравнительных бассейнов/, делает это мероприятие, как правило, экономически целесообразным, не говоря уже о значительно более широком назначении уравнительных резервуаров. Выбор места расположения уравнительных бассейнов в значительной степени зависит от рельефа местности. Они должны быть расположены на относительно возвышенных точках трассы, чтобы избежать образования сифонных участков. При разделении водовода на участки необходимо сопоставлять и чисто экономические показатели возможных вариантов решения. На отдельных участках водовода могут устанавливаться различные пьезометрические уклоны и, следовательно, должны

бы.ь приняты различные диаметры. В результате проведенного детального анализа построенных систем - представителей, исследований, проведенных на существующих системах, выполненных гидравлических расчетов и технико-экономических сравнений, с учетом новой стоимости электроэнергии вырисовывается рекомендуемая схема магистральной водоподачи и водораспределения:

1/ При магистральной водоподаче /водоподъеме/ необходимо обязательно рассматривать возможность зонирования тракта на отдельные водоподающие участки с отдачей воды по мере ее подъема.

2/ При магистральном водораспределении следует принимать комбинируемую схему когда закрытая часть канала чередуется с открытой /МК-2 НДС, Черноярская О.С. и т.д., НДС П очередь/

3/ Если позволяют рельефные условия магистральную водоподачу обязательно предусматривать по каскаду снизу - вверх, когда вся масса воды подается на первую террасу или промежуточный водораздел, а затем самотеком по каналам от перекачки до перекачки.

4/ При определенном рельефе применять закрытое магистральное водораспределение с уравнительными бассейнами и с обратной гидравлической связью.

5/ Избегать систем, где необходимо всю массу воды подавать на водораздельное плато, а затем сбрасывать вниз до тех же отметок, прогоняя воду многие километры по каналам /НДС I и П очереди/.

6/ Система водоподачи "анти-рекой" не рекомендуется особенно когда магистральные каналы проходят по пойме, или когда необходимо создавать регулирующие емкости, эта система с точки зрения экологии не оправдала себя. /Татарбунарская О.С. / Оросительная система из о. Ялуг.

7/ При невозможности избежать сбросов воды или необходимости накопления воды в регулирующих емкостях для внутрисистемного регулирования, рассматривать возможность строительства малых ГЭС, которые смогут использовать энергию сбрасываемой воды.

Далее в четвертой главе приведены исследования и сформулированы предложения по повышению надежности комплекса НСП-ЗЭС-ДМ и оптимизированы площади /размеры/ севооборотного орошаемого участка, обслуживаемого одной насосной станцией.

Эти гидравлические и натурные исследования определили необходимость принципиально нового подхода к проектированию ЗЭС, прежде всего, определения размеров орошаемых участков, при условии ограниченных напоров в сети и повышения прочностных качеств труб и муфт.

Предложен, обоснован и осуществлен в натуре модульный метод проектирования ЗОС и определение оптимальных площадей севооборотных участков, путем вписывания СУ в заданные границы поля, так, чтобы на СУ работали ДМ с одинаковой шириной захвата /Рис. 4/.

Модульный метод дает возможность применять только аббестоцементные трубы и, что самое главное, за счет перераспределения расходов по ветвям ЗОС, значительно уменьшает энергопотребления системы.

При проектировании комплекса насосная станция подкачки - закрытая оросительная сеть - дождевальные машины /НСП.ЗОС.ДМ/ возникает задача построения поля $Q - H$ ЗОС и его покрытия насосными агрегатами НСП при различных сочетаниях работающих ДМ /либо гидрантов/. Для каждого сочетания работающих ДМ определяется требуемый манометрический напор и определяется диктующая точка /гидрант/.

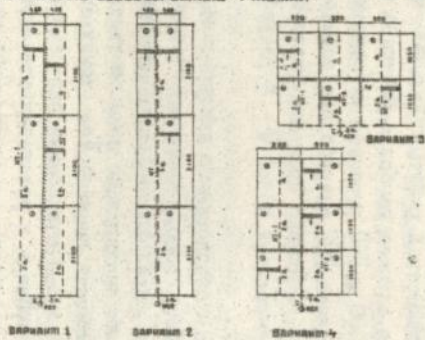
Для построения поля $Q - H$ ЗОС нужно среди всех сочетаний, имеющих одинаковый расход в точке питания /НСП/ выбрать ситуации с наименьшим и наибольшим напором и нанести на графика с системой координат $Q - H$. Поле, в котором будут последовательно соединены все ординаты с максимальными и минимальными значениями напоров и будет представлять собой требуемое поле $Q - H$ ЗОС.

Последовательное наложение на этот график поля $Q - H$ НСП позволит получать картину, напоминающую "фоторобот", где переменным элементом будут поля, подаваемые различными типами насосных агрегатов НСП. Но так, как для совместной работы НСП и ЗОС требуется найти совместное поле, то для случаев наиболее близкого совпадения требуемого графика $Q - H$ ЗОС и НСП строится их совмещенный график. Методика и алгоритм расчета ЗОС разработана совместно с ВНИИВОДГео и МГМИ / К.П.Вишнеvский/, комплекс программ, позволяющий строить графики требуемых и совмещенных полей $Q - H$ разработан и освоен под руководством автора.

Изложенные предложения и обоснованные технические решения внедрены на ряде систем в разные годы. Однако имеется много систем которые уже давно построены, продолжают функционировать и надо отметить, что энергозатраты по ним значительны и не соответствуют требованиям по снижению энергоёмкости системы. Для таких систем разработана методика по которой эксплуатационный персонал насосных станций может оперативно регулировать и устанавливать оптимальный режим работы оборудования в насосных станциях. Суть методики заключается в том, что строится график водопотребления - водоподачи совмещенный с графиком совместной работы насосов и трубопровода /Рис. 5/.

УНИФИЦИРОВАННЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО СЕВОБОРОТНЫМ УЧАСТКАМ

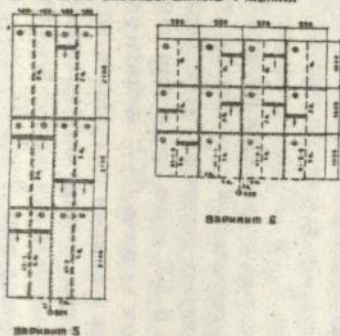
5-ПОЛЬНЫЕ СЕВОБОРОТНЫЕ УЧАСТКИ



5-ПОЛЬНЫЙ СЕВОБОРОТ

- 1 ПОЛЕ - МНОГОЛЕТНИЕ ТРАВЫ
- 2 ПОЛЕ - МНОГОЛЕТНИЕ ТРАВЫ
- 3 ПОЛЕ - ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА
- 4 ПОЛЕ - КУКУРУЗА НА ЗЕРНО
- 5 ПОЛЕ - КУКУРУЗА НА СИЛОС
- 6 ПОЛЕ - ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА С ПОДСЕВОМ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

12-ПОЛЬНЫЕ СЕВОБОРОТНЫЕ УЧАСТКИ



12-ПОЛЬНЫЙ СЕВОБОРОТ

- 1 ПОЛЕ - МНОГОЛЕТНИЕ ТРАВЫ
- 2 ПОЛЕ - МНОГОЛЕТНИЕ ТРАВЫ
- 3 ПОЛЕ - МНОГОЛЕТНИЕ ТРАВЫ
- 4 ПОЛЕ - ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА
- 5 ПОЛЕ - КУКУРУЗА НА ЗЕРНО
- 6 ПОЛЕ - КУКУРУЗА НА СИЛОС
- 7 ПОЛЕ - ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА С ПОДСЕВОМ
- 8 ПОЛЕ - КУКУРУЗА НА ЗЕРНО
- 9 ПОЛЕ - КУКУРУЗА НА СИЛОС
- 10 ПОЛЕ - ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА С ПОДСЕВОМ
- 11 ПОЛЕ - КУКУРУЗА НА ЗЕРНО
- 12 ПОЛЕ - КУКУРУЗА С ПОДСЕВОМ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

Рис. 4. Модульный метод проектирования севооборотных участков

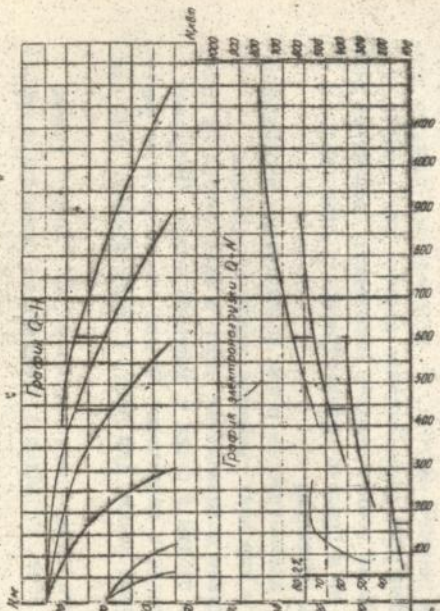
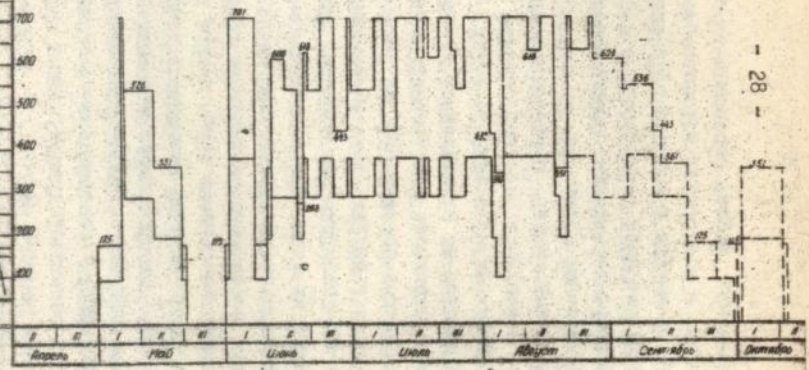


График работы электродвигателя при различных нагрузках
 Спроектировано по методике завода № 4, Ленинград, Фрунзе

График водопотребления - водоподачи



Вс.5

График совместной работы насосов и трубопровода является в основном неизменным, а вот график водопотребления - водоподачи всегда зависит от принятого в текущем году севооборота. Совмещение этих двух графиков дает возможность в любое время определять по предварительной заявке хозяйства необходимое количество включений и выключений насосных агрегатов.

Такой совмещенный график, в последнее время, введен в каждой насосной станции, и машинист насосной станции может без труда регулировать работу оборудования в течение суток. Построение совмещенного графика выполняется по предложенной автором методике. Продолжающийся рост стоимости электроэнергии потребовал провести исследования и расчеты с помощью ПЭВМ по определению оптимальных затрат на подачу воды в трубах от водосточника до орошаемого массива. Созданы расчетно-аналитические средства для обоснования эффективности подачи воды на различные расстояния и отметки местности. Выход на оптимальные затраты осуществляется по минимуму приведенных затрат на тракт водоподачи, включающих годовые затраты на электроэнергию и приведенные затраты на трубы тракта водоподачи. Приведенные оптимальные затраты на тракт водоподачи приводятся к удельным затратам на 1 га орошаемого массива. Добавляя к ним ориентировочные удельные затраты на распределительную сеть, водозаборный узел и насосные станции, и сопоставляя их с ожидаемым удельным доходом от получаемой сельхозпродукции, можно судить об ожидаемой эффективности орошения данного массива. В условиях постоянного роста стоимости электроэнергии разработанное пособие для расчета на ПЭВМ дает возможность не только сделать мгновенную экспертную оценку нового орошения, но и оценить целесообразность водоподачи на существующие массивы орошения.

В пятой главе анализируется режим эксплуатации исследуемых оросительных систем в условиях снижения энергопотребления. Рассматривается загрузка дождевальных машин в зависимости от продолжительности часов работы в сутки и поливной нормы. Предложен и обоснован новый подход к назначению ДМ для севооборотного участка - не приспособлять машины для поля, а проектировать поле для машин.

При этом предусмотреть применение, например, ДМ "Днепр" только для работы на одном поле, площадь в пределах ее сезонной нагрузки.

Это было отражено в действующих нормативах. Далее в этой главе на примере действующей системы рассмотрены вопросы экономичности работы комплекса НСП-30С-ДМ. Анализ работы комплекса показал, что основная причина кроется в неправильной нагрузке на одну насосную станцию подкачки сравнительно большого количества гектар площади, а также неправильно подобранного оборудования.

В результате выполненного анализа работы системы "НСП-30С-ДМ" проведенных аналитических, гидравлических, технико-экономических и натурных исследований определены несколько рекомендуемых вариантов регулирования подачи воды насосными станциями подкачки:

Вариант 1. Регулирование подачи количеством работающих основных насосов, которое применяется в обычных проектах.

Вариант 2. Регулирование подачи с использованием насосов небольшой производительности, которые, как правило, устанавливаются в насосных станциях как вспомогательные для целей автоматизации.

Вариант 3. Регулирование подачи путем изменения числа оборотов.

Рассмотрена была целая серия расчетных случаев по многим системам. Усредненные затраты электроэнергии при различных вариантах регулирования подачи насосно-силовым оборудованием и экономия затрат электроэнергии при различных способах регулирования подачи воды приведены в таблицах № 2 и № 3.

Таблица 2.

Затраты электроэнергии при различных вариантах регулирования подачи насосно-силовым оборудованием

Расчетные данные				КПД агрегата	Потребляемая мощность кВт	Объем перекачиваемой воды м ³	Время работы насосной станции час	Количество затрачиваемой электроэнергии тыс. кВт. час
Оросительная сеть		НСП						
Расход Q	Напор Н, м	Расход Q м ³ /с	Напор Н, м					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вариант 1. Регулирование подачи основными насосами / эталонный/								
0,175	65,0	0,185	73,0	0,716	185,0	362,9	544	100,6
0,351	65,0	0,372	73,5	0,712	376,5	453,9	340	154,5
0,526	68,0	0,549	74,0	0,725	549,5	618,1	414	227,4
ВСЕГО								482,5
Вариант 2. Регулирование подачи с использованием вспомогательных насосов								
0,175	65,0	0,185	73,0	0,716	185,0	362,9	544	100,6
0,351	65,0	0,350	63,5	0,680	320,0	454,9	361	115,5
0,526	68,0	0,520	67,5	0,695	505,0	618,1	437	220,7
ВСЕГО								436,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вариант 3. Регулирование подачи изменением								
числа оборотов основных насосов								
0,175	65,0	0,175	65,0	0,695	160,5	362,9	576	92,5
0,351	65,0	0,351	65,0	0,695	322,0	454,9	360	115,9
0,526	68,0	0,526	70,0	0,703	492,0	818,1	432	212,5
ВСЕГО:								420,9

Таблица 3

Экономия затрат электроэнергии при различных способах регулирования подачи воды насосно-силовым оборудованием

Номер варианта	Способ регулирования подачи воды	Обслуживаемая площадь га	Расход электроэнергии		Экономия затрат электроэнергии		
			Всего тыс. кВт.ч	На I га кВт.ч	Всего тыс. кВт.ч	На I га кВт.ч	в %
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Количеством работающих основных насосов /Стальной/	1230	482,7	392	-	-	-
2.	Использованием вспомогательных насосов	1230	436,80	355	45,9	37	9,5
3.	Изменением числа оборотов основных насосов	1230	420,90	342	61,8	50	12,8

Как видно из приведенных таблиц наиболее экономичным является вариант регулирования подачи воды путем изменения числа оборотов двигателя, который позволяет снизить потребление электроэнергии до 13% при снижении КПД установки до 2%.

При регулировании подачи с использованием вспомогательных насосов экономия затрат электроэнергии составляет 10%.

Далее, для комплексного анализа энергозатрат в ЗОС рассмотрена работа предохранительной и запорно-регулирующей арматуры на сети.

Проведен также анализ применения труб из различных материалов для оросительных систем и их расчетно-гидравлические характеристики в комплексе НСП-ЗОС-ДМ, вскрыты и систематизированы основные технические и организационные причины аварий на ЗОС. Выявлена некоторая закономерность в распределении причин аварий. Проверка ряда аварийных ситуаций расчетами и сравнение с натурными исследованиями показало, что при проектировании не всегда правильно назначается рабочее давление в ЗОСе. В процессе эксплуатации величина расхода на отдельных участ-

Как трубопроводов очень часто меняется, в связи с включением и отключением дождевальных машин, со срабатыванием различных автоматических и предохранительных устройств, переключением насосных агрегатов. Эти технологические операции являются источником появления дополнительного давления, кроме того в рабочем /расчетном/ давлении не учитывается инерционность и точность срабатывания предохранительных и различных исполнительных устройств на ЗОС. Все это расчетами учесть трудно, но произведенный сбор данных по исследуемым системам в сумме вышеназванных причин показывает, что дополнительное давление к рабочему манометрическому насосной станции равно $0,3... 0,4$ МПа. /это без учета гидроудара, условно считается, что гидроудар локализуется защитными устройствами/. В каждом конкретном случае следует уточнять приведенную величину. На рис. 6 в виде примера приведены режимы работы насосных агрегатов в зависимости от количества работающих дождевальных машин и выборка возможных ударных давлений в характерных точках оросительной сети, выполненных на ЛЭМ по методике автора.

В шестой главе описываются экологические, экономические и социальные аспекты внедрения новых технических решений в практику проектирования и строительства оросительных систем в условиях необходимости снижения их энергоемкости. В первой части рассматриваются вопросы состояния водного хозяйства в южном регионе в увязке с экологическими проблемами, возникающими в бассейнах крупных и малых рек и водоемов. Существующие многочисленные пруды, водохранилища и озера в южном регионе требуют постоянного водообмена и, соответственно, затрат электроэнергии. Здесь необходимо искать оптимальные решения с одной стороны снижающие общую минерализацию водоемов, с другой стороны экономящие энергозатраты при механическом водообмене. Исключение аварийных и технологических сбросов воды из каналов с каскадным регулированием, как показали 15 летние наблюдения на существующих системах, требуют тщательного внимания эксплуатационного персонала для обеспечения экологической надежности системы. Передача воды на дальние расстояния по открытым магистральным трактам сопряжена с комплексом проблем недоучет которых может привести к отрицательным экологическим последствиям. Поэтому в каждом конкретном случае кроме детальных геологических и гидрогеологических изысканий и прогнозов по трассам таких каналов необходимо проводить прогноз экологичес-

ких последствий от строительства таких сооружений.

В процессе разработки, исследований и внедрения в строительство новых схем магистрального и внутрихозяйственного водораспределения в разные годы в каждом конкретном случае выполнялись технико-экономические сравнения и определялась эффективность принимаемых тех или иных решений. С повышением цен в строительстве более чем в 100 раз и цен на электроэнергию более чем в 3000 раз, может оказаться совершенно другая экономическая эффективность тех или иных мероприятий. Делать новые технико-экономические сравнения по новым ценам нецелесообразно, т.к. цены постоянно меняются. Так в 1992 году цены на электроэнергию менялись трижды 0,50 карб., 1,5 карб., 3,75 карб., а в 1993 цена 1 кВт часа возросла до 37 карб. Цены на материалы и трубы в 1992 году менялись также 4 раза. Поэтому нами предлагается для новых схем и решений, уже осуществленных, выполнить сравнение по удельным затратам электроэнергии на один га площади и по удельным затратам электроэнергии на один м³ подаваемой воды. Для систем - представителей такое сравнение выполнено /таблица I/. Анализируя удельные показатели можно сделать ряд выводов, касающихся экономической эффективности тех или иных решений /таблица I/.

При магистральной водоподаче и водораспределении при сравнительно больших площадях предпочтение следует отдавать зональной водоподаче с суммарным напором не более 80м /Червоноярская 0.С., Дунай-Днестровская 0.С./.

$$\frac{\text{квт. час}}{\text{га}} \leq 1475$$

$$\frac{\text{квт. час}}{\text{м}^3} \leq 0,5$$

При внутрихозяйственном водораспределении предпочтение следует отдавать децентрализованным схемам и модульной системе закрытой сети.

$$\frac{\text{удельные затраты}}{\text{га}} \leq 1500, \quad \frac{\text{квт. час}}{\text{м}^3} \leq 0,45$$

/при ДМ Фрега:/

При ДМ "Днепр" $\frac{\text{квт. час}}{\text{га}} \leq 1000$

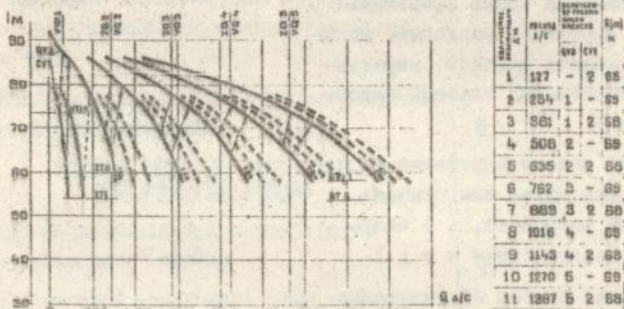
$$\frac{\text{квт. час}}{\text{м}^3} \leq 0,3$$

В процессе создания и внедрения ряда систем в прошлые годы, в ценах прошлых лет была получена фактическая экономическая годовая эффективность, которая по ряду систем была утверждена Минводхозом Украины. Учитывая, что полученный в те годы годовой экономический эффект соответствовал тем же ценам, позволим себе привести показатели, которые в прошлые годы соответствовали передовым достижениям отрасли: в ценах 1984 года

Выборка возможных ударных давлений в метрах в ударном режиме работы вращающейся машины / 566 УЧММ Работы вращающейся машины /

№ режима работы	Ударное давление в метрах	Режимы работы насосов ИСП - 300 - СМ			
		Ударное давление в метрах	Ударное давление в метрах		
			Ударное давление в метрах	Ударное давление в метрах	Ударное давление в метрах
0	70.0	70.0	84.8	84.0	83.3
11	63.6	65.0	80.4	83.9	82.7
10	60.7	64.2	80.1	83.4	82.9
88	61.0	118.1	134.3	118.3	118.5
88	48.7	66.4	121.4	111.2	108.1

Режимы работы насосных агрегатов в зависимости от количества работающих однонаправленных дождевых машин



№ режима работы	Ударное давление в метрах		Q, pcs
	ZT	VT	
1	127	2	88
2	85	1	89
3	86	1	88
4	508	2	89
5	635	2	88
6	782	3	89
7	889	3	88
8	1018	4	89
9	1143	4	88
10	1270	5	89
11	1387	5	88

ZT - ударное давление в насосах ZG - ударное давление в насосах VV - ударное давление в насосах
 VT - ударное давление в насосах VG - ударное давление в насосах VZ - ударное давление в насосах

Рис. 6

Червоноярская О.С. - 420 т.р., Рисовая Закрытая система - 405 т.р., Водоподборная колонна - 452 т.р., децентрализованная схема внутрихозяйственного водораспределения с электропогружными насосами 302 т.р., каскадная водогодача с помощью насосов ОПВ - 890 т.р., эснирование водоподающего тракта - 394 т.р., модульная система построения сети ЗОС - 218 т.р.

Анализ построенных в последние 20 лет систем и сравнение принятых в них решений с предложенными схемами решениями по рациональной водоподаче и водораспределению, позволяет вывести основные экономические преимущества новых решений по снижению энергоемкости оросительных систем.

Таблица № 4....

№ пп	Наименование энергосберегающего мероприятия	Экономия электроэнергии в % (по сравнению с существующими О.С.)
I	2	3
СИСТЕМА МАГИСТРАЛЬНОЙ ВОДОПОДАЧИ		
1.	Замена высокопроизводительного оборудования на менее производительное, дробление расходов, установка разменных насосов, перекомпоновка технологии главных насосных станций	12 + 16
2.	Исключение дроселирования за счет обрезки колес или применения других устройств, (в частности скользящих муфт и т.д.)	6 + 7
3.	Рациональный подбор оборудования и диаметров напорных водоводов для ступенчатого включения -(выключения) насосных агрегатов, телескопический водовод и т.д.	до 10
4.	Рациональный подбор оборудования и расчет вариирования его работы при разных к.п.д. агрегата (насос-двигатель)	2 + 3

1	2	3
	<u>СИСТЕМА МАГИСТРАЛЬНОГО ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ</u>	
5.	Исключение непроизводительных сбросов за счет устройства емкостей в магистральном тракте.	I2+ I5
6.	Исключение технологических сбросов за счет автоматизации магистрального водоподающего тракта	9 + II
7.	Усовершенствование автоматических регуляторов уровня	3 & 5
8.	Оптимальный выбор емкости и конфигурации уравнительного бассейна в системе закрытого водораспределения	2
9.	Зонирование магистрального водораспределения	7+ 9
10.	Каскадный механический водоподъем с попеременной перекачкой из бьефа в бьеф	6 + 8
11.	Комбинированная схема магистрального водораспределения	3 + 5
	<u>СИСТЕМА ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ</u>	
12.	Выбор рациональных севооборотов в орошаемом участке	2 + 3
13.	Применение модульного принципа построения сети	10 + 12
14.	Децентрализованная схема оросительной сети	8 + 12
15.	Выбор оптимальной площади, обслуживаемой одной насосной станцией подкачки и определение площади поля, обслуживаемой одной дождевальными машиной.	8 + 10

Продолжение таблицы № 4...

1	2	3
16.	Рациональное размещение закрытой оросительной сети в плане.	до 8
17.	Уменьшение скорости в распределительных водоводах за счет увеличения диаметра	6 + 8

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1.1. Выводы

1. Повышение стоимости электроэнергии потребовало провести специальные исследования и расчеты на ПЭМ по определению оптимальных отметок водоподачи на системе и дать предложения по корректировке перспективных планов орошения на ближайшее время. Разработанное пособие в виде расчетов, завершающих кривых и обобщающих графиков дает возможность на стадии экспертной оценки, дать рекомендации целесообразности дальнейшего проектирования того или иного объекта орошения, или его реконструкции.

2. Снижение энергоемкости оросительной системы тесно связано со снижением напоров в системе. Поэтому основная деятельность автора в течение многих лет была направлена на разработку, обоснование и создание низконапорных систем. Был предложен и осуществлен в натуре ряд технических решений и схем рациональной магистральной водоподачи и водораспределения. Анализ осуществленных строительством оросительных систем и систематизация их по признакам рациональной водоподачи дал возможность сформулировать условия и разработать новые системы, которые удовлетворяют требованиям по снижению энергопотребления.

3. Как показали исследования и технико-экономические расчеты при магистральной водоподаче решающую роль играет правильный выбор оборудования главной насосной станции, где необходимо учитывать два основных фактора:

- разность между производительностью одного агрегата ГНС, (с учетом допустимого количества часов включения его после остановки) и водопотреблением, которое в течение суток или декады неравномерно, должна компенсироваться регулирующими емкостями на системе, в противном случае неизбежны непроизводительные сбросы;

- водоподачу на массив орошения следует предусматривать с учетом зонирования на отдельные участки с отдачей воды по мере ее подъема.

4. Разбивая магистральный водоподдающий тракт (водовод или магканал) на зоны и располагая промежуточные насосные станции в местах крупных водоотборов, можно назначить мощность каждой станции в соответствии с расчетным расходом и напором лишь того участка водовода (или канала) в который вода подается данной промежуточной станцией, благодаря этому такое зонирование водоподдающего тракта с переменным по пути расчетным расходом может привести к значительному уменьшению суммарной мощности насосных станций и количества энергии, расходуемой на водоподъем. При этом не следует опасаться строительства длинных станций.

5. Производительность оборудования Главной насосной станции должна коррелироваться с регулирующими емкостями магистрального водоподдающего тракта с учетом ступенчатой работы оборудования ГЭС, предусматривать малые по производительности насосы (т.н.разменные).

6. При необходимости создания регулирующих емкостей для внутрисистемного регулирования по отметкам на 20 и более метров ниже командной точки водоподдачи рассматривать возможность строительства малых ГЭС для использования вырабатываемой ими энергии на местные нужды (на фермах, дачных участках и т.д., в отдельных случаях как компенсация в общей системе). Расчеты, проведенные для НДС I и II очереди подтверждают это.

7. При магистральном водораспределении следует рассматривать комбинированную схему, когда открытая часть канала чередуется с закрытой (МК-2 НДС, Черноярская О.С., НДС, II очередь) при возможности магистральную водоподачу предусматривать по каскаду, снизу -вверх с попеременной промежуточной перекачкой из бьефа в бьеф.

8. При регулировании подачи с использованием вспомогательных насосов экономия затрат электроэнергии составляет 10%, путем изменения числа оборотов двигателя до 13%.

9. По сравнению с централизованной схемой водоподдачи, применение децентрализованных схем позволяет сэкономить 350...380 катчас электроэнергии в год на I га.

1.2. Рекомендации

1. Применение водоподпорных колон при магистральном водораспределении требует детального экономического обоснования в каждом конкретном случае в связи с повышением стоимости электроэнергии.

2. В работах прошлых лет достаточно детально обоснована возможность замены открытых каналов на закрытые из низко или безнапорных железобетонных труб. Ряд технических решений уже осуществлен и функционирует 10 и более лет. Поэтому рекомендации, приведенные в отдельных главах работы подтверждаются не только гидравлическими, технико-экономическими или теоретическими расчетами, но и многолетней практикой эксплуатации систем.

Переход на новые условия хозяйствования (фермерские, аренда и др.) как показала практика 10 летней эксплуатации потребовал увеличения регулирующей емкости бьефов каналов. Чтобы избежать в дальнейшем подобного увеличения объемов работ, необходимо пересмотреть подход и изменить методику подбора оборудования главной насосной станции. Предусматривать шире ступенчатую работу оборудования, обязательно разменные насосы.

3. Предложенная система закрытой магистральной водоподдачи и водораспределения значительно увеличивает коэффициент земельного использования (КЗИ), а коэффициент полезного действия магистральной водоподдачи приближается к единице. На каждые 1000 га (например для Черноярской О.С.) освобождается дополнительно по 50...70 га земли за счет исключения открытых каналов. (На ИДЭС II очередь - 60 га на каждые 1000 га земли).

4. При выборе производительности ГНС и назначении и расчете пропускной способности водораспределительных каналов (открытых или закрытых) необходимо для каждого севооборотного участка индивидуально определять количество одновременно работающих дождевальных машин, и затем, укомплектовывать общий график одновременно работающих ДМ, а не ограничиваться выбором типовых (характерных) участков (как это требуют ВСН) и распространять их на весь массив. Здесь применим предложенный и обоснованный в работе принцип модульного проектирования севооборотных участков.

5. В связи с тем, что ранее построенные системы с каскадным регулированием были ориентированы на плановое водопользование, что в значительной мере повлияло на емкости бьефов каналов, для дальней-

шей эксплуатации таких каналов при водопотреблении " по потребности", с введением новых форм хозяйств - фермерских, арендных и др., когда воды в отдельные часы суток в каналах нехватает можно рекомендовать телеконтроль и телеуправление с установкой на диспетчерском пункте персональных ЭВМ с программами для оперативного вмешательства в перерегулирование систем (управление затворами, насосными станциями). Такие системы с программами внедрены и с успехом функционируют на магистральных водораспределительных трактах Нижне-Днестровской О.С. I очередь, Белгород-Днестровской О.С., Дунай-Днестровской О.С., Червоноярской О.С., Явжинской О.С.

6. Анализ режима эксплуатации систем выявил ряд отступлений от основополагающих установок в части использования ДМ, защиты ЗОС и насосной станции от гидравлического удара, нарушение технологии заполнения и опорожнения сети, поддержания определенного гидравлического режима сети.

7. Натурные исследования гидравлического режима ЗОС и произведение расчетов на ЭВМ позволили определить несколько другое понятие о расчетном давлении в сети и назначении материала труб.

8. Рассмотрение различных схем расположения ЗОС и их экономический анализ позволили установить оптимальную нагрузку на одну насосную станцию подкачки. Оптимальная площадь орошения в системе НСП-ЗОС-ДМ должна составлять для ДМ "Днепр" от 500 до 800 га, для ДМ "Фрегат" - от 800 до 1200 га.

9. Площадь поля должна соответствовать сезонной производительности на одну ДМ и составлять для ДМ "Днепр" 90...110 га. Одна ДМ должна обслуживать только одно поле.

ДМ типа "Днепр" и "Фрегат" должны работать, как правило, на одном поле и, как исключение, на двух смежных полях, для случая, когда перемещение ДМ происходит вдоль трубопровода, расположенного на одной прямой в обоих полях и площадь двух полей не превышает сезонную нагрузку ДМ.

10. При проектировании ЗОС следует, по возможности, уменьшать скорость движения потока в трубе от 0,7 до 1,4 м/с вместе 1,9... 2,5 м/с, как это принято для выбора экономически выгодного диаметра труб. Для ЗОС предлагаемой конфигурации путем технико-экономических расчетов доказано это предложение.

11. Предложенная модульная система проектирования ЗОС с широкозахватной дождевальной техникой позволит унифицировать технические решения по устройству НСП-ЗОС-ДМ, упростить проектирование, строительство и эксплуатацию.

При проектировании ДМ "Днепр" целесообразно проектировать 6, 7, 8 и 9-ти полные севообороты с 3-х ветвевой схемой сети из труб 400 и 500 мм. Рассмотренные схемы позволяют обеспечивать одновременную работу максимального числа ДМ, находящихся на каждой ветви СУ без увеличения диаметров сети.

12. Применение асбестоцементных труб диаметром менее предлагаемых (400...500 мм) например, 300 мм, возможно и целесообразно, если по условиям рельефа соответствующее увеличение потери напора компенсируются перепадом высот территории.

13. При проектировании целесообразно рассматривать вариант кольцевания сети, которое, в ряде случаев, позволяет снизить потери напора.

14. Для обеспечения надежной и устойчивой работы НСП-ЗОС-ДМ давление НСП не должно превышать 0,7 МПа. С целью автоматизации НСП, экономии электроэнергии, обеспечения устойчивой работы насосно-силового оборудования и приведения его параметров в соответствие с гидравлическими характеристиками ДМ, целесообразно назначать, как правило, один насос на две ДМ, и обязательно два-три "разменных" насоса, каждый - на одну дождевальную машину.

15. Применение рекомендуемых схем севооборотных участков вызывает необходимость пересмотра соответствующих нормативных документов, типовых проектов НСП (существующие ТП непригодны), необходимо изменить заказываемые параметры оборудования насосных станций Чешского и Болгарского производства.

16. Работу комплекса НСП-ЗОС-ДМ следует рассматривать как единый технологический процесс, обращая особое внимание на рациональное размещение сети в плане и защитных устройств на ней. Поставить вопрос о переводе, по возможности, НСП на другую категорию энергоснабжения или предусматривать строительство водоподпорных колонн. Применение водоподпорных колонн на ЗОС, как было отмечено выше, требует детального технико-экономического обоснования в каждом конкретном случае.

17. Следует повысить требования к эксплуатации ЗОС, определив целый комплекс организационно-хозяйственных мероприятий, основное внимание уделять четкой эксплуатации средств защиты трубопроводов.

18. Вопрос снижения энергоемкости и металлоемкости закрытой сети, уменьшения эксплуатационных затрат может быть решен применением качественно новых режимов и схем оросительной сети, предложенных в настоящей работе - с одиночной работой широкозахватной поливной техникой и децентрализованными схемами распределительной сети. Предлагаемые схемы водоподдачи и водораспределения, осуществленные на Парাপорском участке Татарбунарской оросительной системы Одесской области, на севооборотном участке № 2 Ново-Одесской оросительной системы и на участке в колхозе им. Кирова Вознесенского района Николаевской области, рассмотрены и детально проанализированы на хозяйственной системе - восьмипольном зерно-кормовом севооборотном участке.

19. На основании исследований проведенных автором определено и осуществлено несколько вариантов схем использования электропогружных насосов.

20. Осуществление комплекса мероприятий по снижению энергоемкости оросительных систем требует в каждом конкретном случае индивидуального подхода.

В условиях новой стоимости электроэнергии может оказаться целесообразным орошение массивов, расположенных на отдаленном расстоянии по длине или по высоте от источника. Это можно определить сразу по методике, разработанной автором. Решение схемы водоподдачи и водораспределения можно выполнить с учетом приведенных рекомендаций и с применением предлагаемых решений, решение по комплексу НСП-ЗОС-ДМ рекомендуются принимать по модульному принципу построения ЗОС и обязательно с условиями, оговоренными в настоящей работе.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах автора:

1. "О применении погружных артезианских электронасосов типа АП и АПВ в качестве насосов II подъема. Журнал "Водоснабжение и санитарная техника" № 7, 1962 г.
2. "О применении погружных электронасосов". Сборник докладов по гидротехнике ВНИИ им. В.Е. Веленеева. Выпуск 5 Госэнергоиздат, 1963 г.
3. "К вопросу об измерении расходов воды на средних и крупных оросительных насосных станциях". Сборник докладов по гидротехнике ВНИИ им. В.Е. Веленеева. Выпуск 5 Госэнергоиздат, 1963 г.
4. "Гидравлические аппараты французской фирмы "Нейриик". Сборник докладов по гидротехнике ВНИИ им. В.Е. Веленеева. Выпуск 5 Госэнергоиздат, 1963 г.
5. "Гидравлические особенности Каскадного регулирования закрытых оросительных систем". Сборник "Мелиорация и водное хозяйство". Издательстве "Урожай" вып. 4, 1970 г.
6. Оросительная система с каскадным регулированием и автоматическим водораспределением авторское свидетельство № 345906 соавторы: Нусимович С.Г., Дашков Ю.И., Филатов Н.К.
7. "Оросительная система с каскадным регулированием и автоматическим водораспределением". Проспект-брошюра для Всесоюзного совещания по техническому прогрессу в мелиорации. Тип. института УОГВХ 1970 г.
8. "Оросительная система с каскадным регулированием и автоматическим водораспределением". Методические разработки элементов системы в типовом проекте "Совхозпроект" изд. типографии УОГВХ 1971г.
9. Закрытая оросительная система с каскадным регулированием и автоматическим водораспределением. Проспект к макету на ВДНХ типография УОГВХ 1975 г.
10. Оросительная система с каскадным регулированием и автоматическим водораспределением. Действующий макет на ВДНХ 1975 г.
11. Автоматизированная рисовая оросительная система. Авторское свидетельство № 432886. Соавторы: Дашков Ю.И., Нусимович С.Г., Филатов Н.К.
12. Автоматизированная закрытая рисовая оросительная система. Проспект для ВДНХ СССР 1975 г.
13. Автоматизированная закрытая рисовая оросительная система. Стежд для демонстрации на ВДНХ СССР 1975 г.
14. Указания по использованию и монтажу электропогружных насосов. РТМ 33.23.04.004.76 тип. УОГВХ 1976 г.
15. Использование электропогружных насосов в мелиоративном строительстве. Брошюра, одесское областное издательство 1976г. (II стр.)

16. Пираперский участок Татарбунарской оросительной системы. Брошюра. Тип. УИГВХ Одесса 1976 г. (20 стр.).
17. "Руководство по проектированию внутрихозяйственной оросительной сети для дождевых машин "Фрегат", "Волжанка", "Днепр" при применении электроперегрузных насосов". Брошюра тип. УИГВХ Одесса 1976 г. (40 стр.).
18. "Отчет о разработке и внедрении новых автоматизированных оросительных систем, исключающих применение металлических труб". Отчет-брошюра тип. УИГВХ Одесса 1976 г. (30 стр.).
19. "Методика проектирования закрытой оросительной сети с учетом переходных процессов". РТМ 33.23.04.009-76 изд. УИГВХ г. Одесса 1976 г. (20 стр.).
20. "Вопросы автоматизации процесса проектирования в институте "Укрэжтипроводхоз". Сборник докладов на 4М Всесоюзном научно-техническом совещании г. Краснодар 1976 г.
21. "Вопросы автоматизации процесса проектирования". Водные ресурсы, их изучение, использование и охрана. Часть II. Минск 1979 г.
22. "Автоматизация проектирования". Журнал "Гидротехника и мелиорация" № 8 1978 г.
23. "Скважинные электронасосные агрегаты для орошения". Журнал "Гидротехника и мелиорация" № 2 1976 г., соавтор Химич В.В.
24. "Конкретно-инженерный системно-структурный анализ процесса проектирования закрытой оросительной системы". Сборник статей Минводхоза РСФСР, Москва 1977 г., соавторы Дайнека В.Е., Сирота Б.Я.
25. "Техника планирования и проектирования объектов водохозяйственного назначения". Сборник докладов международного семинара ООН по планированию и проектированию развития водных ресурсов, Киев, 1982 г.
26. "Рисовые оросительные системы в дельте Дуная". Проспект для ВДНХ СССР, г. Одесса, 1980 г., соавторы: Нусимович С.Г., Гончаров С.М.
27. "Карты-чеки широкого фронта затопления на Дунайских рисовых системах". Проспект для ВДНХ СССР, г. Одесса, 1980 г., соавторы: Нусимович С.Г., Гончаров С.М.
28. "Повышение надежности внутрихозяйственных оросительных систем". Брошюра УИГВХ, г. Одесса, 1984 г. (20 стр.) (Методические рекомендации), соавторы: Нусимович С.Г., Лаванов Э.Г.
29. "Повышение долговечности внутрихозяйственной закрытой оросительной сети". Журнал "Гидротехника и мелиорация" № 6 1986 г., соавторы: Нусимович С.Г., Лаванов Э.Г.
30. "Обратный клапан с программным управлением". Авторское свидетельство № 1171627, соавторы: Корненко В.И., Дашков Ю.И., Рощков В.М.

31. "Влияние использования слабо-минерализованных вод для орошения в южных районах Украины". Сборник докладов на Международном семинаре ВСКАТО, Киев, 1984 г.

32. "Проектирование закрытых рисовых оросительных систем". Книга ВО Агропромиздат, Москва, 1989 г., соавторы: Нусимович С.Г., Гончаров С.М., Мендусь П.И.

33. Оросительная система. Авторское свидетельство № 1498895, соавторы: Сирота В.Я., Нусимович С.Г., Балановский Г.Д., Дука В.Ф., Гурин В.А., Евреенко Ю.П.

34. Водопадпорные сооружения на закрытых оросительных системах. Журнал "Мелиорация и водное хозяйство" № 8 за 1991 г., соавторы: Рудь А.М., Сирота В.Я.

35. Методические указания по техническому уходу и эксплуатации закрытой оросительной сети при поливе широкозахватной полевой техникой. Издано УИВХ г.Ровно и УИГХ г.Одесса тип. 1987 г. (80 стр.), соавторы: Гурин В.А.; Евреенко Ю.П., Сирота В.Я., Кашлаков Д.В., Боровой Я.А., Нусимович С.Г.

36. Орошение на Одешине. Минсельхоз Украины, Украинская академия аграрных наук, Одесский Госуниверситет, Одесская ГТМЗ, Одесский Сельхозинститут, Селекционно-генетический институт (г.Одесса), Областное издательство Одесса 1992 г., соавторы: Гоголев И.Н., Баер Р.А., Лыфенко С.Ф., Маколкина В.П., Друзьяк В.Г., Калинин В.А., Ершов С.А., Лаптев И.Я., Николаев И.П., Нусимович С.Г.

Научные, технические отчеты, технологические части проектов, рекомендации, разработки, использованные в диссертации.

37. Разработка оптимальных технических решений по автоматизированной рисовой закрытой оросительной системе (Отчет по теме Т-16 по Приказу Минводхоза УССР № 116 от 12 марта 1973 г.), Издан типографским способом, типограф. УИГХ Одесса, 1974 г. (объем 160 стр.), Соавторы: Нусимович С.Г.

38. Разработка, экономическое обоснование перспективных комплексных схем автоматизации мелиоративных систем (Отчет по теме Т-15 Приказ № 116. Минводхоза УССР от 12 марта 1973 г.) Издан типографским способом, типографии УИГХ, Одесса, 1974 г. (объем 260 стр.).

39. Червоноярская оросительная система в Килийском районе Одесской области. Технический проект. Утвержден экспертизой Минводхоза СССР в 1972 году.

40. Оросительная система с каскадным регулированием и автоматическим водораспределением. Технический проект (многократного использования). Утвержден экспертизой В.О.Совзводпроект и Минвод-

хозом СССР в 1973 г. Издан типографским способом тиражом 150 экз.

41. Паралорский участок Татарбунарской оросительной системы. Технологическая часть проекта с электропогружными насосами. Проект утвержден в 1972 году.

42. Разработка мероприятий по повышению надежности закрытой оросительной сети с широкозахватной дождевальной техникой (Отчет по теме "Сорзводпроект"). Отчет издан типографским способом в 100 экз. (объем 231 стр.), Одесса, 1986 год.

43. Дунай-Днестровская оросительная система (I и II очереди). Технический проект и рабочая документация. Утвержден Минводхозом СССР и Минсельхозом СССР I очередь в 1975 году, II очередь в 1988 году, соавторы: Заяц О.К. (ГИП).

44. Нижне-Днестровская оросительная система (II очередь и III очередь). Техпроект и рабочая документация. Утвержден Минводхозом и Минсельхозом СССР II очередь в 1979 году, III очередь в 1989 году, соавтор: Сирота В.Я. (ГИП).

45. Экспериментальные лабораторные исследования артезианских погружных насосов. Отчет Украинского института инженеров водного хозяйства г.Ровно, 1973 г.

46. Расчет и гидравлические исследования автоматизированной насадной водоподдачи с прямой гидравлической связью - отчет УИИВХ г.Ровно, 1974 г.

47. Уточнение методики расчетов и выработка технических условий проектирования магистральных водоподающих трактов при каскадном регулировании закрытых систем Нижне-Днестровской и Червоноярской оросительных систем Одесской области - отчет Московского инженерно-строительного института им. В.В.Куйбышева, (науч. руководитель проф. д.в.н. С.М.Слиоский), Москва, 1974 г.

48. Разработка и исследование способов полива орошаемых участков неправильной конфигурации при помощи мобильной дождевальной техники. Отчет Херсонского сельскохозяйственного института им. А.Д.Цирупы, 1978 г., соавторы: Маковский В.И., Нусимович С.Г. и др.

49. Рекомендации по применению предохранительных клапанов на закрытых оросительных сетях. РТМ 33.23.04.003-80. Одесса УИИВХ, 1980 г. (соавторы Гурин В.А., Сирота В.Я.).

50. Методическое пособие по расчету вариантов водоподдачи на различные отметки местности в диапазоне расходов, напоров и диаметров трубопроводов (для обоснования снижения энергоемкости оросительных систем Украины). Одесса, Дельный научный Центр АН Украины Одесский Облводхоз, 1992 г.

AB 28.301