

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**

**Федеральное государственное научное учреждение  
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»  
(ФГНУ «РосНИИПМ»)**

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Сборник статей

Выпуск 38

Новочеркасск 2007

УДК 631.587

ББК 41.9

П 78

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

В.Н. Щедрин (ответственный редактор), Г.Т. Балакай,  
В.Я. Бочкарев, Ю.М. Косиченко, Т.П. Андреева (секретарь)

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

В.И. Ольгаренко – заведующий кафедрой эксплуатации  
ГМС ФГОУ ВПО «НГМА», засл. деятель науки РФ, чл.-кор.  
РАСХН, д-р техн. наук, профессор;

В.В. Бородычев – руководитель ВКО ГНУ «ВНИИГиМ»,  
чл.-кор. РАСХН, д-р с.-х. наук, профессор

**Пути повышения эффективности орошаемого зем-**  
П 78 **леделия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ» / Под ред.**  
В.Н. Щедрина. – Новочеркасск: ООО «Геликон»,  
2007. – Вып. 38. – 198 с.

Сборник статей подготовлен ФГНУ «РосНИИПМ» по материа-  
лам научных конференций «Повышение эффективности эксплуатации  
оросительных систем в современных условиях» (1-3 августа 2007 г.),  
«Правовые и технические проблемы перехода к платному водопользо-  
ванию» (5-7 декабря 2007 г.).

Выпуск 38

УДК 631.587

ББК 41.9

ISBN 5-93542-014-7

© ФГНУ «РосНИИПМ», 2007

© Оформление. ФГНУ

«РосНИИПМ», 2007

## СОДЕРЖАНИЕ

Щедрин В.Н., Бочкарев В.Я. Формирование нормативно-методического обеспечения развития мелиорации с учетом перехода на международную систему стандартов .....	6
Ханмагомедов С.А. Анализ современного состояния оросительных систем в Ростовской области.....	11
Ханмагомедов С.А. Теоретические аспекты проблем прогнозирования развития агропромышленного комплекса .....	15
Капустян А.С. Особенности формирования мелиоративного состояния орошаемых земель на Юге России.....	19
Капустян А.С., Юченко Л.В. Совершенствование нормативов организации труда при эксплуатации мелиоративных объектов.....	22
Косиченко Ю.М., Колганов А.В., Шкуланов Е.И., Шепелев А.Е. Оценка риска разрушения гидротехнических сооружений и его финансовое обеспечение .....	27
Косиченко Ю.М., Шкуланов Е.И., Шепелев А.Е. Форма и способ страхования гидротехнических сооружений .....	32
Чураев А.А., Сенчуков Г.А. Реконструкция и техническая модернизация плавучих насосных станций в Астраханской области.....	38
Лозовой В.Н., Васильченко А.П., Ермак Д.В. Перспективные конструкции рыбозащитных сооружений и устройств на водозаборах мелиоративного назначения .....	41
Косиченко Ю.М., Колганов А.В., Чернов М.А. Выбор противотрационных облицовок при реконструкции каналов в земляном русле.....	48
Иовчу Ю.И. Анализ натуральных данных шероховатости и гидравлических сопротивлений каналов Юга России.....	53
Иовчу Ю.И. Влияние условий эксплуатации на гидравлические сопротивления русел оросительных каналов.....	60
Воеводин О.В., Кожанов А.Л. Применение методологии функционального моделирования при описании процесса организации системы периодического орошения .....	64
Кожанов А.Л., Васильев С.М. Конструкция оросительной системы для условий циклического и периодического орошения .....	70

Кожанов А.Л., Воеводин О.В. Особенности расчета дополнительной площади периодического орошения для условий Ростовской области.....	75
Кожанов А.Л. Технологии перемещения и монтажа системы периодического орошения.....	80
Сенчукова Е.А. Особенности эксплуатации и результаты обследования технического состояния малых гидроузлов прудов и водохранилищ .....	85
Лозовой В.Н. Перспективы развития сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения в Российской Федерации .....	89
Васильев А.М. Повышение функциональной надежности систем сельскохозяйственного водоснабжения .....	94
Сухарев Д.В., Карасев Ю.С. Теоретическое обоснование параметров секторной дождевальная насадки.....	98
Нестеров И.Н. Анализ влияния узлов и систем на эксплуатационную надежность ДМ «Днепр» .....	102
Карасев Ю.С., Сухарев Д.В., Снопич Ю.Ф. Результаты полевых опытов работы ДМ «Фрегат» с секторными насадками.....	107
Погоров Т.А. Определение рабочей высоты ножа шнекового режущего аппарата.....	111
Бочкарев В.Я., Ивахненко А.Е. Результаты мониторинга состояния и предложения по совершенствованию организации водочета на мелиоративных системах РФ.....	118
Бочкарев В.Я. Способы и технические средства определения объемов подачи воды при организации платного водопользования на оросительных системах .....	123
Варичев М.А. Обеспечение рационального использования водных ресурсов.....	128
Варичев М.А. Техническое обоснование и результаты исследований ультразвукового расходомера РВУ-1 .....	131
Клишин И.В. Система поддержки принятия решений при водораспределении на телемеханизированных открытых оросительных системах .....	134
Селюков В.И., Клишин И.В. Вопросы создания типовых комплексов автоматизации управления водораспределением для открытых оросительных систем.....	140

Кульгавюк А.В. Актуальность создания электронного диспетчерского журнала управления оросительной системы .....	146
Ханмагомедов С.А., Скоров А.Н. Методика расчета затрат на оказание услуг по подаче воды для орошения .....	151
Васильев С.М., Степанова Т.Г. Оценка влияния поверхностного стока на загрязнение Веселовского водохранилища .....	156
Васильев А.М. Отвод и утилизация поверхностного стока с урбанизированных территорий .....	161
Тарасьянц С.А., Ряснов В.А., Апальков А.Ф., Реунов Н.В. Расчет кольцевого струйного насоса с повышенным КПД .....	165
Апальков А.Ф., Ряснов В.А., Александров В.В., Тарасьянц С.А. Экономическое обоснование использования эжекторной насосной станции с высокими колебаниями уровней в водотоке .....	171
Колесников Ю.А., Салдаев А.М. Механическая модель процесса броска плода планкой транспортера .....	175
Пундикова Н.С. Оценка водного баланса регулирующего водохранилища «Ростовское море» на Темерницком тракте .....	181
Мануйлова Е.В. Исследование факторов, влияющих на изменение фильтрационных параметров пятна загрязнения из золошлакоотвалов при авариях .....	187

УДК 631.6.016: 631.6.006

## **ФОРМИРОВАНИЕ НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ С УЧЕТОМ ПЕРЕХОДА НА МЕЖДУНАРОДНУЮ СИСТЕМУ СТАНДАРТОВ**

В.Н. Щедрин, В.Я. Бочкарев

ФГНУ «РосНИИПМ»

Всем известны происходящие изменения в сельском хозяйстве России, как в системе производственных отношений, так и в формах государственного регулирования аграрного сектора на федеральном и региональном уровнях. Однако осуществляемая государственная политика в отношении развития АПК не дает желаемых результатов в мелиоративной отрасли. Продолжается деградация технически сложных и дорогостоящих мелиоративных объектов, снижается плодородие земель и продуктивность сельскохозяйственных культур, в том числе и эффективность использования мелиорированных земель. Еще находящиеся в государственной собственности объекты межхозяйственной сети также теряют свой технический ресурс.

В связи с реализацией федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании», нового федерального закона от 29 декабря 2006 г. № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства», а также принятием Государственной Программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008-2012 годы (утверждена постановлением Правительства РФ № 446 от 14 июля 2007 года) [1, 2, 3] возникла проблема изменения нормативно-методической базы для мелиоративной отрасли АПК России с учетом современных требований.

Краткий анализ состояния нормативного обеспечения (стандартизации) мелиоративного профиля показывает следующее. По состоянию на 01.08.2007 года используются более 80 стандартов всех уровней, регламентирующих виды деятельности, материалы и оборудование мелиоративного назначения. Национальных стандартов, унифицированных с требованиями ИСО, а также стандартов ИСО прямого действия имеется пять единиц. После 1990 года принято

34 национальных и международных стандартов. Более половины стандартов требуют переоценки либо отмены.

В перечне стандартов мелиоративного назначения распределение по видам деятельности следующее:

- мелиорация (технологии, оборудование, материалы) – 25;
- проектирование строительства мелиоративных объектов – 23;
- охрана природы, гидросфера, качество вод – 19;
- термины и определения, организационно-технические – 13.

Таким образом, очевидно несоответствие между числом основных, технологических стандартов по мелиорации и числом сопутствующих стандартов (охрана природы и организационно-технические). Между тем, современная ориентация на работу в системе международных стандартов ИСО с разработкой долговременной программы развития национальных стандартов требует изменения приоритетов развития системы стандартизации в мелиоративной сфере АПК России [4, 5].

Деловая среда, в которой будет использоваться современная нормативная база (технические регламенты, национальные стандарты, стандарты предприятий и т.п.), определяется следующими группами потребителей продукции и услуг:

- органы государственного управления всех уровней в области сельского хозяйства, включая мелиоративный сектор;
- комплекс эксплуатационных, водохозяйственных и вспомогательных учреждений, организаций и предприятий, составляющих федеральную службу эксплуатации мелиоративных систем и отдельных гидротехнических сооружений;
- многочисленный отряд сельхозпроизводителей всех форм собственности, располагающий внутрихозяйственными мелиоративными системами и гидротехническими сооружениями;
- прочие потребители нормативно-технической продукции из других сфер производственной деятельности АПК России, других министерств и ведомств.

Соответственно, первоочередной задачей становится разработка новых или пересмотр существующих нормативно-методических документов (НТД) [3]. Фактически предстоит создать принципиально новые комплексы НТД, основанные на Технических регламентах по мелиорации, как основополагающих нормативах. В качестве осно-

вопологающих стандартов в области ирригации и дренажа рекомендуется принять соответствующие документы международной системы стандартов ИСО, дополнив по необходимости национальными стандартами (см. положения федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании»).

С учетом принятого разделения полномочий, создаваемая нормативная база на уровне основополагающих документов должна иметь общедоказательное значение, а методические и организационно-технические документы должны учитывать специфические особенности регионов. Для упрощения использования представляется рациональным структурное разделение нормативной базы на отраслевые комплексы нормативных документов (ОКНД) по видам деятельности. Поэтому структура самого ОКНД, как правило, должна включать:

- основополагающие нормативные документы ОКНД – руководящие документы АПК. В них определяются правила создания и функционирования системы стандартов и другой НТД по видам деятельности, устанавливаются требования к организационной структуре и взаимосвязям субъектов системы стандартизации, приводятся общие положения, регламентирующие организацию технического, информационного и метрологического обеспечения;

- рекомендации, определяющие методы и средства технической диагностики состояния объектов контроля, правила сбора, обработки и формализации данных;

- методические указания, определяющие порядок выполнения отдельных технологических операций контроля и устанавливающие требования по их техническому и информационному обеспечению.

Следующей проблемой является проведение необходимых организационных мероприятий по формированию структурных подразделений по стандартизации (по необходимости) в составе государственных организаций Депмелиорации Минсельхоза России всех уровней. При этом должна быть проведена окончательная доработка нормативно-методической базы и урегулированы все организационные вопросы взаимодействия исполнительных органов.

В новой системе стандартизации большое значение приобретает реструктуризация и рационализация документооборота внутри ведомства, что обусловлено будущим введением в действие Технических регламентов. Предлагается переход в организации документо-



оборота на использование современных компьютерных технологий, включая ГИС-технологии, как с учетом всего позитивного в ранее существующем документообороте, так и с введением новых отчетно-информационных документов.

Эффективность применения (использования) новой правовой и нормативно-методической базы во многом зависит от качества контроля исполнения стандартов и других НТД. Возникает закономерный вопрос, какой механизм следует включить в систему государственного регулирования и поддержки развития мелиоративной отрасли, чтобы он обеспечивал:

- 1) достоверный мониторинг состояния мелиоративных объектов;
- 2) возможность проведения ситуационного и стратегического анализа развития мелиоративной отрасли для выработки необходимых управленческих решений.

В программном документе «Основные направления агропродовольственной политики Правительства Российской Федерации на 2001-2010 годы» предусмотрен такой механизм. Это осуществление общегосударственных контрольных функций в отрасли. Фактически определена необходимость создания дееспособной системы контроля состояния и эффективности использования производственных объектов АПК. Применительно к мелиоративной отрасли, целями государственного контроля должно быть выполнение реального технического контроля состояния объектов, сооружений, техники, технологического оборудования и т.п. Кроме того, требуется проведение оперативного контроля состава и качества выполняемых мелиоративных мероприятий, эффективности использования мелиорированных земель.

Для достижения поставленной цели потребуется решение ряда организационно-технических задач:

- 1) проведение организационных мероприятий по созданию специализированных и независимых подразделений системы контроля на федеральном и региональном уровне;
- 2) обеспечение структурных подразделений системы контроля необходимыми инструментальными средствами контроля;
- 3) создание необходимой инфраструктуры информационного обеспечения системы контроля.

Общий подход к созданию системы контроля объектов мелиоративной отрасли предполагает сохранение сформировавшейся системы

производственных отношений и управления мелиоративной отраслью. Поэтому основные контрольные функции должны быть возложены на органы государственного управления в области мелиорации земель субъектов Российской Федерации (закон РФ «О мелиорации земель»).

Координация деятельности исполнительных органов системы стандартизации и мониторинга, нормативно-методическое и информационное обеспечение, проведение ситуационного анализа отводится головной организации системы контроля. В настоящее время такого рода полномочия переданы ФГНУ «РосНИИПМ», на базе которого создается Технический комитет по стандартизации (ТК) «Оросительное и дренажное оборудование и системы» с подкомитетами, охватывающими основные виды деятельности и производимой продукции в области мелиорации, ирригации и дренажа. В перспективе институт должен возглавить всю работу по подготовке проектов Технических регламентов, международных и национальных стандартов, другой нормативно-технической документации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (в ред. Федерального закона от 09.05.2005 № 45-ФЗ). – М., 2005.
2. Федеральный закон № 4-ФЗ «О мелиорации земель» (в ред. Федеральных законов от 10.01.2003 № 15-ФЗ, от 22.08.2004 № 122-ФЗ (ред. 29.12.2004)).
3. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия (на 2008-2012 годы). Утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2007 г. № 446. – М., 2007.
4. Федеральный закон № 4871-1 ФЗ «Об обеспечении единства измерений» (в ред. Федерального закона от 10.01.2003 № 15-ФЗ). – М., 2003.
5. ГОСТ Р. 1.1-2006. Национальный стандарт Российской Федерации «Стандартизация в Российской Федерации. Технические комитеты по стандартизации, порядок создания и деятельности».

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С.А. Ханмагомедов  
ФГНУ «РосНИИПМ»

С начала 90-х годов прошлого века начался интенсивный процесс списания орошаемых земель, перевод их в богарные. Основные причины списания орошаемых земель заключаются в сокращении финансирования ремонтно-эксплуатационных работ, физическом и моральном износе оросительных систем, построенных в области в 50-60 -е годы, как правило, без дренажа, с каналами в земляном русле. Эти и другие обстоятельства вызвали необходимость списания в последние годы около 100 тыс. га. Наиболее интенсивно списывались орошаемые земли в отдаленных районах области, где на орошении традиционно производились главным образом кормовые культуры. В настоящее время площадь орошаемых земель сократилась до 288,9 тыс. га, что составляет 68,7 % по сравнению с 1990 г. (табл. 1).

Таблица 1

### Наличие орошаемых земель в Ростовской области\*

Год	Всего орошаемых земель, тыс. га	В том числе:		Доля площадей на госсистемах, %
		на госсистемах, тыс. га	на местном стоке, тыс. га	
1	2	3	4	5
1952	20,1	-	20,1	0
1955	137,1	116,4	20,7	84,9
1960	154,7	123,4	31,3	79,8
1965	169,4	138,1	34,1	79,9
1970	242,9	171,1	71,8	70,4
1975	358,3	225,1	133,2	62,8
1978	411,5	259,1	152,4	62,2
1980	409,0	267,9	141,1	65,5
1985	433,4	288,7	144,7	66,6
1990	420,1	299,1	121,0	71,2
1992	424,2	305,8	118,4	72,1
1994	355,9	261,9	87,0	75,6
1996	336,9	262,5	74,4	77,9
1998	325,0	258,6	66,4	79,6

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
1999	299,4	245,8	53,6	82,1
2000	292,0	244,5	47,7	83,8
2005	288,9	244,6	44,3	84,6

\*– По данным Ростовмелиоводхоза.

Так, в 1997-1998 гг. в Ростовской области вообще не было ввода в эксплуатацию орошаемых площадей; в 1999 г. были введены в эксплуатацию 630 га орошаемых земель после реконструкции и 370 га площадей нового орошения; в 2005 г. были введены в эксплуатацию 1405 га орошаемых земель после реконструкции, ввода площадей нового орошения не было.

Орошаемое земледелие на Нижнем Дону в основном базируется на Донском магистральном канале (табл. 2) протяженностью 112 км, подающем донскую воду с головным расходом 250 м<sup>3</sup>/с из Цимлянского водохранилища. Кроме того, эксплуатируются системы с водозабором непосредственно из Дона – Чирская, Приморская, Нижне-Маньчская, Константиновская, Хорошевская и Цимлянская; построены также системы за пределами бассейна Дона: Миусская и Право-Егорлыкская.

Таблица 2

**Распределение площадей орошения в разрезе оросительных систем Ростовской области\***

Оросительная система	Год ввода	Наличие орошаемых площадей на 01.01.2005 г., тыс. га
1	2	3
Азовская	1952	24,4
Багаевско-Садковская	1954	45,6
Верхне-Сальская	1975	23,7
Донская	1953	25,6
Маньчская	1986	10,8
Мартыновская	1990	11,9
Миусская	1979	7,5
Нижне-Донская	1952	39,1
Нижне-Маньчская	1974	3,6
Право-Егорлыкская	1958	2,1
Приморская		14,4
Присальская	1953	3,2
Пролетарская	1960	23,8
Хорошевская	1963	0,9
Чирская	1987	5,7

## Продолжение таблицы 2

1	2	3
Цимлянская	-	1,8
Константиновская	-	1,7
Итого по госсети:		245,8
Мелкие участки хозяйств на местном стоке		53,6
Орошение в городах		4,5
Всего по области		299,4
в т.ч. в бассейне Дона		278,3
из них ДМК		175,5

\* – По данным Ростовмелиоводхоза.

Все более существенной проблемой становится ухудшение технического состояния дренажа. К наиболее частым причинам отказа закрытой дренажной сети относятся: нарушение целостности трубчатой линии, заполнение полости труб грунтом и материалом обсыпки, кольматация перфорационных отверстий и фильтров – 50 %, выход из строя устьев дрен, разрушение колодцев – до 30 %; на открытых дренах оплывание откосов составляет около 40 %, их обрушение – до 15 % от числа обследованных. Это дает основание предположить, что при существующих условиях эксплуатации через 8-10 лет закрытый горизонтальный дренаж станет полностью неработоспособен.

Наиболее распространенным способом полива в Ростовской области является дождевание, им охвачено сегодня более 80 % фактически поливаемых площадей. В 1985 г. количество поливной техники составляло 3998 шт., что близко к нормативной обеспеченности. К 2005 г. общее количество дождевальной техники в области сократилось до 1366, из которых 898 шт. с истекшим сроком эксплуатации (65,7 %).

Мелиоративное состояние орошаемых земель области характеризуется следующими показателями: по уровню залегания грунтовых вод и засолению площади с хорошим состоянием составляют 198,2 (69 %), удовлетворительным – 35,3 (12 %), неудовлетворительным 55,4 тыс. га (19 %). В результате, в ближайшие 7-10 лет возможно снижение бонитета орошаемых почв на 10-15 %, что соответственно повлечет снижение урожайности и ухудшение экологической обстановки.

В целом, мелиоративная обстановка на оросительных системах области свидетельствует о необходимости разработки и осуществле-

ния комплекса мероприятий по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель. К таким мероприятиям относятся:

- реконструкция оросительной сети, находящейся в неудовлетворительном состоянии;

- реконструкция существующей коллекторно-дренажной сети, не обеспечивающей поддержание уровня грунтовых вод на допустимой для данных условий глубине и, в первую очередь, на площадях, подверженных или опасных по вторичному засолению;

- строительство технически совершенных дренажных систем на площадях, не обеспеченных дренажем, при высоком уровне залегания грунтовых вод;

- капитальная планировка;

- проведение химических и комплексных мелиораций;

- внесение минеральных, органических удобрений и органоминеральных компостов.

С повышением эффективности орошаемого земледелия связаны перспективы восстановления и развития сельскохозяйственного производства. Проведение комплексной реконструкции (по материалам Департамента «Ростовмелиоводхоз») необходимо на площади 125,4 тыс. га, в том числе: реконструкции ГМС на 90,2 тыс. га, строительство и переустройство коллекторно-дренажной сети – на площади 63,1 тыс. га; в капитальной планировке нуждаются 51,5 тыс. га орошаемых земель.

Таким образом, дать необходимую полнообъемную оценку эффективности проведения работ по реконструкции с целью выявления целесообразности осуществленных затрат для достижения проектных показателей улучшения мелиоративного состояния и урожайности сельскохозяйственных культур за последние годы весьма затруднительно в связи со значительным сокращением финансирования и, соответственно, практически полным прекращением работ по комплексной реконструкции оросительных систем в Ростовской области.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМ  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ  
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

С.А. Ханмагомедов  
ФГНУ «РосНИИПМ»

Зарождение современной теории прогнозирования и планирования относится к началу 20-х гг. прошлого века. До этого в большинстве стран делались попытки использовать в планировании прогнозную, или «генетическую» концепцию, основоположником которой в нашей стране можно считать Н.Д. Кондратьева, который был первым теоретиком концепции «план-прогноз», которая в настоящее время нашла применение во многих странах в виде одной из сторон индикативного планирования [1].

Под прогнозом в настоящее время понимается научно обоснованное суждение о возможных состояниях объектов в будущем и (или) об альтернативных путях и сроках их осуществления. План базируется на гипотезе и прогнозе. Он представляет собой постановку строго определенной цели и четкое предвидение конкретных, детальных событий для объекта на определенный срок его функционирования.

Новым направлением в использовании плановых методов становится ориентирование субъектов рынка на показатели (индикаторы) индикативных планов. Рыночные сигналы должны содержать предположения о повышении или понижении платежеспособного спроса населения, желательно по отдельным их группам.

Весьма важной является оценка предстоящей ситуации на внутреннем рынке страны, ее межрегиональных аспектов, а также на мировом рынке, главным образом для определения направлений и возможностей экспортной деятельности.

Ориентирующие материалы не заменяют и не дублируют прогнозы. Если прогноз включает возможные сценарии развития экономической ситуации, примерные параметры развития (или спада) АПК и, по существу, предупреждает о позитивных и негативных последствиях осуществляемых мер, то в задачу ориентирующих документов входит дать рекомендации по поведению субъектов рынка в предстоящем периоде.

По мнению А.Ф. Серкова, ориентирование занимает положение между прогнозированием и непосредственно планированием [2]. Взаимосвязи между рассмотренными выше основными категориями (прогнозирования и планирования) можно условно изобразить следующим образом:

«Гипотеза – прогноз – ориентирование на показатели – индикаторы индикативных планов – план».

При обосновании планов используются не только индикаторы-показатели индикативных планов, но разрабатываются концепции и программы.

Прогноз в АПК представляет описание возможного развития производства, экономики, экономических процессов на предстоящий период. Составление экономического и других прогнозов включает ряд этапов: анализ и оценка сложившегося положения, выделение наиболее существенных тенденций, формирование гипотезы или концепции, выбор методов прогноза и, наконец, разработка самого прогноза [3].

По времени учреждения можно выделить следующие группы прогнозов: долгосрочные (5-15 лет), среднесрочные (1-5 лет), краткосрочные (от одного месяца до года), оперативные (до одного месяца). По времени осуществления различают прогноз в реальном масштабе времени, этапный прогноз, неограниченный по времени принятия решения.

В табл. 1 показана оценка значимости проблем прогнозирования развития АПК.

Таблица 1

**Оценка значимости проблемы прогноза развития АПК  
(по 10-балльной шкале), баллы**

Наименование проблем прогнозирования	Оценка опыта разработки прогнозов до 1990 и до 2000 гг., баллы	Оценка современного опыта прогнозирования, баллы	Отношение гр.3 к гр.2, раз
1	2	3	4
Проблема создания систем прогнозирования: Задача информационного обеспечения (создания базы данных)	8,7	9,3	1,1



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Задача оценки статистики объекта прогноза	7,6	8,7	1,1
Задача математического обеспечения	7,3	8,4	1,2
Задача технического обеспечения	6,5	7,6	1,2
Проблема верификации (повышения достоверности) прогнозов	8,4	9,1	1,1
Проблема выбора методов прогноза	8,9	8,1	0,9
Проблема классификации методов	5,6	6,1	1,1
Проблемы адаптации методов к объекту прогноза	5,6	7,2	1,3
Проблема совершенствования действующих методов прогнозирования	4,7	8,1	1,7
Проблема разработки новых методов прогноза	4,1	7,3	1,8

Исследования в области прогнозирования показали (табл. 1), что 27 лет тому назад проблема выбора методов прогноза была оценена (по 10-балльной шкале ВНИИЭиН) достаточно высоко – 8,9 балла, тогда как проблема адаптации методов к объекту прогноза – всего 5,6 балла. Недостаточно высоко были оценены проблемы совершенствования действующих и разработка новых методов прогнозов (4,7 и 4,1 балла соответственно).

В вопросах создания систем прогнозирования (экономико-математические модели – ЭММ) наибольшее значение придается информационному обеспечению (созданию базы данных) – 8,7 балла, однако явно недооценили математическое, и особенно техническое обеспечение (всего 7,5 и 6,5 балла, персональные компьютеры были созданы только в 1980 г.).

Анализ табл. 1 показал, что в современных условиях значительно возросло значение как совершенствования действующих методов прогнозирования (рост оценки значимости в 1,7 раза), так и разработки новых методов прогнозирования (рост оценки в 1,9 раза). Большое значение придается также адаптации применяемых методов к объекту прогноза (рост оценки значимости в 1,3 раза).

Задачам математического и технического обеспечения прогнозирования в современных условиях уделяется гораздо большее внимание (рост оценки значимости в 1,2 раза). В табл. 2 показана оценка по 10-балльной шкале сравнительной значимости различных экспертных методов, используемых в процессе прогноза развития АПК по уровням прогнозирования: федеральном и региональном; район-

ном и муниципальном; на уровне сельхозорганизаций. Результаты проведенных исследований показали, что индивидуальные экспертные оценки, как наиболее простые (метод интервью), могут быть использованы преимущественно на уровне сельхозорганизации, а также района, муниципального образования. Что касается коллективных экспертных оценок, особенно таких сложных, как дельфийский, матричный, сценарный методы, то предпочтительно их применение на федеральном и региональном уровнях.

Таблица 2

**Оценка значимости различных экспертных методов в процессе прогнозирования развития АПК (по 10-балльной шкале)**

Наименование методов	Уровни прогнозирования, баллы		
	федеральный, региональный	районный, муниципальный	сельхозорганизации
Индивидуальные экспертные оценки	5,1	6,8	5,6
Коллективные экспертные оценки	8,8	7,4	5,4
из них:			
- метод экспертных комиссий	9,0	7,7	5,7
- дельфийский метод	7,6	6,5	4,7
- матричный метод	7,3	6,0	4,7
- эвристический метод	6,8	6,0	5,1
- метод построения прогнозных сценариев	8,4		6,5
- метод «мозговой атаки»	7,1	6,5	5,4
- метод «дерева целей»	7,4		5,0

Таким образом, в настоящее время прогнозирование преимущественно основывается на экономико-математическом моделировании. Наиболее часто используется инструментарий математической статистики. При этом широко используются линейные и нелинейные трендовые модели, парные линейные и нелинейные уравнения регрессии, многофакторные линейные уравнения регрессии.

Современное развитие экономики характеризуется возрастанием роли новых знаний и инноваций, а также организацией их оперативной передачи с использованием новых информационных технологий.

Развитие экономики, в том числе и аграрной, требует теоретического осмысления и совершенствования процесса получения новых знаний, основанных на развитии методологии и системы соответствующих методов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической динамики. – М.: Экономика, 1989. – 526 с.
2. Серков А.Ф. Индикативное планирование в сельском хозяйстве. – М.: Информагробизнес, 1996. – 161 с.
3. Беданов М.К. Прогнозирование и планирование развития аграрного сектора экономики (вопросы теории и практики). – Ростов-н/Д: Изд-во РГУ, 2005. – 285 с.

УДК 631.587

### **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ЮГЕ РОССИИ**

А.С. Капустян

ФГНУ «РосНИИПМ»

По своим климатическим условиям рассматриваемый регион является наиболее благоприятным для выращивания широкого набора сельскохозяйственных культур, однако значительная часть территории находится в зоне недостаточного увлажнения, что не позволяет в полной мере использовать высокие потенциальные возможности этих земель. Поэтому одним из основных путей повышения устойчивости сельскохозяйственного производства является развитие орошаемого земледелия, в первую очередь, в засушливых районах.

Массовое строительство оросительных систем, начатое в 50-х годах прошлого столетия, обеспечило подъем и увеличение стабильности урожаев сельскохозяйственных культур, а также вовлечение в сельхозоборот малопригодных и непригодных для освоения в богарных условиях земель.

К 1990 году в России была отмечена максимальная площадь орошаемых земель, а в структуре посевных площадей, наряду с традиционными сегодня культурами, присутствовало более 60 % кормовых культур.

Однако с начала 90-х годов начался интенсивный процесс списания орошаемых земель во всех регионах страны, и к 2004 году в Южном федеральном округе (ЮФО), по данным Мелиоративного кадастра, они сократились на 471,8 тыс. га (7 %), в том числе с дренажем на 150,8 тыс. га (6 %) (табл. 1). Заложенный на 35,7 %

(809,8 тыс. га) орошаемых площадей ЮФО дренаж в результате снижения работоспособности большей части дренажных систем не обеспечивает сегодня поддержание запланированного благоприятного мелиоративного режима, что наряду с другими причинами приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур с мелиорированного гектара.

Таблица 1

**Динамика площадей орошаемых земель  
по Южному федеральному округу**

Субъект Федерации	Площадь орошаемых земель, тыс. га					
	Общая		Обеспеченная дренажем			
			всего		в том числе с закрытым дренажем	
	1990 г.	2004 г.	1990 г.	2004 г.	1990 г.	2004 г.
Республика Адыгея	39,6	26,2	21,1	15,0	0,6	3,0
Республика Дагестан	393,5	384,7	93,5	111,2	31,0	31,0
Кабардино-Балкарская Республика	130,0	129,3	21,6	15,3	7,5	7,5
Республика Калмыкия	57,7	42,0	12,1	10,4	7,7	8,1
Карачаево-Черкесская Республика	22,2	19,8	6,7	5,9	6,6	5,9
Республика Северная Осетия	77,3	75,5	0,4	0,4	0,4	0,4
Краснодарский край	438,6	394,8	276,4	270,5	32,4	33,2
Ставропольский край	411,5	346,0	183,0	166,3	132,8	125,9
Астраханская область	238,2	181,5	76,3	66,7	21,9	24,0
Волгоградская область	352,8	245,3	16,7	12,8	2,5	2,7
Ростовская область	420,0	263,7	178,9	135,3	79,2	62,9
<b>Всего</b>	<b>2581,4</b>	<b>2108,8</b>	<b>886,7</b>	<b>809,8</b>	<b>322,8</b>	<b>304,6</b>

Основные причины списания орошаемых земель заключаются в значительном моральном и физическом износе оросительных систем, построенных в 50-60 годах, как правило, без дренажа, с каналами в земляном русле. В последние годы государственное финансирование строительства и реконструкции оросительных систем практиче-

ски было прекращено, соответственно резко сократились объемы работ по реконструкции и поддержанию эксплуатационной готовности дренажных систем.

Анализ закономерностей формирования мелиоративного состояния орошаемых земель и связанного с ним режима и баланса грунтовых вод на оросительных системах Нижнего Дона показывает, что основным дополнительным источником питания грунтовых вод на территории оросительных систем является фильтрация из оросительных каналов всех уровней. Этот факт подтверждается и результатами исследований, выполненных в других регионах России. Поэтому на территориях оросительных систем, несмотря на сокращение поливаемых площадей, значительных изменений в динамике равней грунтовых вод (УГВ) не происходит (табл. 2).

Таблица 2

**Динамика площадей орошаемых земель по уровню залегания грунтовых вод**

Уровень залегания грунтовых вод (УГВ), м	Динамика площадей орошаемых земель, %			
	1986 г.	1990 г.	1995 г.	2004 г.
УГВ<1,0	1,03	1,34	1,30	1,77
1,0<УГВ<1,5	5,98	6,60	6,10	7,57
1,5<УГВ<2,0	13,41	14,39	14,04	15,80
2,0<УГВ<3,0	24,18	23,11	20,61	22,09
3,0<УГВ<5,0	20,73	20,24	22,09	24,26
УГВ>5,0	29,98	34,30	33,07	28,48

Приведенные в табл. 2 данные свидетельствуют о том, что на территории оросительных систем сохраняется сформировавшийся в первые годы эксплуатации установившийся режим фильтрации грунтовых вод. Незначительное перераспределение площадей из интервалов с глубоким залеганием УГВ в интервалы менее 2,0 м является следствием неудовлетворительной работы дренажных систем.

Несмотря на устойчивую тенденцию к сокращению фактически используемых и поливаемых площадей на оросительных системах, их мелиоративное состояние не улучшается, а продолжает постепенно ухудшаться (табл. 3).

Для всей территории ЮФО, за 14-летний промежуток времени, характерны следующие изменения в мелиоративной обстановке – уменьшение площадей с хорошим мелиоративным состоянием земель на 4,1 % и, соответственно, увеличение площадей с удовлетвори-

ным и неудовлетворительным мелиоративным состоянием на 1,6 и 2,5 %.

Таблица 3

**Динамика мелиоративного состояния земель на территориях оросительных систем ЮФО**

Общая площадь орошаемых земель		Мелиоративное состояние, тыс. га (%)					
		хорошее		удовлетворительное		неудовлетворительное	
1990 г.	2004 г.	1990 г.	2004 г.	1990 г.	2004 г.	1990 г.	2004 г.
2581,4	2108,8	1541,2	1171,6	476,7	424,3	563,5	512,9
(100%)	(100%)	(59,7%)	(55,6%)	(18,5%)	(20,1%)	(21,8%)	(24,3%)

Отмеченные закономерности изменения мелиоративного состояния хорошо согласуются с динамикой уровней грунтовых вод на рассмотренной территории (табл. 2).

Таким образом, при решении проблемы улучшения мелиоративного состояния земель в орошаемой зоне Юга России особое внимание следует уделять вопросам регулирования уровня режима грунтовых вод, и в первую очередь, снижению фильтрационных потерь из оросительных каналов всех уровней.

УДК 626.82.004:658.5(083.7)

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВОВ  
ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ**

А.С. Капустян, Л.В. Юченко

ФГНУ «РосНИИПМ»

Мелиоративный фонд России составляет сегодня более 9 млн га земель. Протяженность мелиоративной сети только федерального уровня составляет 64 тыс. км, а количество гидротехнических сооружений на мелиоративных системах превышает 57 тыс. шт. [1].

Техническая исправность и работоспособность данного объема мелиоративных объектов обеспечивается систематическим проведением эксплуатационных работ и мероприятий. К ним относятся уход и надзор за всеми элементами мелиоративных систем, текущий и капитальный ремонт.

Вот почему совершенствование службы эксплуатации мелиоративных систем является исключительно важным и необходимым.

Изучение состояния эксплуатационных организаций России показало, что во всех регионах эксплуатацию мелиоративных объектов осуществляют республиканские, краевые и региональные Управления по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению. Сложилась следующая иерархическая структура органов эксплуатации со ступенями: Департамент мелиорации земель и технического обеспечения, Региональные Демелиоводхозы и филиалы управления Демелиоводхозов (бывшие управления эксплуатации оросительных систем, гидрогеолого-мелиоративная служба).

По данным анкетного опроса, выполненного институтом ФГНУ «РосНИИПМ» в 2006 году, нагрузка на одного работника службы эксплуатации оросительных систем России составила в среднем 215,3 га, что на 32 % больше, чем расчетная, полученная по рекомендациям, предложенным институтом Южгипроводхоз (6,8 единиц персонала на 1000 га) [2].

Современное состояние численности эксплуатационных служб по России выглядит следующим образом (таблица).

Таблица

**Расчетная и фактическая численность  
эксплуатационного персонала на ОС России**

Наименование региона	Численность эксплуатационного персонала, чел.	
	расчетная	фактическая
Республика Адыгея	178	125
Астраханская область	1234	644
Волгоградская область	1668	2164
Республика Дагестан	2616	2167
Кабардино-Балкарская Республика	879	241
Республика Калмыкия	286	246
Карачаево-Черкесская Республика	135	80
Республика Северная Осетия-Алания	513	98
Ставропольский край	2353	1102
Ростовская область	1793	1475
Липецкая область	382	53
Республика Мордовия	305	61
Пензенская область	435	123
Самарская область	982	819

Как видно из анализа таблицы, практически во всех регионах России фактическая численность эксплуатационного персонала значительно ниже расчетной. Из-за недостаточного финансирования, уменьшения численности работников и неукомплектованности квалифицированными кадрами многие службы эксплуатации не могли выполнять в полном объеме работы, связанные с технической эксплуатацией мелиоративных объектов. Это приводило к снижению технического уровня мелиоративной сети и ГТС и ухудшению мелиоративной обстановки на орошаемых массивах и прилегающих к ним территориях. Видоизменились и некоторые виды работ, связанные с техническим уровнем существующих мелиоративных систем, в результате чего действующие на сегодняшний день структуры и штаты сотрудников эксплуатационных служб также претерпели серьезные изменения. В этой связи возникла необходимость в корректировке и совершенствовании структуры органов эксплуатации водохозяйственных организаций.

Совершенствование структуры управления эксплуатацией мелиоративных объектов должно проводиться, на наш взгляд, на основе разработки и внедрения обоснованного перечня должностей и профессий с учетом нормативной нагрузки на одного работника.

Обзор действующих (существующих) на сегодня нормативных документов показал, что в отрасли практически отсутствуют квалификационные характеристики для эксплуатационных служб. Выпущенные Министерством мелиорации и водного хозяйства материалы в 1976, 1990, 1995 годах не охватывают всех должностей и профессий и служат в основном для обоснования оплаты труда (от 14 до 20 наименований) [3-5].

Основным документом по нормативной нагрузке на работников эксплуатационных служб остаются временные штатные нормативы, разработанные в соответствии с приказом Минводхоза СССР № 166 от 1977 г. [6].

В 1982 году САНИИРИ подготовил методику разработки нормативной потребности в трудовых ресурсах, в которых было отмечено, что она должна обновляться через каждые пять лет. Методика расчета требует сегодня обновления и переработки с учетом изменений, которые произошли за истекший период [7].



В 2003 году в ФГНУ «РосНИИПМ» были подготовлены рекомендации по организации службы эксплуатации оросительных систем, в которых была рекомендована необходимая структура эксплуатационных служб, их функции и примерные штаты [8]. В 2004 году «Госэкомелиовод» подготовил удельные нормативы ежегодных эксплуатационных затрат по мелиоративным системам, куда вошли рекомендованные ФГНУ «РосНИИПМ» в 2002 году нормативы численности работников эксплуатационных служб [9].

Все перечисленные разработки прошлых лет послужили основой для подготовки первой редакции методических указаний «Квалификационный справочник службы эксплуатации мелиоративных объектов федеральной собственности».

Разработанные методические указания состоят из трех разделов. В первом разделе приведены общие положения, в которых даны разъяснения основных положений указаний. Второй раздел посвящен квалификационным характеристикам должностей руководителей, специалистов и других служащих и профессий рабочих эксплуатационных водохозяйственных организаций (всего предложено более 70 квалификационных характеристик работников). В третьем разделе дана нормативная нагрузка на одного работника службы эксплуатации.

Квалификационные характеристики охватывают должности руководителей предприятий и их структурных подразделений, специалистов, занятых инженерно-техническими, экономическими и другими работами, служащих, осуществляющих подготовку и оформление документации, учет и контроль, хозяйственное обслуживание, а также профессии рабочих, занятых эксплуатацией и ремонтом сооружений на объектах мелиоративных систем.

Они призваны способствовать правильному решению вопросов разделения труда между указанными категориями работников, обеспечивать единство при определении их должностных обязанностей и предъявляемых к ним квалификационных требований.

Разработанные методические указания являются первым шагом в упорядочивании структуры и штатов эксплуатационных организаций в соответствии с объемами работ на мелиорированных землях. Они послужат основой при разработке должностных инструкций и перечня работ исполнителям, закрепляющим их обязанности, права и ответственность, при составлении положений о структурных подраз-

делениях, определяющих их роль и место в системе управления эксплуатационной организации, подборе и расстановке кадров, осуществлении контроля за правильностью их исполнения в соответствии со специальностью и квалификацией, а также при проведении аттестации работников эксплуатационных служб.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мелиоративный кадастр РФ. – М., 2004.
2. Проект плана основных направлений развития мелиорации земель в Ростовской области на период до 1990 года. – Ростов-н/Д: ЮГВХ, 1978. – 163 с.
3. Временное руководство по проектированию службы эксплуатации оросительных систем. ВТР-II-29-75. – Ростов-н/Д: Южгипрорводхоз, 1976. – 145 с.
4. Квалификационные характеристики должностей руководителей, специалистов и служащих эксплуатационных водохозяйственных организаций. – М.: ЦБНТИ Госконцерн «Водстрой», 1990. – 45 с.
5. Нормативные материалы по оплате труда работников бюджетных организаций АПК и социальной сферы. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 1995. – 39 с.
6. Временные типовые штатные нормативы руководящих инженерно-технических работников и служащих водохозяйственных эксплуатационных организаций системы Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР. – М., 1977. – 55 с.
7. Методика разработки нормативов потребности в трудовых ресурсах рабочих профессий для выполнения ремонтно-эксплуатационных работ на гидромелиоративных системах. – Ташкент: «САНИИРИ», 1982. – С. 31.
8. Рекомендации по организации службы эксплуатации оросительных систем / Под ред. В.Н. Щедрина; ФГНУ «РосНИИПМ». – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2003. – 31 с.
9. Удельные нормативы ежегодных эксплуатационных затрат по мелиоративным системам и сооружениям федеральной собственности (переработка). – М.: ФГУП СНЦ «Госэкомелиовод», 2004. – 30 с.

## **ОЦЕНКА РИСКА РАЗРУШЕНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ЕГО ФИНАНСОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Ю.М. Косиченко, А.В. Колганов, Е.И. Шкуланов, А.Е. Шепелев  
ФГНУ «РосНИИПМ»

Термин «риск» означает «принятие решения», результат которого неизвестен, т.е. может быть небезопасным. Риск представляет собой возможность наступления определенного неблагоприятного события с невыгодными экономическими последствиями, которые могут быть в будущем в неизвестных размерах.

Влияние различных рисков на работу гидротехнических сооружений можно снизить путем диверсификации управления их работой, заключающейся в минимизации совокупности внутренних рисков, зависящих от работы отдельных конструктивных элементов. Эти проблемы можно решить путем доведения параметров работы сооружения до оптимальных значений с использованием результатов прогноза предполагаемого водного стока, грамотной и надежной работой эксплуатирующей организации, т.е. деятельности человека.

Эффективность управления риском во многом определяется его классификацией. Система рисков, по И.Т. Балабанову, зависит от возможного результата (рискового события) при наступлении рискового события и подразделяется на две большие группы [1]:

а) чистые, природно-естественные, экологические, имущественные, производственные, означающие возможность получения отрицательного или нулевого результата;

б) спекулятивные (финансовые) – возможность получения результата как положительного, так и отрицательного.

Рисковые события на ГТС возможны те и другие, которые связаны с платным водопользованием или с несвоевременным финансированием ремонтных работ.

Понятие риска является универсальной количественной мерой потенциальной опасности, позволяющей:

- провести корректировку исходных целей и стратегии решения задач анализа риска;

- провести сравнение опасностей различной природы и механизмов действия;

- провести классификацию и ранжирование потенциальных источников опасности по их вкладу в интегральные показатели риска;

- изучить механизм и исследовать причинно-следственную логику возникновения и развития аварий, а также влияние на показатели риска различных факторов технологического, природного и социального характера;

- обеспечить направленное снижение рисков за счет оптимального управления технологическими (техническими) и организационно-методическими факторами воздействия (снижение вероятности риска, уменьшение величины ущерба).

Очень важным фактором, влияющим на степень надежности сооружений, является риск, которому подвергаются находящиеся в них, или в зоне их влияния в случае аварии, люди. Концепция «допустимой» смертности, вызванной авариями конструкций, поднимает очень важные и социально значимые вопросы, связанные с реакцией общественного мнения на аварии и катастрофы.

Нормированные пороги вероятности аварии являются только математическими инструментами: они вовсе не означают, что некоторый процент трагедий является допустимым.

Анализ разрушений гидротехнических сооружений в разных странах мира показывает, что наибольшее количество аварий происходило на плотинах из грунтовых материалов (до 77 %), причем большая часть этих аварий имела место на плотинах высотой до 30 м (до 70 %) [2]. Главными причинами повреждений и разрушений грунтовых плотин являются:

- переливы воды через плотину при больших паводках и недостаточных размерах водопропускных сооружений;

- неблагоприятные воздействия фильтрационных потоков, при которых происходят суффозионные процессы в теле плотин и их основаниях.

По экспертным оценкам отечественных специалистов, аварийность ГТС в России в 2,5 раза превышает среднемировые показатели. Установлено, что основными причинами аварий являются: неудовлетворительное техническое состояние сооружений и низкий уровень эксплуатации, дефекты при строительстве, ошибочное прогнозирование размеров паводков, ошибки при проектировании. В связи с этим

в нормативных документах повышены требования к безопасности ГТС.

Согласно СНиП 33-01-2003 «Гидротехнические сооружения» [3], в составе проекта ГТС должны быть разработаны критерии их безопасности, установлены допускаемые значения вероятностей возникновения аварий, составлены декларации безопасности.

За рубежом некоторые аспекты проектирования ГТС с учетом риска аварий рассмотрены в «Еврокоде 7» [4].

Требования СНиП 33-01-2003, закона № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» [5] вызывают необходимость разработки методики расчета риска аварий ГТС, позволяющей дать его количественную оценку.

В отечественной практике существует два основных метода количественной оценки риска аварий ГТС:

- метод экспертных оценок [6];
- метод расчета надежности сооружений с оценкой риска аварий [6, 7, 8, 9].

Процесс управления риском определяется совокупностью основных задач, стоящих перед проектировщиками, строителями, эксплуатационными службами, представляющих единую систему и позволяющих выявить возможные угрозы. Риски оцениваются путем анализа вероятности или частоты их появления и анализа их последствий.

На основании статистических данных аварий и повреждений плотин [6], используя методики Р. Фелла [8], Д.В. Стефанишина [9], ФГНУ «РосНИИПМ» [7] проведен расчет рисков аварий гидротехнических сооружений для четырех классов капитальности.

Сравнивая результаты расчетов, выполненных по методикам зарубежных и отечественных ученых для сооружений III класса капитальности для различных уровней безопасности, можно сделать вывод, что фактически разные методики дают примерно одинаковые результаты.

Для примера приведены значения коэффициентов рисков аварий для различных уровней безопасности и 4-х классов сооружений, согласно методике РосНИИПМ [7]. Результаты расчетов представлены в таблице.

**Расчетные коэффициенты рисков аварий для различных уровней безопасности ГТС, по методике ФГНУ «РосНИИПМ»**

Уровень безопасности (по МПР)	Риск аварии			
	I класс	II класс	III класс	IV класс
Нормальный	$5 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-3}$	$5 \div 6 \times 10^{-3}$
Пониженный	$6,4 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-3}$	$4,87 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-2}$
Неудовлетворительный	$1,18 \times 10^{-3}$	$3,16 \times 10^{-3}$	$7,09 \times 10^{-3}$	$2,75 \times 10^{-2}$
Опасный	$3,4 \times 10^{-3}$	$9,2 \times 10^{-3}$	$2,06 \times 10^{-2}$	$8 \times 10^{-2}$

В соответствии с Федеральным законом № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений», определено финансовое обеспечение безопасности гидротехнических сооружений, которое возлагается на собственника гидротехнического сооружения или эксплуатирующей организации. Для финансового облегчения участи собственника ГТС законом 117-ФЗ риск гражданской ответственности по обязательствам, возникающим вследствие причинения вреда жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения, подлежит обязательному страхованию на время строительства и эксплуатации гидротехнического сооружения.

Риск гражданской ответственности выражается в предполагаемом ущербе (затопление населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, человеческие жертвы, гибель животных и т.д.), который рассчитывается или берется из деклараций безопасности на гидротехнические сооружения в денежном выражении [6]. Методики расчета ущербов по рискам аварий разработаны и утверждены Министерством природных ресурсов.

Страхователем риска гражданской ответственности за причинение вреда третьим лицам является собственник ГТС. Обязательное страхование гражданской ответственности не только реально защитит имущественные интересы граждан и юридических лиц за счет гарантии компенсационных выплат за причиненный ущерб, но и поможет

экономически стимулировать меры по повышению уровня безопасности опасных объектов за счет предупредительных функций страхования – превенции (финансирование мероприятий по недопущению или уменьшению негативных последствий на ГТС), а также стремления владельца ГТС улучшить условия страхования (уменьшение страховых взносов и тарифов).

Кроме того, здесь раскрывается суть страхования, как экономической категории, заключающееся в перераспределении ущерба, который потерпело одно лицо (физическое или юридическое), между многими лицами, т.е. смягчение последствий наступившего ущерба путем участия в этом убытке других лиц.

Оценка риска аварий гидротехнических сооружений необходима для расчета страховых тарифных ставок, позволяющих формировать страховой фонд, и в зависимости от уровня эксплуатационной безопасности принимать вид страхования (с франшизой или без нее).

Расчет величины ущерба (в денежном выражении) определяет страховую сумму выплат в случае аварии (страхового случая) на ГТС. Финансовое обеспечение страховой суммы (выплаты) производится из страхового фонда.

#### **Выводы:**

1. Управление риском аварии на ГТС позволяет определить совокупность основных задач, стоящих перед проектировщиками, строителями, эксплуатационниками, решение которых обеспечит надежность и долговечность безаварийной работы сооружения.

2. Количественная оценка риска аварии на эксплуатируемом объекте дает вероятностный прогноз аварии на ГТС, возможность определить оценку его технического состояния, уровень безопасности.

3. Для различных уровней эксплуатационной безопасности и различных значений рисков аварий должны быть разработаны и выполняться условия (правила) эксплуатации.

4. Обязательное страхование ГТС обеспечит выплаты ущербов в случае аварии (наступления страхового случая) выгодоприобретателям.

5. Обязательное страхование поможет экономически стимулировать меры по повышению уровня безопасности опасных объектов за счет предупредительной функции страхования и превенции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Балабанов И.Т. Страхование: учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2001.
2. Аварии и повреждения больших плотин / Н.С. Розанов, А.И. Царев, Л.П. Михайлов; Под ред. А.А. Борового. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Общие положения.
4. TC 250/SC7/PT1. PT Version «g». Draft prEN 1997-1. «Eurocod 7: Geotechnical Design». Part 1: General Rules. – 166 p.
5. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений».
6. Методические рекомендации по оценке риска аварий гидротехнических сооружений водохранилищ и накопителей промышленных отходов / ФГУП «ВНИИ ВОДГЕО». – М., 2002.
7. Косиченко Ю.М., Белов В.А., Косиченко М.Ю. Фильтрационная безопасность земляных плотин и инженерная защита малых водохранилищ: учеб. пособие. – Новочеркасск: НГМА – ЮРГТУ, 2002.
8. Fell R. Essential component of Risk Assessment for Dams. Chapter 12. Risk-based Dam Safety Evaluations. Trondheim, Norway. 28-29 June 1997. NNCOLD-CanCOLD-ICH.
9. Стефанишин Д.В. Оценка нормативной безопасности плотин по критериям риска // Гидротехническое строительство. – 1997. – № 2. – С. 40-43.

УДК 626.8: 368.001.8

### **ФОРМА И СПОСОБ СТРАХОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Ю.М. Косиченко, Е.И. Шкуланов, А.Е. Шепелев  
ФГНУ «РосНИИПМ»

Понятие «страхование» предполагает и связано с действиями, направленными на принятие мер по защите имущественных интересов (страховать – это значит заключать договор, оплатить страховой взнос, получить страховое возмещение и т.д.). Данные действия предполагают объект, к которому они обращены (имущественный интерес в своем конкретном проявлении и неременном отображении в дого-



воре страхования). Понятие «страхование» предполагает соответствующую организацию правовых, финансовых и экономических отношений тех субъектов, которые проводят действия по защите своих имущественных интересов (обобщая эту форму организации, ее можно представить как вид финансовой деятельности). В федеральном законе «Об организации страхового дела в Российской Федерации» сущность страхования определяется как «отношения по защите интересов физических и юридических лиц Российской Федерации и муниципальных образований при наступлении определенных страховых случаев за счет денежных фондов, формируемых страховщиками из уплаченных страховых премий (страховых взносов), а также за счет средств страховщиков» [1].

В данном законе выражено содержание страхования, его функции и место в системе экономических, социальных, правовых отношений, обусловлена связь со страховыми рисками и математическими методами оценок финансовых обязательств страхователей и страховщика.

Страхование в законе характеризуется как институт гражданского права и как экономическая категория. Средством управления страховым делом в России являются законодательные и нормативные акты, а средством регулирования страхования и приведения в действие его механизма служат экономические, финансовые, статистические и математические инструменты, включая методы актуарных расчетов.

Страхование в своей деятельности опирается на теоретические и эмпирические методы познания и базируется на результатах ряда наук – экономики, математической статистики, теории вероятности.

Имея дело с массовыми явлениями, различными рисками, которые возможны при эксплуатации ГТС, для организации их страховой защиты необходимо собирать, группировать, классифицировать, обобщать информацию для выработки оптимальной стратегии и эффективной деятельности.

В общем, страхование, как система экономических отношений, охватывает различные объекты и субъекты страховой ответственности, формы организации деятельности в силу определений юридических норм и законов. Чтобы упорядочить разнообразие экономических отношений и создать единую и взаимосвязанную систему, выполняется классификация страхования для гидротехнических сооружений [2].

Классификация страхования представляет собой научно обоснованную систему деления страхования на сферы деятельности, отрасли, подотрасли, виды, звенья которых располагаются так, что каждое последующее звено является частью предыдущего. В основу классификации страхования положены два основных критерия: различия в объектах страхования и различия в объеме страховой ответственности.

В соответствии с этим делением применяются две системы классификации: по объектам страхования и по роду опасности. В более широком и конкретном смысле классификация страхования представляет собой форму выражения различий в страховщиках и сферах их деятельности, объектах страхования, категориях страхователей, объеме страховой ответственности и форме проведения страхования [3].

Для гидротехнических сооружений субъектом страхования может быть комплекс гидроузла водохранилища (пруда), создающий напорный фронт, который включает сооружения: чашу водохранилища, плотину (грунтовую или из другого материала), водосбросное сооружение (закрытое или открытое), водоспуск. При этом объект, комплекс гидроузла рассматривается в целом. В качестве страхователя выступают юридические лица или эксплуатирующая организация (собственник гидроузла), проводится страхование ответственности перед третьими физическими и юридическими лицами, которым может быть причинен ущерб (вред) вследствие какого-либо действия или бездействия страхователя, или в результате аварии, происшедшей на эксплуатируемом объекте страхователем.

Объект страхования является материальным носителем всех признаков, в том числе и экономических интересов страхования. Объекты страхования гражданской ответственности ГТС можно разделить на два класса: имеющие стоимость и не имеющие стоимость. В нашем случае в наличии имеются объекты, имеющие стоимость и не имеющие стоимость. Здесь имеется в виду концепция «допустимой» смертности, вызванной аварией на ГТС, но это вовсе не означает, что некоторый процент трагедий является допустимым.

По признаку стоимости в страховании в условиях рыночной экономики выделяются четыре основные отрасли страхования: страхование имущественное, личное, страхование ответственности, страхование экономических рисков.

При страховании ГТС производится страхование ответственности – отрасль страхования, где объектом страхования являются имущественные интересы страхователя, в данном случае стоимостные выражения ущерба, причиненного в случае аварии на ГТС.

На страховом рынке действуют специализированные страховые организации. Для страхования гидротехнических сооружений должна рассматриваться страховая организация, специализирующаяся по гидротехническим сооружениям.

По форме ответственности страховые организации подразделяются на государственные и негосударственные. Для страхования ГТС, находящихся в федеральной собственности, вопрос о выборе страховой организации будет решаться в Правительстве РФ.

В настоящее время сфера деятельности страховых организаций охватывает внешний, внутренний и смешанный рынки, и составляет организационную классификацию сферы страхования как вида экономической деятельности. При страховании ГТС вид рынка определяется Правительством РФ.

По форме организации в настоящее время в качестве страховщиков может быть государство (государственное страхование), акционерное общество (акционерное страхование), группа физических и юридических лиц (взаимное страхование), кооперативы (кооперативное страхование).

Для выбора организации в качестве страховщика гидротехнических сооружений дается краткая информация об этих организациях.

Государственное страхование – в качестве страховщика выступает государство в лице специалистов, уполномоченных на это организацией.

Акционерное страхование – негосударственная организационная форма, где в качестве страховщика выступает частный капитал в виде акционерного общества, уставной фонд которого формируется из акций организаций и других ценных бумаг, принадлежащих юридическим и физическим лицам, что позволяет при сравнительно ограниченных средствах быстро развернуть эффективную работу страховых компаний.

Взаимное страхование – негосударственная организационная форма, которая выражает договоренности между группой физических

и юридических лиц о возмещении друг другу будущих возможных убытков в определенных долях согласно принятым условиям.

Кооперативное страхование – негосударственная форма организации страхования. Страховые операции проводятся организованными кооперативами. Форма организации страхования гидротехнических сооружений определяется Правительством РФ.

Опыт страхования показал, что во все времена существовало две формы страхования: обязательная и добровольная. В проектных проработках рекомендуется форма обязательного страхования. Инициатором обязательного страхования является государство, которое в форме закона обязывает юридических и физических лиц вносить средства для обеспечения общественных интересов. Средства для осуществления страхования ГТС поступают из бюджета государства (для ГТС, находящихся в федеральной собственности).

Условия и порядок осуществления обязательного страхования определяются федеральными законами о конкретных видах обязательного страхования. Федеральный закон о конкретном виде обязательного страхования должен содержать положения, определяющие:

- а) субъекты страхования;
- б) объекты, подлежащие страхованию;
- в) перечень страховых случаев;
- г) минимальный размер страховой суммы или порядок ее определения;
- д) размер, структуру или порядок определения страхового тарифа;
- е) срок и порядок уплаты страховой премии (страховых взносов);
- ж) срок действия договора страхования;
- з) порядок определения размера страховой выплаты;
- и) контроль за осуществлением страхования;
- к) последствия неисполнения или ненадлежащего исполнения обязательств субъектами страхования;
- л) иные положения.

Государство устанавливает обязательную форму страхования, когда страховая защита тех или иных объектов связана с интересами не только отдельных страхователей, но и всего общества.

Закон определяет круг страховых организаций, которым поручается проведение обязательного страхования. При обязательном страховании, с одной стороны, достигается полнота объектов страхо-

вания, с другой стороны, обязательная форма страхования исключает выборочность отдельных объектов страхования, присущую добровольной форме. Тем самым имеется возможность за счет максимального охвата объектов страхования при обязательной форме его проведения применять минимальные тарифные ставки, добиваться высокой финансовой устойчивости страховых операций.

Кроме того, обязательное страхование не только реально защитит имущественные интересы страхователя, а также третьих физических и юридических лиц (выгодоприобретателей) за счет гарантий компенсационных выплат за причиненный ущерб, но и экономически стимулировать меры по повышению уровня безопасности опасных объектов, в том числе за счет стремления владельцев объекта улучшить условия страхования гидротехнических сооружений.

#### **Выводы:**

1. Определены классификационные признаки страхования ГТС: – объектом (предметом) страхования является имущественный интерес страхователя, связанный с его обязанностью в порядке, установленном РФ, возместить вред, нанесенный жизни, здоровью, имуществу третьих лиц в результате аварии, происшедшей на ГТС; отраслевая принадлежность объекта – федеральная собственность по субъектам Федерации; страховой риск – риск, который можно застраховать (риск аварии гидроузла); тип страхования – обязательное; условие обязательств – платежи по результатам ущерба.

2. Определен вид страхования – блок Д. Блок Д определяет страхование гражданской и профессиональной ответственности организации, эксплуатирующей опасные объекты.

3. Выбор страховой организации (государственной или негосударственной) и страхового рынка (внутренний, внешний, международный) определяется Правительством РФ.

4. Предлагается государственное (специализацией по гидротехническим сооружениям) и взаимное страхование ГТС с предупредительной функцией – превенцией.

5. Для оптимизации интересов страховщика и страхователей выполняется процедура андеррайтинга – перед подписанием договора страхования изучения досье страхователя (технического состояния ГТС и возможного ущерба).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон «О внесении изменений и дополнений в Закон Российской Федерации «Об организации страхового дела в Российской Федерации» и признании утратившими силу некоторых законодательных актов Российской Федерации».

2. Страхование: учеб. пособие / В.А. Щербаков, Е.В. Костяева. – М.: КНОРУС, 2007. – 312 с.

3. Страхование и актуарные расчеты: учебник / В.И. Рябикин, С.Н. Тихомиров, В.Н. Баскаков; Под ред. д-ра экон. наук, проф. В.И. Рябикина, д-ра экон. наук, проф. Н.П. Тихомирова. – М.: Экономика, 2006. – 459 с.

УДК 626.83.004.68

### **РЕКОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ПЛАВУЧИХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

А.А. Чураев, Г.А. Сенчуков

ФГНУ «РосНИИПМ»

Основой сельхозпроизводства в Астраханской области являются орошаемые земли, на них производится более 90 % сельхозпродукции. В настоящее время на балансе ФГУ «Управление «Астраханмелиоводхоз» находится 27 плавучих насосных станций.

Общая проектная площадь орошения, обслуживаемая плавучими станциями, составляет 49,7 тыс. га. Однако на данный момент фактическая площадь орошения составляет 15,7 тыс. га. Таким образом, фактически поливаемые площади составляют не более 30 % от проектных.

По данным ФГУ «Управление «Астраханмелиоводхоз», в связи с сокращением орошаемых земель основная нагрузка по трактам ложится на водообеспечение населенных пунктов, оздоровление экологической обстановки, предотвращение опустынивания и деградации земель, находящихся в зоне орошения и обводнения [1].

Расчетный срок службы плавучих насосных станций (ПНС) с учетом квалифицированного их использования, а также качественного и своевременного проведения ремонтных работ, равен 25 годам, по истечении которых ПНС подлежат замене вследствие их физиче-

ского износа. В настоящее время, в соответствии с правилами речного регистра и норм износа, из 27 плавучих насосных станций 19 требуют комплексной реконструкции и технического перевооружения. Часть ПНС работает, несмотря на предписание представителей Речного Регистра, запрещающих их эксплуатацию. Ежегодно значительные средства расходуются на их текущий и капитальный ремонт.

Для выбора наиболее целесообразного сценария реконструкции и технической модернизации плавучих насосных станций можно использовать экономико-математические модели [2, 3] и вероятностно-экономические расчеты [4-6]. В дальнейшем будем основываться на вероятностно-экономических расчетах, так как здесь оптимальный вариант выбирается не только по экономическим показателям (затраты, прибыли), но и по вероятностным, учитывающим риски аварий ПНС и ущерба, вызванные срывом договорных обязательств по подаче оросительной воды потребителям.

Для выбора оптимального варианта реконструкции или замены ПНС можно использовать следующую общую зависимость при условии ее минимизации:

$$\bar{C}_f = \sum_{i=1}^n \bar{Z}_i - \sum_{i=1}^n R_i + \sum_{i=1}^n \lambda_i Y_i + \sum_{i=1}^n S_i + (\sum_{i=1}^n P_i + \sum_{i=1}^n N_i + \sum_{i=1}^n Z_i) / T \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $\sum_{i=1}^n \bar{Z}_i$  – сумма годовых приведенных затрат на эксплуатацию для каждого расчетного варианта ПНС;

$\sum_{i=1}^n R_i$  – сумма годовой прибыли от использования ПНС всеми потребителями;

$\sum_{i=1}^n \lambda_i Y_i$  – сумма возможных ущербов от вероятных рисков срыва графика водоподдачи;

$\lambda_i$  – риски аварий, связанных с неудовлетворительным техническим состоянием (износом) ПНС;

$Y_i$  – ущербы от срыва графиков полива сельскохозяйственных культур;

$\sum_{i=1}^n S_i$  – сумма компенсаций потребителям при срыве графика водоподдачи в случае аварии;

$\sum_{i=1}^n P_i$  – сумма затрат на проектирование в случае изменения типа насосной станции;

$\sum_{i=1}^n N_i$  – сумма возможных затрат на переустройство напорной сети в случае изменения типа насосной станции;

$\sum_{i=1}^n Z_i$  – сумма затрат на замену или реконструкцию ПНС;

$T$  – нормативный срок эксплуатации ПНС;

$i$  – индекс определяемых затрат, прибылей, ущербов и компенсационных выплат в пределах одного варианта.

Для расчета по зависимости (1) при реконструкции и технической модернизации ПНС возможны следующие варианты:

- полная замена ПНС на новую того же типоразмера;
- замена ПНС на новую другого типоразмера с изменением мощности насосных агрегатов, что должно быть увязано с параметрами оросительной и обводнительной систем.

- частичная реконструкция и замена оборудования системы главных насосных агрегатов, технологических систем и глубокая модернизация системы электроснабжения, электрооборудования и управления в рамках существующего типоразмера;

- замена существующих плавучих насосных станций на ПНС принципиально нового типоразмера;

- демонтаж ПНС;

- продолжение эксплуатации имеющейся ПНС и т.п.

Из перечисленных сценариев реконструкции и технической модернизации ПНС приведем, на наш взгляд, два наиболее вероятных:

- проведение реконструкции плавучих станций с сохранением существующих мощностей. Данный сценарий возможен при условии, что в ближайшей перспективе объем орошаемых площадей будет восстановлен на проектном уровне, т.е. 49,7 тыс. га.

- поскольку орошаемые площади сократились, второй сценарий предусматривает реконструкцию насосных станций с уменьшением их мощности, что приведет к удешевлению их эксплуатации. Однако при таком развитии событий возможна утрата значительного объема орошаемых площадей (около 34 тыс. га) и возможно возникновение дефицита питьевой воды в населенных пунктах.



В том или ином случае для принятия объективного решения по выбору сценария восстановления и реконструкции плавучих насосных станций необходимо провести детальное обследование их технического состояния с разработкой технико-экономического обоснования реконструкции, а также внести необходимые коррективы в проектную документацию и конструкцию оросительных систем. При этом следует учитывать, что замена ПНС на стационарные нецелесообразна, вследствие специфики гидрологии реки Волга (значительная амплитуда сезонных колебаний уровня воды – до 7-9 м).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Программа замены плавучих насосных станций на мелиоративных объектах Российской Федерации. – Ростов-н/Д: АО «Южгипроводхоз», 1996. – 30 с.
2. Мелиорация и водное хозяйство. – Т. 1 – Экономика: справочник / Под ред. В.Ф. Моховикова. – М.: Колос, 1984. – 255 с.
3. Бондаренко В.Л., Клюкович З.А. Прогнозирование и методика оценки ущерба при чрезвычайных ситуациях для объектов народного хозяйства. – Ростов-н/Д: ООО «Тера», 2001. – 80 с.
4. Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования / Под ред. Б.М. Кизяева. – М.: ВНИИГиМ, 2006. – 586 с.
5. Гидротехнические сооружения / Под ред. Н.П. Розанова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 432 с.
6. Ржаницын А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. – М.: Стройиздат, 1978. – 239 с.

УДК 631.6: 626.88

### **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ РЫБОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И УСТРОЙСТВ НА ВОДОЗАБОРАХ МЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

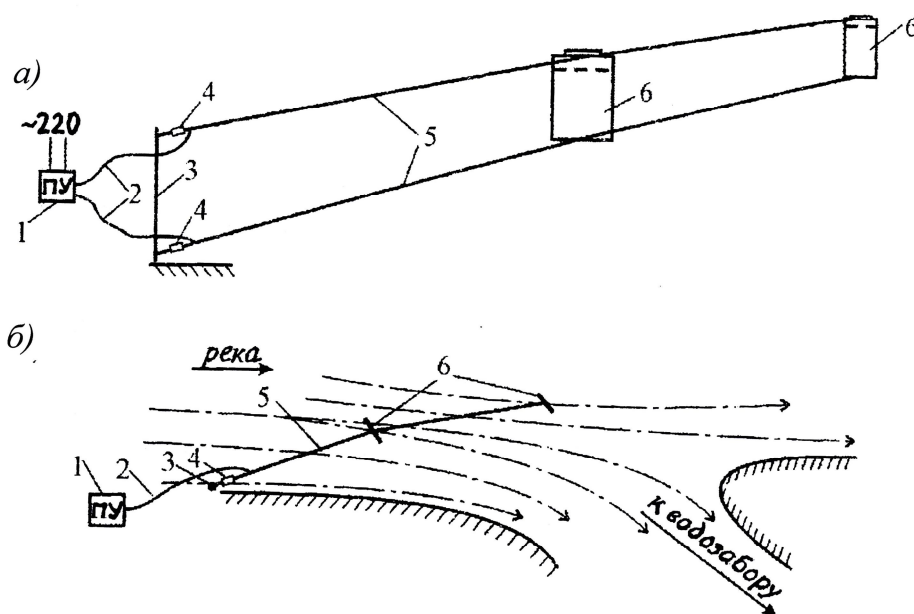
В.Н. Лозовой, А.П. Васильченко, Д.В. Ермак  
ФГНУ «РосНИИПМ»

Разработанные и смонтированные более 30 лет назад в России рыбозащитные сооружения (РЗС) устарели и требуют реконструкции или замены на более совершенные. Оборудование водозаборных сооруже-

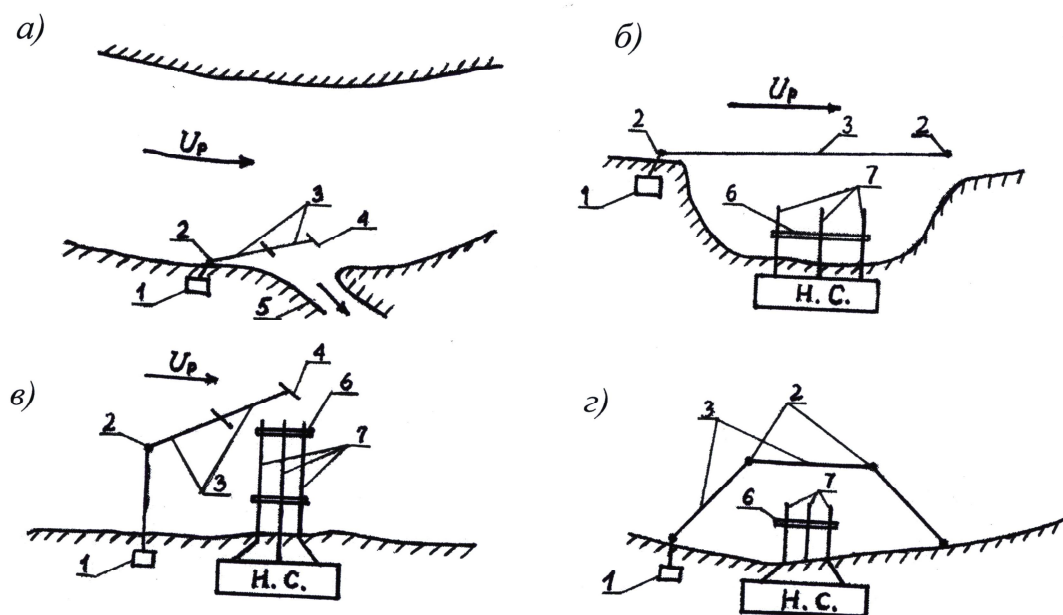
ний более эффективными РЗУ позволит существенно уменьшить ущерб, наносимый природе, и сохранить природные рыбные запасы.

В последнее время разработчики рыбозащитных устройств (РЗУ), а также органы рыбоохраны ставят задачу обеспечить надежную защиту 70-75 % сносимой молоди рыб, поскольку для 100 % защиты требуются значительные материальные затраты.

В последние годы успешно используется для защиты молоди рыб от попадания в водозаборные сооружения мелиоративных систем средней полосы и Юга России (Ростовская и Саратовская области, Краснодарский край) поликонтактная импульсная рыбозащитная система «ПИРС» [1]. Конструктивная и технологическая простота «ПИРС», низкая инвестиционная и энергетическая емкость при достаточно высокой надежности и простоте эксплуатации выгодно отличают ее от использовавшихся ранее механических и электрических рыбозащитных систем. Схема конструкции и компоновка системы в составе бокового бесплотинного водозабора представлена на рис. 1, а компоновочно-конструктивные схемы «ПИРС» на водозаборах представлены на рис. 2.



**Рис. 1. Поликонтактная импульсная рыбозащитная система «ПИРС»:** а – общий вид системы; б – расположение в водоисточнике; 1 – прибор управления; 2 – кабели питания тоководов; 3 – базовая опора; 4 – изоляторы; 5 – тоководы; 6 – гидропланы



**Рис. 2. Компонувочно-конструктивні схеми «ПІРС» на водозаборах:** *а* – бокової безплотинний водозабор; *б* – ковшовий; *в* – всасуючі труби на транзитному потоку; *г* – із водохранилища; *1* – прибор управління; *2* – берегова опора; *3* – тоководы; *4* – гидроплан; *5* – підводящий канал водозабора; *6* – естакада; *7* – всасуючі водоводи

Принцип роботи системи «ПІРС» оснований на створенні в зоні впливу водозабора дискомфортних умов для риб за рахунок формування в водоисточнике електричного поля, розташованого під кутом к потоку в річці.

При цьому транзитний потік водоисточника виконує функції рибоводства, запобігаючи накопиченню риб в небезпечній зоні електричного поля [2].

Система включає наступні елементи: прибор управління, тоководы, гидропланы, базову опору, живильні кабелі прибора і тоководов.

Управляючий прибор представляє собою програмуєму генератор електричних імпульсів малої тривалості. В приборі передбачено паралельний синхронний канал для підключення акустичних або світлових орієнтуючих випромінювачів малої потужності, які використовуються за потреби для збільшення ефекту впливу на поведінку риб. Проектування і виготовлення прибора здійснюється спеціалізованими організаціями

(например, МП «УНИС», г. Новороссийск) в соответствии с заданными техническими характеристиками.

Тоководы «ПИРС» являются основным рабочим элементом, обеспечивающим создание электрического поля, и представляют собой секцию длиной до 50 м из двух параллельных алюминиевых проводников, каждый сечением 30 мм<sup>2</sup>. Таким образом, зона воздействия секции распространяется на участки водозаборных сооружений протяженностью не более 50 м. При необходимости создания рыбозащитного эффекта на длине более 50 м подключается следующая секция тоководов и т.д. Тоководы закрепляются через изоляторы к базовой опоре и подключаются к прибору управления при помощи кабеля сечением не менее 30 мм<sup>2</sup>.

Гидропланы предназначены для удержания тоководов «ПИРС» в рабочем положении на расчетном расстоянии друг от друга, а также для управления положением устройства в плане в зависимости от геометрических и кинематических параметров потоков в реке и подводящем канале водозабора. Гидропланы – это плоские щиты, удерживаемые в вертикальном положении с помощью поплавка сверху и груза внизу. Они устанавливаются под углом к вектору набегающего транзитного потока и, используя эффект крыла, выполняют вышеназванные функции.

Количество и расстояние между гидропланами зависят от кинематических характеристик потока в реке и протяженности тоководов. Так, при длине тоководов до 50 м достаточно одного гидроплана.

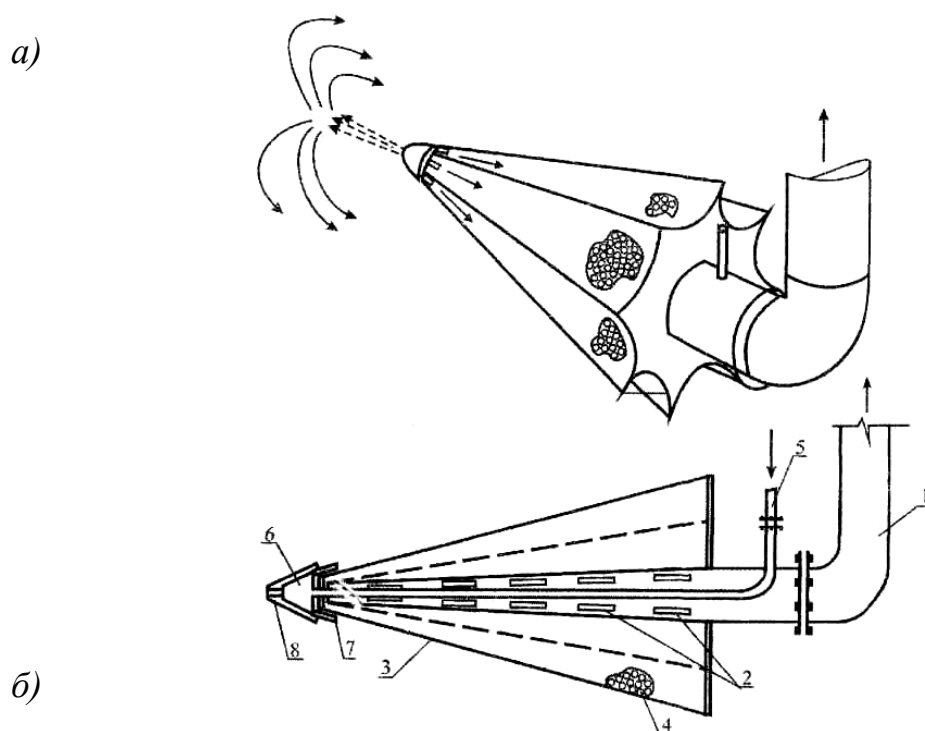
Частотные характеристики импульса не являются постоянными и не могут вызвать у рыб способности привыкания к периодичности подачи импульса, это позволяет сделать предположение о том, что при определенных частотных последовательностях подачи импульса реакция рыб подобна реакции на бросок хищника. Каждый рабочий импульс сопровождается серией импульсов обратной полярности, предотвращающих возникновение у рыб явления гальванотаксиса и гальваническое растворение тоководов.

Анализ результатов натурных исследований устройства, проведенных НГМА (Новочеркасской государственной мелиоративной академией) в условиях Кубани, позволил рекомендовать компоновочные схемы размещения системы «ПИРС» для различных типов водозаборов (см. рис. 2) [3].

Такая установка в 2006 году была построена на подводящем канале водозабора Новочеркасской ГРЭС и представляет определенный интерес при изучении эффективности такого РЗУ.

В 2007 году ФГНУ «РосНИИПМ» проводил натурные исследования эффективности работы установки «ПИРС». Эта установка обеспечивает эффективность рыбозащиты на уровне требований СНиП 2.06.07-87 (70 %) при правильной установке защитного шлейфа, современного контроля параметров и обслуживания системы [4]. Рекомендуемый режим работы – постоянное включение.

В отраслевой лаборатории НГМА разработана и исследована усовершенствованная конструкция оголовка РОП (рыбозащитный оголовок с потокообразователем). Отличительной особенностью является замена гладкой конусной перфорированной поверхности на многосекционную в виде расширяющихся к корме оголовка желобов (рис. 3) [3].



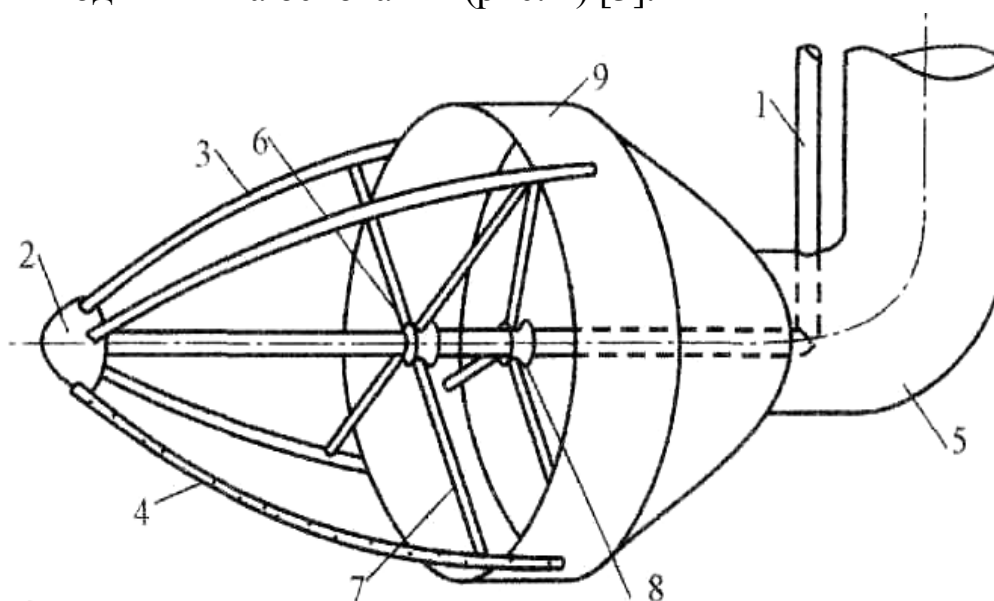
**Рис. 3. Принципиальная схема конструкции желобчатого РОП:**  
*а* – общий вид; *б* – продольный разрез; 1 – всасывающая труба; 2 – всасывающие распределительные отверстия; 3 – ребро жесткости; 4 – перфорированный желоб; 5 – водовод потокообразователя; 6 – потокообразователь; 7 – насадок потокообразователя; 8 – встречный насадок потокообразователя

Устройство работает как и обычный РОП, а принятые конструктивные изменения позволяют: уменьшить размеры оголовка, сохранив площадь перфорированной поверхности; увеличить жесткость конструкции; полнее использовать энергию струй потокообразователя; увеличить размеры рыбоотводящего гидродинамического поля вокруг оголовка.

Применение промывного насадка в вершине оголовка существенно улучшает условия промывки перфорированного полотна и условия рыбоотведения [3].

Результаты биологических исследований следует рассматривать как предварительные, т.к. количественный и размерно-видовой состав молоди в экспериментах не позволяют сделать обоснованный вывод об эффективности РЗУ, вместе с тем для молоди размером от 18 до 40 мм она составила 84-92,3 %.

*Гидродинамический оголовок НГМА* предназначен для проточных водоисточников и представляет собой систему криволинейных струеформирующих водоводов (флейт), закрепленных у общей вершины и подшипника основания (рис. 4) [3].



**Рис. 4.** Гидродинамический оголовок НГМА: 1 – напорный водовод к струеобразователям; 2 – раздаточная камера; 3 – струеобразователи; 4 – отверстия; 5 – всасывающий водовод; 6 – подшипник; 7 – ребра жесткости; 8 – крепление к корпусу; 9 – корпус в виде раструбного переходника

Принцип работы оголовка заключается в создании в зоне всасывания импульсного гидродинамического поля, предотвращающего попадание молоди рыб в приемный водовод. Вода, минуя подвижные элементы конструкции, поступает к раструбу и далее во всасывающую трубу насоса, при этом наличие раструбного перехода уменьшает геометрические и кинематические параметры факела всасывания. Рыбозащитные функции выполняет гидродинамическое поле, создаваемое с помощью вращающейся системы струеобразователей, вода в которые подается из напорной линии водозабора или от специального насоса [3].

Натурные исследования оголовка, проведенные в дельте Волги на водозаборе колхоза «Лотос» в Астраханской области, показали, что в условиях, при которых наблюдался скат молоди воблы, красноперки, жереха и уклейки размером 12-22 мм, рыбозащитная эффективность устройства с учетом выживаемости рыб получена равной 78 %.

#### **Выводы**

Использование на мелиоративных водозаборах современных РЗС и У типа «ПИРС», желобчатого РОП и гидродинамического оголовка НГМА позволяет повысить эффективность рыбозащиты до 70-85 %.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Лисконов А.Т., Нагорный В.А., Гордиенко В.В. Новые рыбозащитные устройства на мелиоративных водозаборах // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 2. – С. 55-56.

2. Сатаров В.В. Результаты испытаний поликонтактной импульсной рыбозащитной системы (ПИРС) на водозаборных сооружениях Кубани в 1994-1995 гг. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. – Ростов-н/Д, 1997 (1998). – С. 247-255.

3. Михеев П.А. Рыбозащитные сооружения и устройства. – М.: Рома, 2000. – 405 с.

4. СНиП 2.06.07-87. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. – М.: Стройиздат, 1987. – 40 с.

## ВЫБОР ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ОБЛИЦОВОК ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ КАНАЛОВ В ЗЕМЛЯНОМ РУСЛЕ

Ю.М. Косиченко, А.В. Колганов, М.А. Чернов

ФГНУ «РосНИИПМ»

В последние десятилетия в России одним из крупных потребителей воды является орошаемое земледелие. В орошаемом земледелии до 95 % используют воды поверхностного стока с последующей доставкой воды посредством каналов различного порядка к орошаемым массивам.

Большая часть открытых оросительных каналов и в настоящее время остается в земляном русле, что обуславливает большие потери на фильтрацию и низкий КПД, составляющий в современных условиях эксплуатации в среднем 0,70-0,80 [1].

Одним из главных критериев выбора конструкции ПФЗ является КПД канала, который зависит от конструкции, гидравлических и фильтрационных характеристик, технического состояния канала, грунтовых и гидрогеологических условий водопроницаемого основания:

$$\eta = f(K_{об}, Q_0, \Phi_n, P_э, K_{зр}, h_{з.в}, I_n, L_k),$$

где  $K_{об}$  – осредненный коэффициент фильтрации, зависящий от конструкции облицовки;

$Q_0$  – расход, пропускаемый по каналу;

$\Phi_n$  – фильтрационные потери из канала;

$P_э$  – показатель технического состояния канала, определяемый как  $P_э = \eta/\eta_{mp}$  (где  $\eta$  – фактический КПД,  $\eta_{mp}$  – требуемый КПД);

$K_{зр}$  – коэффициент фильтрации грунта основания;

$h_{з.в}$  – глубина залегания уровня грунтовых вод;

$I_n$  – потери воды в канале на испарение;

$L_k$  – общая протяженность канала.

Вторым важным критерием выбора конструкции ПФЗ является вероятность безотказной работы облицовки [2]:

$$P = \frac{N_0 - n(t)}{N_0},$$



где  $N_0$  – число однородных элементов облицовки (например, плит) по длине канала;

$n(t)$  – число отказавших (разрушенных) элементов облицовки за время работы канала.

При реконструкции каналов в земляных руслах применение противофильтрационных облицовок целесообразно при соблюдении следующих двух условий [3]:

$$q_{\text{доп}} < 11,6 \cdot Q_{\text{ф}};$$

$$h_{\text{кр}} > h_{\text{Г.В}},$$

где  $q_{\text{доп}}$  – допускаемые потери на фильтрацию из канала, л/с·км);

$Q_{\text{ф}}$  – фильтрационные потери из земляного необлицованного русла канала, м<sup>3</sup>/(сут. м);

$h_{\text{кр}}$  – критическая глубина залегания грунтовых вод от поверхности земли с учетом капиллярного подъема, м;

$h_{\text{Г.В}}$  – глубина залегания уровня грунтовых вод при подъеме его вследствие фильтрации из канала в земляном русле, м.

При выборе конструкции ПФЗ также должны учитываться технико-экономические показатели, основанные на оптимальном уровне надежности облицовок. При этом оптимальный уровень надежности противофильтрационных облицовок определяется из условия минимизации суммы затрат и риска, связанного с возможными повреждениями противофильтрационного элемента [4].

Целевая функция, включающая стоимость облицовки, вероятность повреждений и ущерб, вызванный этими повреждениями за срок службы облицовки  $\tau_0$ , может быть представлен в следующем общем виде [4]:

$$\bar{C}_f = \min \left( C_{0f} + \sum_{i=1}^n \cdot \sum_{i=1}^{\tau_0} \cdot P_{0ijf} \cdot Y_{0ijf} \right)$$

при ограничениях  $n > 0$ ,  $\tau_0 > 0$ ,  $C_0 > 0$ ,  $i \in I, j \in J, f \in F$ ,

где  $C_{0f}$  – первоначальная стоимость облицовки варианта  $f$ ;

$P_{0ijf}$  – вероятность отдельного повреждения  $i$  в срок эксплуатации  $j$  для варианта облицовки  $f$ ;

$Y_{0ijf}$  – ущерб, вызванный каждым повреждением  $i$  в срок эксплуатации  $j$  для варианта облицовки  $f$ ;

$n$  – число повреждений облицовки;

$\tau_0$  – общий срок службы облицовки.

В таблице приведены рекомендуемые конструкции облицовок, которые могут быть применены для реконструкции каналов в земляном русле. Данные рекомендации составлены на основании обобщения опыта применения современных конструкций противотрационной защиты в отечественной и зарубежной практике. Рекомендуемые конструкции включают только наиболее эффективные типы облицовок, которые характеризуются необходимой надежностью и долговечностью и обеспечивают достаточно высокие КПД, удовлетворяющие требованиям СНиП. К числу таких конструкций облицовок относятся следующие их типы: бетонные монолитные, железобетонные сборные, сборно-монолитные с применением плит НПК, бетонопленочные сборные, сборно-монолитные, повышенной надежности, с инъекцией под плитами облицовки цементным раствором и комбинированные.

При выборе бетонных и железобетонных конструкций очень важное значение имеет тип герметизации деформационных и строительных швов сборных и монолитных облицовок. Поэтому рекомендации содержат тип и материал для герметизации швов.

Так как выбор типа облицовки в значительной степени зависит от грунтового основания, в рекомендациях учитываются три типа основания – устойчивые (непросадочные и непучинистые, с максимальной величиной деформации (просадки) основания до 0,2 м), среднеустойчивые (слабопросадочные и слабопучинистые, с максимальной величиной просадки до 0,4 м) и неустойчивые (просадочные и пучинистые, с максимальной величиной просадки более 0,4 м).

Все рекомендуемые конструкции облицовок обеспечивают достаточно высокие значения КПД от 0,94-0,96 до 0,98-0,99, что удовлетворяет требованиям СНиП 2.06.03-85, согласно которым КПД магистральных и распределительных каналов различных порядков должно быть не менее 0,90-0,93, а также учитывает в перспективе возможное повышение требований по КПД до значений 0,96-0,99.

**Рекомендуемые конструкции облицовок при реконструкции каналов  
в земляных руслах и области их применения**

Тип облицовки	Тип швов, материал швов и пленочного противофильтрационного элемента	Тип основания	Допускаемый осредн. коэфф. фильтрации облицовки $K_{обл.}, 10^{-6}$ см/с	Область применения	КПД канала с облицовкой после реконструкции	Срок службы, лет
Бетонные монолитные	Вулканизирующие мастики (тиокол, УТ-50). Крестообразные гибкие уплотнители типа «Констоп»	Устойчивые (непроедачные, непучинистые) $H_{пр} < 0,2$ м	3,0-5,0	Каналы межхозяйственной и внутрихозяйственной сети	0,94-0,96	25-30
Железобетонные сборные из плит НПК	Вулканизирующие мастики (тиокол КМ-0,5, КБ-0,5; герметик УТ-50)	То же	4,5-7,0	То же	0,93-0,95	35-40
Железобетонные сборно-монолитные с плитами НПК на откосах	Плоские уплотнители по периметру плит	-//-	3,5-4,0	-//-	0,94-0,96	35-40
Бетонопленочные сборные из плит НПК	Цементный раствор. Битумно-полимерная мастика. ПЭ пленка ( $\delta=0,2-0,4$ мм)	Среднеустойчивые $H_{пр}=0,2-0,4$ м	1,0-1,5	-//-	0,96-0,97	35-45
Бетонопленочные повышенной надежности	Герметик швов УТ-50, битумно-полимерная мастика, листовый полимерный материал ( $\delta=1,0-2,0$ мм). Защитные прокладки из геотекстиля	Неустойчивые (проедачные, пучинистые) $H_{пр} > 0,4$ м	0,1-0,5	Магистральные каналы и каналы межхозяйственной сети	0,98-0,99	Более 50
Бетонопленочные сборно-монолитные с инъекцией цементным раствором в подплитном пространстве	Цементный раствор. Битумно-полимерная мастика ( $\delta=0,2-0,4$ мм)	-//-	0,1-0,3	-//-	0,98-0,99	Более 50
Комбинир. грунтопленочные с бетонопленочным покрытием в верхней части откосов	То же	-//-	0,3-0,7	Крупные магистральные каналы	0,97-0,98	40-50

При этом следует отметить, что наиболее высокие КПД (0,98-0,99) обеспечивают предлагаемые ФГНУ «РосНИИПМ» новые конструкции облицовок – бетонопленочные конструкции облицовок с листовыми полимерными противофильтрационными элементами из бутилкаучука и битумно-полимерных материалов толщиной не менее 1,0-2,0 мм и с инъекцией цементным раствором подплитного пространства между пленочным элементом и плитой облицовки, которая проводится в начальный период эксплуатации канала (через 3-6 месяцев).

Согласно предлагаемым рекомендациям, бетонные монолитные облицовки рекомендуются на каналах внутрихозяйственной сети на устойчивых основаниях при обеспечении надежной герметизации швов вулканизирующими мастиками из тиокола марки КМ-0,5, КБ-05, герметика УТ-50 или крестообразными гибкими уплотнителями типа «Констоп».

Бетонные сборные облицовки не рекомендуются к применению за счет высокой их водопроницаемости через швы и быстрой разгерметизации выполненных швов из-за слабой адгезии материала герметика к бетону плит.

Железобетонные сборные и сборно-монолитные облицовки рекомендуются из плит НПК размером 6x1x0,06; 6x1,5x0,06 и 6x2x0,06 м также на устойчивых основаниях для каналов межхозяйственной сети.

Бетонопленочные сборные и сборно-монолитные облицовки с применением плит НПК и пленочных элементов из полиэтиленовой стабилизированной пленки толщиной 0,2-0,4 мм с защитной прокладкой из рубероида рекомендуются в среднеустойчивых грунтах основания на каналах межхозяйственной и внутрихозяйственной сети.

Бетонопленочные облицовки повышенной надежности с применением листовых полимерных материалов не менее 1,0-2,0 мм и защитных прокладок из геотекстиля, а также бетонопленочные облицовки с последующим проведением в начальный период эксплуатации инъекции цементным раствором подплитного пространства рекомендуются для неустойчивых оснований на магистральных каналах и каналах межхозяйственной сети.

Комбинированные облицовки, включающие грунтопленочные покрытия с бетонопленочной облицовкой в верхней части откосов в зоне волнового воздействия и воздействия ледового покрытия (при

круглогодичной эксплуатации канала), рекомендуются в неустойчивых основаниях на крупных магистральных каналах.

При соответствующем обосновании на каналах межхозяйственной сети могут быть также рекомендованы к применению асфальтобетонные облицовки, которые обладают высокой водонепроницаемостью и морозостойкостью.

Таким образом, предполагаемый выбор конструкции облицовки при реконструкции каналов в земляном русле позволяет найти наиболее целесообразный вариант противодиффузионной защиты каналов с учетом технических, экономических, эксплуатационных и надежных (вероятностных) показателей облицовки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Косиченко Ю.М. Гидравлические и экологические аспекты эксплуатации каналов. – Новочеркасск, 2000.

2. Щедрин В.Н., Косиченко Ю.М., Колганов А.В. Эксплуатационная надежность оросительных систем. – М.: ФГНУ «Росинформротех», 2005.

3. Защитные покрытия оросительных каналов / В.С. Алтунин, В.А. Бородин, В.Г. Ганчиков, Ю.М. Косиченко. – М.: Агропромиздат, 1987-1988. – 160 с.

4. Ищенко А.В. Анализ потерь на фильтрацию и КПД крупных облицованных каналов // Водное хозяйство. – Екатеринбург. – Том 1. – 2006. – С. 53-61.

УДК 626.821.3:532.001.2

## **АНАЛИЗ НАТУРНЫХ ДАННЫХ ШЕРОХОВАТОСТИ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ КАНАЛОВ ЮГА РОССИИ**

Ю.И. Иовчу

ФГНУ «РосНИИПМ»

Наиболее достоверные гидравлические характеристики каналов, в том числе коэффициентов шероховатости и гидравлических сопротивлений, можно определить лишь на основе натуральных исследований. Именно на натуральных объектах, возможно, объективно оценить влияние многообразия различных факторов на гидравлические параметры

потока в руслах каналов. Особенно это актуально при эксплуатации каналов, когда в процессе их работы наблюдаются размывы русла, заиление, зарастание, деформации откосов и облицовки каналов. Перечисленные факторы непосредственно также влияют на гидравлическую эффективность и эксплуатационную надежность каналов.

В связи с этим, рассмотрим имеющиеся натурные данные, полученные на каналах Юга России. В таблице представлены характеристики каналов в земляных руслах и облицовке.

Натурные данные гидравлических характеристик каналов нами заимствованы из работ [1-4]. Кроме того, в настоящей статье учтены результаты собственных натурных исследований Азовского магистрального канала в земляном русле и распределительных каналов в облицовке Багаевско-Садковской ОС Ростовской области Бг-Р-7 и Бг-р-8, проведенных в 2006-2007 гг.

Проведенные гидравлические исследования на каналах основываются на общеизвестных методиках определения средних скоростей течения, расходов, уклонов свободной поверхности воды и коэффициентов шероховатости [2, 5].

Вычисления гидравлических характеристик потока в руслах каналов производились по следующим формулам:

- коэффициент шероховатости русла

$$n = \frac{R^{2/3} J^{1/2}}{U};$$

- коэффициент гидравлического трения

$$\lambda = \frac{8gRJ}{U^2};$$

- число Рейнольдса

$$Re = \frac{4UR}{\nu},$$

где  $R$  – гидравлический радиус;

$J$  – уклон свободной поверхности;

$U$  – средняя скорость потока;

$\nu$  – кинематическая вязкость воды.

Таблица

### Натурные данные гидравлических характеристик каналов в земляных руслах и облицовке

Наименование канала	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$h, \text{ м}$	$U, \text{ м/с}$	$i, 10^4$	$n$	$Re \cdot 10^{-6}$	$\lambda$	$\eta$	$\alpha' = \frac{n_{np}}{n}$	$P_s = \frac{\eta}{\eta_{np}}$
Каналы в земляном русле										
БСК-1 (1-27 км)	182,6	5,5	1,17	1,5	0,0238	15,2	0,0253	0,928	0,945	1,03
БСК-1 (1-7 км)	169,3	4,65	1,15	1,5	0,0225	14,3	0,0255	0,960	1,0	1,06
БСК-1 (7-16 км)	110,7	4,02	1,0	1,5	0,0229	10,5	0,0283	0,960	0,991	1,06
БСК-1 (16-27 км)	77,9	3,48	0,89	1,5	0,0231	7,25	0,0309	0,960	0,974	1,06
Донской МК	201,0	5,6	0,56	0,3	0,0268	3,47	0,0338	0,890	0,840	0,99
Нижне-Донской МК	25,6	3,0	0,25	0,2	0,0374*	1,56	0,171*	0,760	0,602	0,82
Азовский МК	15,0	1,99	0,36	0,5	0,0554*	0,67	0,225*	0,780	0,751	0,84
Пролетарский МК	54,0	4,5	0,61	0,4	0,0203	6,66	0,0223	0,850	0,902	0,95
Невинномысский	75,0	3,95	0,83	1,4	0,0279*	9,1	0,0436*	0,750	0,806	0,83
Терско-Кумский	80,0	3,6	0,76	1,0	0,0237	2,2	0,0326	0,80	0,844	0,89
Каналы в облицовке										
БСК-3	46,5	2,60	0,51	2,5	0,0172	9,61	0,0192	0,97	0,988	1,0
Каналы Багаевско-Садковской ОС										
Бг-Р-7 (ПК-30+66)	3,06	1,5	0,56	1,05	0,0157	1,78	0,0209	0,98	0,955	1,01
Бг-Р-7 (ПК56)	2,59	1,5	0,19	0,31	0,354*	0,96	0,0864*	0,85	0,424*	0,87
Бг-Р-7 (ПК189)	1,13	1,5	0,20	0,85	0,0369*	0,61	0,127*	0,82	0,407	0,84
Бг-Р-7 (ПК56+ПК134)	2,35	2,06	0,25	0,312	0,0234*	1,05	0,0421*	0,85	0,726	0,87
Бг-Р-7 (ПК189-ПК226)	0,98	1,21	0,26	0,876	0,0299*	0,66	0,0795*	0,85	0,568	0,87
	1,04	1,21	0,28	0,876	0,0281*	0,71	0,0703*	0,85	0,605	0,87
	1,14	1,22	0,23	0,876	0,0261*	0,77	0,0611*	0,85	0,649	0,87
Бг-Р-8	3,48	1,7	0,26	0,187	0,0198*	1,36	0,0293	0,87	0,867	0,90
Бг-Р-8 (ПК0+90)	3,31	2,39	0,23	0,189	0,0299*	1,19	0,0375*	0,87	0,742	0,90
Бг-Р-8-1 (ПК0-ПК48)	2,74	1,69	0,32	0,77	0,0274*	1,27	0,0590*	0,87	0,620	0,90
	3,35	1,84	0,35	0,77	0,0265*	1,46	0,0542*	0,87	0,641	0,90

Примечание: \* – Значения  $n$  и  $\lambda$  в условиях зарастания русла растительностью и водорослями.

В качестве характеристик гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности определялись:

- показатель снижения пропускной способности русла канала при эксплуатации

$$\alpha' = \frac{n_{\text{пр}}}{n};$$

- показатель технического состояния канала

$$P_3 = \frac{\eta}{\eta_{\text{тр}}},$$

где  $n_{\text{пр}}$  – проектный коэффициент шероховатости русла канала;

$n$  – коэффициент шероховатости, найденный по натурным данным;

$\eta$  – фактический КПД канала при эксплуатации;

$\eta_{\text{тр}}$  – требуемый КПД канала по нормам СНиП.

Область сопротивления потока в руслах каналов устанавливается, исходя из условия Прандтля-Никурадзе [2]:

$$\lg U_* \Delta / \nu > 1,83, \quad (1)$$

где  $U_* = \sqrt{gRJ}$  – динамическая скорость потока;

$\Delta = k_3 = (25n)^6$  – высота эквивалентной шероховатости.

При выполнении условия (1) наблюдается квадратичная область сопротивления.

Учитывая данные (см. таблицу), получим для канала в земляном русле – БСК-1  $\lg U_* \Delta / \nu = 3,41 > 1,83$ , что соответствует квадратичной области; для канала в облицовке – Бг-Р-7  $\lg U_* \Delta / \nu = 2,02 > 1,83$  – квадратичная область.

Таким образом, как для каналов в земляном русле, так и для каналов в облицовке будет наблюдаться, в основном, квадратичный закон сопротивления.

Анализ представленных в таблице натурных данных характеристик каналов в земляных руслах показывает, что их коэффициенты шероховатости при нормальном состоянии русел без зарастания изменяются от 0,0225 до 0,0260, а при зарастании – от 0,0250 до 0,0550; соответственно, коэффициенты гидравлического сопротивления при нормальном состоянии – от 0,0250 до 0,0350, при зарастании – от 0,0350 до 0,225; числа Рейнольдса изменяются в диапазоне  $(0,60 \div 15,0) 10^{-6}$ .



Наиболее значительными коэффициентами  $n$  и  $\lambda$ , превышающими в 2-4 раза проектные, характеризуются такие каналы Юга России, как Нижне-Донской и Азовский магистральные каналы, Солдатский распределитель и Теплушка [1], где общая площадь зарастания полупогруженной растительностью (камыш, тростник, рогоз) достигает до 30-40 % от площади живого сечения.

Следует отметить, что аналогичные данные о большом влиянии зарастания русла на их шероховатость также отмечены на Каракумском канале и канале Северский Донец-Донбасс, где значения коэффициентов  $n$  достигали максимума (0,084-0,088) [4].

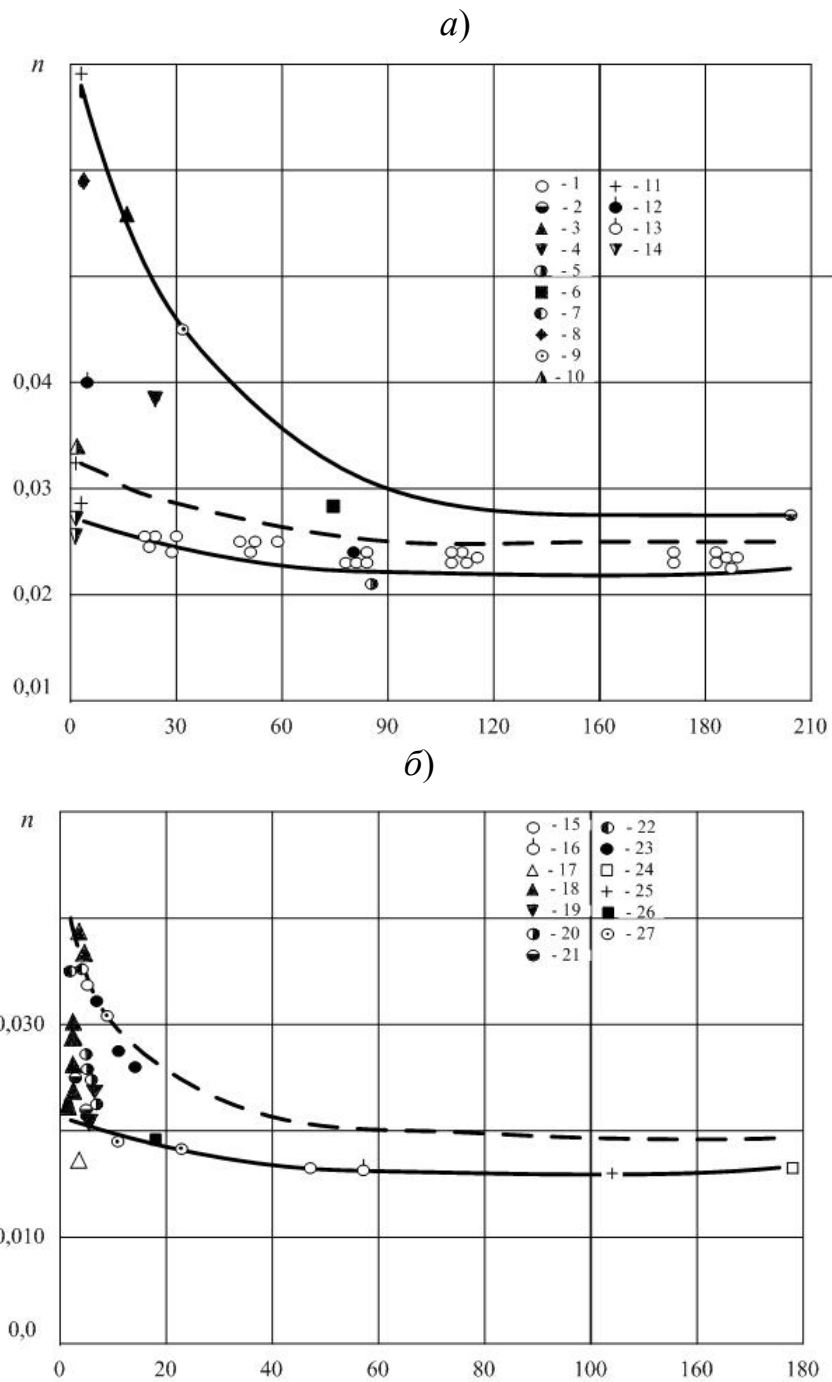
Как следствие, зарастание русла оказывает непосредственное влияние на снижение гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности. Так, при зарастании русла каналов происходит уменьшение показателя пропускной способности  $\alpha'$  до 0,60-0,80, а показателя технического состояния  $P_3$  – до 0,80-0,84.

Для каналов в облицовке также характерно существенное влияние на шероховатость и гидравлические характеристики биопомех (сине-зеленых водорослей), которые интенсивно развиваются в бетонных руслах при благоприятных условиях (малые уклоны и скорости течения) ввиду их малой самоочищающей способности [2, 3].

На основании проведенных исследований, в том числе автором работы, установлено, что на отдельных участках облицованных каналов Багаевско-Садковской ОС Бг-Р-7, Бг-Р-8 и Бг-Р-8-1 наблюдается увеличение коэффициентов шероховатости и гидравлических сопротивлений в 2-2,5 раза. При этом коэффициенты шероховатости повышаются с 0,015-0,017 до 0,035-0,037, что было отмечено на распределительном канале Бг-Р-7. Аналогичные данные были зафиксированы и на других облицованных каналах (ТМ-1, ТМ-2, Северский Донец-Донбасс), что представлено в работах [1, 2].

Коэффициенты гидравлических сопротивлений  $\lambda$  при образовании биопомех в бетонных руслах возрастают до значений 0,080-0,120, а показатели пропускной способности  $\alpha'$  и технического состояния  $P_3$ , соответственно, снижаются до 0,40 и 0,80.

С целью дальнейшего анализа закономерностей изменчивости коэффициента шероховатости по представленным натурным данным были составлены графики зависимостей  $n = n(Q)$  (рис. 1).



**Рис. 1. Графики зависимости  $n = n(Q)$ : а – для каналов в земляном русле; б – для каналов в облицовке; 1 – БСК-1; 2 – Донской МК; 3 – Азовский МК; 4 – Нижне-Донской МК; 5 – Пролетарский; 6 – Невинномысский; 7 – Терско-Кумский; 8 – Солдатский; 9 – Сев. Донец-Донбасс; 10 – Теплушка; 11 – Солдатский; 12 – Распределитель № 67; 13 – Баксан-Малка; 14 – Бг-Р-6; 15 – БСК-3; 16 – Самур-Апшеронский; 17 – Бг-Р-7 (норм.); 18 – Бг-Р-7 (зараст.); 19 – Бг-Р-8; 20 – Бг-Р-8-1; 21 – Бг-Р-5; 22 – ТМ-1; 23 – ТМ-2; 24 – Каршинский; 25 – Большой Ферганский; 26 – Северский Донец-Донбасс; 27 – Большой Алма-Атинский**

На этих графиках выделены зоны распределения шероховатостей. Нижняя граница каждой зоны соответствует нормальному состоянию русел каналов при эксплуатации, значения шероховатостей или гидравлических сопротивлений которой близки к нормативному или проектному уровню.

Верхняя граница указанных зон отвечает условиям высокой (максимальной) степени зарастания русел каналов.

Анализ полученных графических зависимостей позволяет выявить некоторые общие закономерности:

1. Зона изменчивости коэффициентов шероховатости каналов в земляных руслах и в облицовке при расходах до 20-60 м<sup>3</sup>/с имеет расширенный диапазон значений коэффициентов  $n$ . Далее она существенно сужается и при расходах 80-120 м<sup>3</sup>/с практически остается постоянной.

2. Влияние зарастания русел каналов особенно сильно проявляется в начале зон шероховатости при относительно небольших расходах до 10-30 м<sup>3</sup>/с. Здесь значения коэффициентов шероховатости при зарастании превышают их по сравнению с нормальным состоянием русел каналов в 2-3,5 раза.

3. Нижняя граница зоны шероховатости представляет собой относительно плавную кривую с большим наклоном в начале и асимптотически приближающуюся к горизонтальной линии. Верхняя граница зоны характеризуется резким изменением кривой в начале, которая затем выполаживается и также асимптотически приближается к горизонтали.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Долгушев И.А. Повышение эксплуатационной надежности оросительных каналов. – М.: Колос, 1975. – 136 с.

2. Косиченко Ю.М. Гидравлические и экологические аспекты эксплуатации каналов. – Новочеркасск: НГМА, 2000. – 229 с.

3. Косиченко Ю.М. Каналы переброски стока России. – Новочеркасск: НГМА, 2004. – 470 с.

4. Косиченко Ю.М., Гурин К.Г., Самойленко А.В. Гидравлическая эффективность крупных каналов Северного Кавказа // Водное хозяйство России. – 2005. – № 4. – С. 378-391.

5. Железняков Г.В., Овчаров Е.Е. Инженерная гидрология и регулирование стока. – М.: Колос, 1993. – 464 с.

УДК 626.821.3:532.001.2

## **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ РУСЕЛ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ**

Ю.И. Иовчу

ФГНУ «РосНИИПМ»

Общая протяженность каналов оросительных систем, находящихся в ведении федеральных государственных учреждений Депмелиоводхоза, в настоящее время составляет 29000 км [1]. Еще более значительна протяженность каналов внутрихозяйственной сети, которая находится в ведении коллективных и фермерских хозяйств.

Большинство из каналов оросительных систем уже эксплуатируются более 30-50 лет. Поэтому все более актуальными становятся проблемы их эксплуатации.

При эксплуатации каналов возникают различные деформации русел, заиление, зарастание русел водной растительностью, повреждения и деформации противодиффузионных облицовок, значительная фильтрация, подъем уровня грунтовых вод, подтопление и заиление прилегающих к каналам территорий [2].

Отмеченные факторы оказывают влияние на гидравлические сопротивления и пропускную способность и, соответственно, на эксплуатационную надежность каналов.

Целью данной статьи является оценка влияния некоторых факторов, оказывающих наибольшее влияние на гидравлические сопротивления, и выявление закономерностей их изменения.

В связи с этим используем натурные данные гидравлических исследований на магистральных и распределительных оросительных каналах Юга России (Большой Ставропольский, Донской, Нижне-Донской, Азовский, распределительные каналы Багаевско-Садковской ОС – Бг-Р-6, Бг-Р-7, Бг-Р-8, Бг-Р-8-1 и других), а также на каналах ближнего зарубежья (Северский Донец-Донбасс, Самур-Апшеронский, Северо-Крымский, Каракумский, Большой Алма-Атинский и других), результаты которых представлены в работах [2-6].

На основании указанных натуральных данных нами были рассчитаны гидравлические сопротивления (коэффициенты гидравлического трения) и числа Рейнольдса по следующим формулам:

$$\lambda = \frac{8gRJ}{U^2};$$

$$Re = \frac{4UR}{\nu},$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения;

$R$  – гидравлический радиус;

$J$  – уклон водной поверхности, который при равномерном движении принимается равным уклону дна  $J = I$ ;

$U$  – средняя скорость потока в живом сечении;

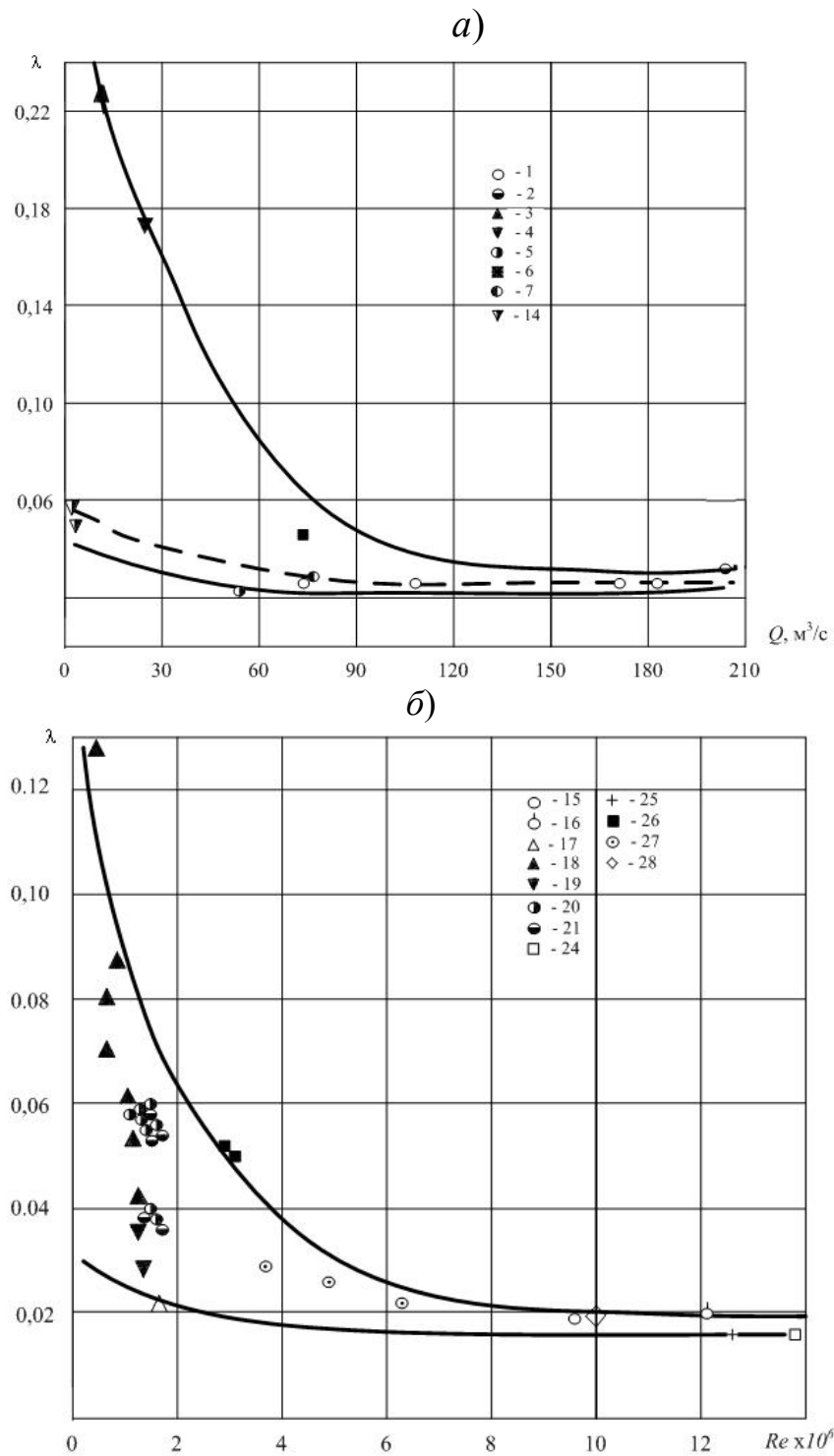
$\nu$  – кинематическая вязкость воды, принимаемая равной  $\nu = 1 \cdot 10^{-6}$  м/с<sup>2</sup>.

Область сопротивления рассматриваемых каналов согласно условию Прандтля-Никурадзе [3]:  $\lg U \cdot \Delta / \nu > 1,83$  – будет соответствовать, в основном, квадратичной области.

Результаты проведенной нами обработки натуральных данных для каналов в земляном русле и облицовке представлены на графиках зависимостей коэффициента гидравлического трения от расхода воды  $\lambda = \lambda(Q)$  и числа Рейнольдса  $\lambda = \lambda(Re)$  (рис. 1, а, б).

Анализ построенных графических зависимостей показывает, что на каждом графике можно выделить зону изменения значений  $\lambda$  от некоторых минимальных значений до максимальных. В связи с этим на графиках проведены две сплошные кривые линии: нижние линии – характеризуют нормальное состояние русел каналов, когда влияние факторов эксплуатации каналов не сказывается на значениях  $\lambda$ ; верхние линии – отражают максимальное влияние факторов эксплуатации на коэффициенты  $\lambda$ .

Для земляных русел каналов (Азовский и Нижне-Донской МК), где в процессе исследований отмечено сильное их зарастание водной растительностью (камышом) и развитие сине-зеленых водорослей [2], значения коэффициентов  $\lambda$  (см. рис. 1, а) достигают максимума 0,16-0,22, которые превышают для соответствующих расходов коэффициенты  $\lambda$  при нормальном состоянии земляных русел в 5-6 раз. Однако такое большое влияние зарастания каналов на гидравлические сопротивления характерно только для малых и средних каналов с расходами до 30-50 м<sup>3</sup>/с.



**Рис. 1.** Графики зависимостей  $\lambda = \lambda(Q)$  (a) и  $\lambda = \lambda(Re)$  (б): а – для каналов в земляном русле; б – для каналов в облицовке; 1 – БСК-1; 2 – Донской МК; 3 – Азовский МК; 4 – Нижне-Донской МК; 5 – Пролетарский; 6 – Невинномысский; 7 – Терско-Кумский; 14 – Бг-Р-6; 15 – БСК-3; 16 – Самур-Апшеронский; 17 – Бг-Р-7 (норм.); 18 – Бг-Р-7 (зараст.); 19 – Бг-Р-8; 20 – Бг-Р-8-1; 21 – Бг-Р-5; 24 – Каршинский; 25 – Большой Ферганский; 26 – Северский Донец-Донбасс; 27 – Большой Алма-Атинский; 28 – СКК

Для крупных каналов при расходах более  $50 \text{ м}^3/\text{с}$  влияние зарастания существенно уменьшается. Так, при расходах от  $50$  до  $80 \text{ м}^3/\text{с}$  коэффициенты  $\lambda$  максимально повышаются в 2-4 раза, а при  $Q$  от  $80$  до  $200 \text{ м}^3/\text{с}$  – в 1,25-2,0 раза. На графике  $\lambda = \lambda(Q)$  (см. рис. 1, а) также можно выделить штриховую кривую, отделяющую зону нормального состояния русла от зоны, где проявляется влияние зарастания и других факторов. Кроме того, что при одном и том же состоянии русел, в том числе нормальном, коэффициенты гидравлических сопротивлений с увеличением расходов снижаются. Это также подтверждается исследованиями на 1-й очереди Большого Ставропольского канала (БСК-1) [2].

Для каналов в облицовке (Бг-Р-7, Бг-Р-8, Бг-Р-8-1, Северский Донец-Донбасс) на коэффициенты гидравлических сопротивлений  $\lambda$  (см. рис. 1, б) также существенное влияние оказывают условия эксплуатации, а именно благоприятные условия для развития водорослей при скоростях течения менее  $0,50 \text{ м/с}$  [3]. Согласно полученным натурным данным, при числах Рейнольдса  $Re < 4 \cdot 10^6$  коэффициенты  $\lambda$  при образовании в бетонных руслах водорослей возрастают более чем в 2-4 раза. При числах  $Re = (4 \div 12) 10^6$  коэффициенты  $\lambda$  возрастают уже несущественно (в 1,2-1,8 раза).

Необходимо отметить, что влияние других факторов условий эксплуатации, а именно деформаций русел каналов, заиления, русловых деформаций в виде рифелей и гряд, ледяного покрова при зимнем режиме эксплуатации, изучалось в работах И.Ф. Карасева, В.С. Алтунина, И.А. Долгушева, К.В. Гришанина, Д.В. Штеренлихта, Е.К. Рабковой, Г.В. Железнякова, В.И. Елфимова и других [2]. Как показывают эти исследования, указанные факторы оказывают существенное влияние на крупных каналах переброски стока круглогодичного действия. Применительно к малым и средним оросительным каналам сезонного действия эти процессы либо вообще не проявляются, либо их степень влияния существенно меньше, чем зарастание русел растительностью.

Таким образом, на оросительных каналах превалирующим фактором влияния условий эксплуатации на гидравлические сопротивления и, следовательно, на пропускную способность является образование биопомех – зарастание русел водной растительностью и развитие макрофитов (сине-зеленых водорослей). При расходах каналов до 30-

50 м<sup>3</sup>/с биопомехи в условиях значительного зарастания русел приводят к увеличению гидравлических сопротивлений как земляных русел, так и облицованных русел в 4-6 раз. Характерными примерами такого большого влияния на коэффициенты  $\lambda$ , по результатам исследований, можно считать среди каналов в земляном русле – Азовский и Нижне-Донской магистральные каналы, а среди каналов в облицовке – Бг-Р-7, Бг-Р-8 и другие.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Косиченко Ю.М. Оценка безопасности и эксплуатационной надежности ГТС мелиоративного назначения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: ООО «Геликон», 2006. – Вып. 36.

2. Косиченко Ю.М. Каналы переброски стока России. – Новочеркасск: НГМА, 2004.

3. Косиченко Ю.М. Гидравлические и экологические аспекты эксплуатации каналов. – Новочеркасск: НГМА, 2000.

4. Алтунин В.С. Мелиоративные каналы в земляных руслах. – М.: Колос, 1979.

5. Карасев И.Ф. Русловые процессы при переброске стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1975.

6. Долгушев И.А. Повышение эксплуатационной надежности оросительных каналов. – М.: Колос, 1975.

УДК 631.67«5»:658.5.001.57

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ОПИСАНИИ ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ОРОШЕНИЯ**

О.В. Воеводин, А.Л. Кожанов

ФГНУ «РосНИИПМ»

Подход в орошаемом земледелии, нашедший глобальное внедрение в практику еще при СССР и действующий по настоящее время, направлен на стабильную работу сельхозпроизводств в годы 75 % обеспеченности осадками. Конечно, стабильность не потеряется в годы с меньшими значениями обеспеченности осадками, однако возни-



кает момент, при котором оросительная вода транспортируется и сбрасывается все в больших объемах, не принося никакого положительного эффекта. Более того, в достаточно влажные годы происходит простой оросительной техники у сельхозпроизводителей, что при современных экономических условиях тоже не совсем положительный факт. Это диктует необходимость совершенствования вопросов, связанных с разработкой новых подходов и принципов оптимизации использования водных ресурсов и средств орошения. Одним из путей, призванным решать вышеперечисленные проблемы, может стать внедрение в практику периодического орошения.

Периодическое орошение является одним из новых направлений в орошаемом земледелии и требует обширных теоретических разработок, которыми является и данная работа.

В настоящее время происходит постоянное усложнение производственно-технических и организационно-экономических подходов в работе сельскохозяйственных организаций. Совершенствование функционирования и повышение эффективности работы этих организаций возможно только в результате применения системного подхода, ориентированного на достижение существенного измеряемого увеличения продуктивности и эффективности деятельности организации посредством кардинального пересмотра, переосмысления и репроектирования его ключевых производственных процессов. Естественно, что проведение анализа требует наличия специальных средств описания ре-проектируемых производственных процессов.

В связи с вышесказанным, наши исследования проводились в два этапа:

- выбор графической методологии функционального моделирования;
- апробация методологии применительно к описанию процесса организации системы периодического орошения.

В результате сравнения пяти графических методик, к числу которых относятся иерархическое дерево, блок-схема, FAST, IDEF0 и причинно-следственная диаграмма (диаграмма Ишикавы), на наш взгляд, одним из инструментов, достаточно успешно решающим вопросы функционального описания систем, в том числе и процесса организации системы периодического орошения, может быть методология IDEF0.

Рассмотрим, почему наш выбор пал именно на эту методологию. Методология IDEF0 используется для создания функциональных моделей (Integration Definition For Function Modeling), отражающих структурированное изображение функций производственной системы или среды, а также информации и объектов, связывающих эти функции.

Основу подхода и, соответственно, методологии IDEF0 составляет графический язык, обладающий следующими свойствами:

- графический язык – это полное и выразительное средство, способное представить весь спектр процессов предприятия на любом уровне детализации;

- язык обеспечивает точное и лаконичное описание моделируемых объектов;

- язык облегчает взаимодействие и взаимопонимание специалистов, занятых анализом и проектированием процессов;

- язык прошел многолетнюю проверку и подтвердил свою работоспособность;

- язык легок и прост в изучении;

- язык поддерживается рядом программных продуктов.

Кроме того, методика представлена в двух документах, принятых и введенных в действие Постановлением Госстандарта России – РД IDEF 0-2000; Р 50.1.028-2001.

Несмотря на всю легкость графического языка, все равно требуются пояснения ключевых теоретических подходов, лежащих в основе методики IDEF0.

Система (подсистема, элемент) имеет входы и выходы. Входом называется дискретное или непрерывное множество «контактов», через которое воздействие среды передается системе. Выход – множество «контактов», через которое система воздействует на среду. Любой элемент системы имеет, по крайней мере, один вход и один выход. Воздействие может состоять в передаче вещества, энергии, информации или комбинации этих сущностей.

Схематическое изображение связей преобразующего блока в соответствии с соглашениями системы IDEF0 показано на рис. 1. Ограничительная и предписывающая информация изображается стрелками, присоединяемыми к блоку на стороне управления, а описательная информация поступает на вход блока и формируется на его выходе, отображаясь стрелками входа и выхода соответственно.



**Рис. 1. Схематическое изображение связей преобразующего блока**

Приведенные определения корреспондируются с определением функционального блока IDEF0 с той лишь разницей, что в методологии входные контакты подразделяются на собственно входы и управления. Функциональный блок, как отображающий моделируемую систему в целом, так и блок на любом уровне декомпозиции, являются преобразующими блоками. Преобразующий блок – блок IDEF0-диаграммы, преобразующий входы в выходы под действием управлений при помощи «механизмов». Преобразование – цель и результат работы любого блока на диаграмме любого уровня декомпозиции.

Преобразованию в блоке могут подвергаться материальные и информационные объекты, образующие соответствующие потоки.

Материальный поток – непрерывное или дискретное множество материальных объектов, распределенное во времени.

Информационный поток – множество информационных объектов, распределенное во времени.

Информация, участвующая в процессах, операциях, действиях и деятельности в целом, может быть классифицирована на три группы: ограничительная информация; описательная информация; предписывающая (управляющая) информация. Ограничительная информация – сведения о том, чего нельзя делать:

а) никогда, ни при каких обстоятельствах (кроме, быть может, форс-мажорных) в любой фазе и на любом этапе функционирования системы в целом;

б) в рамках функционирования конкретного блока.

Ограничительная информация содержится в законах, подзаконных актах, международных, государственных и отраслевых стандартах, а также в специальных внутренних положениях и документах

предприятия, в частности, в технических требованиях, условиях, регламентах и т.д.

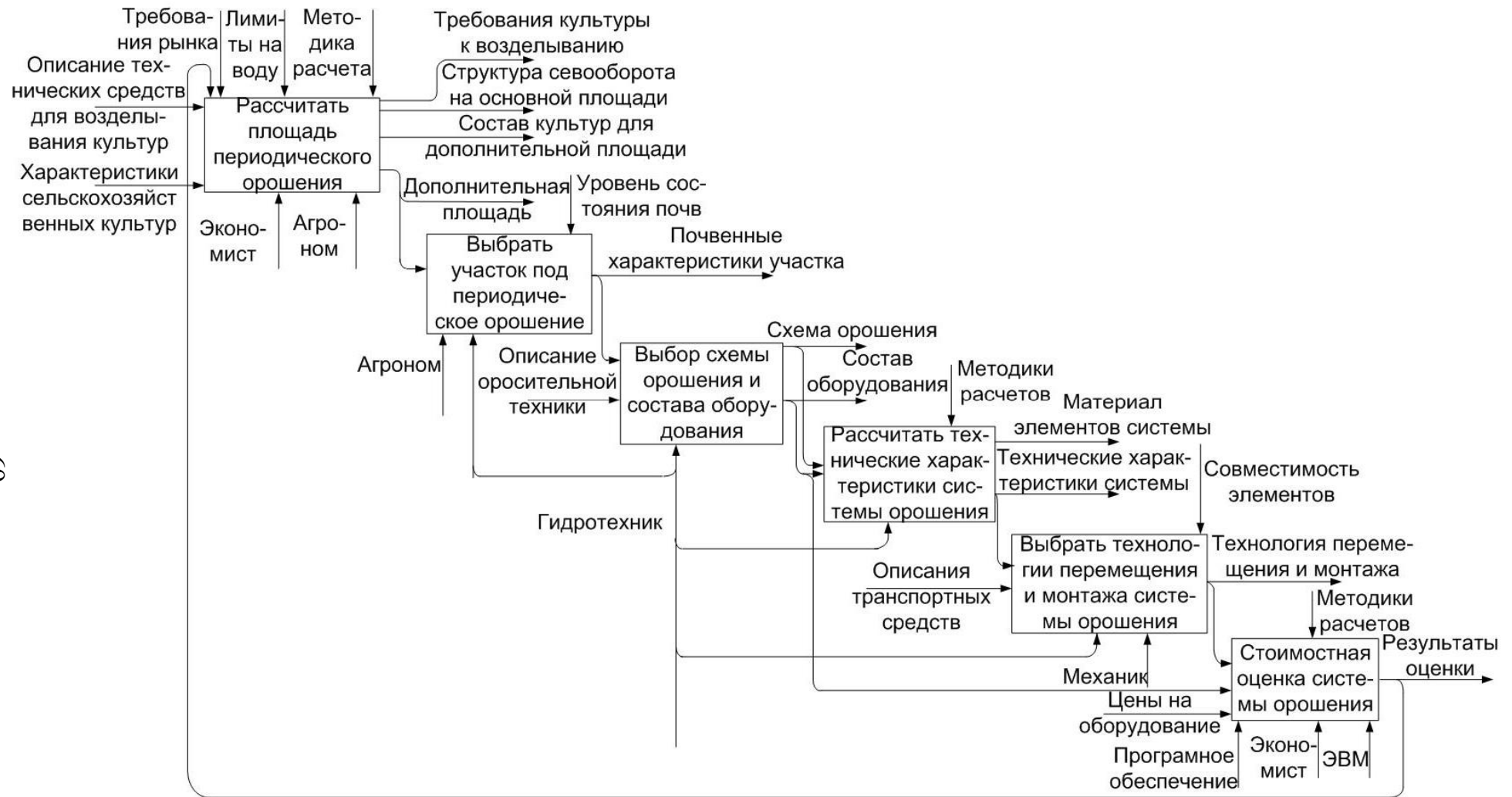
Описательная информация – сведения об атрибутах объекта (потока), преобразуемого функциональным блоком. Содержится в чертежах, технических и иных описаниях, реквизитах и т.п. документах, являясь неотъемлемым компонентом объекта в течение всего жизненного цикла. Эта информация сама преобразуется (изменяется) в результате выполнения функции. Предписывающая (управляющая) информация – сведения о том, как, при каких условиях и по каким правилам следует преобразовать объект (поток) на входе в объект (поток) на выходе блока. Содержится в технологических (в широком смысле) инструкциях, руководствах, документах, определяющих «настройки» и характеристики блока.

Материальный поток и описывающий его информационный поток везде, где это не вызывает недоразумений, можно изображать одной стрелкой.

Применяя методологию IDEF0, нами построена контекстная диаграмма и произведена ее декомпозиция, представленная на рис. 2. Процесс организации периодического орошения разработан для условий сельхозпроизводителя и определяет состав исполнителей, результат после выполнения каждого элемента процесса, вид ограничивающей и предписывающей информации. Условно последовательность процесса организации периодического орошения разделена на шесть блоков:

1. Рассчитать площадь периодического орошения.
2. Выбрать участок под периодическое орошение.
3. Выбрать схемы орошения и состав оборудования.
4. Рассчитать технические характеристики системы периодического орошения.
5. Выбрать технологии перемещения и монтажа системы орошения.
6. Произвести стоимостную оценку системы орошения.

Данный подход обеспечивает поэтапное проведение процесса организации периодического орошения специалистами сельскохозяйственных, проектных, других заинтересованных организаций, и без затруднений может быть применен для условий любой сельскохозяйственной зоны страны.



**Рис. 2. Процесс организации системы периодического орошения**

Также любой из блоков может быть подвергнут дальнейшей декомпозиции, тем самым, позволяя раскрыть нюансы каждого из функциональных блоков. Так, например, блок «Рассчитать площадь периодического орошения» включает следующие функции: выбрать севооборот для основной площади орошения; выбрать культуры для периодической площади орошения; рассчитать площадь периодического орошения. Исполнителями функционального блока являются агроном и экономист сельскохозяйственной организации. В роли описательной информации о материальных объектах на входе является информация о характеристиках сельскохозяйственных культур и описание технических средств, участвующих в процессе возделывания сельскохозяйственных культур, в частности поливная техника. Ограничивающая и предписывающая информация по реализации функции представлена в виде требований рынка, лимитов на воду и методики расчета площади периодического орошения. Результатом выполнения элементов процесса являются: структура севооборота на основной площади; состав культур под периодическим орошением; рассчитанная площадь периодического орошения.

Таким образом, методология IDEF0 успешно применяется в самых различных отраслях, зарекомендовав себя как эффективное средство формализованного описания, проектирования, анализа и улучшения процессов сложных систем, к которым можно отнести систему периодического орошения. Методология функционального моделирования IDEF0 является достаточно простым инструментом, который позволяет разработчикам подробно изучить сферу деятельности и решать задачи по повышению эффективности этой деятельности.

Применение функционального моделирования позволяет решать не только технические проблемы, но также проблемы, имеющие отношение к сфере деятельности, организации производства.

УДК 626.82:631.67«5»

## **КОНСТРУКЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЦИКЛИЧЕСКОГО И ПЕРИОДИЧЕСКОГО ОРОШЕНИЯ**

А.Л. Кожанов, С.М. Васильев  
ФГНУ «РосНИИПМ»

Условия сельскохозяйственного производства на современном этапе определяют разработку нетрадиционных технологий и соз-

дание эффективных ресурсосберегающих экологически безопасных оросительных систем нового поколения, обеспечивающих расширенное воспроизводство плодородия почв и сокращение затрат воды до 50 % на единицу продукции в условиях глобального неблагоприятного изменения климата и возрастающих антропогенных нагрузок на сельскохозяйственное производство.

Технически совершенные оросительные системы нового поколения должны создаваться как при осуществлении нового строительства, так и при проведении реконструкции физически и морально устаревших оросительных систем. Конструкции оросительных систем нового поколения должны обеспечивать:

- своевременное проведение поливов и внесение агрохимикатов в соответствии с заданными оптимальными водным, солевым и пищевым режимами почв, гарантирующими получение экономически обоснованных урожаев при любых погодных условиях;

- минимум всех видов непроизводительных потерь воды и земли;

- минимум затрат труда обслуживающего персонала, соответствующих правилам охраны труда и санитарным требованиям.

Недостатками большинства оросительных систем являются угнетение возделываемых сельскохозяйственных культур за счет полива холодной водой, стрессовых ситуаций при высоких перепадах температур воды при поливе и высокая доля непроизводительного расхода поливной воды при заполнении и сбросе из поливных каналов [1-3].

Поэтому основной задачей является устройство оросительной системы, позволяющей улучшить качество поливной воды, не допуская при этом непроизводительных сбросов воды из каналов и сохранения излишков воды для полива дополнительных участков богарного земледелия для условий циклического и периодического орошения.

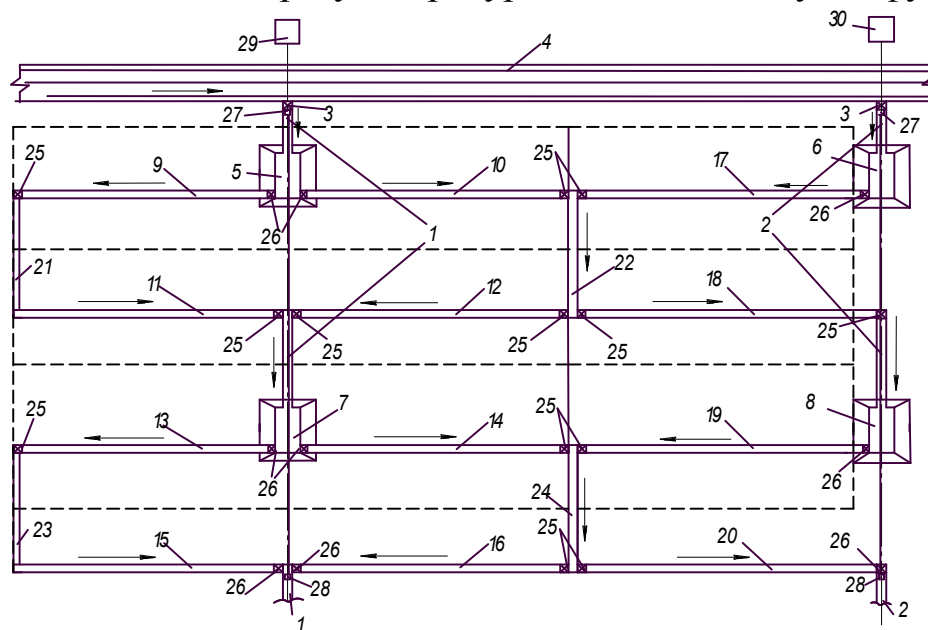
Решение данных задач достигается включением в оросительную систему прудов-накопителей, расположенных на распределительных каналах, где поливная вода приобретает необходимые для полива характеристики, а также отходящих от прудов-накопителей поливных каналов, расположенных по горизонталям местности и соединенных в концевой части попарно сбросными каналами со следующей парой поливных каналов. В каждой паре вышерасположенный канал снабжен подпорно-регулирующим сооружением, расположенным в его концевой части, а нижерасположенный канал выполнен с уклоном

к распределительному каналу. Вода из распределительного канала попадает в следующий пруд-накопитель.

В предложенной конструкции открытая оросительная система состоит из распределительных каналов, прудов-накопителей, поливных каналов с дождевальными машинами, сбросных каналов в конце поливных каналов, подпорно-регулирующих сооружений, регуляторов уровня по нижнему бьефу, регуляторов расхода и двух диспетчерских пунктов.

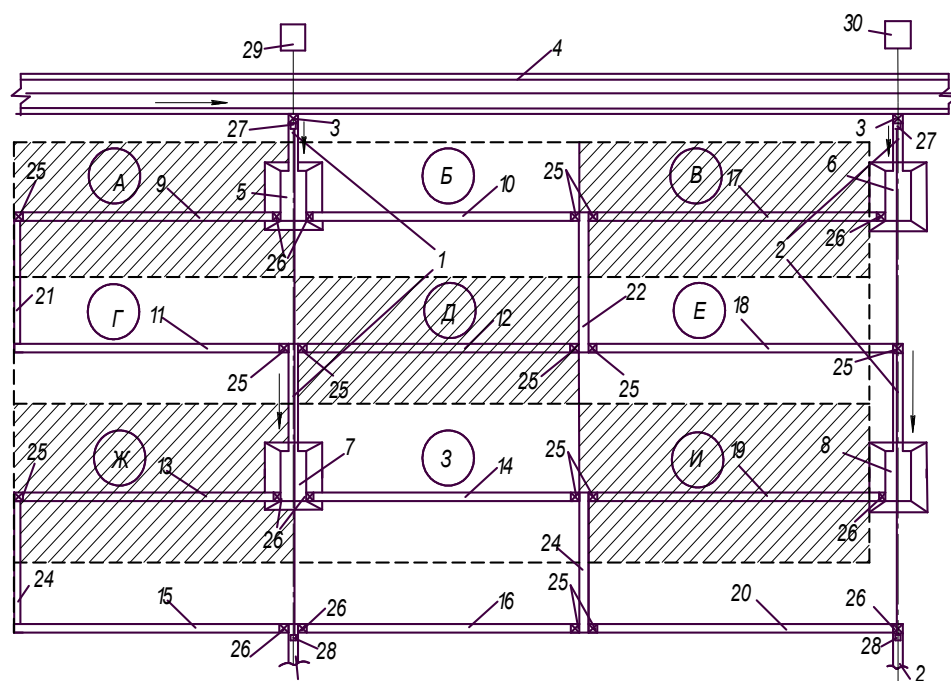
Конструкция поясняется рис. 1 и 2. На рис. 1 схематично в плане показана оросительная система, а на рис. 2 – план размещения орошаемых полей севооборота.

Отличие конструкции в том, что пруды-накопители расположены так, что вся вода, поступившая в систему из межхозяйственного транзитного канала или другого источника, попадает в них, резервируется и приобретает необходимую температуру для дальнейшего полива. Пруды-накопители имеют регуляторы уровня по нижнему бьефу.



**Рис. 1. Конструкция оросительной системы:** 1, 2 – распределительный канал; 3 – регуляторы расхода; 4 – межхозяйственный канал; 5-8 – пруд-накопитель; 9-20 – поливной канал; 21-24 – сбросной канал; 25 – подпорно-регулирующее сооружение; 26 – регулятор уровня по нижнему бьефу; 27-28 – датчик расхода; 29-30 – диспетчерский пункт





**Рис. 2. План размещения орошаемых полей севооборота:**  
 1, 2 – распределительный канал; 3 – регуляторы расхода; 4 – межхозяйственный канал; 5-8 – пруд-накопитель; 9-20 – поливной канал; 21-24 – сбросной канал; 25 – подпорно-регулирующее сооружение; 26 – регулятор уровня по нижнему бьефу; 27-28 – датчик расхода; 29-30 – диспетчерский пункт; А-И – поля севооборота

Поливные каналы электрически связаны с диспетчерскими пунктами. Все орошаемые участки между поливными каналами снабжены датчиками влажности почвы.

Для орошения полей производится транзитный пропуск воды и заполнение прудов-накопителей, в которых за световой день температура воды поднимается с 10-15 до 18-22 °С. Эта вода в дальнейшем используется для полива орошаемых полей, не приводя растения в стрессовое состояние.

На орошаемом массиве поля поливаются дождевальными машинами (типа ДДА-100 ВХ, ДДА-100 МА, ДКДФ, «Кубань» и др.), забирающими воду при движении из поливных каналов. При проходе дождевальной машины типа «Кубань» поливается участок, с двух сторон примыкающий к поливному каналу. Для дождевальных машин типа ДДА, ДКДФ из поливных каналов нарезаются временные оросители.

Для данной конструкции оросительной системы можно предложить севооборот с чередованием влаголюбивых и засухоустойчивых

сельскохозяйственных культур. На заштрихованных полях *А, В, Д, Ж, И* рис. 2 следует располагать влаголюбивые культуры, а на незаштрихованных полях *Б, Г, Е, З* – засухоустойчивые культуры.

Таким образом, в предложенном севообороте будут поливаться поля *А, В, Д, Ж, И*. Поля с засухоустойчивыми культурами будут находиться в богарном режиме. Каждое поле севооборота *А, В, Д, Ж, И*, занимаемое под влаголюбивую культуру, орошается в течение 20-50 % продолжительности ротации принятого севооборота. В остальные периоды поле используется как богарное в условиях естественного водного и теплового режимов. Это позволяет не допустить процессов деградации почвы при выбранной схеме циклического орошения.

За счет прудов-накопителей производится улучшение характеристик поливной воды (увеличение ее температуры с 10-15 до 18-22 °С), создаются комфортные условия для роста и плодоношения сельскохозяйственных культур, происходит накопление излишков воды и уменьшение непроизводительных сбросов. Накопленные излишки воды в прудах-накопителях также могут использоваться для полива прилегающих дополнительных площадей богарного земледелия с использованием мобильного оросительного оборудования (системы периодического орошения) для условий периодического орошения в более влажные годы, когда оросительные нормы севооборота снижаются. А благодаря конструкции оросительной системы возможна автоматизация ее работы и экономия оросительной воды при поливе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Щедрин В.Н., Бредихин Н.П., Бредихин Н.Н. Как восстановить и сохранить природное плодородие черноземов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1998. – № 2. – С. 33-35.

2. Васильев С.М., Кожанов А.Л. Новая конструкция оросительной системы // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ» / Под ред. В.Н. Щедрина. – Новочеркасск: ООО «Геликон», 2006. – Вып. 36. – С. 58-63.

3. А.с. СССР № 1356272. А 01G 25/16/1987/.

## **ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ОРОШЕНИЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

А.Л. Кожанов, О.В. Воеводин

ФГНУ «РосНИИПМ»

Современная концепция орошаемого земледелия и стратегия технического обеспечения производства сельскохозяйственной продукции требуют коренного пересмотра существующих положений реконструкции существующих технологий орошения сельскохозяйственных угодий и модернизации оросительных систем (ОС) [1].

Из площади орошаемых угодий России в 4,5 млн га, наиболее крупные районы орошаемого земледелия расположены в степной зоне: на Северном Кавказе (1,8 млн га), Поволжье (1,4 млн га), Центральных областях (0,82 млн га). Исходя из того, что в России только 25 % пригодных для орошения земель обеспечены водными ресурсами, большое значение в настоящее время приобретает периодическое орошение.

В практике проектирования, строительства и эксплуатации ОС, головной водозабор, пропускная способность каналов и сооружений устанавливается чаще всего из расчета удовлетворения потребностей в оросительной воде среднезасушливого года 75 % обеспеченности осадками за вегетационный период или 25 % обеспеченности по дефициту водного баланса. В относительно влажные для зоны неустойчивого увлажнения годы, когда оросительные нормы сельскохозяйственных культур резко уменьшаются, на системах имеется резерв воды, который чаще всего сбрасывается или вовсе не забирается из источников орошения. Расчеты показывают, что в средние по увлажненности годы 50, 25, и 10 % обеспеченности расходы воды на орошение сокращаются до 700 млн м<sup>3</sup>/год. Этот объем воды и рекомендуется использовать для периодического орошения дополнительных площадей. Орошение дополнительных площадей полноценными оросительными нормами будет проводиться в отдельные годы: два раза из четырех при обеспеченности 50 % и один раз из четырех лет при обеспеченности 25 %. В остальные годы оросительные нормы из-за недостатка воды сократятся.

Основным источником периодического орошения являются избыточные воды, формирующиеся на площадях регулярного орошения в относительно более влажные годы и периоды при уменьшении расчетных оросительных норм и общего расхода водных ресурсов. На этот срок следует ориентироваться при определении площадей дополнительного периодического орошения и определения размеров емкостей аккумулирующих водоемов [2].

При определении возможной площади дополнительного орошения исходим из следующих соображений. Каждое хозяйство вне зависимости от складывающихся погодных условий должно полностью забирать и использовать выделяемую ему воду. При сокращении расхода воды на площадях регулярного орошения в относительно влажные годы и периоды, вода должна использоваться для полива дополнительных площадей. Это позволит стабилизировать водоподачу, упростить водораспределение и приведет к резкому уменьшению сбросных расходов. Сокращение во влажные годы водозабора из источников орошения нецелесообразно, так как ведет к увеличению непроизводительных неплановых попусков и неполному использованию выделенного лимита воды по бассейновым схемам.

С одной стороны, для определения возможной площади орошения нужно знать тот объем воды, который освобождается на площадях регулярного орошения, в результате уменьшения оросительных норм в относительно влажные годы, а с другой – средневзвешенную оросительную норму с.-х. культур, которые будут возделываться на площади дополнительного орошения. Для этого необходимо иметь следующие исходные данные:

- площадь регулярного орошения;
- фактическую структуру посевов на площади регулярного орошения;
- планируемую структуру посевов на площади дополнительного орошения;
- многолетние ряды метеорологических данных по ближайшей метеостанции или оросительные нормы возделываемых культур.

Расчет величины оросительных норм с.-х. культур в годы различной обеспеченности водного баланса проводится методом А.М. Алпатьева и С.М. Алпатьева.

Вначале определяем суммарное испарение:

$$E = k \cdot \sum d,$$

где  $E$  – суммарное испарение за вегетационный период, мм;

$k$  – коэффициент биологической кривой, определяемый путем деления валового расхода воды на сумму дефицитов влажности воздуха;

$\sum d$  – сумма дефицитов влажности воздуха за тот же период, мб.

Оросительные нормы с.-х. культур, возделываемых на площадях регулярного орошения, берутся из литературных источников или определяются по формуле

$$M = E - \sum P,$$

где  $\sum P$  – сумма осадков за вегетацию, мм.

Средневзвешенная оросительная норма на площади регулярного орошения определяется по формуле

$$M_{св} = \frac{M_1 \cdot K_1 + M_2 \cdot K_2 + \dots + M_n \cdot K_n}{K_1 + K_2 + \dots + K_n},$$

где  $M_{св}$  – средневзвешенная оросительная норма, отнесенная к структурному гектару, м<sup>3</sup>/га;

$M_{1...n}$  – оросительные нормы возделываемых сельскохозяйственных культур;

$K_{1...n}$  – коэффициент, учитывающий долю культуры в структуре посевных площадей, %.

Объем избыточных вод на 1 га площади регулярного орошения в год 50, 25 % обеспеченности осадками определяем по разности

$$\Delta M_{св}^{50,25} = M_{св}^{75} - M_{св}^{50,25}.$$

Суммарная величина уменьшения расхода воды со всей площади регулярного орошения в средние и в средневлажные годы равняется

$$V^{50,25} = \Delta M_{св}^{50,25} \cdot S_p,$$

где  $S_p$  – площадь регулярного орошения, га.

Площадь дополнительного орошения ( $S_o$ ) определяем по формуле

$$S_{\partial} = \frac{V^{50,25} \cdot \eta}{M_{\partial}^{75}},$$

где  $M_{\partial}^{75}$  – средневзвешенная оросительная норма на участке дополнительного орошения, рассчитываемая таким же образом, что и для площади регулярного орошения;

$\eta$  – проектируемый коэффициент полезного действия оросительной сети (0,7-0,8).

Для наглядного представления зависимости процента площади дополнительного орошения от обеспеченности года и средневзвешенной оросительной нормы севооборота для условий Ростовской области построили поверхности откликов представленные на рис. 1, и вывели математические зависимости, представленные ниже:

а)  $P = 18958 + 0,0179 M_{\text{св}} - 0,1678 P - 1,7933E - 6 \cdot M_{\text{св}}^2 - 0,0001 P \cdot M_{\text{св}} - 0,0035 P^2$ ;

б)  $P = 26,4098 + 0,025 \cdot M_{\text{св}} - 0,2164 \cdot P - 2,444E - 6 \cdot M_{\text{св}}^2 - 0,0002 \cdot P \cdot M_{\text{св}} - 0,005 \cdot P^2$ ;

в)  $P = 35,8076 + 0,0339 \cdot M_{\text{св}} - 0,2923 \cdot P - 3,332E - 6 \cdot M_{\text{св}}^2 - 0,0002 \cdot P \cdot M_{\text{св}} - 0,0068 \cdot P^2$ ;

г)  $P = 40,6399 + 0,0385 \cdot M_{\text{св}} - 0,3318 \cdot P - 3,7803E - 6 \cdot M_{\text{св}}^2 - 0,0002 \cdot P \cdot M_{\text{св}} - 0,0078 \cdot P^2$ ;

д)  $P = 20,8793 + 0,0198 \cdot M_{\text{св}} - 0,1703 \cdot P - 1,9411E - 6 \cdot M_{\text{св}}^2 - 0,0001 \cdot P \cdot M_{\text{св}} - 0,004 \cdot P^2$ ;

е)  $P = 26,3169 + 0,0249 \cdot M_{\text{св}} - 0,2326 \cdot P - 2,4872E - 6 \cdot M_{\text{св}}^2 - 0,0001 \cdot P \cdot M_{\text{св}} - 0,0049 \cdot P^2$ ,

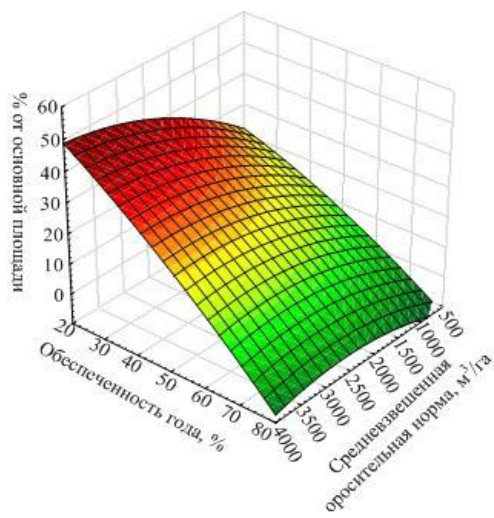
где  $P$  – процент от основной площади орошения, %;

$P$  – обеспеченность года осадками за вегетационный период, %;

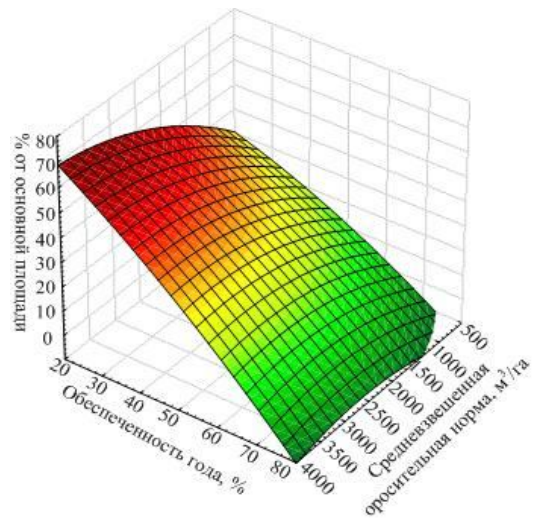
$M_{\text{св}}$  – средневзвешенная оросительная норма севооборота, м<sup>3</sup>/га.

Анализируя построенные поверхности отклика по результатам расчета дополнительной площади орошения для различных севооборотов на площади регулярного орошения: зерновой, кормовой и овощной и различных культур на дополнительных участках, можно сделать следующие выводы:

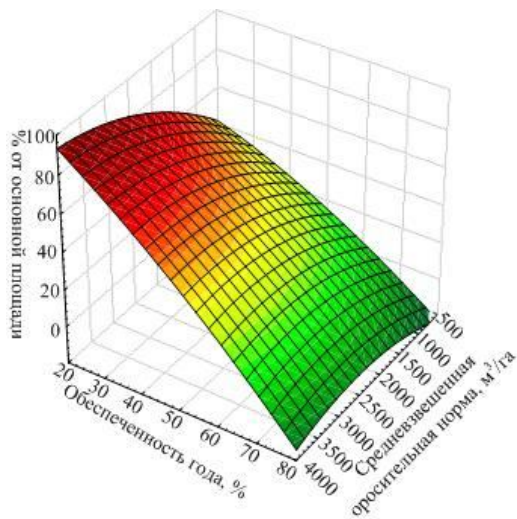
– при возделывании на дополнительных участках овощей с оросительной нормой больше чем средневзвешенная оросительная норма на площади регулярного орошения процент площади дополнительного орошения составляет от 15 до 40 % при средневзвешенной оросительной норме на площади регулярного орошения от 2000 до 4000 м<sup>3</sup>/га и обеспеченности года от 50 до 25 % (рис. 1, а, д);



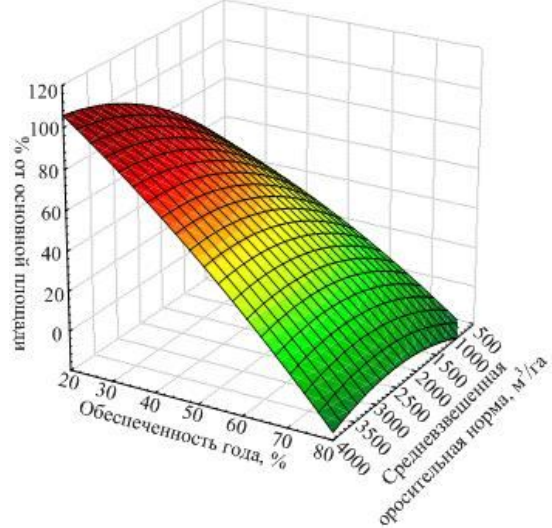
а) кукуруза средняя



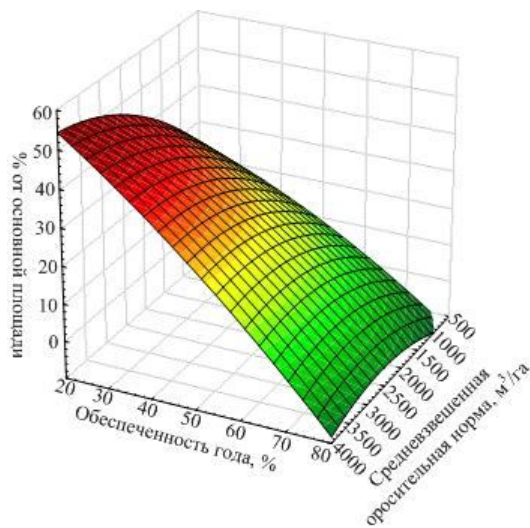
б) кормовая свекла



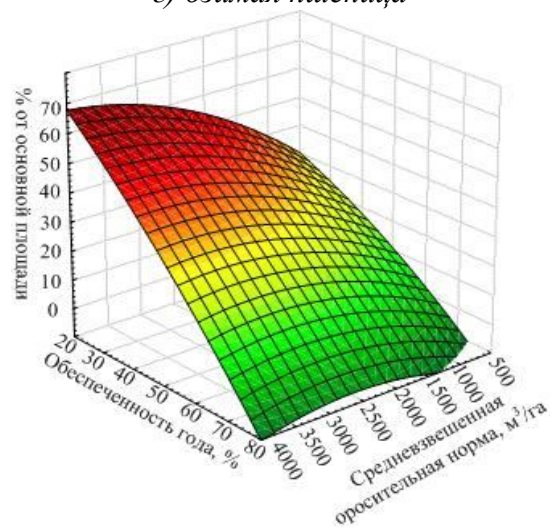
в) лук



г) озимая пшеница



д) томат



е) севооборот перечисленных культур

**Рис. 1. Графики зависимости процента площади дополнительного орошения от обеспеченности года и средневзвешенной оросительной нормы севооборота для условий Ростовской области**

– при возделывании на дополнительных участках сельскохозяйственных культур с оросительной нормой меньше чем средневзвешенная оросительная норма севооборота на площади регулярного орошения процент площади дополнительного орошения при обеспеченности года от 50 до 25 % и увеличении средневзвешенной оросительной нормы от 2000 до 4000 м<sup>3</sup>/га возрастает и достигает от 30 до 90 % (рис. 1, в, з);

– при возделывании на дополнительных участках сельскохозяйственных культур с оросительной нормой, близкой к средневзвешенной на площади регулярного орошения, процент площади дополнительного орошения составляет от 20 до 50 % при обеспеченности года от 50 до 25 % и увеличении средневзвешенной оросительной нормы от 2000 до 4000 м<sup>3</sup>/га (рис. 1, б, е).

Таким образом, на основании анализа полученных трехмерных диаграмм зависимости процента площади дополнительного орошения от обеспеченности года и средневзвешенной оросительной нормы севооборота получены математические зависимости, позволяющие в первом приближении рассчитать дополнительную площадь орошения для условий центральной орошаемой зоны Ростовской области.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Щедрин В.Н., Бредихин Н.П., Бредихин Н.Н. Как восстановить и сохранять природное плодородие черноземов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1998. – № 2. – С. 33-35.
2. Гарюгин Г.А. и др. Периодическое орошение сельскохозяйственных культур на дополнительных площадях в зоне оросительно-обводнительных систем. – Ставрополь, 1983. – 25 с.

УДК 626.82:631.347:631.67«5»

## **ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И МОНТАЖА СИСТЕМЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ОРОШЕНИЯ**

А.Л. Кожанов

ФГНУ «РосНИИПМ»

В настоящее время в ФГНУ «РосНИИПМ» ведется разработка нового направления в орошаемой земледелии, которое получило название *периодическое орошение*. Суть этого направления заключается



в поливе дополнительных участков богарного земледелия в случае наличия излишков воды, которые образуются в зависимости от влагообеспеченности года. В связи с этим возникла необходимость разработки технологий периодического орошения, которые бы позволили более рационально потреблять водные ресурсы, что повысит суммарную эффективность использования воды, удобрений, улучшит почвенно-мелиоративные условия. Этим условиям удовлетворяют передвижные насосные станции, разборные транспортирующие трубопроводы и дождевальная техника, так как КПД такой закрытой сети составляет 0,99, а мобильность позволяет легко перемещать систему периодического орошения на дополнительные участки.

Выбор технологий перемещения мобильного оросительного оборудования системы периодического орошения зависит от рельефа местности, положения площади дополнительного орошения и затрат на проведение операций перемещения (погрузка, разгрузка, прямолинейное перемещение).

Для перемещения мобильного оросительного трубопровода со склада или с площади регулярного орошения до дополнительно орошаемого массива, в зависимости от материала труб и их диаметра, необходимо из предложенных выбирать наиболее выгодную технологию перемещения:

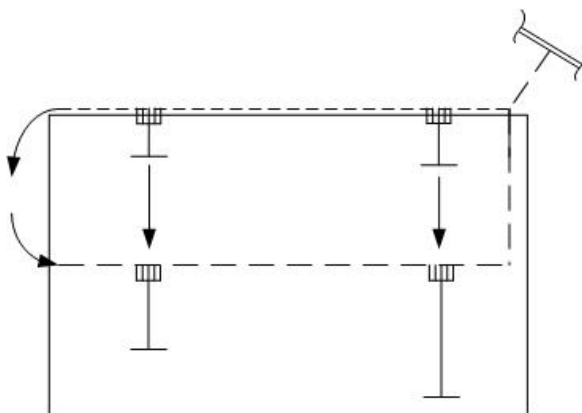
– прямолинейное перемещение секциями со склада или поля к месту монтажа на дополнительно орошаемом участке трактором-буксировщиком;

– перемещением к месту монтажа отдельными трубами при помощи самосвалов с погрузкой и выгрузкой труб вручную;

– перемещением к месту монтажа отдельными трубами при помощи самосвалов с погрузкой и выгрузкой труб с использованием различных стреловых кранов, талей и других погрузочных приспособлений.

Для перемещения мобильного оросительного оборудования в процессе полива площадей дополнительного орошения при периодическом орошении наиболее удачна схема прямолинейных перемещений секциями трубопровода в сочетании с их крупногрупповым использованием. При этой схеме сводятся к минимуму потери урожая от заминания растений тракторами-буксировщиками и самими трубопроводами (2-3 %).

Применительно к схеме с использованием ДШ 75 «Агрос» для площади дополнительного орошения 20-30 га перемещение быстросборного трубопровода производится секциями и обозначено стрелками (рис. 1).



**Рис. 1. Схема перемещения быстросборного трубопровода**

Для дополнительных площадей орошения целесообразно использовать дождевальную технику, отличающуюся своей мобильностью, к которым можно отнести ДДН-70, ДДА-100 МА; ДКДФ-1, различные дождевальные машины барабанного типа, а также поливные машины, применяемые для поверхностного полива. Эта поливная техника перемещается по орошаемому массиву самоходно (ДДН-70, ДДА-100 МА; ДКДФ-1 и др.) или с использованием трактора-буксировщика (дождевальные машины барабанного типа и др.).

При проектировании соединений для трубопровода системы периодического орошения необходимо учитывать ряд требований. Важнейшим общим требованием, предъявляемым к соединениям, является надежность, под которой понимают равнопрочность их труб в эксплуатационных условиях нагружения и герметичность при работе трубопровода под внутренним давлением, а также при наружном избыточном давлении, вызываемом, в частности, грунтовыми водами, образованием в трубопроводе вакуума и т.д. Кроме того, конструкция соединения должна обеспечивать удобство и быстроту сборки, экономичность и гидравлические характеристики, удовлетворяющие требованиям [1].

Примеры различных разъемных соединений труб: фланцевые; цанговые; соединения компенсационного типа; муфтовые; шаровые; шлицевые; сварные. На практике часто используемыми являются такие соединения, как фланцевое, сварное и муфтовое.

При проектировании быстросборного трубопровода в составе мобильной оросительной системы необходимо учитывать то обстоятельство, что трубопровод должен быть достаточно технологичным, для того чтобы при монтаже и демонтаже трубопровода не возникало технических проблем, связанных с неудобством работы с элементами трубопровода.

Для выбора монтажа трубопровода составляем матрицу возможных вариантов для различных материалов трубы, представленную в таблице. В данном случае матрицей описывается 36 вариантов технических решений монтажа: 3 (материал трубы) x 3 (тип соединения) x 2 (способ укладки) x 2 (способ погрузки) = 36, варианты анализируются и выбираются необходимые. В случае неприемлемого технического решения (например, для материала асбестоцемент, тип соединения – сварной) такое решение исключается.

Таблица

**Матрица возможных вариантов монтажа трубопровода**

№ строки	Признак	Альтернативные варианты (номер столбца)		
		1	2	3
1	Материал трубы	Металл	Полиэтилен	Асбестоцемент
2	Тип соединения	Муфтовое	Фланцевое	Сварное
3	Способ укладки	С использованием опор	С использованием прямков	–
4	Способ погрузки-разгрузки	Ручной	С использованием приспособлений	–

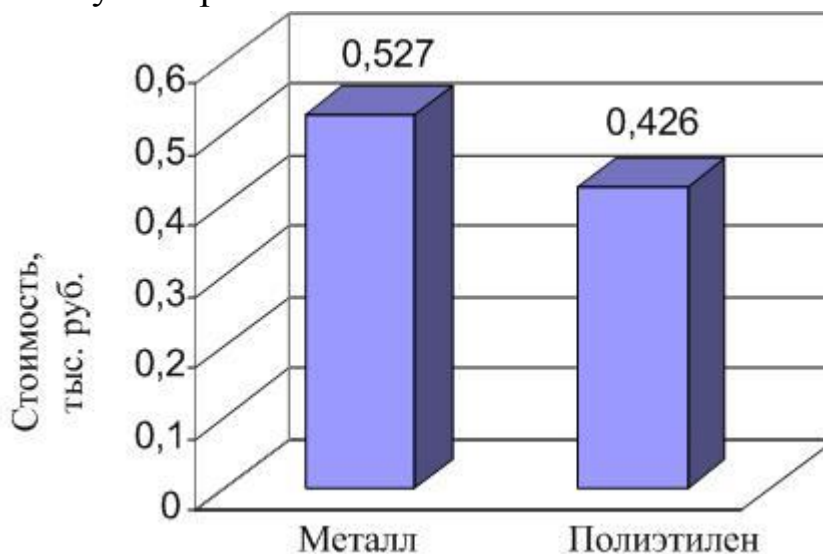
Состав технологических операций при перемещении и монтаже трубопроводов:

- планировка трассы трубопровода;
- установка опор или устройство прямков;
- погрузка труб со склада или места хранения;
- доставка труб к месту монтажа;
- разгрузка труб;
- монтаж трубопроводов из отдельных труб;
- предварительные гидравлические испытания;
- установка арматуры;
- окончательные гидравлические испытания.

Стоимость перемещения и монтажа различных вариантов системы периодического орошения определяем с помощью программно-

го обеспечения Smeta Wizard или подобных, по объемам работ по каждой технологической операции монтажа.

Для сравнения выберем два материала труб: металл и полиэтилен, и проведем расчет по определению объемов работ и стоимости перемещения и монтажа для площади дополнительного орошения около 20-30 га с расходом воды 25-30 л/с. По данным расчета построим гистограмму стоимости перемещения и монтажа одного погонного метра металлических (диаметром 89 мм) и полиэтиленовых (диаметром 90 мм) труб для выбора наиболее экономически выгодного варианта, представленную на рис. 2.



**Рис. 2. Гистограмма стоимости перемещения и монтажа**

Анализируя полученные данные по стоимости перемещения и монтажа, можно сделать вывод о том, что вариант с использованием труб из полиэтилена для системы периодического орошения является наиболее экономичным (0,426 тыс. руб. на один погонный метр) по сравнению с трубами из металла (0,527 тыс. руб. на один погонный метр) при использовании одинаковой дождевальной техники для обоих вариантов и технологии перемещения отдельными трубами с погрузкой и выгрузкой при помощи передвижной тали.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование, строительство и эксплуатация трубопроводов из полимерных материалов: справочник проектировщика / Под ред. А.Н. Шестопала, В.С. Ромейко. – М.: Стройиздат, 1985.

## **ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ ГИДРОУЗЛОВ ПРУДОВ И ВОДОХРАНИЛИЩ**

Е.А. Сенчукова  
ФГНУ «РосНИИПМ»

Природные особенности лесостепной и степной зон России, где преимущественно континентальные формы климата сочетаются с равнинным рельефом, предопределили создание здесь малых водохранилищ на местном стоке. Считается, между прудом и водохранилищем не существует принципиальной разницы, если не считать различия в их размерах и размещении в разных звеньях гидрографической сети [1].

Водохранилищный фонд в Российской Федерации насчитывает более 2200 водохранилищ объемом более 1 млн м<sup>3</sup>. При этом из общего числа водохранилищ, находящихся в ведении Минсельхоза России (250 шт.), 105 являются малыми с объемом от 1 до 10 млн м<sup>3</sup>, 101 малые водоемы – пруды площадью водной поверхности менее 1 км<sup>2</sup>, с площадью зеркала менее 2 га, общая доля которых составляет 85 %.

В настоящее время в России, по данным МПР РФ, зарегистрировано около 65 тыс. ГТС, в том числе 30 тыс. напорных и 35 тыс. безнапорных ГТС, из них малых водохранилищ и прудов насчитывается 29,7 тыс.

Малые водохранилища используются в целях коммунального и промышленного водоснабжения, сельскохозяйственного водоснабжения. Сельские пруды используются в целях рекреации, разведения домашней водоплавающей птицы, водопоя скота и создания противопожарных запасов воды.

В связи с продолжительной эксплуатацией (20-50 лет) ГТС и недостаточными объемами производимых ремонтно-восстановительных работ происходит разрушение основных конструкций сооружений, аварийность превышает средний мировой показатель в 2,5 раза. Ежегодно происходит до 60 аварий ГТС с оцениваемым ущербом до 10 млрд руб.

На территории Южного федерального округа зарегистрировано более 15 тыс. гидроузлов [2], в том числе 4745 малых гидроузлов на прудах и водохранилищах, из них бесхозных 1757.

В 90-е годы многие объекты оказались бесхозными, были ликвидированы службы эксплуатации, техническое состояние многих прудов оказалось аварийным, а по уровню безопасности многие из них соответствуют неудовлетворительному или опасному уровню.

Сотрудниками ФГНУ «РосНИИПМ» проводились обследования по техническому состоянию бесхозных гидроузлов, расположенных на территории Южного федерального округа. Техническое состояние многих из них является аварийным, а по уровню безопасности многие из них соответствуют неудовлетворительному или опасному уровню. В результате комплексного обследования были получены результаты, которые позволили составить представление о техническом состоянии прудов.

В таблице приведены данные по пяти обследованным гидроузлам в зерноградском районе Ростовской области.

Таблица

### Результаты обследований бесхозных ГТС в Ростовской области

№ п/п гидроузла, наименование объекта		№ 1 б. Хороли у х. Булочкин	№ 2 б. Хороли на зап. окраине х. Булочкин	№ 3 б. Хороли на 1км зап. окраины х. Булочкин	№ 4 б. Хороли на юге Верхние Хороли	№ 5 х. Средние Хороли
Установленные характеристики	Объем пруда, тыс. м <sup>3</sup>	14	79	28	310	280
	Площадь зеркала, тыс. м <sup>2</sup>	20	66	22	450	400
	Высота плотины, м	3	6	6,5	10	7
	Длина плотины, м	124	213	8,4	186	200
	Степень заиления пруда, %	70	50	50	40	40
	Степень зарастания пруда, %	40	25	20	15	15
	Макс. глубина воды, м	1,5	2	1,8	3	2
	Средняя глубина воды, м	0,7	1,2	1,3	0,9	0,7
	Запас гребня над НПУ, м	< 0,5	0,5	0,6	0,6	0,5

Анализ результатов обследований гидроузлов показал, что их техническое состояние чаши прудов является неудовлетворительным: берега не укреплены, не залесены, не залужены, имеют место оползни, оплывы, осыпи, полосы приобоя. Чаша обследованных прудов на суходольных балках и малых водотоках заполняется за счет поверхностного стока с водосборной площади и стока водотоков. В Ростовской области и Краснодарском крае площади водосбора прудов незначительны и колеблются в пределах от 5 до 20 км<sup>2</sup>. На всех прудах произошло выравнивание прудового ложа в результате заиления и занесения, а также благодаря заполнению его органическими отложениями, образующимися при отмирании растительных и животных организмов, населяющих пруд.

Площади зеркала чаши малых прудов находятся в пределах от 1,9 до 4,0 га, в среднем 3,0 га. Результаты обследования водоподпорных сооружений плотин на прудах показали, что на 90 % прудов превышение гребня плотин над уровнем воды в верхнем бьефе занижено и не соответствует требуемым расчетам. Так, например, по результатам обследований прудов на балке Хороли (см. таблицу) минимальный запас гребня плотин над НПУ составил не более 0,5-0,6 м, что в 2,5-3 раза ниже требуемого. Такое положение значительно снижает безопасность гидроузлов, так как возрастает вероятность перелива воды через гребень плотин в период весеннего половодья. Верховые откосы плотин разрушены волнобоем, имеют место обвалы, оплывы, осыпи, высота разрушений составляет 1,5-2,0 м по всему фронту уреза воды в момент обследования, длина разрушений равна длине фронта уреза воды при НПУ.

При обследованиях водосбросных сооружений на прудах установлено два типа сооружений: открытые береговые водосбросы, устроенные с левого или правого крыла плотины, и водосбросы трубчатой конструкции. В нижнем бьефе на всех водосбросах отсутствуют сопрягающие сооружения, сброс из труб пропустится в нижний бьеф по типу консольных сбросов. В результате этого в нижнем бьефе в пределах нижнего откоса образуется яма размыва, разрушается тело плотины. Подводящие и отводящие каналы заросли высшей водной растительностью. Эксплуатация многочисленных перегораживающих сооружений на малых реках, даже при наличии собственника, ведется

неквалифицированно и не всегда обеспечивается их безопасностью в эксплуатационных условиях.

Техническое состояние и характеристики уровня безопасности обследованных бесхозных прудовых гидроузлов в Ростовской области и Краснодарском крае (ЮФО) подтверждаются аналогичными данными проведенных исследований МГУП [3] на гидротехнических сооружениях прудов в Московской области. Среди обследованных гидроузлов сотрудниками МГУП – 48 (25,4 %) не имеют собственника, на 239 гидроузлах отсутствуют службы эксплуатации, около 172 гидроузлов не готовы к пропуску паводковых вод.

#### **Выводы:**

1. Анализ результатов обследования малых гидроузлов в ЮФО показал, что очень высок процент ГТС, требующих капитального ремонта – 1462 или 8,9 %, имеющих опасный или неудовлетворительный уровень безопасности – 620 или 4,1 %.

2. На территории ЮФО имеется значительное количество бесхозных гидроузлов, которое составляет 62 % от общего количества ГТС на ЕТР. Отсутствуют службы эксплуатации, что приводит к их неудовлетворительному и опасному уровню безопасности.

3. Более 90 % обследованных бесхозных прудов на 50-70 % от объема чаши прудов заросли водной растительностью, пруды мелководны, берег и тело плотины имеют обвалы, осыпи, берега не закреплены, не залужены.

4. Практически на всех плотинах обследованных прудов недостаточное превышение гребня над НПУ, поэтому необходимо провести подсыпку гребня на 1,1-1,8 м.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Прыткова М.Я. Малые водохранилища лесостепной и степной зон СССР. – Л.: Наука, 1979.

2. Колганов А.В. Водохозяйственный комплекс Южного федерального округа: современное состояние проблемы управления // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – № 5.

3. Каганов Г.М., Волков В.И. Техническое состояние ГТС мелиоративных водохранилищ в Московской области // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 3.



## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

В.Н. Лозовой

ФГНУ «РосНИИПМ»

Анализ современного состояния и возможных сценариев развития сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения подтверждает необходимость проведения комплекса мероприятий по восстановлению и стабилизации водоснабжения и водоотведения, обеспечивающих повышение качества воды, улучшение общей экологической и социальной обстановки.

Сельхозводоснабжение и водоотведение должны удовлетворять хозяйственные нужды населения, животноводства (личного и общественного), предприятий сельхозпроизводства, полевых станков, полива зеленых насаждений и приусадебных участков, обводнения пастбищ, коллективных садов и противопожарные нужды.

Сельское население России составляет 38,8 млн человек, проживающих в 165 тыс. сельских населенных пунктах.

Из общего количества сел на настоящий период охвачено централизованным водоснабжением только 30 % (49,7 тыс. сел), а по численности населения охват составляет 53 %. Остальные 47 % сельского населения пользуются водой шахтных и мелкотрубчатых колодцев, открытых водоемов и родников без очистки и устройства водопроводных сетей, в т.ч. используется вода, не соответствующая требованиям нового стандарта СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода». Общая протяженность водопроводных сетей в Российской Федерации составляет 164 тыс. км, при этом на одного сельского жителя приходится чуть больше 4,0 м, а должно быть, как подтвердила практика, 12-15 м.

Многоотраслевое общественное животноводство (КРС – 11,1, свиней – 7,3, овец и коз – 4,3 млн голов) охвачено централизованным водоснабжением на 40-45 %. Из 59,4 млн га природных пастбищ, нуждающихся в обводнении, охвачено только 19 млн га или около 32 %.

Источниками сельхозводоснабжения являются подземные и поверхностные воды, привозная вода и лед зимой в северных районах.

Общий объем водопотребления по РФ составляет 16,5 млн м<sup>3</sup>/сут. В том числе 24,9 % из поверхностных вод и 75 % из подземных. То есть подземные воды являются основным источником водоснабжения на селе. При этом используются воды повышенной минерализации и жесткости (до 10 % от объема используемых подземных вод).

Охват централизованными системами канализации составляет для сельского населения 15 % и несколько выше для животноводства и производственных предприятий.

Объем канализационных стоков по РФ на настоящее время составляет 2,8 млн м<sup>3</sup>/сут.

Основная часть сельского населения пользуется самодельными выгребами. До настоящего времени не решен вопрос комплексного проектирования и строительства водопровода и канализации, а это сдерживает утверждение проектов и строительство объектов сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения, учитывая необходимость их комплексной разработки. Строительство объектов водоснабжения и канализации осуществляется в основном неспециализированными организациями, хозспособом. Развитие баз строительных организаций отстает от роста объемов строительно-монтажных работ.

Эксплуатация локальных систем осуществляется практически силами колхозов, совхозов, ООО и т.п., отсутствие у которых необходимых возможностей не позволяет содержать системы в удовлетворительном санитарно-техническом состоянии.

Плохое состояние сельхозводоснабжения и водоотведения отрицательно сказывается на благосостоянии населения и приносит убытки народному хозяйству.

Исходя из стоящих задач по развитию сельхозводоснабжения и водоотведения, в настоящих предложениях заложена соответствующая концепция, которая основана на концепциях развития производительных сил страны, развития сельхозмелиорации и соответствующих директивных указаниях Президента и Правительства РФ. Концепция заключается в следующем: к 2012 году

- обеспечить централизованным водоснабжением абсолютное большинство сельских поселков;

- осуществить канализирование жилого фонда райцентров и частично поселков центральных усадеб и других сооружений соцкультбыта;

- закончить реконструкцию и новое строительство пастбищ водоснабжения.

К 2012 году обеспечить централизованным водоснабжением все общественное животноводство, предусмотреть современные системы удаления и утилизации навозных стоков.

Особое внимание будет уделено проблеме водоснабжения в районах страны, использующих дефицит пресной воды, в этих районах будет продолжено строительство групповых водопроводов, а также получат широкое применение дуплексные системы водоснабжения при опреснении минерализованных вод. В целях обеспечения высокой эффективности капложений в развитие сельхозводоснабжения и водоотведения концепцией предусматривается развивать ускоренными темпами службу эксплуатации и ее материально-техническую базу.

Намечается устранить имеющийся разрыв между фактическими уровнями благоустройства жилой застройки и инженерного оборудования. Уровень охвата сельхознаселения централизованным водоснабжением должен составлять 97-98 %, а водопотребление на одного жителя села 109 л/сут. Уровень охвата сельского населения централизованной канализацией – 50 %. Водопотребление до 2012 года увеличится в 1,8 раза, а отведение хозяйственных стоков – в 5,8 раза.

Развитие водоснабжения должно идти по пути устройства централизованных систем как локальных (с собственными водоисточниками для каждого села), так и групповых водопроводов (для нескольких населенных пунктов).

Групповые водопроводы проектируются в маловодных районах с дефицитом пресной воды при технико-экономической нецелесообразности опреснения высокоминерализованных вод.

В зависимости от минерализации подземных вод локальные водопроводы могут снабжать потребителей пресной водой, а при высокой минерализации локальные водопроводы будут дуплексными, т.е. с опреснением воды для питьевых целей и подачей потребителям воды по двум линиям, в одной из которых подается минерализованная вода для технических целей.

Локальные системы водоснабжения на базе пресных подземных вод будут преобладать на большей площади Европейской части России, Урала, в районах Сибири и Дальнего Востока.

Групповые водопроводы – в Сибири, Поволжье, Алтайском, Ставропольском краях, Ростовской области, Калмыкии и др. районах страны.

Предусматривается до 2012 года за счет реконструкции и строительства групповых водопроводов обеспечить питьевой водой 5,0 тыс. населенных пунктов и проживающих в них 11,5 млн человек с устройством 75 тыс. км. магистральных водоводов и разводящих сетей. С помощью локальных водопроводов, в т.ч. дуплексных, намечено обеспечить водой 96,8 тыс. населенных пунктов с населением 22,3 млн человек с устройством 137 тыс. км водопроводов и 82 тыс. новых скважин. На перспективу будет обводнено 26 млн га природных пастбищ и общая обводняемая площадь страны составит 44,7 млн га, на ней будет построено 68,2 тыс. водопойных пунктов, а на уже обводненных пастбищах 13,4 млн га намечено провести реконструкцию. Природные пастбища будут использоваться в экономических районах: Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском, Поволжском, Уральском, Западно-Сибирском, Восточно-Сибирском.

Для безусловного выполнения намечаемых мероприятий по развитию систем водоснабжения и водоотведения предполагается особый упор сделать на научно-технический прогресс, основные направления которого:

- внедрение современных технологий и оборудования при реконструкции и строительстве усовершенствованных медленных фильтров групповых водопроводов с целью увеличения их производительности в 2-3 раза;

- применения прогрессивных методов очистки, обработки и обеззараживания воды;

- внедрение средств механизации труда при строительстве систем с.-х. водоснабжения и водоотведения путем использования мобильных комплексов, механизмов и устройств;

- увеличение ассигнований на проведение НИОКР и создание опытных образцов прогрессивных методов очистки, обработки и обеззараживания воды и стоков канализации;

- применение современных технологий на установках объемного фильтрования в виде блоков заводского изготовления;

- разработка единой системы службы эксплуатации локальных и групповых водопроводов с использованием структурной схемы на уровне области, края, республики.

Ориентировочная потребность основных материально-технических ресурсов для систем водоснабжения и водоотведения приведена в таблице.

Таблица

**Ориентировочная потребность основных  
материально-технических ресурсов  
для систем водоснабжения и водоотведения**

Наименование объектов мероприятий	Всего	В том числе по годам				
		2008	2009	2010	2011	2012
Станции очистки воды, производительностью 500 и 1000 м/сут. (тыс. штук)	8,6	0,8	1,7	1,9	2,0	2,0
Станции осветления воды заводского изготовления производительностью 100-400 м/сут. (тыс. штук)	105,0	11,0	16,9	19,1	28,4	29,6
Канализационные очистные станции производительностью 50, 100, 250 и 500 м/сут. (тыс. штук)	109,0	3,0	9,0	28,0	30,8	38,2
Трубы, (тыс. км):						
- стальные	31,0	2,0	6,5	8,4	10,2	4,1
- чугунные	71,0	8,0	10,0	12,5	22,5	18,0
- асбестоцементные	109,0	12,0	21,0	25,0	30,5	20,5
- термопластовые	247,5	36,0	44,2	48,5	65,3	53,0
- железобетонные	3,2	0,4	0,6	0,8	1,0	0,4
- керамические	44,4	8,5	9,0	9,5	9,0	8,4

**Выводы**

Только централизованное водоснабжение и водоотведение с использованием групповых и локальных водопроводов на основе современных научных разработок может коренным образом изменить облик села, улучшить его благоустройство и быт трудящихся, что сыграет определенную роль в закреплении кадров на селе и создаст условия экономического развития АПК.

## **ПОВЫШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ <sup>1</sup>**

А.М. Васильев

ФГОУ ВПО «НГМА»

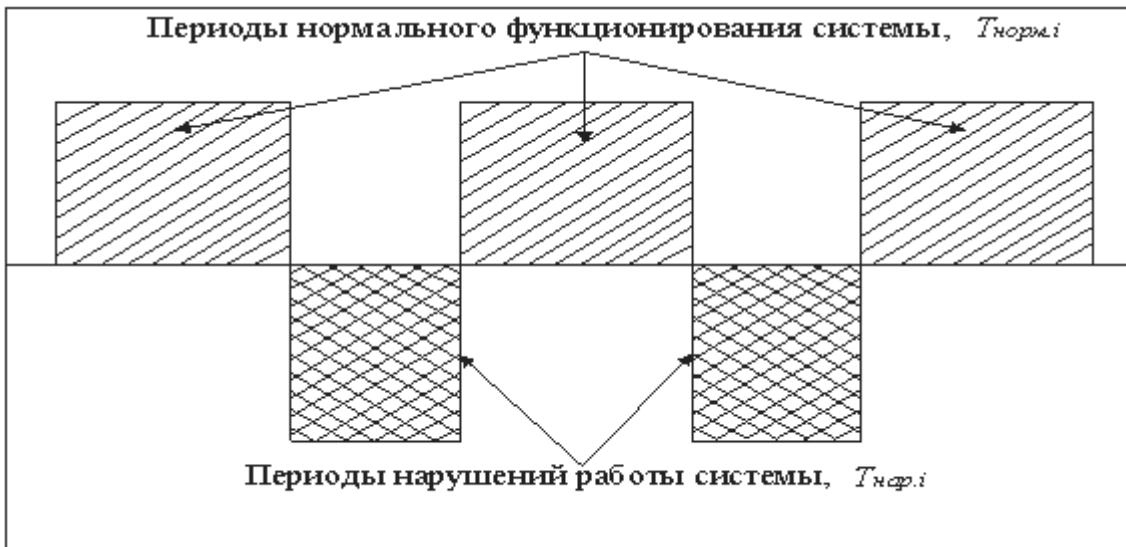
Одним из важнейших факторов, обеспечивающих выполнение комплексной программы развития сельского хозяйства и способствующих сбалансированию культурно-бытовых условий жизни города и деревни, является наличие систем гарантированного водоснабжения сельских населенных пунктов в совокупности со всей имеющейся в них инфраструктурой [1].

Из 145 тыс. сельских населенных пунктов России, в которых проживает 37,1 млн человек, системы централизованного водоснабжения имеют 68 тыс. населенных пунктов (47 %) с численностью населения 25,4 млн человек (68 %). В сельской местности водой низкого качества пользуются 16,6 млн человек (45 %), в том числе 11,7 млн человек (31 %) используют воду, не отвечающую требованиям, предъявляемым к питьевой воде, из децентрализованных источников и 4,9 млн человек (13,2 %) потребляют недоброкачественную воду из-за несовершенства и, соответственно, низкой функциональной надежности сельских централизованных систем водоснабжения. Более того, в результате недостаточно эффективного функционирования, аварийности водоочистных сооружений и резкого ухудшения состояния распределительных сетей питьевая вода в некоторых населенных пунктах стала небезопасной для здоровья, что приводит к распространению инфекционных заболеваний, передаваемых с водой. Во многих сельских районах системы водоснабжения находятся полностью в неисправном состоянии.

Таким образом, основной задачей в области совершенствования систем сельскохозяйственного водоснабжения является обеспечение бесперебойным снабжением водой потребителей в нужном количестве и соответствующего качества при условии максимального удобства их использования, надежности функционирования (рис. 1) и экономической эффективности от эксплуатации.

---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.



**Рис. 1. Периоды функционирования системы водоснабжения**

Показатель степени эффективной эксплуатации является основным критерием надежности, который необходимо в достаточной мере регламентировать при строительстве систем сельскохозяйственного водоснабжения.

Выразить степень эффективности эксплуатации возможно через получившие в настоящее время наибольшее распространение в исследованиях надежности различных систем показатели – коэффициент готовности и интенсивность отказов [3].

$$K_2 = T_{норм} / (T_{норм} + T_{нар})$$

Интенсивность отказов  $\lambda(t)$  представляет условную вероятность возникновения отказа в системе водоснабжения в некоторый момент времени наработки при условии, что до этого момента отказов в системе не было.

Величина  $\lambda(t)$  определяется отношением:

$$\lambda(t) = f(t) / P(t),$$

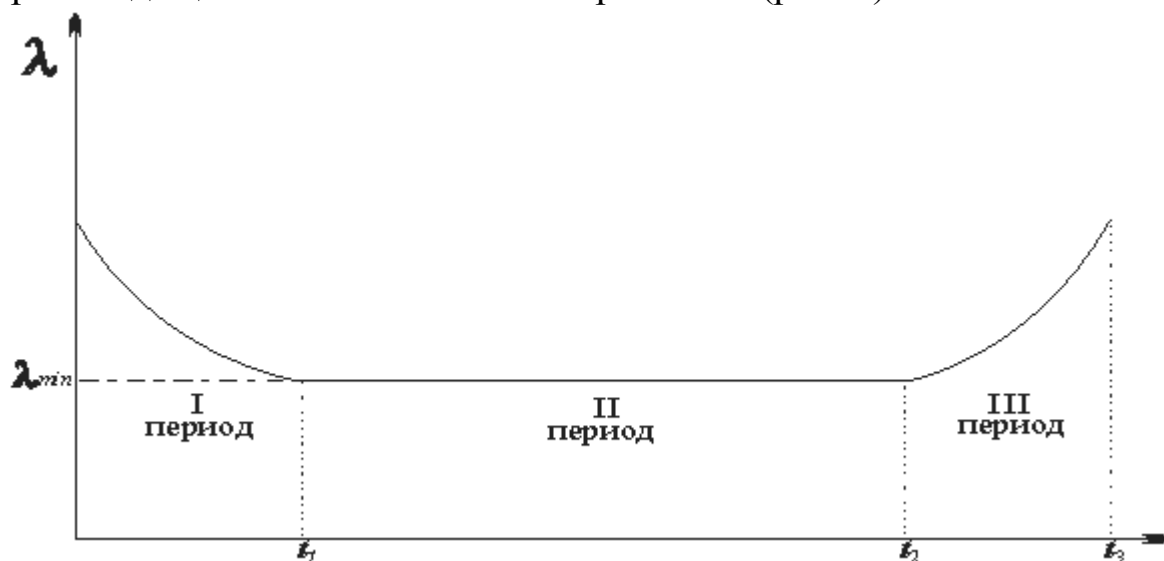
где  $f(t)$  – производная по времени от функции отказа  $Q(t)$ , которая характеризует плотность распределения наработки до отказа;

$P(t)$  – теоретическая вероятность безотказной работы, характеризующая возможность того, что к моменту  $t$  не произойдет отказа.

Определяется по формуле

$$P(t) = 1 - Q(t).$$

Отказы системы водоснабжения удобно характеризовать кривой времени эксплуатации, которая отражает зависимость интенсивности происходящих в ней отказов  $\lambda$  от времени  $t$  (рис. 2).



**Рис. 2. Кривая времени эксплуатации объекта**

В течение первого периода времени, называемого периодом приработки, выходят из строя составляющие, имеющие грубые дефекты, не вскрытые контролем. После выявления этих составляющих интенсивность отказов уменьшается и далее остается постоянной, наступает период II – нормальной работы. По мере износа интенсивность отказов вновь возрастает, начинается период III – старения составляющих.

Для установления степени эффективности эксплуатации необходима оценка каждого элемента системы водоснабжения:

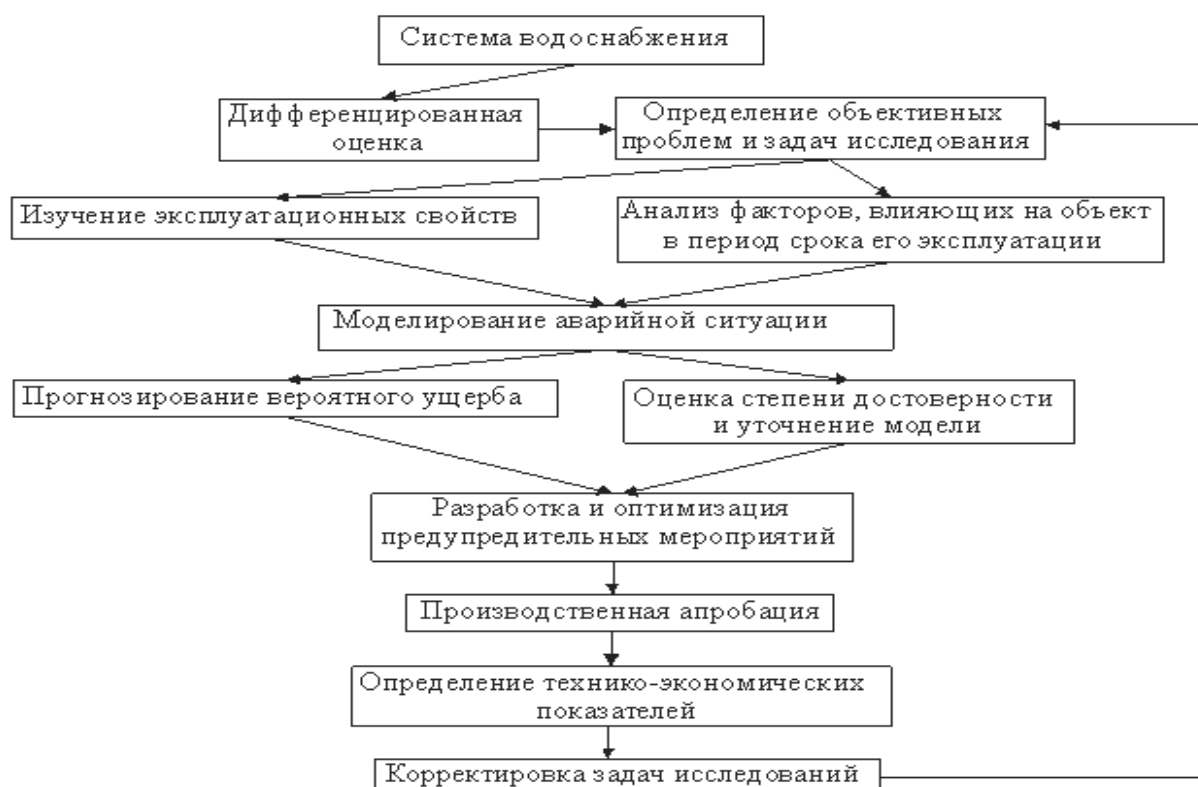
- водозаборное сооружение;
- водоводы;
- водоочистная станция;
- насосные станции I и II подъема;
- напорно-регулирующие емкости (резервуары чистой воды, водонапорные башни);
- разводящая сеть.

После оценки каждого из этих элементов, возможно выполнение дифференцированного заключения о степени эффективной эксплуатации системы с подведением совокупного итога при условии выполнения требований по количеству и качеству воды, предъявляемых потребителями. Также представляется необходимым моделирование



форс-мажорных ситуаций, связанных с воздействием окружающей среды, с учетом зависимости от месторасположения объекта.

На основании выполненного заключения возможна разработка и оптимизация ряда мероприятий [2], позволяющих предупредить возникновение аварийных ситуаций и, соответственно, повысить функциональную надежность систем водоснабжения (рис. 3).



**Рис. 3. Блок-схема повышения функциональной надежности системы водоснабжения**

Применение данного подхода к решению рассматриваемой проблемы позволит в значительной степени предотвратить возникновение внештатных ситуаций в системах сельскохозяйственного водоснабжения и обеспечить бесперебойное снабжение водой потребителей в нужном количестве и необходимого качества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Усаковский В.М. Водоснабжение и водоотведение в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 2002. – 328 с.
2. Катулев А.Н., Северцев Н.А. Исследование операций. Принципы принятия решений и обеспечения безопасности / Под ред. акад.

РАН П.С. Краснощекова – М.: Физико-математическая литература, 2000.– 320 с.

3. Синопальников В.А., Григорьев С.Н. Надежность и диагностика технологических систем: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2005. – 343 с.

УДК 631.347.3.001.1

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕКТОРНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ НАСАДКИ**

Д.В. Сухарев, Ю.С. Карасев

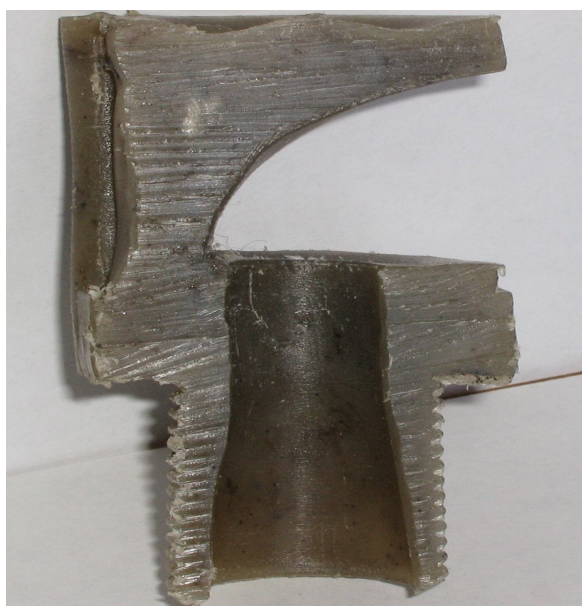
ФГНУ «РосНИИПМ»

На современном этапе развития АПК России существенно возросли требования сельскохозяйственного производства и рационального природопользования к способам и технике полива. Способы и техника полива должны быть в первую очередь ресурсосберегающими и экологически безопасными. Поэтому есть необходимость применения на системах экологически безопасных водосберегающих технологий медленного, прерывистого, синхронно-импульсного и мелкодисперсного дождевания. Для улучшения качества дождя необходимо научное обоснование конструкций насадок, повышения их экономической эффективности.

Дождевальные насадки секторного типа широко применяют в настоящее время для различных типов дождевальных машин. Так, например, дождевальная машина ДДА-100ВХ оборудована секторными насадками собственной конструкции, дефлектор, который выполнен плоским и небольшой площадью. Теоретические исследования Б.М. Лебедева [1] показывают, что структура дождя во многом зависит от толщины пленки, оборудованной дефлектором. В ФГНУ «РосНИИПМ» была сконструирована секторная насадка с ложкообразным дефлектором и увеличенной рабочей площадью. Применение данной насадки на дождевальных машинах требует агротехнической, технологической оценки и дальнейшего совершенствования самой конструкции. Предполагается, что дождь, образованный сконструированной насадкой секторного типа, будет обладать более высокими агротехническими показателями.

Для получения искусственного дождя наибольшее распространение получили три типа дождеобразующих устройств: короткоструйные насадки, работающие под давлением  $0,5-1,5 \text{ кгс/см}^2$  ( $0,05-1,15 \text{ МПа}$ ); среднеструйные аппараты, работающие при давлении  $0,8-2,5 \text{ кгс/см}^2$  ( $0,08-0,25 \text{ МПа}$ ), и дальнеструйные дождевальные аппараты, работающие  $2,5-8 \text{ кгс/см}^2$  ( $2,8-8 \text{ МПа}$ ) и более [2, 3].

Из короткоструйных насадок наиболее приемлемыми для дождевальных машин, работающих в движении, на наш взгляд, являются секторные насадки (рис. 1). Обоснование конструктивных параметров проводилось по методике Б.М. Лебедева.



**Рис. 1. Секторная насадка в разрезе**

Верхняя часть насадки представляет собой секторный дефлектор с ребрами жесткости. Ось подводного сопла (диафрагмы) совпадает с центром дефлектора. Дефлектор имеет «ложкообразную» форму с углом выхода  $32^\circ$ . В нижней части корпуса имеется резьба для навинчивания ее на патрубок, к которому поступает вода. Струя, выходящая из сопла, попадает на дефлектор и принимает при этом веерную форму с углом наклона к горизонту  $32^\circ$ . При дальнейшем движении в воздухе поток на большем, чем у круговой насадки, участке сохраняет сплошность в виде пленки. Далее пленка распадается на капли разного диаметра и соответственно различной скорости. От предыдущих исследований известно, что более круглые капли имеют

большую кинетическую энергию, падают на поверхность почвы дальше [4, 5].

Расход воды через насадку может быть определен по общеизвестной формуле истечения из отверстия

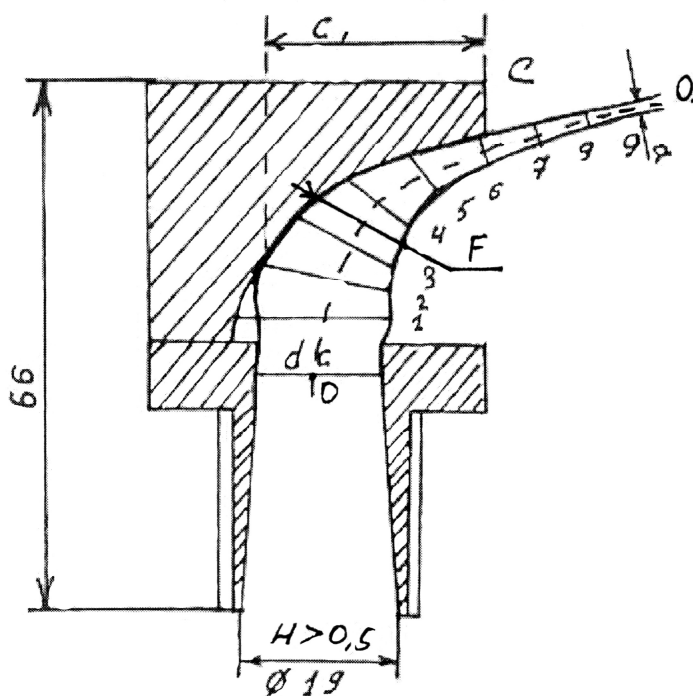
$$Q = \mu c F \sqrt{2gH},$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода, зависящий от конструкции сопла, и можно принимать его в пределах 0,8-0,9;

$F$  – площадь отверстия;

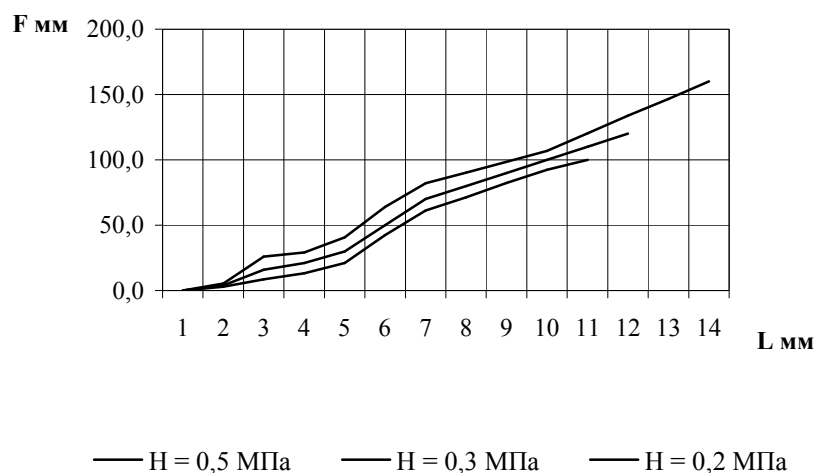
$H$  – напор перед насадкой.

Форма потока на дефлекторе короткоструйной секторной насадки несколько отличается от формы потока на конусном дефлекторе (рис. 2)



**Рис. 2. Схема движения воды в насадке**

Как подтвердили опыты, эта форма так же, как и для конусного дефлектора, не зависит от напора, если он 0,5-1,5 кгс/см<sup>2</sup> (0,05-1,15 МПа). На рис. 3 показана кривая изменения площади  $F$  – живого сечения потока по его длине  $O-O_1$ , начиная от середины расстояния между соплом насадки до сечения, при котором сохраняется сплошность пленки.



**Рис. 3. Изменение площади**

Анализ данного графика показывает, что сплошность пленки в данной насадке сохраняется на расстоянии до 130 мм, приобретая глубину потока в зависимости от давления на входе в насадку от 3 до 1 мм.

Максимальная дальность полива секторной насадкой рассчитывается по формуле

$$L = \frac{H}{0,43 + 0,0014H/d}.$$

Этой формулой рекомендуется пользоваться в пределах

$$200 < (H/d) < 2000.$$

Зная явления поверхностного натяжения в пленке, можно определить размеры капель, получающихся в результате ее разрыва. Очевидно, что с увеличением размеров пленки поверхностная энергия пленки увеличивается. Можно предположить, что разрыв пленки на капли наступит в тот момент, когда сумма поверхностной энергии всех капель будет равна (или меньше) поверхностной энергии пленки.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что насадка секторного типа с ложкообразным дефлектором, разработанная в ФГНУ «РосНИИПМ», является более приемлемой для использования на дождевальном машине ДДА-100ВХ и аналогичных ей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев Б.М. Дождевальные машины. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1977. – С. 244.
2. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / Под ред. Б.Б. Шумакова. – М.: Агропромиздат, 1990.
3. Справочник мелиоратора / Сост. Б.С. Маслов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Россельхозиздат, 1980.
4. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / Под ред. Б.Б. Шумакова. – М.: Колос, 1999. – С. 173.
5. Рекомендации по улучшению качества дождя дождевальных машин «Фрегат» / СибНИИГиМ. – Красноярск, 1986. – С. 13.

УДК 631.347.62-192

### **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УЗЛОВ И СИСТЕМ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ НАДЕЖНОСТЬ ДМ «ДНЕПР»**

И.Н. Нестеров

ФГНУ «РосНИИПМ»

С точки зрения надежности дождевальную машину «Днепр» можно рассматривать как сложную техническую систему, состоящую из трубопровода, самоходных опорных тележек, ферм, дождевальных аппаратов, системы синхронизации движения опорных тележек и т.д. В ДМ «Днепр» большая часть связей носит последовательный характер и отдельные элементы и устройства, как правило, не дублируются. Поэтому отказ в работе одной детали или устройства, зачастую сравнительно малоценных, может привести к остановке дождевальной машины в целом. Надежность такой системы определяется по формуле [1]:

$$P_{\text{дм}} = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n = \prod_{i=1}^N P_i, \quad (1)$$

где  $P_i$  – надежность отдельного  $i$ -го элемента;

$N$  – число элементов, составляющих систему.

Из формулы (1) видно, что в случае равнонадежных элементов вероятность безотказной работы будет больше для схем, имеющих меньшее количество элементов.

Следует отметить, что понятие «элемент» в надежности несколько условно. Так, например, система синхронизации движения опорных тележек является элементом в структурной схеме надежности дождевальной машины «Днепр», однако взятая в отдельности она представляет собой систему, состоящую из элементов, таких как тяги, штанги, рычаги, концевые выключатели, магнитные пускатели и т.д.

На практике для определения вероятности безотказной работы  $P(t)$  или вероятности отказа  $Q(t)$  по результатам статистических данных об отказах элементов дождевальных машин при их эксплуатации используют обычно метод непосредственного подсчета вероятностей. В общем виде надежность или вероятность безотказной работы элемента в произвольный момент времени  $t$  определяется по формуле [2]:

$$P(t) = 1 - \frac{N_x(t)}{N},$$

где  $N$  – общее число наблюдаемых элементов;

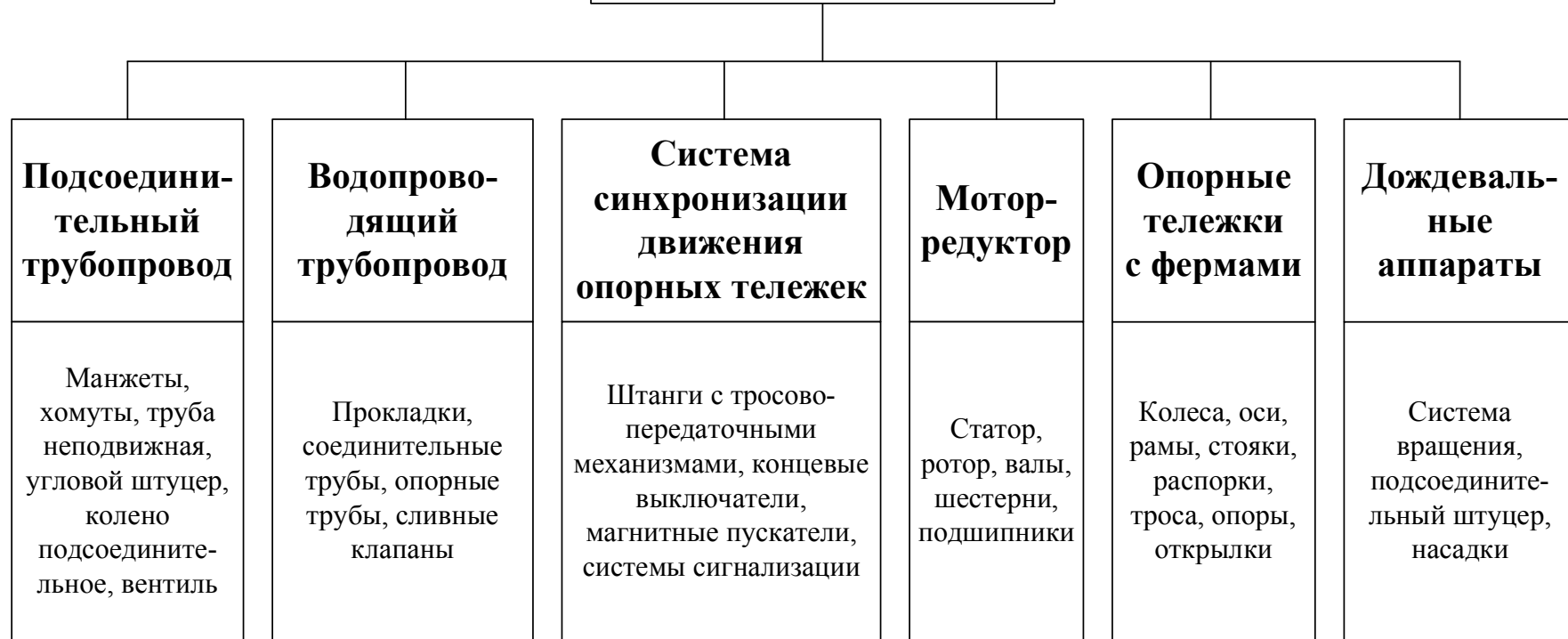
$N_x(t)$  – число элементов, отказавших по времени  $t$ .

Теория и практика при определении надежности технической системы имеет дело со случайными величинами, такими, например, как интенсивность износа, продолжительность работы до отказа, продолжительность устранения неисправностей и т.д. [3, 4]. Особенностью случайных величин является их рассеивание или вариация, которая может быть охарактеризована табличными данными (рядом рассеивания), графически и аналитически в виде математических законов распределения вероятностей появления тех или иных значений случайной величины. Знание законов распределения отказов отдельных деталей и узлов позволит, используя имеющиеся математические зависимости, определить количественные показатели надежности основных узлов и в целом ДМ «Днепр» и решать практические задачи повышения надежности.

Значения надежности основных элементов дождевальной машины «Днепр» (рис. 1) устанавливались в полевых условиях путем хронометражных наблюдений за наработками на отказ в условиях эксплуатации ДМ «Днепр» в хозяйствах Ростовской области.

В результате исследований были выявлены основные наиболее ненадежные элементы и системы ДМ «Днепр», на долю которых приходилось наибольшее число отказов за время поливного периода (таблица).

**Дождевальная машина  
«Днепр»**



**Рис. 1. Основные элементы и системы дождевальной машины «Днепр»**



**Результаты обработки хронометражных данных по наработкам  
на отказ элементов и систем ДМ «Днепр»  
в хозяйствах Ростовской области**

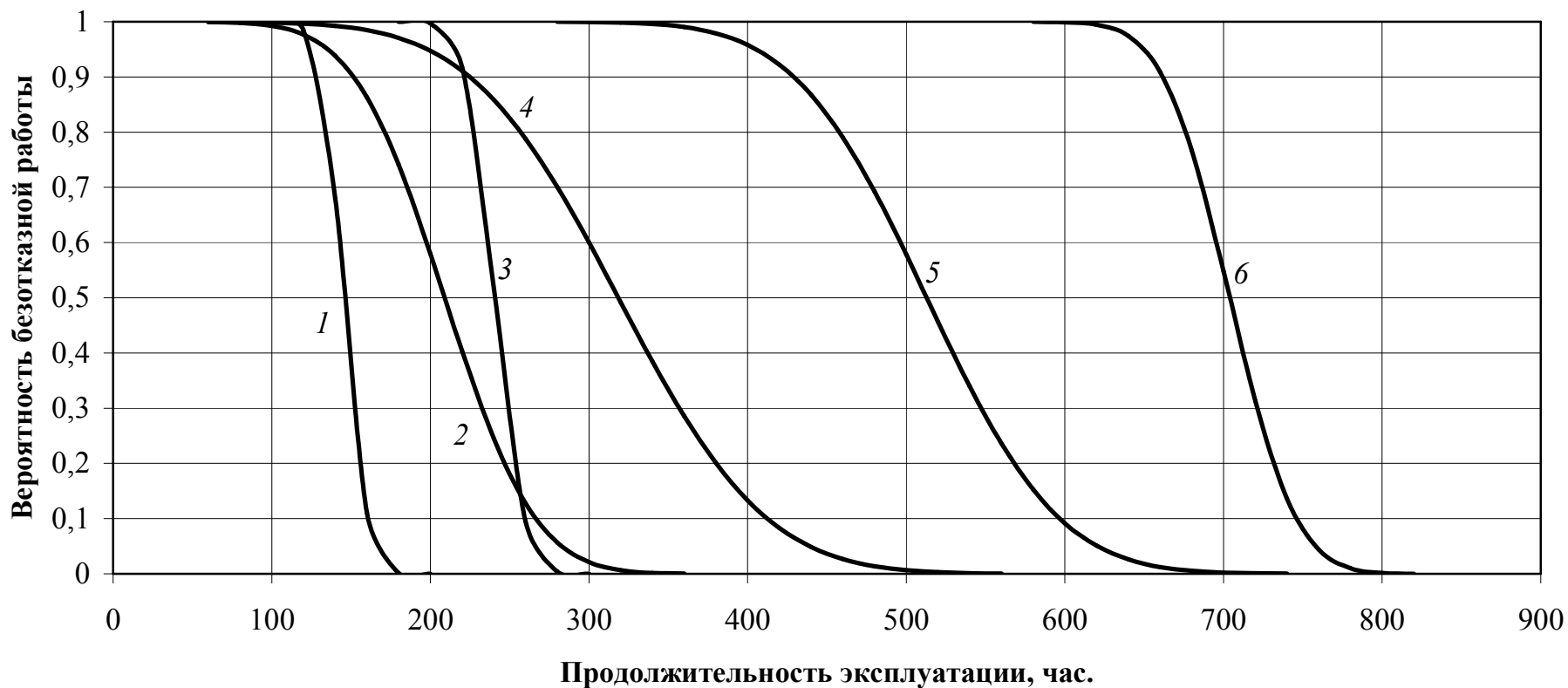
Показатель	Наименование узлов					
	Подсоединительный трубопровод	Водопроводящий трубопровод	Система синхронизации движения	Мотор-редуктор	Опорная тележка с фермой	Дождевальные аппараты
Среднее время наработки на отказ, час.	240,60	703,96	145,52	209,04	512,96	318,52
Среднее квадратичное отклонение, час.	14,84	32,87	11,81	44,81	65,42	73,21
Коэффициент вариации, %	6,17	4,67	8,12	21,44	12,75	22,98

По результатам обработки хронометражных данных по надежности элементов и систем ДМ «Днепр» был построен совмещенный график зависимостей безотказной работы элементов и систем ДМ «Днепр» от продолжительности работы (рис. 2).

Из графика видно, что наименьшую вероятность безотказной работы имеет система синхронизации движения опорных тележек.

Это значит, что отказы этой системы будут чаще отказов других систем, а в свою очередь отказ системы синхронизации движения опорных тележек во время эксплуатации дождевальной машины может привести к серьезным поломкам дождевальной машины (выход из строя водопроводящего трубопровода), влекущим за собой большие потери рабочего времени на устранение неисправностей.

Таким образом, одной из наиболее важных задач при поддержании в работоспособном состоянии имеющегося парка дождевальных машин ДМ «Днепр» является повышение вероятности безотказной работы системы синхронизации движения.



**Рис. 2.** Совмещенный график зависимостей вероятностей безотказной работы элементов и систем ДМ «Днепр» от продолжительности работы: 1 – система синхронизации движения опорных тележек; 2 – мотор-редуктор; 3 – подсоединительный трубопровод; 4 – дождевальные аппараты; 5 – опорные тележки с фермами; 6 – водопроводный трубопровод

## ЛИТЕРАТУРА

1. Щедрин В.Н., Косиченко Ю.М., Колганов А.В. Эксплуатационная надежность оросительных систем. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – С. 392.
2. Половко А.М., Маликова И.М. Сборник задач по теории надежности. – М.: Советское радио, 1970. – С. 56.
3. Переверзев Е.С. Надежность и испытания технических систем. – Киев: Наукова думка, 1990. – С. 328.
4. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности. – М.: Советское радио, 1975. – С. 237.

УДК 631.347.001.4:631.67

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ РАБОТЫ ДМ «ФРЕГАТ» С СЕКТОРНЫМИ НАСАДКАМИ**

Ю.С. Карасев, Д.В. Сухарев, Ю.Ф. Снопич  
ФГНУ «РосНИИПМ»

Полевыми наблюдениями прошлых лет установлено, что в жаркие периоды поливного сезона, и особенно в ветреную погоду, во время работы дождевальная машина «Фрегат» часть воды, вылитая на почву, при малых поливных нормах и высокой скорости движения ДМ очень быстро испаряется. Испарение воды с поверхности почвы при поливе серийными аппаратами колебалось в пределах 3-18 % при обороте ДМ, равном 0,47 об/сут и 2,2-6,1 % при обороте ДМ, равном 0,11 об/сут. Постепенное накопление влаги в почве и уменьшение испарения наблюдается после 3-4 проходов ДМ «Фрегат».

Предыдущими исследованиями установлено, что глубина промачивания почвы и величина поливных норм до образования стока в значительной степени зависит от средней интенсивности дождевания, среднего диаметра капель дождя, состояния поверхности поля, вида с.-х. культур, уклона и др.

Расчеты показывают, что примерные значения средней интенсивности дождя, при нормах полива 300-400 м<sup>3</sup>/га, для средних и тяжелосуглинистых почв должны быть в пределах 0,2-0,4 мм/мин, при среднем диаметре капли  $d=0,5-1,5$  мм.

Известно также, что на качество распределения воды при дождевании отрицательно влияют скорость и направление ветра.

Теорию распределения воды дождевателем при ветре разрабатывал С. Окемура и др. Исследования влияния ветра на испарение и интенсивность на орошаемую площадь дальнеструйными дождевателями были проведены в АзНИИГиМ, ВИСХОМ, СтавНИИГиМ. Исследования проводились и в ФГНУ «РосНИИПМ».

Средняя интенсивность дождя для машин, работающих в движении по кругу, нами определялась слоем осадков и временем прохождения ДМ «Фрегат» над орошаемым участком в следующей последовательности.

Опыты проводились в 2007 году на полях ООО «Кадамовский». Определение величины испарения основано на учете воды, испарившейся из почвенного монолита за небольшой промежуток времени. На выбранном участке для наблюдений устанавливали испарители, изготовленные на базе ГГИ-3000 так, чтобы их кромки находились на уровне поверхности почвы (рис. 1). Назначение защитных бачков – предохранить места установок почвенных испарителей и дождемеров от осыпания и заплывания грунтом. Устанавливали испарители в трех точках – в начале, середине и конце дождевального крыла ДМ «Фрегат».



**Рис. 1. Испаритель и крышка**

Каждый цилиндр заряжали почвенным монолитом, тщательно очищали от земли и устанавливали в защитные бачки, предварительно взвесив их. В защитные бачки устанавливали и дождемеры.

Расчет величины испарения производился по формуле

$$\varepsilon = \frac{q_2 - q_1}{F},$$

где  $\varepsilon$  – потери влаги на испарение с поверхности почвы:

$q_1$  – вес цилиндра с монолитом перед опытом, кг;

$q_2$  – вес цилиндра с монолитом по окончании опыта, кг;

$F$  – площадь поверхности монолита, см<sup>2</sup>.

Окончательная величина испарения с поверхности почвы для данного срока наблюдений определялась путем усреднения данных, полученных на всех испарителях. Умножая полученную среднюю величину испарения на соответствующий множитель, получали суммарное испарение с 1 га для данного срока наблюдений.

Во время проведения опытов погодные условия характеризовались следующими данными: температура воздуха 30,4-34,1 °С, поверхности почвы 41,8-44,2 °С относительная влажность воздуха 28,4-36,1 %, средняя скорость ветра – от 2,9 до 3,8 м/с, направление ветра – юго-юго-восток.

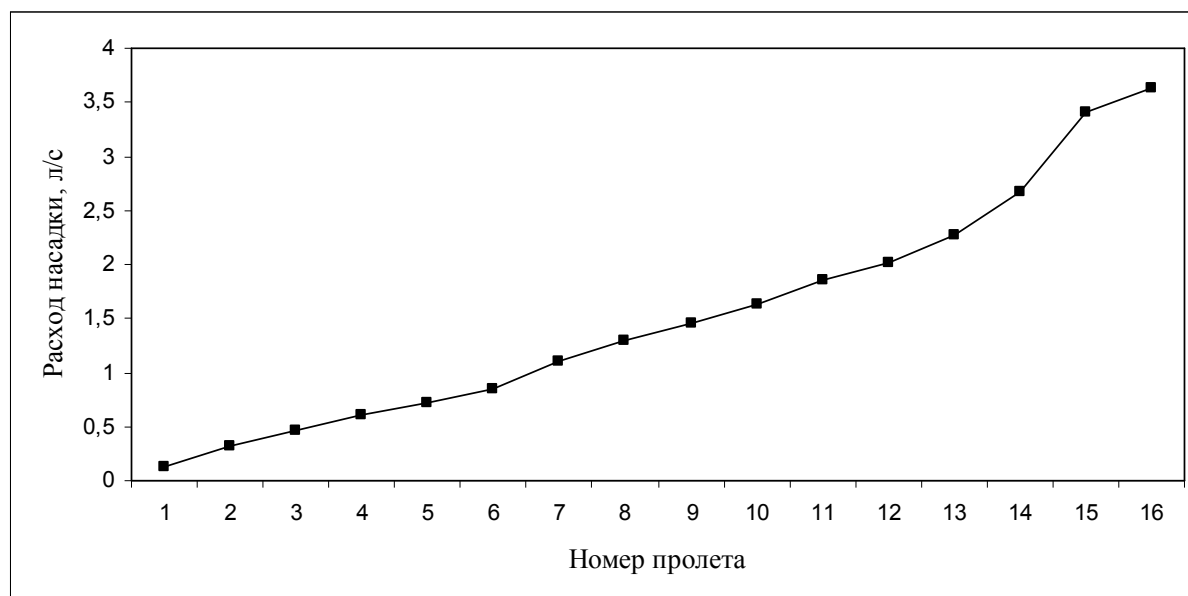
Обработанные данные полевых исследований представлены в таблице.

Таблица

**Средняя ( $\rho_{\text{ср}}$ ) и мгновенная ( $\rho_{\text{мг}}$ ) интенсивность дождя при работе секторных насадок на дождевальном машине «Фрегат» (позиционно)**

Номер пролета	$H_{\text{тр}}$ , МПа	Диаметр насадки $d$ , мм	$\rho_{\text{ср}}$ , мм/мин	$\rho_{\text{мг}}$ , мм/мин	Расход насадки $q$ , л/с
1	0,600	4	0,284	0,212	0,128
2	0,600	5	0,288	0,239	0,324
3	0,590	6	0,385	0,250	0,471
4	0,580	6	0,380	0,448	0,601
5	0,570	8	0,385	0,480	0,721
6	0,580	8	0,384	0,500	0,854
7	0,575	8	0,415	0,580	1,110
8	0,565	10	0,424	0,615	1,298
9	0,560	10	0,432	0,682	1,455
10	0,560	10	0,444	0,714	1,638
11	0,455	12	0,475	0,774	1,852
12	0,455	12	0,480	0,819	2,019
13	0,440	12	0,482	0,881	2,270
14	0,430	12	0,486	0,898	2,677
15	0,415	12	0,510	0,960	3,402
16	0,400	16	0,500	1,019	3,639

По обработанным данным полевых исследований, представленным выше в таблице, был построен график зависимости расхода насадки по всей длине дождевального крыла ДМ «Фрегат», из которого видно, чем дальше от гидранта стоит секторная насадка по длине дождевального крыла расход насадки увеличивается. Это обеспечивает равномерное распределение дождя по длине крыла дождевальной машины (рис. 2).



**Рис. 2. Расход насадки по пролетам дождевального крыла ДМ «Фрегат»**

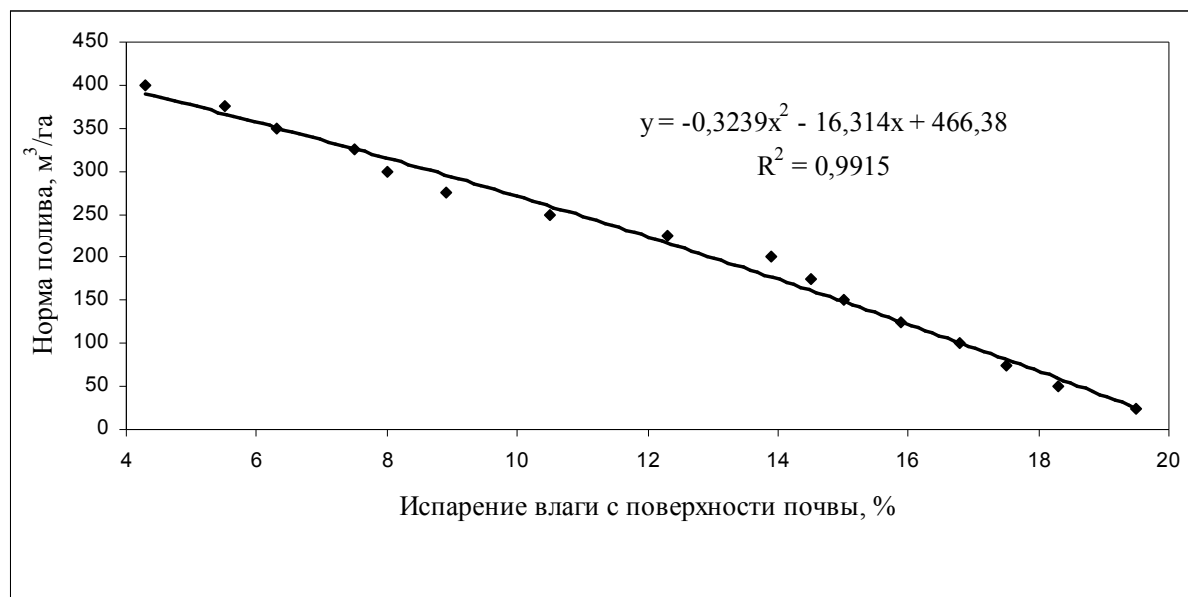
Обработка опытных данных показала, что при норме полива  $150 \text{ м}^3/\text{га}$  испарение влаги с поверхности почвы составило 3,1-15 % от общей поливной нормы. С уменьшением скорости движения увеличивается норма полива до  $300 \text{ м}^3/\text{га}$ , и потери воды на испарение уменьшаются до 1,1-8 %, т. е. в 2-3 раза.

Построив точечную кривую и линию тренда, на графике видно, что при увеличении нормы полива процентное испарение влаги с поверхности почвы уменьшается, а при уменьшении нормы полива процентное испарение влаги с поверхности почвы увеличивается (рис. 3).

По результатам полевых исследований можно сделать следующие выводы:

1. При увеличении нормы полива до  $300 \text{ м}^3/\text{га}$  процент потери влаги с почвы составляет 8 %, с уменьшением нормы полива до  $150 \text{ м}^3/\text{га}$  испарение увеличивается до 15 %. Поэтому при назначе-

нии поливной нормы, необходимо производить поправки поливной нормы на потери воды.



**Рис. 3. Процентное отношение испарения с поверхности почвы**

2. По результатам полевых исследований установлено, что средняя интенсивность дождя у секторных насадок более равномерно распределяется по длине машины, чем с использованием серийных аппаратов ДМ «Фрегат».

3. В дальнейшем необходимо провести наблюдения при различных метеорологических условиях и различной степени затененности почв – это позволит установить и внести необходимые поправки в поливные нормы при орошении сельскохозяйственных культур.

УДК 631. 353. 722. 001.1

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧЕЙ ВЫСОТЫ НОЖА ШНЕКОВОГО РЕЖУЩЕГО АППАРАТА**

Т.А. Погоров

ФГНУ «РосНИИПМ»

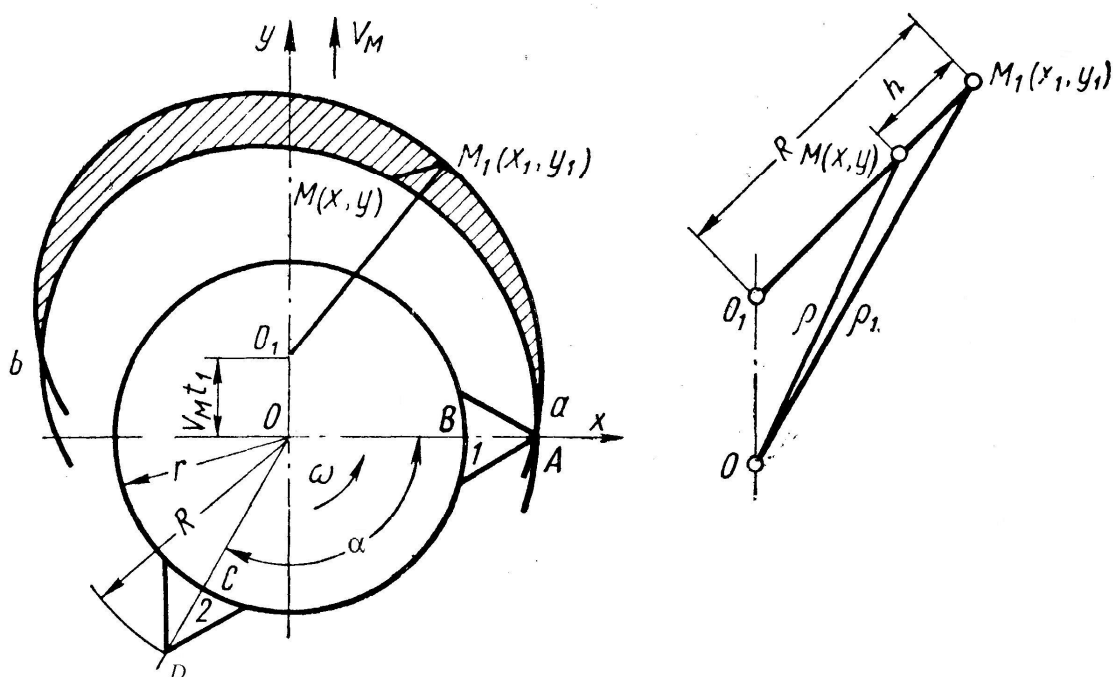
Шнековый режущий аппарат скашивает, измельчает и транспортирует измельченную массу. У этого режущего аппарата ножи установлены на периферии витков шнека, их траектория движения в горизонтальной плоскости не повторяется, следовательно, отсутствует повторный срез одного и того же стебля растения на корню. Это позво-

ляет ему осуществлять процесс резания стеблей растений с меньшими затратами мощности, чем при работе серийно выпускаемых режущих аппаратов роторного типа. Кроме того, он является наиболее перспективным из всех видов роторных рабочих органов в плане безопасности в работе, малой металлоемкости.

Основными параметрами, характеризующими работу шнекового режущего аппарата, являются:

- скорость вращения шнека, необходимая для безподпорного резания растений;
- диаметр шнека;
- шаг винтовой линии шнека;
- число ножей на шаге винтовой линии шнека, при заданной скорости вращения шнека и поступательной скорости самого режущего аппарата, обеспечивающее качественное окашивание, без пропуска растений.

Схема работы шнекового режущего аппарата показана на рис. 1.



**Рис. 1. Схема работы шнекового режущего аппарата**

Траектория любой точки каждого ножа в процессе работы представляет собой трохоиды. Таким образом, каждый нож срезает растение с площади, ограниченной двумя конгруэнтными трохоидами, смещенными в направлении движения режущего аппарата.



Напишем уравнение траектории точек  $A$  и  $B$  вершины и основания ножа  $l$ , вращающегося с постоянной угловой скоростью  $\omega$  (1)-(2):

$$\left. \begin{aligned} X_A &= V_m \cdot t + r \cdot \cos \omega t \\ Y_A &= r \cdot \sin \omega t \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} X_B &= V_m \cdot t + R \cdot \cos \omega t \\ Y_B &= R \cdot \sin \omega t \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где  $R = \frac{D}{2}$  – радиус и диаметр режущего аппарата по вершине ножа;

$r = \frac{d}{2}$  – радиус и диаметр режущего аппарата по основанию ножа;

$V_m$  – поступательная скорость режущего аппарата (косилки);

$\omega t$  – угол поворота шнека.

Уравнения для точек  $C$  и  $D$  ножа 2, отстоящего от ножа  $l$  на угол  $\alpha = \frac{2\pi}{m}$  примут вид (3)-(4):

$$\left. \begin{aligned} X_C &= V_m \cdot t + r \cdot \cos(\omega t - \alpha) \\ Y_C &= r \cdot \sin(\omega t - \alpha) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} X_D &= V_m \cdot t + R \cdot \cos(\omega t - \alpha) \\ Y_D &= R \cdot \sin(\omega t - \alpha) \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где  $m$  – число ножей на одном шаге винтовой линии шнека.

Как видно из рис. 1, срез стеблей растений производится только теми точками ножа, которые проходят между двумя конгруэнтными трохоидами. Режущая (рабочая) часть ножа изменяется от нуля в точке  $a$  до некоторого максимального значения  $h_{max}$ , а затем уменьшается до нуля в точке  $b$ .

Чтобы определить конструктивную высоту ножей режущего аппарата, необходимо знать закономерность их работы.

Для определения закономерности изменения рабочей высоты ножа  $h$  обратимся к рис. 1. В некоторый момент времени вершина ножа 2 займет положение  $M_1$  с координатами  $X_1$  и  $Y_1$ . Центр шнека перейдет при этом в точку  $O_1$ , переместившись на величину  $V_m t$ . Тогда рабочая высота ножа  $h = MM_1$  определяется на основании векторного уравнения [1]:

$$\bar{\sigma} = \bar{\sigma}_1 + h, \text{ или } \bar{h} = \bar{\sigma} - \bar{\sigma}_1, \quad (5)$$

где  $\bar{\sigma}$  – радиус-вектор вершины  $A$  ножа  $1$  в некоторый момент времени  $t$ ;  
 $\bar{\sigma}_1$  – радиус-вектор вершины  $D$  ножа  $2$  в некоторый момент времени  $t_1$ .

Из выражения (5) найдем абсолютную величину вектора  $h$  по координатам его вершин на основании уравнений (1) и (4)

$$h = R \sqrt{2 + \frac{Vm^2}{R} (t_1 - t)^2 - 2 \cos[\omega(t_1 - t) - \alpha] + \frac{2Vm}{R} (t_1 - t) \cdot [\cos(\omega t_1 - \alpha) - \cos \omega t]}. \quad (6)$$

Таким образом, получено уравнение рабочей высоты ножа, в котором участвуют значения  $t$  и  $t_1$ .

Составим еще одно уравнение, которое позволит нам совместно с выражением (6) установить зависимость  $h=f(t)$ . Из рис. 1 видно, что рабочая высота ножа  $h$  располагается вдоль радиуса  $R$  окружности, описываемой шнеком при вращении. Рассматривая радиус  $R$  как вектор с координатами начала  $(0; V_m t_1)$  и конца  $(X_1; Y_1)$ , запишем условие коллинеарности его вектору  $h$  в форме равенства нулю их векторного произведения, т.е.  $\bar{R} \cdot \bar{h} = 0$ .

В координатной форме это равенство будет иметь следующий вид:

$$\bar{R} \cdot \bar{h} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ R_x & R_y & R_z \\ h_x & h_y & h_z \end{vmatrix} = \bar{i} \begin{vmatrix} R_y & R_z \\ h_y & h_z \end{vmatrix} + \bar{j} \begin{vmatrix} R_x & R_z \\ h_x & h_z \end{vmatrix} + \bar{k} \begin{vmatrix} R_x & R_y \\ h_x & h_y \end{vmatrix},$$

где  $R_x, R_y, R_z, h_x, h_y, h_z$  – проекции векторов  $\bar{R}$  и  $\bar{h}$  на координатные оси;  
 $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$  – единичные векторы соответствующих координатных осей.

Так как мы рассматриваем плоскую задачу, проекция векторов  $\bar{R}$  и  $\bar{h}$  на ось  $z$  равна нулю. Тогда

$$\bar{R} \cdot \bar{h} = \begin{vmatrix} R_x & R_y \\ h_x & h_y \end{vmatrix} = (R_x \cdot h_y - R_y \cdot h_x) = 0.$$

Имея в виду, что

$$R_x = x_1 - V_m t_1 = R \cdot \cos(\omega t_1 - \alpha);$$

$$R_y = y_1 = R \cdot \sin(\omega t_1 - \alpha);$$

$$h_x = x_1 - x = V_m (t_1 - t) + R [\cos(\omega t_1 - \alpha) - \cos \omega t];$$

$$h_y = R[\sin(\omega t_1 - \alpha) - \sin \omega t];$$

после соответствующих преобразований получим

$$\cos \omega t - \frac{V_m}{R}(t_1 - t) - \operatorname{ctg}(\omega t_1 - t) \sin \omega t = 0. \quad (7)$$

Найти зависимость  $h=f(t)$  из уравнений (6) и (7) в явной форме представляется невозможным, следует применить численный метод решения. Зададим следующие конструктивные и технические параметры шнекового режущего аппарата [2]  $D=2R=0,61$  м;  $m=8$ ;  $\alpha = \frac{2\pi}{m} = \frac{\pi}{4}$ ;  $V_m=1,25$  м/с,  $\omega = 90$  с<sup>-1</sup>.

Из уравнения (7) необходимо найти функциональную зависимость  $t_1=f(t)$ . Для этого перепишем его в следующем виде с численными значениями входящих в него величин:

$$\cos 90t - \frac{1,25}{0,305}(t_1 - t) - \operatorname{ctg}\left(\omega t_1 - \frac{\pi}{4}\right) \sin 90t.$$

Теперь, задаваясь значениями  $t$ , будем находить соответствующие им значения  $t_1$ .

Изложим метод решения этого трансцендентного уравнения для одного из значений  $t$ , например  $t=0,002$  с. Тогда  $t_1$  найдем из выражения

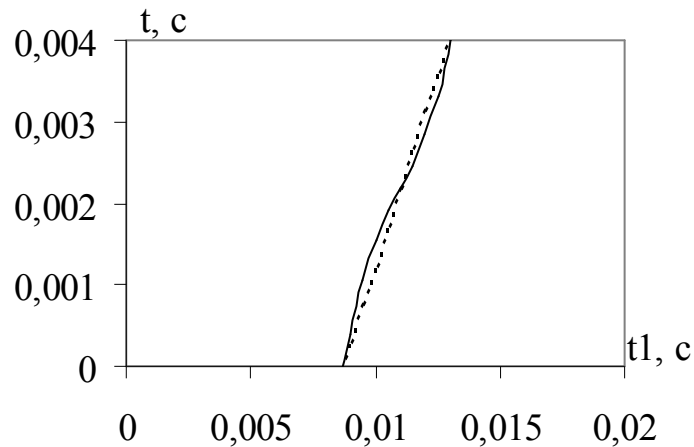
$$5,5419 - 22,8961t_1 - \operatorname{ctg}\left(\omega t_1 - \frac{\pi}{4}\right).$$

Для решения этого уравнения используем программу Math CAD, получаем  $t_1=0,0108$  с.

Результаты вычислений, изображенные графически на рис. 2, показывают, что функциональная зависимость  $t_1=f(t)$  может быть аппроксимирована уравнением прямой линии (8)

$$t_1=t_0+at, \quad (8)$$

где для данной задачи  $t_0=0,0087$  с;  $a=1,051$ .



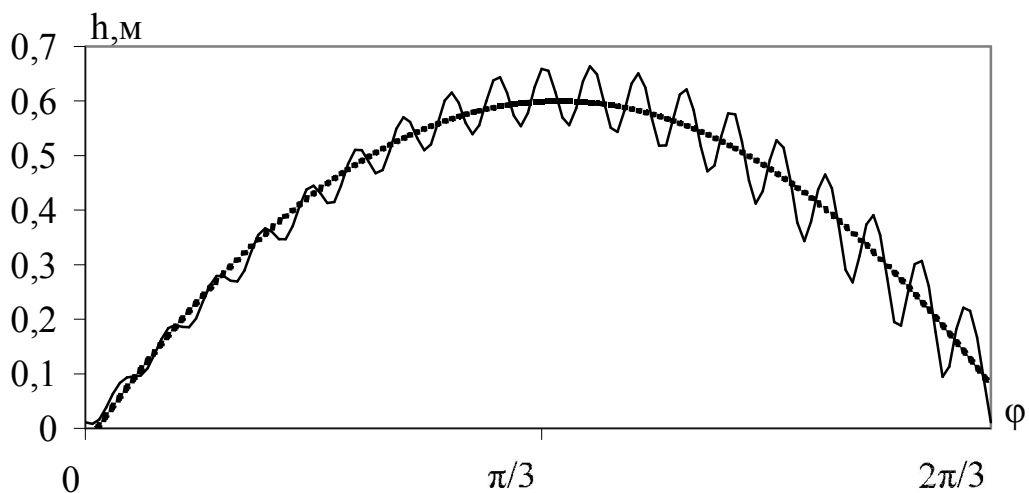
**Рис. 2. Аппроксимация трансцендентного уравнения прямой**

Подставив значения  $t_1$  из уравнения (8) в формулу (6), получим выражение для определения рабочей высоты ножа:

$$h = R\sqrt{2 + A^2(t_0 + Bt)^2 - 2\cos(C + Bat) + 2A(t_0 + Bt)[\cos(C - a\omega t) - \cos\omega t]}, \quad (9)$$

где  $A = \frac{V_m}{R}$ ;  $B = a - 1$ ;  $C = \omega t_0 - \frac{2\pi}{m}$ .

Полученная зависимость рабочей высоты ножа от угла поворота шнека  $\varphi = \omega t$ , вычисленная по формуле (9) для заданных нами параметров шнекового режущего аппарата, показана на рис. 3.



**Рис. 3. Аппроксимация кривой синусоидой**

На практике, использование формулы (9) затруднительно, следовательно, график этого уравнения необходимо аппроксимировать

синусоидой. Тогда максимальное значение высоты ножа достигается вблизи угла  $\varphi = \frac{\pi}{3}$ , как это видно из рис. 3. Следовательно:

$$h \approx V_m \frac{\alpha}{\omega \operatorname{tg} \beta} = V_m \frac{2\pi}{m\omega \operatorname{tg} \beta},$$

где  $\operatorname{tg} \beta$  – угол подъема винтовой линии шнека и определяется из выражения [3]:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{h_{\text{вл}}}{\pi D},$$

где  $h_{\text{вл}}$  – шаг винтовой линии шнека ( $h_{\text{вл}} = 0,3085$  м [2]).

Проведем синусоиду через три характерные точки:  $\varphi = 0$ ;  $\varphi = \frac{\pi}{3}$ ;  $\varphi = \frac{2\pi}{3}$ . Уравнение этой синусоиды имеет следующий вид:

$$h = h_{\text{max}} \sin \varphi = V_m \frac{2\pi}{m\omega \operatorname{tg} \beta} \sin \omega t. \quad (10)$$

Полученная формула (10) предназначена для расчета высоты ножей при конструировании шнековых режущих аппаратов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Долгов И.А. Математические методы в земледельческой механике // Машиностроение. – М., 1967. – С. 131-138.
2. Коршиков А.А., Погоров Т.А. Применение мелиоративных косилок с режущими аппаратами спирального типа // Вопросы мелиорации. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2004. – С. 80-84.
3. Погоров Т.А. Определение основных параметров шнекового режущего аппарата мелиоративной косилки // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2003. – Ч. 1. – С. 141-143.

**РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И  
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ  
ОРГАНИЗАЦИИ ВОДОУЧЕТА НА МЕЛИОРАТИВНЫХ  
СИСТЕМАХ РФ**

В.Я. Бочкарев, А.Е. Ивахненко  
ФГНУ «РосНИИПМ»

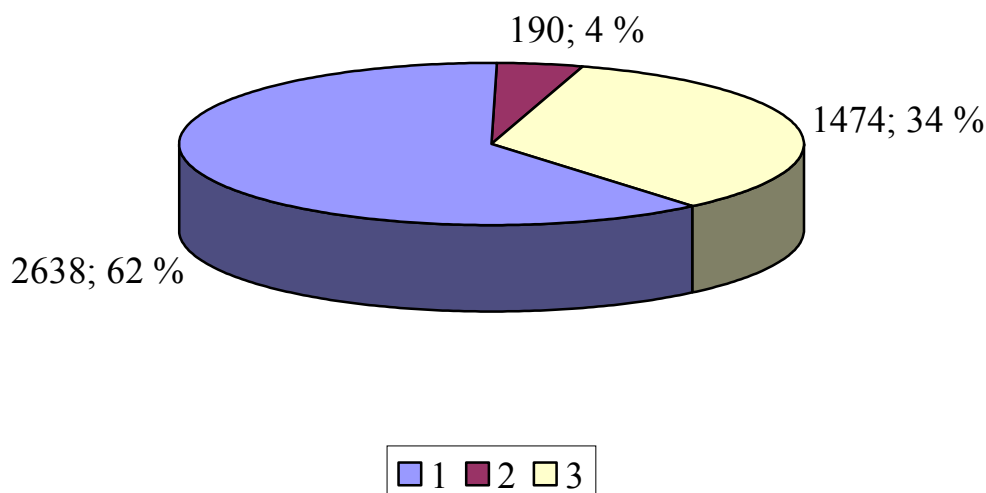
Системы измерения расхода и объема воды выполняют, помимо водоучета, и функции инструмента, обеспечивающего количественный контроль технологических процессов [1] при осуществлении управления водопользованием. Для надежной эксплуатации оросительных систем необходимо иметь эффективный механизм технического (балансового) водоучета. Его основное назначение – обеспечить внутрисистемный контроль расходов воды в узловых точках водопроводящей сети и необходимый балансовый учет ее объемов. В этой связи возникает необходимость в расширении функциональных возможностей и повышении требований к техническим характеристикам средств измерений. Это технически и экономически обоснованно, так как организация коммерческого водоучета, а в перспективе использование автоматизированных систем управления, потребует введение средств измерений параметров водного потока в общий комплекс приборного обеспечения водопользования [2].

С целью определения текущей потребности эксплуатационных водохозяйственных организаций в пунктах коммерческого и балансового водоучета ГОМС Депмелиорация (ФГНУ «РосНИИПМ») проводит ежегодный мониторинг средств водоучета по регионам Российской Федерации. Анализ показывает, что за период с 1995 по 2006 годы количество пунктов водоучета (ПВ) снизилось в 11,5 раз, с 13086 до 1136 единиц. По данным инвентаризации 2007 года, число ПВ по Российской Федерации составляет 4302 единицы, что в 3,8 раза больше, чем в 2006 году (рис. 1).

Из общего количества (рис. 2) ПВ только 62 % оснащены лишь простейшими средствами измерений, такими как гидрометрическая рейка, 4 % – приборами, а остальные 34 % вообще не имеют каких-либо средств водоучета, что не соответствует современным требованиям, предъявляемым к пунктам коммерческого водоучета.



**Рис. 1. Количество пунктов водоучета по России с 1995 по 2007 гг.**



**Рис. 2. Количество пунктов водоучета по состоянию на 2007 год:**  
 1 – оборудованных гидрометрическими рейками; 2 – оборудованных приборами; 3 – не оборудованных

Более половины (71 %) из общего количества ПВ находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют проведения реконструкции, капитального или текущего ремонта.

Для сравнения, в 2006 году процентное соотношение числа ПВ, находящихся в неудовлетворительном состоянии, составляло 54 %. Таким образом, ухудшение технического состояния за 1 год составило 17 %. Энергоснабжением обеспечены лишь 14 % ПВ, около 92 % ПВ не имеют автоматизации измерений и элементарной связи с диспетчерским пунктом.

Из ПВ, находящихся в неудовлетворительном состоянии, текущему ремонту подлежат 733 единицы на сумму 11,32 млн рублей; капитальному ремонту или реконструкции – 2086 единиц на сумму 148,5 млн рублей; списанию – 232 единицы.

Наиболее сложной является ситуация, сложившаяся на открытых каналах мелиоративных систем. Из всей номенклатуры средств водоучета, имеющих на ПВ открытых каналов мелиоративных систем, преобладают гидрометрические рейки – 2673 единицы, и лишь 29 единиц – это приборы, причем приборы устаревшего образца. В такой ситуации, когда ПВ не соответствуют даже примитивному уровню водоучета, говорить о введении платного водопользования в РФ сложно.

Общая потребность в строительстве ПВ на открытых каналах мелиоративных систем по данным, представленным на 1.10.2007 г., из 22 субъектов РФ составляет 739 единиц с ориентировочной суммой затрат в 445,7 млн руб. Общая потребность в строительстве ПВ на закрытой сети составляет 168 единиц с ориентировочной суммой затрат в 48,6 млн руб.

В условиях платного водопользования особую актуальность приобретает проблема создания технически совершенных информационно-измерительных комплексов (ИИК), различной конфигурации для решения технологических задач водопользования и обеспечения операций по взаиморасчетам между субъектами хозяйственной деятельности [3]. При этом ИИК должны обеспечивать и оперативный контроль состояния объектов мелиоративных систем для исключения аварийных ситуаций и неординарного протекания технологических процессов.

Современные подходы к созданию ИИК включают решение задач, которые можно свести в четыре проблемных блока: правовые и экономические проблемы; технологическое и техническое обеспечение систем водоучета и контроля; нормативно-техническое обеспечение и организационные аспекты метрологического обеспечения водоучета и водоизмерения.

Концептуально важно выделить несколько основных положений, определяющих дальнейшее развитие эксплуатационной гидрометрии в мелиорации:



- технически обоснованно и экономически целесообразно максимальное использование систем и средств измерений общепромышленного назначения, с адаптацией их технических характеристик к условиям эксплуатации на мелиоративных системах;

- перспективно во всех отношениях совершенствование типовых гидротехнических сооружений и технологического оборудования мелиоративных систем, с целью придания им свойств водомерности. Особенно перспективно использование средств локальной автоматики (стабилизаторов и регуляторов расхода воды), как многофункциональных средств измерения и одновременно регулирования параметров водного потока;

- целесообразна максимальная унификация средств измерения (контроля) параметров водного потока с техническими средствами контроля и измерения, применяемыми в системах управления водопользования.

Исходя из данных предпосылок, для совершенствования системы водоучета на мелиоративных системах и объектах федеральной собственности необходимо выполнение следующих мероприятий:

- провести восстановление, реконструкцию или строительство новых гидрометрических сооружений, с учетом требований международных стандартов ИСО Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии;

- обеспечить электрификацию пунктов водоучета на водозаборах и водовыпусках, т.к. лишь 14 % из общего количества ПВ имеют доступ к электросети;

- оснастить гидрометрические сооружения на открытой и закрытой сети необходимыми измерительными приборами и оборудованием;

- подготовить комплекс нормативно-методической документации по созданию и эксплуатации гидрометрической сети;

- провести разработку типовых проектов гидрометрических сооружений и технологического оборудования в рамках создания системы водоизмерения.

Учитывая требования вновь принятого федерального закона № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства», а также мероприятия, предусмотренные «Государственной Программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции,

сырья и продовольствия на 2008-2012 годы» и ФЦП «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006-2010 годы» с пролонгацией до 2012 года [4, 5, 6], представляется необходимой разработка и принятие ВЦП «Восстановление и развитие мелиоративного комплекса России на 2008-2015 годы», которая должна решить вышеперечисленные задачи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Щедрин В.Н., Бочкарев В.Я. Перспективы развития метрологического обеспечения эксплуатации ОС с учетом введения платного водопользования и вступления России в ВТО // Проблемы информационного и метрологического обеспечения эксплуатации оросительных систем, пути их решения: сб. науч. тр. ФГНУ «РосНИИПМ» / Под ред. В.Н. Щедрина. – Новочеркасск, 2005.

2. Щедрин В.Н., Бочкарев В.Я. Метрологическое обеспечение водоучета и водоизмерения в отрасли // Вопросы мелиорации. – М. – 1996. – № 5-6.

3. Бочкарев В.Я. Современные подходы к созданию типовых комплексов автоматизации оросительных систем // Мелиорация и водное хозяйство. – М. – 2006. – № 6.

4. Федеральный закон от 29 декабря 2006 г. № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства».

5. Государственная Программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008-2012 годы // Постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2007 г. № 446. – М., 2007.

6. ФЦП «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006-2010 годы» // Постановление Правительства Российской Федерации от 20 февраля 2006 г. № 99. – М., 2006.

## **СПОСОБЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ ПОДАЧИ ВОДЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЛАТНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

В.Я. Бочкарев

ФГНУ «РосНИИПМ»

С совершенствованием экономических взаимоотношений в АПК России, в частности, реализацией Национального проекта «Развитие АПК», принятием нового закона № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства» и «Государственной программы развития сельского хозяйства регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008 - 2012 годы» существенно меняется ситуация на рынке товаров и услуг.

Перспективы введения платы за оказание услуг эксплуатационными организациями при подаче воды сельхозпроизводителям постепенно приводят к осознанию сельхозпроизводителями необходимости применения средств водоучёта. Сохранение бюджетного финансирования водохозяйственных предприятий, при постоянно растущей стоимости энергетических и материально-технических ресурсов, не может носить долговременного характера. Средств на поддержание объектов оросительных систем в надлежащей эксплуатационной готовности и организацию подачи воды явно недостаточно. Складывающаяся ситуация с резким ростом тарифов на электроэнергию может привести к тому, что в ближайшей перспективе часть мелиоративных насосных станций может быть обесточена.

Определенные сложности вызывает и неоднозначная ситуация с внутрихозяйственными оросительными системами, являющимися основным инструментом сельхозпроизводителя при организации поливов сельхозугодий. Экономические интересы сельскохозяйственных предприятий требуют, чтобы при введении платного водопользования не произошло резкого роста расходов на орошение, при котором перевод ныне орошаемых земель в разряд богарных приведет к меньшему, чем при введении платного водопользования, падению рентабельности сельскохозяйственной продукции.

Для эксплуатационных организаций экономические интересы сводятся к сохранению поступлений финансовых средств как дохода от услуг по водоподаче и дотационных сумм в размере, обеспечивающем покрытие текущих затрат. Это возможно лишь при сохранении определенных объемов водоподачи, на которые заключены договоры с сельхозпредприятиями. В этом случае эксплуатационные организации заинтересованы в создании системы финансирования, носящей страховой характер. Актуальность подобного мероприятия связана с колебаниями объемов водоподачи из-за нестабильных по годам погодных условий в регионах.

Государство также заинтересовано в создании системы платного водопользования, поскольку она обеспечивает постепенное снижение расходов бюджета, связанных с сельскохозяйственным водопользованием, при сохранении (и наращивании) производства продукции на орошении.

При создании системы платного водопользования могут быть реализованы различные концептуальные подходы, характеризующиеся определенными финансовыми и технико-экономическими факторами. Финансовая сторона организации платного водопользования включает два момента: определение источников поступления средств и характер их движения при расчетах за услуги по водоподаче. Технико-экономические аспекты организации платного водопользования сводятся к определению характера и величины тарифа, установлению порядка учета издержек и других платежей, а также конечных результатов орошения у сельхозпроизводителя.

Современная ситуация с техническим состоянием оросительных систем всех уровней и видов собственности в части оснащения средствами измерений, техническим состоянием гидрометрических постов, наличием квалифицированного эксплуатационного персонала – весьма сложная и продолжает ухудшаться. Вместе с тем, достигнутый уровень развития средств измерений, вычислительной техники и телекоммуникационного оборудования сейчас позволяет создать информационно-измерительные комплексы различной конфигурации, в том числе с обеспечением автоматизации водоучета. Основная проблема их практического использования заключается в приемлемости соотношения «технические возможности – цена оборудования».

Для организации водоучета с минимальными затратами необходимо использование ограниченного числа типов водомерных устройств на водопроводящей сети. В табл. 1 приведены данные по наиболее распространенным типам водомерных устройств, которые можно рекомендовать к дальнейшему использованию.

Таблица 1

**Метрологические характеристики преобразователей расхода водомерных устройств**

Тип преобразователей расхода водомерных устройств	Диапазон измерения расхода $Q_{max}/Q_{min}$	Допускаемые пределы измерения расхода, м <sup>3</sup> /с	Условия эксплуатации
Треугольный водослив с тонкой стенкой	> 10	0,001...0,10	Необходимость свободного истечения жидкости, отсутствие наносов в потоке
Трапецеидальный водослив с тонкой стенкой	> 10	0,01...0,25	
Градуированное русло с фиксированным пояском	< 25	25...500,0	Отсутствие подпорно-переменного режима движения потока
Градуированные регулирующие сооружения	< 10	0,5...25,0	

Очевидно назначение первых двух типов водомерных устройств для водовыпусков потребителям, а двух других типов для водозаборов, подпорно-регулирующих и вододелительных сооружений на магистральных каналах оросительных систем [1-2]. Следует отметить, что на существующих оросительных системах эти типы сооружений являются преобладающими. Отсюда следует вывод – наиболее экономичный путь создания системного водоучета и водоизмерения состоит в реконструкции таких сооружений с учетом новых, технически совершенных измерительных приборов и технологического оборудования.

В настоящее время отечественная приборостроительная промышленность предлагает широкий спектр средств измерений параметров водного потока [3]. Как правило, по техническим и метрологическим характеристикам они могут использоваться в различных областях народного хозяйства. Для водохозяйственных объектов с их специфическими условиями эксплуатации требуется некоторая адаптация конструкций измерительных приборов. Тем не менее, ряд из них уже сейчас можно рекомендовать для практического использо-

вания на открытых каналах и насосных станциях оросительных систем, табл. 2.

Таблица 2

**Средства измерения расхода в открытых каналах и напорных трубопроводах насосных станций**

Тип устройства (страна-изготовитель)	Диапазон измерения	Погрешность измерения	Выходная информация	Электропитание
<b>Напорные трубопроводы</b>				
Ультразвуковой счетчик «Расход-7» (Россия)	0,1÷5000 (м <sup>3</sup> /ч) при D <sub>y</sub> =10÷1400 (мм)	±0,5-1,0 (%)	Аналоговый сигнал 0-5 мА. Частотный	Переменное напряжение 220 В, 50 Гц
Преобразователь расхода ультразвуковой ПИР-3 (Россия)	0,1÷12,0 (м /с) при D <sub>y</sub> =20÷1600 (мм)	±1,5 (%)	Аналоговый сигнал 0-5; 0-20; 4-20 мА	Постоянное напряжение 24 В
Ультразвуковой расходомер «Днепр-7» (Россия, Украина)	0,1÷43429 (м <sup>3</sup> /ч) при D <sub>y</sub> =20÷1600 (мм)	±1,5 (%)	Аналоговый сигнал 0-5; 4-20 мА	Постоянное напряжение 12 В
Ультразвуковой расходомер-счетчик «Взлет РС» (Россия)	0,05÷529200 (м <sup>3</sup> /ч) при D <sub>y</sub> =50÷4200 (мм)	±1,0 (%)	Аналоговый сигнал 0-5; 0-20; 4-20 мА	Постоянное напряжение 10-15 В
Электромагнитный преобразователь расхода РОСТ-1 (Эстония)	0,5-10,0 (м /с) при D <sub>y</sub> =460-1000 (мм)	±0,5 ±1,0 (%)	Аналоговый сигнал 0-5; 4-20 мА	Переменное напряжение 200 В, 50 Гц
<b>Открытые каналы</b>				
Расходомер с интегратором акустический «ЭХО-Р-01» (Россия)	По уровню 0-3,0 м, при зоне нечувствительности 0,3-1,0 м	± 3 %	Визуальный и аналоговый 0-5 мА, 0-20 мА	Переменное напр., 220 В, 50 Гц
Расходомер-счетчик ультразвуковой «ВЗЛЕТ РЛС» (Россия)	По уровню 0-4,0 м, при зоне нечувствительности 0,8-1,4 м	± 3-5 %	Визуальный и аналоговый 0-5 мА, 0-20 мА	Переменное напр., 36 В, 220 В, 50 Гц

С целью оценки объемов необходимых капиталовложений для модернизации гидрометрической сети оросительных систем с учетом установки нового приборного обеспечения, был проведен стоимостный анализ в ценах 2005 года, табл. 3.

**Сводная таблица стоимости гидрометрических сооружений**

Наименование гидрометрического сооружения	Расходы воды		Стоимость, тыс. руб.	
	min	max	min	max
Регулятор-водоотпуск с водометром и плоским затвором из канала в лоток с переездом	0,1	2,1	21,57	109,62
Гидрометрическое сооружение «фиксированное русло»	5	160	427,51	7196,82
Гидрометрическое сооружение с прямоугольным водосливом с тонкой стенкой	2,0	3,0	158,42	194,84
Гидрометрическое сооружение с трапецидальным водосливом с тонкой стенкой	0,14	2,4	87,34	207,21
Водослив-расходомер трапецидального сечения с тонкой стенкой (ВТ)	0,25	1,0	20,50	87,34
Водослив-расходомер с порогом треугольного профиля (ВК)	0,84	7,0	61,17	1110,66
Сужающее устройство (приставки, насадки) гидротехнических сооружений	0,3	20,0	26,53	413,00

Развитие системного (при различных видах собственников на фрагменты оросительных систем) водоучета представляет достаточно сложную задачу. Новые экономические условия водохозяйственного строительства и агропромышленного производства требуют привлечения значительных инвестиций из частного сектора. За счет целевых государственных инвестиций возможно создание эффективной системы водоучета только на мелиоративных объектах федеральной собственности. Мелиоративные объекты, находящиеся в частной собственности, должны оснащаться средствами водоучета и водоизмерения силами эксплуатационных организаций за счет инвестиций новых землевладельцев под контролем государственных эксплуатационных органов Минсельхоза России [3].

В заключение необходимо отметить, что снижение финансовых и материальных затрат на приборное обеспечение водоучета и водоизмерения возможно при минимизации номенклатуры применяемых средств измерений водных параметров и обеспечении возможности поэтапного перехода от простых средств измерений к сложным, высокоточным информационно-измерительным комплексам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Системные принципы водоучета и управления водораспределением на оросительной сети / В.Н. Щедрин, Ю.Г. Иваненко, В.И. Ольгаренко и др. – Новочеркасск: Изд-во НГТУ, 1994.
2. Филончиков А.В. Технология водоучета на мелиоративных системах. – Кострома: Изд-во КГСА, 1997.
3. Щедрин В.Н., Бочкарев В.Я. Метрологическое обеспечение водоучета и водоизмерения в отрасли // Вопросы мелиорации. – М. – 1996. – № 5-6.

УДК 626.81.004.14

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

М.А. Варичев  
ФГНУ «РосНИИПМ»

В условиях экономического спада 1990-х годов существенно сократилось финансирование эксплуатационных водохозяйственных организаций, в результате средства сосредотачивались на выполнении мероприятий, обеспечивающих в первую очередь жизнеспособность системы [1].

Уменьшение объемов работ по очистке каналов, ремонтно-эксплуатационных работ, а также неудовлетворительное состояние и острый дефицит мелиоративной техники заведомо предполагают, что весьма ограниченные водные ресурсы будут использоваться рационально. Это подтверждается и расчетами В.Н. Щедрина и других ученых [2], которые свидетельствуют о значительном, в 1,5-2 раза, превышении биологической потребности сельскохозяйственных культур в воде, по сравнению с фактическим водозабором и столь же значительным сбросом воды, который достигает 20-25 % от нормы орошения. В этом случае, по нашим расчетам, на каждые 100 га орошаемых земель при возделывании на этой площади зерновых культур непроизводительный расход достигает в среднем за вегетационный период 500-650 тыс. м<sup>3</sup>. Этого количества могло хватить для орошения как минимум 150-200 га.

Такая ситуация вполне объяснима и по той причине, что у водопользователей практически полностью отсутствуют даже элементар-



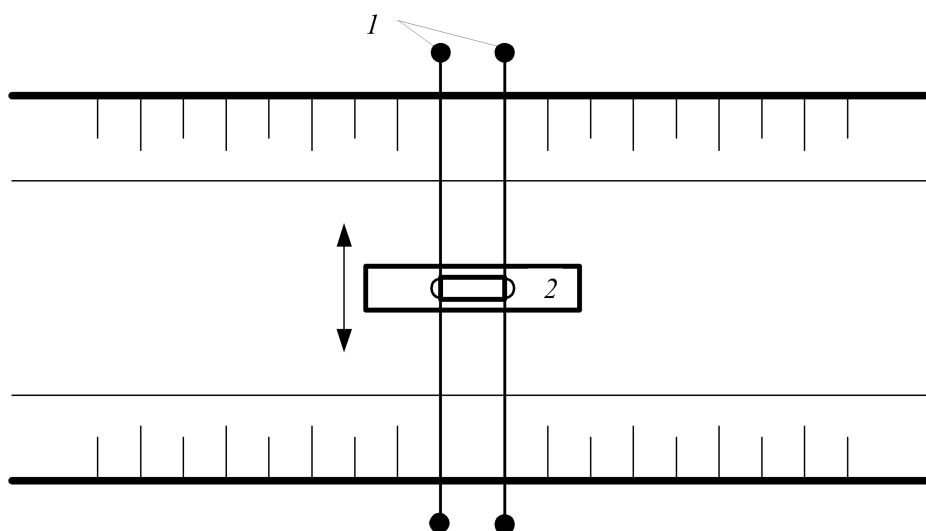
ные приборы по измерению и контролю за расходом воды [2], и, соответственно, нет возможности организовать качественное управление оросительной системой и водоучет. Это, как и вышеназванные причины, исключает возможность рационального использования водных ресурсов, подачу расчетных объемов воды на орошаемый участок и провоцирует непроизводительный ее сброс. Имеющиеся в настоящее время расходомеры (в основном гидрометрические рейки, реже – поплавковые уровнемеры на аттестованных гидростаях) не обеспечивают необходимую точность и оперативность измерений, ограничивают автоматизацию управления оросительной системой.

Среди известных приборов нового поколения наибольший интерес представляют ультразвуковые уровнемеры и ультразвуковые расходомеры (только для закрытых сетей), в широком ассортименте выпускаемые различными, в том числе и отечественными производителями. В последние годы в ФГНУ «РосНИИПМ» разработан расходомер, основанный на методе «уклон-площадь» (разработчик А.Е. Ивахненко) [3].

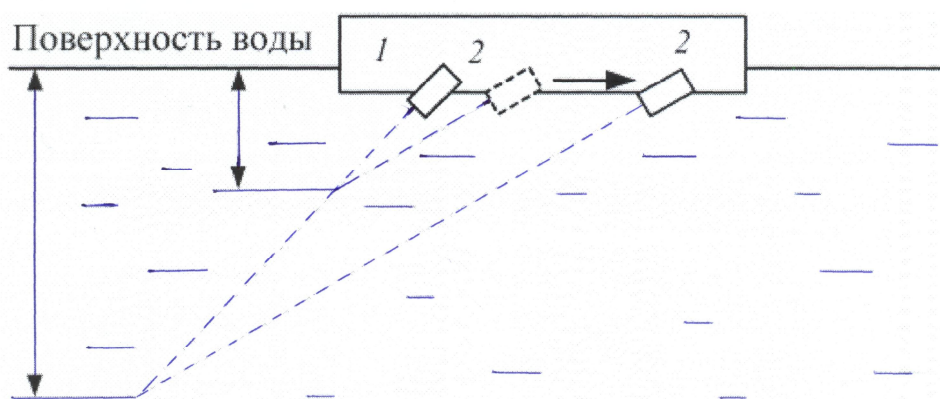
В настоящее время в ФГНУ «РосНИИПМ» разрабатывается ультразвуковой расходомер для открытых каналов оросительных систем РВУ-1 (разработчик М.А. Варичев). Расходомер работает на основе метода «скорость-площадь», измерение скорости потока производится в нескольких точках с последующим интегрированием. При этом для измерения скоростей используется подвешенная на тросах площадка с ультразвуковыми датчиками, расположенными на некотором небольшом расстоянии под поверхностью воды. С помощью управляемых вторичным блоком электродвигателей площадка может перемещаться поперек канала (рис. 1). Вторичный блок устройства вычисляет скорость по измеренному смещению частоты излучателя (эффект Доплера), вызванному движением взвешенных в потоке частиц и пузырьков воздуха.

Для измерения скорости на различных глубинах один или оба датчика с помощью электродвигателей ориентируются так, чтобы приемник получал сигнал, отраженный от частиц, движущихся на той или иной глубине (рис. 2).

Таким образом, вторичный блок устройства, управляя положением датчиков по двум направлениям (по глубине и ширине канала), получает информацию о скорости потока в различных точках.



**Рис. 1. Перемещение датчиков по ширине канала (вид сверху):** 1 – тросы, закрепленные на берегах канала; 2 – передвижная площадка с ультразвуковыми датчиками



**Рис. 2. Изменение положения датчиков для измерений на различной глубине:** 1 – передвижная площадка; 2 – ультразвуковые датчики

Перед замером скоростей устройство строит профиль дна канала, то есть проводит несколько замеров глубин эхо-методом и определяет площадь сечения канала, занятую водой, а также по определенному алгоритму (основанному на методике выполнения измерений МВИ 05 90) необходимое количество и координаты точек, в которых будет измеряться скорость.

Весь процесс измерения полностью автоматизирован – от пользователя требуется только правильная установка расходомера на канал, следовательно, надежность и точность измерения расхода будут значительно выше, чем при использовании гидрометрических вертушек.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сенчуков Г.А. Ландшафтно-экологические и организационно-хозяйственные аспекты обоснования водных мелиораций земель. – Ростов-н/Д: Изд-во СКНЦВШ, 2001. – 276 с.
2. Проблемы и перспективы мелиорации на Нижнем Дону / В.Н. Щедрин, В.О. Шишкин, А.А. Бурдун и др.; ГУ «ЮжНИИГиМ». – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2000. – 76 с.
3. Ивахненко А.Е. Измерение расхода воды в открытых каналах по методу «уклон-площадь» // Мелиорация и водное хозяйство. – М., 2006. – № 6. – С. 19-20.

УДК 626.82:681.12

### **ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВОГО РАСХОДОМЕРА РВУ-1**

М.А. Варичев  
ФГНУ «РосНИИПМ»

При разработке расходомера в первую очередь необходимо выбрать метод определения расхода. В настоящее время наиболее распространенным и удобным в применении, на наш взгляд, является метод «скорость-площадь». Соответственно, для определения расхода необходимо измерить скорость и площадь потока. Измерение площади потока (живого сечения) производится путем замеров глубин на нескольких вертикалях, по которым строится профиль дна канала, и известными геометрическими методами вычисляется площадь сечения, занятая водой. Далее необходимо определиться со средствами измерения скорости и глубины. Существует множество способов измерения этих величин, основанных на всевозможных физических закономерностях и явлениях. Нами для этих целей был выбран ультразвуковой способ, как наиболее перспективный и универсальный. С помощью ультразвука возможно измерение как глубин (эхометодом), так и скоростей (время-импульсным методом и методом на основе эффекта Доплера) [1].

Рассмотрим ультразвуковые методы измерения скорости потока.

Время-импульсный метод основан на измерении времени переноса ультразвукового импульса. Ультразвуковые датчики, на-

правленные друг на друга, располагаются под углом к направлению потока, один выше другого по течению. При наличии движущейся звукопроводящей среды между датчиками время прохождения акустических волн от первого датчика до второго (по потоку) меньше чем время, требуемое тем же волнам, чтобы пройти от второго датчика к первому (против потока). Чем больше эта разница, тем выше скорость потока [2].

Метод измерения скорости потока по эффекту Доплера основан на явлении смещения частоты сигнала в зависимости от движения источника или наблюдателя относительно среды. Содержащиеся в потоке взвешенные частицы и растворенные пузырьки воздуха, движущиеся со скоростью потока, отражают сигнал, меняя при этом его частоту. Для частиц диаметром 30 микрон частота излучателя должна быть не менее 1 МГц, чем больше размеры включений – тем ниже требуется частота.

Излучатель передает ультразвуковой сигнал в среду под некоторым углом  $\theta$  к вектору скорости потока, отраженный от включений в жидкость, сигнал с измененной частотой попадает на приемник. В этом методе скорость потока  $V$  вычисляется по формуле

$$V = \frac{c\Delta f}{2f \cos \theta},$$

где  $V$  – скорость потока, м/с;

$c$  – скорость звука в среде, м/с;

$\Delta f$  – Доплеровское смещение частоты излучателя, Гц;

$f$  – частота излучателя, Гц;

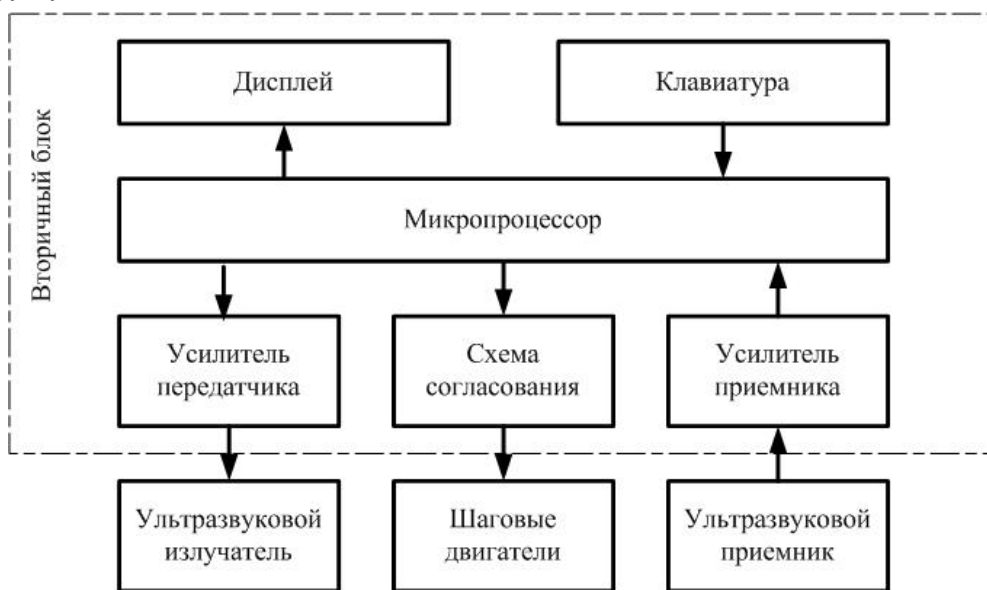
$\theta$  – угол между направлением потока и направлением приемопередатчика, в градусах.

Для измерения скорости потока нами был выбран метод, основанный на эффекте Доплера, как более подходящий к наличию в потоке мелких частиц и пузырьков воздуха, присутствующих в оросительной воде. Резонансная частота излучателя – 200 кГц. Для измерения скоростей потока в различных его точках ультразвуковые датчики меняют свое положение.

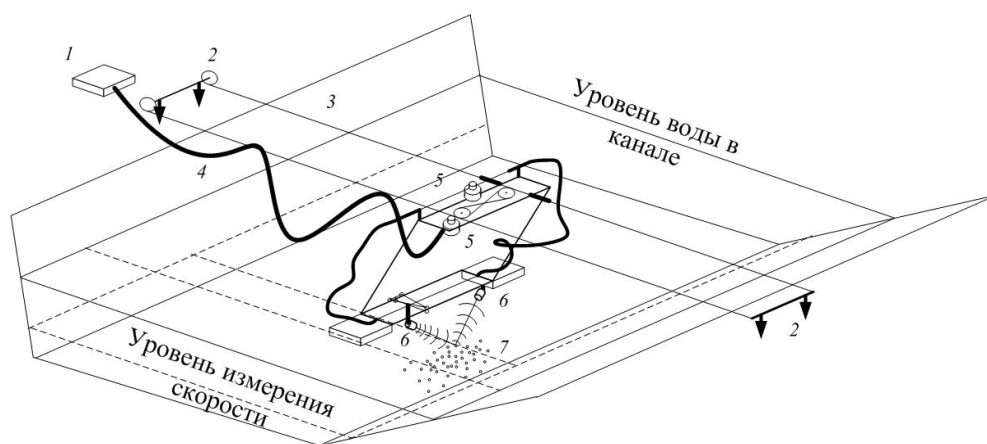
Основным элементом разрабатываемого прибора для измерения расхода является микропроцессор (тактовая частота 20 МГц), работающий по заложенной программе. Для настройки и ввода всех необходимых параметров служит клавиатура, показания прибора и другая

информация отображаются на дисплее. Микропроцессор генерирует частоту, близкую к резонансной для датчика, сигнал усиливается и подается на ультразвуковой излучатель. Отраженный от мелких частиц в потоке сигнал со смещенной частотой попадает на принимающий ультразвуковой датчик, усиливается и подается на микропроцессор. Микропроцессор подсчитывает частоту принятого сигнала, обрабатывает полученные данные (отбрасывает ложные данные, усредняет) и вычисляет скорость потока в зоне измерения.

Блок-схема разрабатываемого расходомера приведена на рис. 1, схематичное изображение расходомера, установленного на канале – на рис. 2.



**Рис. 1. Блок-схема разрабатываемого расходомера**



**Рис. 2. Участок канала с установленным расходомером РВУ-1: 1 – вторичный блок; 2 – крепление тросов; 3 – тросы; 4 – кабель связи; 5 – шаговые двигатели; 6 – ультразвуковые датчики; 7 – мелкие частицы**

Расходомер представляет собой подвешенную на тросах поперек потока перемещаемую с помощью шаговых электродвигателей площадку с ультразвуковыми датчиками, расположенными на некотором небольшом расстоянии под поверхностью воды (рис. 2). Сигналы на излучатель, от приемника и для управления шаговыми двигателями, передаются по кабелю связи от вторичного блока, расположенного на берегу канала. Управляя с помощью шаговых электродвигателей положением датчиков, микропроцессор определяет скорость потока в нескольких точках, а также выполняет замеры глубин на вертикалях (их координаты выбираются по методике выполнения измерений МВИ 05 90).

Прибор разрабатывается с учетом того, что погрешность измерения расхода не должна превышать 5 %, чего достаточно для применения на пунктах коммерческого водоучета.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 51657.2-2000. Водоучет на гидромелиоративных и водохозяйственных системах. Методы измерения расхода и объема воды. Классификация; Введ. 01.07.2001. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 3 с.

2. ГОСТ Р 51657.5-2002. Водоучет на гидромелиоративных и водохозяйственных системах. Способ измерения расходов воды с использованием ультразвуковых (акустических) измерителей скорости. Общие технические требования; Введ. 01.07.2003. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 12 с.

УДК 626.82.004: 6-81.3

### **СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИИ НА ТЕЛЕМЕХАНИЗИРОВАННЫХ ОТКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

И.В. Клишин

ФГНУ «РосНИИПМ»

В настоящее время сложилась такая ситуация, что оснащение существующих оросительных систем средствами автоматизации и удаленного управления – вполне решаемая задача. Современные разработчики в сфере автоматизации технологических процессов имеют

уже готовые типовые решения по удаленному управлению распределенными системами, к которым можно отнести и оросительные системы. Но данные решения, как правило, ограничиваются созданием систем телемеханики, которые представляют собой лишь системы, позволяющие диспетчеру в основном удаленно управлять щитами и затворами регулирующих сооружений и водовыделов, включением-выключением агрегатов насосных станций, отслеживать уровни и расходы воды в каналах. Оптимизация же и автоматизация операций диспетчерского управления водораспределением является специфической задачей. Очевидно, что при создании программного обеспечения для автоматизации ОС разработчики программного обеспечения сталкиваются с проблемой отсутствия четких алгоритмов, обеспечивающих оптимальное водораспределение.

Учитывая, что большинство существующих оросительных систем в стране были построены, как правило, с расчетом на ручное управление объектами, где процессами водораспределения управляют централизованно с диспетчерского пункта, то естественно ожидать, что при внедрении автоматизации и телемеханизации на существующих ОС зачастую будет применяться принцип централизованного управления. При этом, используя систему поддержки принятия решений, можно значительно уменьшить непроизводительные сбросы и случаи недоподачи воды за счет своевременного корректного перерегулирования и предварительного планирования. Ориентируясь на существующие системы, но с учетом возможности их телемеханизации, которая обеспечит возможность оперативно отслеживать уровни воды в бьефах каналов и управлять работой регулирующих сооружений, может быть предложен следующий подход к решению задачи оптимизации водораспределения.

Таким образом, суть предлагаемого алгоритма оптимального водораспределения заключается в оперативности управления водораспределением за счет быстрого и корректного вычисления параметров для перерегулирования системы в соответствии с изменяющейся ситуацией. В предложенном подходе управление водораспределением включает в себя следующие этапы:

1. Формирование годового плана водопользования.
2. Корректировка плана водопользования.
3. Составление суточного оперативного плана по заявкам на воду.

4. Оперативное управление.
5. Подведение итогов работы.

Основу системы поддержки принятия решений составляют следующие блоки:

- блок ввода исходных данных о системе;
- блок составления годового плана водопользования;
- блок ввода заявок на воду;
- блок составления суточного оперативного плана;
- блок ввода оперативных данных;
- блок моделирования;
- блок расчета рабочего режима;
- блок алгоритма перерегулирования;
- блок корректировки параметров;
- блок выдачи результата;
- блок ведения диспетчерского журнала;
- блок хранения результатов (архив).

*Блок ввода исходных данных о системе* предоставляет возможность настроить СППР на конкретную оросительную систему, ввести все необходимые для расчетов параметры каналов, сооружений и насосных станций.

Отдельно отметим, что здесь так же для всех каналов вводятся и зависимости средней площади поперечного сечения потока от глубины и среднего смоченного периметра от глубины. По ним, как их отношение, рассчитываются зависимости среднего гидравлического радиуса от глубины. Вводится так же зависимость коэффициента Шези от глубины и зависимость фильтрационных потерь от расхода, выраженные через эмпирические параметры, отражающие фильтрационные свойства экранов или облицовок и водно-физические свойства грунтов. Известно, что по причине заиления, размыва и оползания откосов каналов, зарастания сорной растительностью по мере эксплуатации параметры каналов все более и более отличаются от проектных. Поэтому предусматривается *блок корректировки параметров*, в котором в зависимости от расхождения реальных данных, снимаемых непосредственно с датчиков на каналах с данными, полученными при моделировании, происходит корректировка всех необходимых расчетных параметров и зависимостей. Корректировка происходит по-



стоянно с небольшими приращениями, пока расхождение с моделируемыми результатами не станет меньше допустимого.

*Блок ввода заявок на воду* позволяет вводить как предварительные, так и оперативные заявки на воду. На их основе с помощью *блока составления годового плана водопользования* формируется годовой план водопользования

*Суточный оперативный план* заявок на воду составляется на основе скорректированного плана водопользования, поступления оперативных заявок от хозяйств-потребителей, текущего технического состояния системы и текущего состояния и режима работы источника орошения. План фиксируется в виде *диспетчерского журнала*, в который записываются заявки с указанием начала и конца подачи воды потребителям, по каждому водовыделу. Кроме того, по всем узлам подсчитываются водные балансы с учетом потерь в каналах.

Для получения алгоритма управления водораспределением используется упрощенное описание гидротехнических сооружений (ГТС). Для этого элементы оросительной системы классифицировали с точки зрения управления водораспределением. Абстрагируясь от конструктивных особенностей ГТС, обозначили каждое сооружение в совокупности с его местоположением *особой точкой* [1]. Тогда процесс диспетчерского управления можно рассматривать так: диспетчер контролирует в особых точках расходы и уровни в верхнем и нижнем бьефах, и по их состоянию принимает решение о перерегулировании. Для описания функциональных свойств всех особых точек разделили их на четыре группы:

К *1-й группе* относятся гидротехнические сооружения, устанавливаемые в русле канала и позволяющие создавать в нем подпорный режим для обеспечения необходимого самотечного расхода.

К *2-й группе* относятся русловые подъемные насосные станции (НС), сопрягающие ниже- и вышерасположенные каналы. Они обеспечивают возможность подпорного течения в нижнем канале, но расход через эту точку не связан с уровнями в бьефах и определяется только мощностью и количеством насосных агрегатов.

К *3-й группе* особых точек относятся регулируемые боковые водовыделы, обеспечивающие самотечное поступление воды в каналы низшего порядка по сравнению с рассматриваемым.

К 4-й группе особых точек относятся боковые водовыделы, оборудованные насосными станциями.

Следующей особенностью алгоритма является то, что при перерегулировании мы строго придерживаемся следующих правил:

1. Подачу воды по плану водораспределения следует осуществлять при поддержании на участке канала необходимых рабочих уровней.

2. Расходы воды через перегораживающие сооружения должны быть интегрально сбалансированы за время между перерегулированиями. Важным здесь является то, что если это время достаточно велико, то режим течения неизбежно приходит к установившемуся.

3. Перерегулирование рассматривается как переходный процесс от одного сбалансированного расхода воды к другому, которым соответствует асимптотически установившийся режим.

4. Перерегулирование осуществляется *малыми изменениями* расходов, что обеспечивает условия медленно изменяющегося неустановившегося движения. Допустимый разбаланс представляется в следующем виде:

$$\Delta Q_p = k \cdot Q_n^l,$$

где  $k$  – показатель разбаланса в долях единицы;

$Q_n^l$  – расход через левое сооружение в момент, предшествующий перерегулированию.

Изначально рекомендовано не допускать попуски на магистральных каналах более чем на 10 %, а на межхозяйственных более 20 % от предшествующего установившегося расхода в канале. Но в ходе реальной работы данный коэффициент может быть скорректирован.

Для составления суточного оперативного плана на воду сначала производится *расчет рабочих уровней*. Каждый самотечный водовыдел, расход которого зависит от перепада уровней, предъявляет свое требование к уровню воды в верхнем бьефе. Таким образом, ограничение снизу на величину уровня накладывают водовыделы, а сверху уровень воды ограничивается дамбой. Отметим, что правилами технической эксплуатации назначается запас ниже уровня дамбы, который не должен попадать под поверхность воды в установившемся режиме. Выбор рабочего уровня в установленных пределах зависит

от текущего плана. Если плановые заявки имеют менее определенный характер, то наиболее рабочий уровень устанавливается как средний между максимальным и минимальным.

План фиксируется в виде диспетчерского журнала, в который записываются заявки с указанием начала и конца подачи воды потребителям, по каждому водовыделу. По всем узлам подсчитываются водные балансы с учетом потерь в каналах. Расчет ведется по формулам расчета установившегося движения воды в канале. Расходы сводятся снизу вверх до головы системы.

Далее по поступившим на данный момент заявкам от хозяйств на воду составляется *суточный оперативный план*. При этом анализируется степень отклонения каждой заявки от плана (подекадного). Если конкретная заявка суммарно за декаду отклоняется от плана больше допустимой величины, то она должна быть дополнительно согласована с хозяйством и при необходимости откорректирована с учетом плана.

Далее рассчитывается *диспетчерский план*, по которому осуществляется оперативное управление в течение суток.

Оперативное перерегулирование осуществляется согласно плану либо в связи с изменением ситуации на системе – то есть либо непредвиденное изменение расхода на каком-либо участке, либо необходимость реализовать поступившую заявку на воду. При этом рассчитывается новый режим работы системы по законам установившегося движения [2] и соблюдения баланса расходов, решая данную задачу снизу вверх, начиная с точки возмущения. А затем определяется последовательность действий для перерегулирования системы.

Перерегулирование будет состоять из двух этапов: основного перерегулирования и компенсирующего. При этом рассчитывается время между основным и компенсирующим перерегулированиями. Оно будет определяться временем, необходимым для набора необходимого объема воды на участке канала или его сработки.

Не привязываясь к особенностям участка, может быть сформулировано четыре типа задачи по перерегулированию, в которых рассматриваются ситуации на участках, определяющиеся двумя исходными переменными: объемом воды на участке, определяющимся уровнями, которые необходимо поддерживать, и необходимым изменением расхода. Применяя определенный алгоритм для решения каж-

дой задачи, СППР предлагает соответствующую последовательность действий для выполнения перерегулирования.

Таким образом, система поддержки принятия решений позволяет оперативно и корректно производить необходимое регулирование системы.

Кроме того, постоянно ведется архив диспетчерских журналов и состояний системы, по которым может быть проведен последующий анализ работы системы и ручная корректировка параметров зависимостей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кисаров О.П., Поворов В.А. Оперативное управление водораспределением на межхозяйственных каналах. – Новочеркасск: НИМИ, 1991. – 82 с.

2. Временное руководство по проектированию и эксплуатации автоматизированных оросительных систем. – В 2-х частях / В.Н. Щедрин и др. – Новочеркасск: НПО «Югмелиорация», 1989. – 360 с.

УДК 631.6: 681.3.004.14

### **ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ ТИПОВЫХ КОМПЛЕКСОВ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

В.И. Селюков, И.В. Клишин

ФГНУ «РосНИИПМ»

В СССР, начиная с 70-х годов XX века, активно велись работы по автоматизации и телемеханизации оросительных систем, накоплен большой опыт их эксплуатации. Начиная с 90-х годов, ситуация резко изменилась. Отсутствие достаточных капитальных вложений в систему эксплуатации мелиоративных систем привело к развалу либо репрофилированию предприятий, занимающихся созданием средств автоматизации мелиоративных гидротехнических сооружений, и как следствие – к отсутствию технической поддержки и комплектующих для старых работающих систем. А наряду с этим, очень быстрое развитие электронной и особенно вычислительной техники обусловило полное моральное отмирание старых систем. Одновременно с этим уменьшился штат специалистов в системах эксплуатации ороситель-

ных систем [1]. Однако сейчас на многих оросительных системах, где раньше была установлена система автоматики и телемеханики, сохранились в рабочем состоянии исполнительные механизмы старых систем автоматики, хотя и средства телемеханики уже давно не работают. Переоборудование таких систем современными средствами телемеханики не требует огромных капиталовложений, и во многих случаях может быть произведено быстро, без остановки работы всей системы. К тому же работа по оснащению средствами телемеханики может производиться параллельно с выполнением оросительной системой своих основных функций.

Сейчас проблема технического перевооружения старых систем автоматизации и телемеханизации на оросительных системах является одной из насущных задач, решение которой просто необходимо для обеспечения рационального распределения и использования оросительной воды, своевременной и бесперебойной ее подачи водопотребителям. Кроме того, ее решение позволит улучшить условия эксплуатации сооружений, повысит эстетический уровень и культуру эксплуатационных работ, снизит эксплуатационные затраты, обеспечит экономию воды, электроэнергии, материальных и трудовых затрат [2].

В настоящее время работ по созданию новых, современных комплексов автоматизации для оросительных систем практически не ведется. Наряду с этим наблюдается очень быстрое развитие электронной, и особенно вычислительной техники, что в свою очередь создает прекрасные возможности для создания подобных комплексов [3]. На сегодняшний день рынок средств автоматизации предлагает множество различных решений в разных областях хозяйствования, но современных готовых типовых решений для различных систем эксплуатации оросительных систем практически нет. А выбор универсальных вариантов решений достаточно велик, и к тому же, они имеют настолько большие стоимостные и технические различия, что выбор решения, оптимально подходящего для нужд конкретного производства, является нетривиальной задачей.

При выборе конкретного решения по системе телемеханики необходимо опираться на современные решения в области автоматизации на основе цифровых промышленных сетей. На сегодняшний день на рынке представлено около сотни различных их типов. Технические

и стоимостные различия этих систем настолько велики, что выбор решения, оптимально подходящего для нужд конкретного производства, является непростой задачей.

При выборе технологии необходимо учитывать, что автоматизации редко делаются раз и навсегда. Как правило, их состав и структура подвержены коррекции в силу изменяющихся требований. Поэтому важными критериями оценки закладываемых в проект решений должны быть гибкость и модифицируемость комплекса.

По этому показателю современные возможности позволяют осуществлять добавление или удаление отдельных точек ввода-вывода и даже целых узлов (причем это требует минимальных монтажных работ и может производиться без остановки системы автоматизации), а также и переконфигурацию системы на уровне программного обеспечения.

Если раньше применение оборудования различных производителей было серьезной проблемой, то сегодня практически все широко распространенные решения в этой сфере стандартизованы. Это позволяет выбирать оборудование из широкого спектра поставщиков, при этом оптимизируя стоимость продукта и его технологическую структуру.

Не менее важными особенностями современных систем сетей автоматизации являются цифровой способ обмена данными между узлами сети и распределенный характер «интеллекта». При этом узлы располагаются максимально приближенно к оконечным устройствам, благодаря чему длина аналоговых линий сокращается до минимума. Каждый узел является интеллектуальным устройством и выполняет несколько функций:

- прием команд и данных от других узлов сети;
- съем данных с подключенных датчиков;
- оцифровка полученных данных;
- отработка технологического алгоритма;
- выдача управляющих воздействий на подключенные исполнительные механизмы по команде другого узла или согласно технологическому алгоритму;
- передача накопленной информации на другие узлы.

Теперь рассмотрим основные технические особенности, которые необходимо учитывать при создании систем автоматики и теле-

механики для осуществления удаленного оперативного управления работой гидротехнических сооружений.

Во-первых, это достаточно большая удаленность управляемых объектов (до 15 км, а для крупных магистральных каналов и до 70 км). Это заметно превышает ту дальность (1000 м), которая ограничивает применение достаточно большого списка самых распространенных технологий передачи данных.

Но одновременно с этим – не очень высокая интеллектуальная нагрузка на узлы управления. Во многих случаях в основном необходимо обеспечить поднятие и опускание затворов регулирующих сооружений, считывание информации с датчиков уровней воды в каналах, автоматическое поддержание заданного уровня воды в канале. Более сложен механизм управления насосными станциями, но и для решения этой задачи по мощности подойдет любой существующий современный контроллер или даже микроконтроллер.

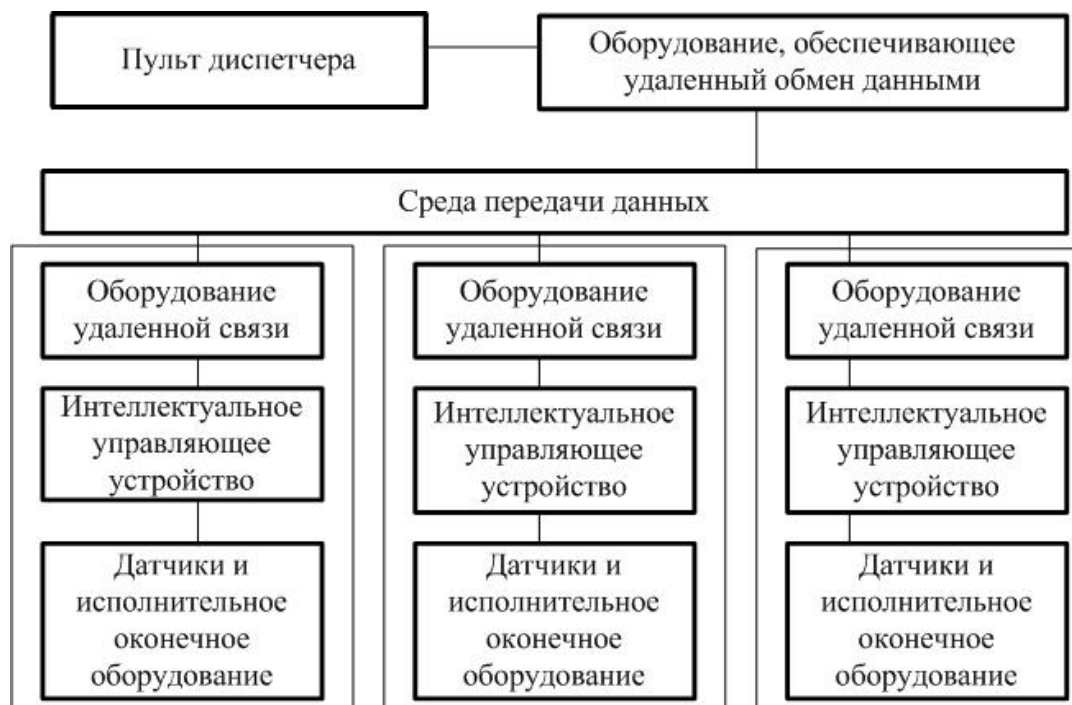
Следует учитывать также то, что во время работы системы возможны неожиданные отключения электропитания как на удаленных узлах управления, так и самого центрального пульта. Это обстоятельство диктует необходимость хранить важные данные в энергонезависимой памяти и не только на центральном пульте, но и на удаленных узлах управления.

Для систем управления гидротехническими мелиоративными сооружениями характерны также и небольшой объем передаваемой и принимаемой информации от каждого объекта, и не критичность к оперативности передаваемой информации. Во время непосредственного управления конкретным объектом необходимо обеспечить посылки не более 50 байт, которые достаточно передавать с промежутками в 10 секунд, а пассивный опрос текущего состояния может осуществляться и с периодичностью 15-20 минут.

Хотелось бы упомянуть и отсутствие в штате управлений оросительных систем высококлассных специалистов в области вычислительной техники и промышленных сетевых технологий. Это обстоятельство диктует необходимость обеспечить простоту как в работе с системой, так и в техническом обслуживании.

При проектировании следует учитывать, что работа оборудования осуществляется не во взрывоопасной или химически активной среде.

Учитывая вышесказанное, обобщенную схему системы, осуществляющей удаленное оперативное управление работой гидротехнических сооружений на оросительной системе, можно представить в виде, изображенном на рис. 1.



**Рис. 1. Структура системы, осуществляющей удаленное оперативное управление работой гидротехнических сооружений на ОС**

Пульт диспетчера обеспечивает основной интерфейс пользователя (диспетчера) и служит для:

- удобного предоставления информации о состоянии удаленных мелиоративных объектов;
- обеспечения диспетчеру удобства управления исполнительными механизмами и задания автоматических режимов их работы;
- решения оптимизационных задач;
- ведения диспетчерского журнала;
- долговременного хранения необходимых данных;
- получения и вывода информации о расходах воды;
- выполнения настройки и диагностики оконечного оборудования.

Технически пульт управления представляет собой вычислительную машину, оснащенную средствами ввода и представления информации. В некоторых случаях это может быть и вычислительный ком-



плекс, состоящий из нескольких компьютеров, объединенных в общую сеть.

Непосредственное управление мелиоративными объектами осуществляется при помощи системы исполнительных оконечных устройств, находящихся на объектах управления. При этом весь алгоритм функционирования оконечных устройств выполняется под управлением интеллектуального управляющего устройства.

С пульта диспетчера при помощи специального оборудования, обеспечивающего удаленный обмен данными, которое подключается непосредственно как к пульту диспетчера, так и к интеллектуальным управляющим устройствам, находящимся вблизи объектов управления, передаются команды диспетчера, которые затем интерпретируются интеллектуальным управляющим устройством, формирующим в свою очередь команды непосредственного управления аппаратурой оконечных устройств. Кроме того, управляющее устройство собирает необходимую информацию с объектов и в ответ на запрос с пульта диспетчера организует ее передачу.

Аппаратура системы удаленной передачи данных может быть достаточно разнообразной и зависит от выбора среды передачи данных.

Так как, как правило, мелиоративные объекты разнесены на расстояния, заметно превышающие 1 км, сразу же можно отбросить достаточно большое число способов передачи данных и остановить выбор на трех вариантах:

- передача данных при помощи модема по выделенной физической линии;
- передача данных по радиоканалу;
- передача данных с использованием сотовой связи.

Рынок датчиков также достаточно велик. Существуют ультразвуковые, гидростатические, емкостные, электромагнитного излучения и т.п. датчики.

По нашему мнению, современный типовой комплекс автоматизации управления процессом водораспределения должен обеспечивать решение всего комплекса технологических задач, связанных с организацией централизованного управления водораспределением на оросительной системе и автоматизированного управления этим процессом в режиме реального времени, включая вопросы предварительного планирования водопользования и водоучета. Кроме того,

типовые комплексы автоматизации должны иметь в своем составе подсистему подготовки отчетной документации о результатах работы оросительной системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Нормативно-техническая документация и средства измерения, рекомендуемые к применению при организации водоучета на гидромелиоративных системах. – М.: Союзводпроект, 1990.

2. Ганкин М.З. Комплексная автоматизация и АСУ ТП водохозяйственных систем. – М., 1991. – 432 с.

3. Приборы и средства автоматизации. Каталог. – Ч. 1, 2: Приборы для измерения и регулирования давления, разрежения, расхода и количества жидкостей и газов, уровня жидкостей и сыпучих материалов. – М.: Информприбор, 1987.

УДК 626.22.002.5:681.5

### **АКТУАЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ДИСПЕТЧЕРСКОГО ЖУРНАЛА УПРАВЛЕНИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

А.В. Кульгавюк

ФГНУ «РосНИИПМ»

В последнее время в области мелиорации значительно возрос интерес к использованию современных эффективных компьютерных управляющих систем поддержки принятия решений, обусловленный потребностью в повышении производительности труда лиц, принимающих решения, и качества принимаемых управленческих решений.

Автоматизированные системы поддержки принятия решений – основа ИТ-инфраструктуры различных компаний, поскольку эти системы дают возможность преобразовывать обширную бизнес-информацию в ясные и полезные выводы. Сбор, обслуживание и анализ больших объемов данных – это задачи, которые требуют преодоления серьезных технических трудностей, огромных затрат и адекватных организационных решений.

Обоснованность и профессиональный уровень принимаемых решений определяет эффективность деятельности. Необходимость учета при принятии управленческих решений большого количества

факторов значительно усложняет задачу выбора правильного варианта решения. В первую очередь, это связано с необходимостью сбора необходимой для принятия решения информации. В этом отношении существенную помощь оказывают современные информационные системы. Однако обладание необходимой информацией – необходимое, но недостаточное условие для принятия правильного решения. При принятии сложных решений необходимо привлекать экспертов – специалистов в различных областях знаний. Однако человек может оперировать одновременно не более чем 7-9 различными объектами.

Разработка системы поддержки принятия решений по эксплуатации инженерно-экологических мелиоративных систем обусловлена необходимостью повышения качества решений при снижении интеллектуальной нагрузки на лицо, его принимающее, вызванное ростом объема информации, цены управленческого решения в процессе перехода общества к экологически устойчивому типу производства и потребления. Пользователь освобождается от рутинной работы по подготовке и обработке разрозненных данных и получает перечень готовых рекомендаций при проектировании комплексных мелиораций на базе формирования в принятии решения отсутствующего первоначального знания. Цели, задачи и функции, которые выполняют пользователи на различных уровнях управления, определяют технологические средства создаваемых информационных технологий и систем. Концептуально структура и основные функции первой очереди СППР представлена на рис. 1 [1].

СППР, в зависимости от данных, с которыми они работают, можно разделить на оперативные – предназначенные для немедленного реагирования на текущую ситуацию; и стратегические – основанные на анализе большого количества информации из разных источников с привлечением сведений, содержащихся в системах, аккумулирующих опыт решения проблем [2].

Чем больше информации вовлечено в процесс принятия решений, тем более обоснованное решение может быть принято. Информация, на основе которой принимается решение, должна быть достоверной, полной, непротиворечивой и адекватной. Поэтому при проектировании СППР возникает вопрос о том, на основе каких данных эти системы будут работать.



**Рис. 1. Функциональная структура СППР**

Решение может быть представлено в виде концепции Хранилища Данных (Data Warehouse, ХД), которое выполняет функции предварительной подготовки и хранения данных для СППР на основе информации из системы управления (или базы данных организации), а также информации из сторонних источников, которые в достаточном количестве доступны на рынке информации [3]. Определяя, чем заполняется Хранилище, определяется и спектр задач, которые будут решаться с его помощью, и круг потенциальных пользователей.

Основные функции, которыми должно обладать Хранилище Данных, разработанное для оросительной системы, следующие:

- автоматизация документооборота;
- универсальность базы данных.

Работа оросительной системы сопровождается оформлением огромного количества отчетных документов. Бывают даже случаи, когда в отчете одного отдела УОСа используются данные из отчета другого отдела УОСа. К примеру, если на оросительной системе не установлены водоизмерительные счетчики, то используют показания электрических счетчиков для определения количества воды, поданной в канал. А информацию о потребленной электроэнергии сообщает отдел энергетиков.

Оросительные системы составляют план водопользования и водораспределения на основе плана водопользования хозяйств. В свою очередь, отчет о плане водопользования области составляется на основе планов всех оросительных систем. Поэтому проектирование структуры Хранилища Данных для программного обеспечения оросительной системы необходимо производить так, чтобы использование информации потом было довольно удобно на любом уровне. Такой подход облегчает создание программного обеспечения для разных иерархических уровней.

На Азовской оросительной системе данные, используемые диспетчером для управления водораспределением, заносятся в большие журналы-книги. Использование таких журналов очень неудобно, так как приходится делать большую работу, чтобы найти необходимую информацию. Гораздо удобнее пользоваться электронной базой данных. Созданная мной база данных – диспетчерский журнал для Азовской оросительной системы содержит в себе несколько таблиц для каждой насосной станции оросительной системы. В состав базы данных входят таблицы для хранения сведений из заявок, данных, полученных с насосных станции. Структура базы данных позволяет выполнять широкий круг запросов и получать необходимые отчеты. Работа с базой данных осуществляется с помощью «Главной формы», оснащенной системой ниспадающих «подформ» для удобного пользования программами ввода данных, обновления и выпуска отчетов (рис. 2).



**Рис. 2. Главная форма диспетчерского журнала Азовской оросительной системы**

Диспетчеру очень легко ориентироваться в представленной таким образом форме. Выбирая в данном окне необходимый элемент (насосную станцию), диспетчер попадает в другую форму, в которой он непосредственно уже может заносить необходимые данные, полученные посредством телефонной связи от работников, следящих за данным объектом (рис. 3). Также здесь сразу показаны основные параметры данной насосной станции – расходы агрегатов, объем бассейна суточного регулирования. Диспетчер может просмотреть отчет о работе данной насосной станции, используя специальную кнопку «Вывести отчет».

**Даты работы НС-2-2**

**Насосная станция НС-2-2**

Позывной - Декада-14

Дата работы: 13.05.2007

Расход агрегата: №1 - 250 л/с  
 №2 - 250 л/с  
 №3 - 250 л/с  
 V БСР, тыс. м3: 16

	Время	1 Агр	2 Агр	3 Агр	Расход	Уровень	Давление
	4:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	7	8
	6:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	500	10	8
	6:30	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	250	10	9
	7:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	500	10	9
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	0

Закреть

Вывести отчет

**Рис. 3. Окно данных диспетчерского журнала для насосной станции НС-2-2**

Окна для каждого элемента управления идентичны, что сохраняет целостность работы и не дает запутаться работнику во множестве разнообразных форм и таблиц.

Данная база данных создана в офисной программе Access, что наиболее удобно для сотрудников управления оросительной системы, так как не требует наличия более мощного и современного компьютерного обеспечения и не требует особых знаний программного обеспечения. В журнал удобно и легко добавлять новые элементы (при такой необходимости), менять исходные данные и составлять отчеты по работе.

Вышеприведенная информация подтверждает необходимость создания базы данных оросительной системы. Такая база данных позволит:

- автоматизировать документооборот всей оросительной системы;
- рассчитывать параметры, оценивающие эффективность работы оросительных систем, а значит, появится возможность детального анализа недостатков работы оросительной системы;
- заложить информационную основу к автоматизированным экспертным системам, которые на основе математического моделирования будут давать оценку тем или иным управленческим решениям, а также таким системам, как СППР.

К недостаткам создания данного предложения автоматизации документооборота можно отнести тот факт, что количество отчетных документов может увеличиваться, а следовательно, усложнится и сам документооборот.

Подводя итог, можно сказать, что при создании программного обеспечения типа «Системы поддержки принятия решения» для оросительной системы сначала необходимо создать единую базу хранения и сбора данных и информации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Якушев В.П., Якушев В.В. Информационное обеспечение точного земледелия. – СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2007. – 384 с.
2. Юрченко И.Ф. Информационные технологии в управлении комплексными мелиорациями. <http://uecs.mcnp.ru/modules.htm>.
3. Любашин А.Я. Современная АСОДУ – залог эффективного производства. <http://www.rtsoft.ru>.

УДК 626.82.004:338.43

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЗАТРАТ НА ОКАЗАНИЕ УСЛУГ ПО ПОДАЧЕ ВОДЫ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ**

С.А. Ханмагомедов, А.Н. Скоров  
ФГНУ «РосНИИПМ»

Характерной особенностью структуры производственных затрат в последние годы (1996-2006 гг.) является значительное увеличение (в 3-4 раза) удельного веса затрат на топливо и энергию (таблица).

В настоящее время расходы по этим статьям составляют более трети всех затрат на эксплуатацию оросительных систем. Объясняется такая ситуация главным образом резким увеличением тарифов на электроэнергию и преобладанием машинного водоподъема. На государственных оросительных системах Ростовской области обслуживалось насосными станциями более 70 % всех площадей.

Таблица

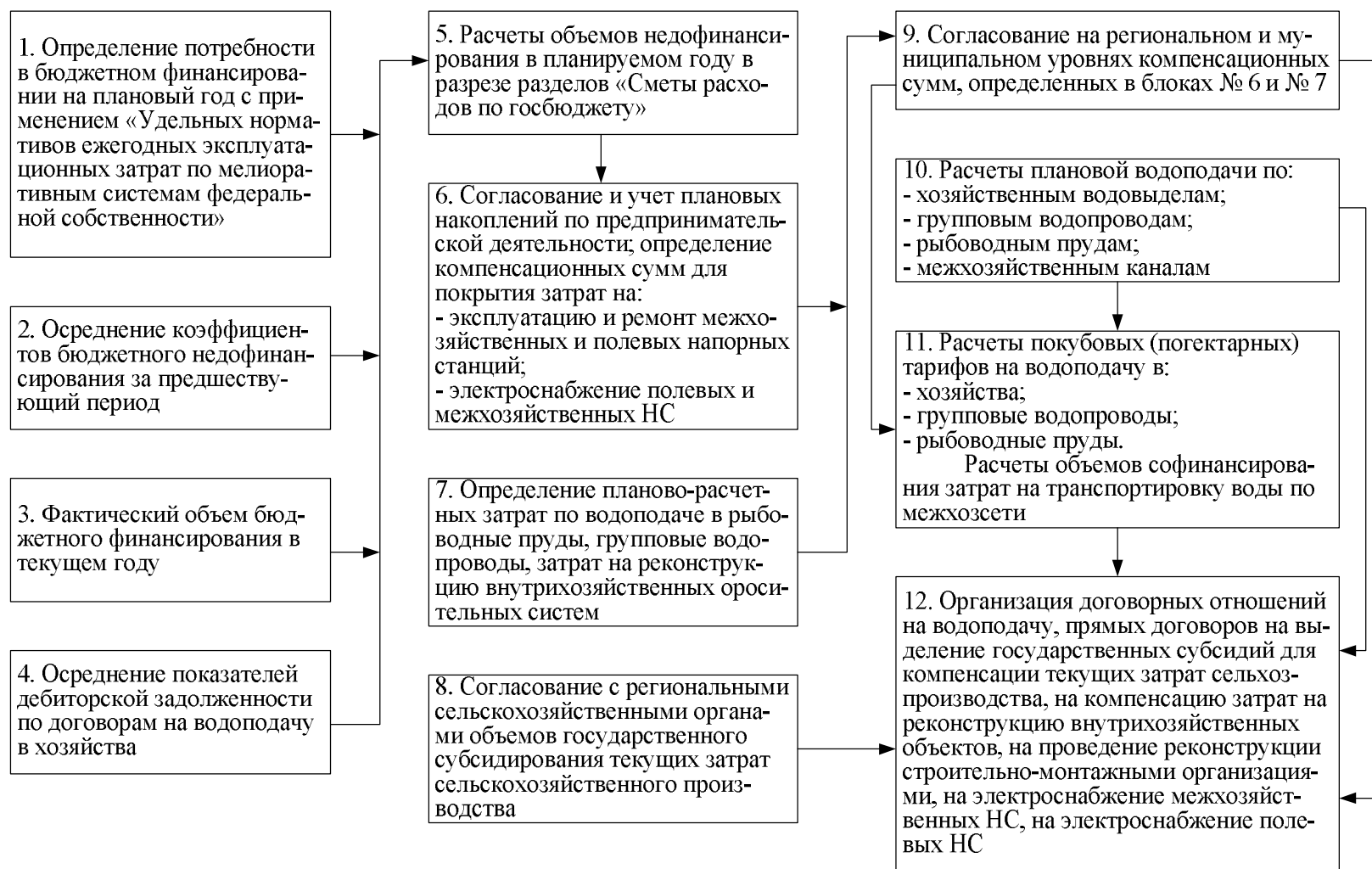
**Структура затрат на эксплуатацию мелиоративных систем, %**

Отрасль	Амортизационные отчисления	Заработная плата	Топливо и энергия	Ремонт каналов, дамб, валов	Ремонт ГТС	Ремонт зданий	Ремонт транспортных средств	Прочие расходы
Мелиоративные системы Минводхоза СССР: - с учетом амортизации	40	15	8	2	4	1	3	27
- без учета амортизации	-	25	13	3	6	1	4	48
Мелиоративные системы Ростовской области 1990 г.	-	32	14	8	7	5	9	24
1996-1999 гг.	-	17	52	1	2	3	7	18
2000-2006 гг.	-	19	35	3	3	7	14	19

В целях формирования рынка услуг по водоподаче путем поэтапного внедрения рыночных элементов управления отраслью в 2000-2006 гг. региональными мелиоративно-водохозяйственными организациями по согласованию с Минсельхозом России осуществлялись мероприятия по частичному возмещению хозяйствующими субъектами эксплуатационных затрат по подаче воды водопользователям. Для определения компенсационных сумм по названным разделам Учреждениями и филиалами выполняются следующие плановые операции (рис. 1):

1. С применением утвержденных «Удельных нормативов ежегодных эксплуатационных затрат по мелиоративным системам и сооружениям федеральной собственности» (Минсельхоз России, М., 2004) определяются плановые затраты на содержание административно-управленческого персонала  $Z^{фгу}$ .





**Рис. 1. Блок-схема определения затрат, подлежащих частичной компенсации из средств водопользователей, региональных и муниципальных бюджетов**

На основе указанного норматива, а также штатного расписания работников, принимающих участие в эксплуатации и ремонте НС и ГТС, затрат на текущий и (или) капитальный ремонт объектов определяются  $Z^{НС}$  – плановые потребности средств по НС и ГТС.

Плановые потребности средств на электроснабжение насосных станций  $Z^{ЭНС}$  определяются по данным о потребленной энергии и объемах водоподачи за предплановый период с корректировкой на планируемый год.

2. Объемы ожидаемого недофинансирования по выделенным в п. 1 разделам –  $D^{фгу}$ ,  $D^{НС}$  и  $D^{ЭНС}$  – определяются с применением средних за предшествующие годы коэффициентов недофинансирования, определяемых соотношениями планировавшихся и фактических поступлений из бюджетных и внебюджетных источников  $K^{фгу}$ ,  $K^{НС}$ ,  $K^{ЭНС}$  (в %):

–  $D^{фгу} = Z^{фгу} \cdot K^{фгу}$  – объем ожидаемого недофинансирования по статьям, отражающим затраты на содержание управлений мелиоративных систем;

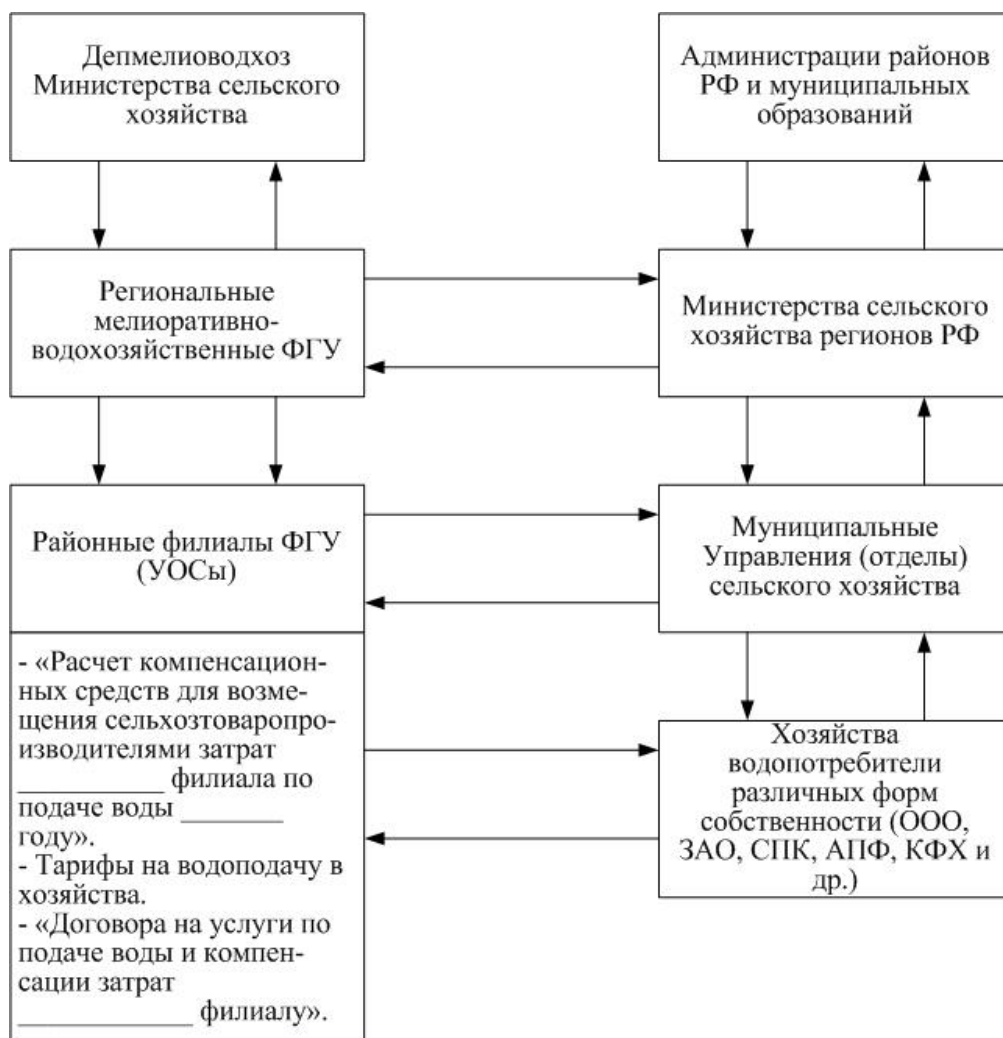
–  $D^{НС} = Z^{НС} \cdot K^{НС}$  – то же – по статьям затрат на эксплуатацию и ремонт НС и ГТС;

–  $D^{ЭНС} = Z^{ЭНС} \cdot K^{ЭНС}$  – то же – по затратам на электроснабжение насосных станций и ГТС.

3. Объемы затрат, подлежащих возмещению водопользователями  $V^{фгу}$ ,  $V^{НС}$  и  $V^{ЭНС}$ , определяются по установленным в п. 2 объемам ожидаемого недофинансирования. Так, объемы возмещаемых расходов на электроснабжение насосных станций рассчитываются по формуле:  $V^{ЭНС} = D^{ЭНС} (1+П)$ ; аналогично определяются объемы компенсации затрат на эксплуатацию и ремонт НС:  $V^{НС} = D^{НС} (1+П)$ .

В компенсационных суммах  $V^{НС}$  и  $V^{ЭНС}$  по согласованию с вышестоящими организациями учитывается показатель  $П$  (в %) – плановые накопления (прибыль) Учреждения (Филиала) от внебюджетной (предпринимательской деятельности). В соответствии со ст. 251 Налогового кодекса («Аудиторские ведомости», № 5, 2003 г.), платные услуги по водоподаче не облагаются налогом на прибыль как целевые средства, используемые Учреждениями (Филиалом) для выполнения предусмотренной Уставом основной функции по ремонту и эксплуатации мелиоративных систем.

Предметом договорных отношений в системе частичной компенсации эксплуатационных водохозяйственных затрат являются обязательства сторон по планированию и реализации в установленном порядке финансовых обязательств между хозяйствующими субъектами (рис. 2).



**Рис. 2. Схема согласования компенсационных средств, тарифов и договоров на подачу воды в хозяйства**

Результаты проведенных исследований подтверждают необходимость внедрения системы платного водопользования в целях обеспечения рационального использования водных и земельных ресурсов, дальнейшего роста продуктивности орошаемых земель, адаптации хозяйствующих в водопользовании субъектов к требованиям рынка. По мере сокращения числа производственных отраслей, управляемых и финансируемых централизованно, орошаемое земледелие неизбежно будет переведено на товарную основу, что в условиях сложившегося

рынка соответствует интересам ВХП, сельхозпроизводителей, смежных отраслей и государства как носителя коммерческих и социальных интересов общества.

Вместе с тем, применительно к переходной экономике перво-степенной является регулирующая роль государства, направленная на создание необходимых организационно-правовых и экономических условий, предотвращающих списание орошаемых земель по коммерческим мотивам, обусловленным плотностью водопользования. Коммерческий баланс интересов хозяйствующих субъектов может быть достигнут только по завершению комплекса мероприятий, в совокупности представляющих стратегию бюджетного финансирования на период формирования рынка услуг по подаче воды.

УДК 556.16:631.4.002.637

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВЕСЕЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

С.М. Васильев, Т.Г. Степанова

ФГНУ «РосНИИПМ»

Изменения потоков влаги на преобразованных в результате сельскохозяйственной деятельности экосистемах изменяют потоки твердых наносов и химических веществ. Так как в сельскохозяйственном производстве растения продуцируют органическое вещество не круглогодично, на больших площадях в течение длительного времени отсутствует растительность. Кроме того, в больших количествах вносятся химические вещества. Это создает локальные нарушения баланса биогенных элементов, нарушает круговороты химических элементов. Изменение потоков твердых наносов приводит к заилению малых рек, усиливает поступление загрязняющих веществ в гидрографическую сеть, что приводит к их усиленной эвтрофикации. Одним из основных загрязнителей водных систем является сельское хозяйство.

Превышение национальных норм по содержанию нитратов в поверхностных водах в конце XX века составило от 3 % в Великобритании до 32 % в Румынии. Кроме того, национальные допустимые нормы в разных странах неодинаковы. В Нидерландах и Швеции они составляют 11 мг/дм<sup>3</sup>, в Финляндии – 30, в Великобритании –

50 мг/дм<sup>3</sup> [1-3]. Несмотря на то, что в России разработаны самые жесткие в мире требования к качеству поверхностных вод, их качество неизменно ухудшается.

Загрязнение вод Веселовского водохранилища зависит от интенсивности их использования, смыва химических соединений с территорий водосборов поверхностным стоком и эрозией. Потеря только 5 см гумусового горизонта черноземов Ростовской области приводит к смыву органических соединений – 26 т/га; азота – 1,2 т/га; фосфора – 0,75 т/га и калия – 10,5 т/га [1, 3].

В 2006 г. были обработаны данные химических анализов вод поверхностного стока, поступающего с изучаемого водосбора в Веселовское водохранилище. Целью этой части исследований являлось выделение характерных природных и антропогенных особенностей водосборов, обуславливающих химизм и формирование жидкого и твердого стока.

Для решения данной задачи нами были установлены два наблюдательных поста по берегам водохранилища в районе х. Новоселовка. Этот выбор обоснован наиболее существенными различиями водосборов по площадям, по расположению защитных лесополос на водосборе, что при проведении исследований определяет их как типичные объекты для наблюдений. Характеристики водосборов представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Характеристика исследуемых водосборов  
Веселовского водохранилища**

№ поста	Водосборная площадь, км <sup>2</sup>	Параметры водосбора			Твердый сток	
		расчлененность, %	распаханность, %	лесистость, %	г/с	т
1	7,8	4,3	40,1	9,1	4,13	130
2	9,6	2,7	34,5	4,4	6,43	203

По данным табл. 1 распаханность водосбора на 1 посту составляет 40,1 %, а на втором – 34,5 %. Согласно проведенным наблюдениям выявлено, что среднегодовой твердый сток в створе первого поста равен 4,13 г/с, а в створе второго поста – 6,43 г/с. В данном случае меньший процент распаханности (в 1,16 раза) не способствовал уменьшению твердой составляющей в поверхностном стоке. Объяс-

няется это большей расчлененностью водосбора правой части берега (в 1,6 раза), а также асимметрией бассейна с преобладающим развитием правой части.

Потери гумусового горизонта, в среднем по области, достигают 1,5-4 см/год. Это приводит к потерям гумуса в размере 5-7 т/га, азота – 0,3-0,4 т/га, фосфора – 0,2-0,3 т/га и калия – 2-4 т/га [4]. Результатом происходящих на водосборах процессов плоскостной эрозии является химизм поверхностного стока с обследуемых территорий. Годовое химическое загрязнение составляет на 1 посту – 130 т, а на втором посту – 203 т.

В ходе проведения исследований установлено, что поверхностный сток определяется не столько наличием лесополос, сколько их расположением на водосборе. Главной причиной, определяющей параметры поверхностного стока, а также показатели твердого и химического стоков с водосборов в Веселовское водохранилище, является распаханность угодий на склонах. На обследуемых склонах сильно распространен плоскостной смыв, сюда попадает и далее выносится основная часть загрязняющих водохранилище органических и минеральных веществ. Под воздействием процессов водной эрозии уменьшается водопоглощающая способность почв, изменяется водный режим водосборных территорий. В результате наличия уплотненной прослойки в почвенном горизонте уменьшается внутрипочвенный и увеличивается поверхностный сток. Это приводит к активизации смыва и размыва почв.

Около 30 % проб воды Веселовского водохранилища (табл. 2, 3), отобранные в летние месяцы в прибрежной зоне, после выпадения осадков, относятся к непригодному для орошения IV классу. Использование такой воды для орошения может оказать неблагоприятное воздействие на плодородие почв, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции. Она также может вызвать снижение урожайности культур слабой и средней солеустойчивости до 20-50 %. По современным нормативам, эта вода считается непригодной для орошения без предварительного изменения ее качественного состава и определенных мелиоративных мероприятий. Очевидно также, что разбавление загрязнителей, выносимых поверхностным стоком, зависит от характера поступающих в водоем веществ и их количественных соотношений.

Таблица 2

**Оценка загрязнения эрозионного стока Веселовского района  
Ростовской области. Водоприемник: Веселовское водохранилище  
(пост № 1)**

КДС		Концентрация ионов, мг/дм <sup>3</sup>								
Шифр поста	Дата отбора	pH	БПК	Взв. в-во	Сух. ост.	Cl	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	
1	20.06	7,9	2,8	6,8	2900	170,2	1660,8	268,5	162,5	
	20.06	8,0	1,97	7,0	1840	262,3	864,0	128,3	94,8	
% превышения над фоном		-	70	97	153	165	192	200	171	
КДС		Концентрация ионов, мг/дм <sup>3</sup>								
Шифр поста	Дата отбора	Na	P	Cu	NH <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Fe	СПАВ	Нефте-прод.
1	20.06	160	0,02	0,002	0,05	0,005	0,63	0,05	0,015	0,018
	20.06	345	0,02	0,002	0,08	0,005	0,05	0,06	0,015	0,64
% превышения над фоном		163	100	-	-	-	-	-	100	1,82

Таблица 3

**Оценка загрязнения эрозионного стока Веселовского района  
Ростовской области. Водоприемник: Веселовское водохранилище  
(пост № 2)**

КДС		Концентрация ионов, мг/дм <sup>3</sup>								
Шифр поста	Дата отбора	pH	БПК	Взв. в-во	Сух. ост.	Cl	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	
2	27.06	7,7	1,97	5,2	7440	978	4032	456,9	291,8	
	27.06	8,0	1,76	4,8	1180	170,2	537,6	124,2	38,9	
% превышения над фоном		-	112	108	630	575	699	367	746	
КДС		Концентрация ионов, мг/дм <sup>3</sup>								
Шифр поста	Дата отбора	Na	P	Cu	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Fe	СПАВ	Нефте-прод.
2	27.06	1553	0,05	0,002	0,05	0,055	0,07	0,08	0,015	0,06
	27.06	230	0,03	0,002	0,05	0,056	0,06	0,05	0,015	0,118
% превышения над фоном		720	166	100	100	98	112	-	100	0,5

Таким образом, анализ эрозионного стока с исследуемых водосборов Веселовского водохранилища еще раз показывает то, что здесь проявляется тесное взаимодействие всех составляющих природного и антропогенного комплекса. В работе М.И Лопырева [5] количество возможных вариантов взаимодействия структурных элементов этого комплекса оценивается довольно громоздким числом степеней свободы (до  $10^{48}$ ). Исходя из этого, весьма важно выделить из всего этого многообразия связей – основные, воздействуя на которые соответствующей системой мер, возможно достичь максимального мелиоративного эффекта. К таким системообразующим связям на водосборных площадях Веселовского водохранилища и малых водоемах ученые РосНИИПМ относят плоскостные эрозионные процессы, интенсивность и характер протекания которых зависит от ряда факторов: количества осадков, поливной и оросительной нормы, природной дренированности, числа, формы и параметров овражно-балочной сети береговых зон, расхода и относительной скорости эрозионных склоновых потоков, физических свойств, концентраций загрязняющих ингредиентов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вальков В.Ф., Клименко Г.Г., Полуэктов Е.В. Эрозия почв // Охрана почв. – Ростов-н/Д, 1983. – С. 65-88.
2. Musgrave G.W. The quantities evaluation of factors in water erosion – a first approximation // Journal of soil and water conservation. – 1997. – Vol. 2. – № 9. – P. 4-12.
3. Безднина С.Я. Экосистемное водопользование: концепция, принципы, технологии. – М.: Изд-во «РОМА», 1997. – 137 с.
4. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2005 году» / ООО «Синтез Технологий». – Ростов-н/Д, 2006. – 349 с.
5. Лопырев М.И. Основы агроландшафтоведения. – Воронеж: ВГУ, 1995. – 184 с.



## **ОТВОД И УТИЛИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ<sup>1</sup>**

А.М. Васильев

ФГОУ ВПО «НГМА»

Российская Федерация располагает значительными запасами пресных природных вод. По территории страны протекает около трех миллионов рек, ручьев и временных водотоков со среднемноголетними ресурсами речного стока 4,3 тысячи кубических километров в год. Однако в отдельных водных бассейнах (Дон, Кубань, Волга, Урал, Тобол и т.д.) отмечается напряженная водохозяйственная обстановка, усугубляющаяся неудовлетворительным качеством воды, вызванным тем, что значительная часть поверхностных и подземных водных объектов, находящихся в районах размещения крупных населенных пунктов, испытывает существенное антропогенное воздействие, что выражается в загрязнении, деградации водных объектов и угрозе безопасности населения.

Большое количество загрязняющих веществ попадает в водные объекты с ливневыми и талыми стоками с урбанизированных территорий [1]. Характерными загрязняющими веществами, которые поступают со стоками такого рода, являются нефтепродукты, фенолы, органические вещества, соединения свинца, меди, цинка и железа.

Чрезмерное загрязнение источников водоснабжения отрицательно сказывается на показателях поступающей к потребителям хозяйственно-питьевой воды. Следствием этого является причинение ущерба здоровью населения, состоянию окружающей природной среды, осуществлению хозяйственной и иной деятельности, а также биологическому разнообразию водоемов [2].

Общий ущерб от загрязнения водных объектов для населения, отраслей экономики и природы оценивается почти в 70 млрд рублей ежегодно. Отставание России по средней продолжительности жизни населения от промышленно развитых стран в значительной степени связано с потреблением некачественной воды. Только ущерб от поте-

---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.

ри здоровья населения в связи с потреблением некачественной питьевой воды в целом по России оценивается, по данным Минздрава и Соцразвития РФ, в 33,7 млрд рублей в год.

На основании вышеизложенного, одной из важнейших задач народного хозяйства является улучшение качества воды и экологического состояния водных объектов посредством разработки новых и усовершенствования существующих устройств и систем отвода и утилизации ливневого и талого стоков до достижения требуемой санитарно-технической степени эффективности их работы.

В настоящее время известен ряд технических решений рассматриваемой проблемы [3]:

1. Сеть отвода ливневых и талых вод, являющаяся элементом **общесплавной системы водоотведения**. Особенностью этой системы является оснащение коллекторов ливнеспусками с последующим сбором и сбросом в водоем без предварительной очистки, что приводит к нарушению биологического равновесия и колебанию состава и концентрации загрязнений;

2. Сеть отвода ливневых и талых вод, являющаяся элементом **неполной раздельной системы водоотведения**. Водоотведение и сброс осуществляется без очистки в водоем по открытым лоткам, кюветам и канавам;

3. Сеть отвода ливневых и талых вод, являющаяся элементом **полураздельной системы водоотведения**, состоящая из водоприемных колодцев, водоотводящих труб и разделительных камер. Обеспечивает сбор и частичную очистку наиболее загрязненной части дождевого и талого стока, его сброс в водоем, исключая использование стока на хозяйственные нужды;

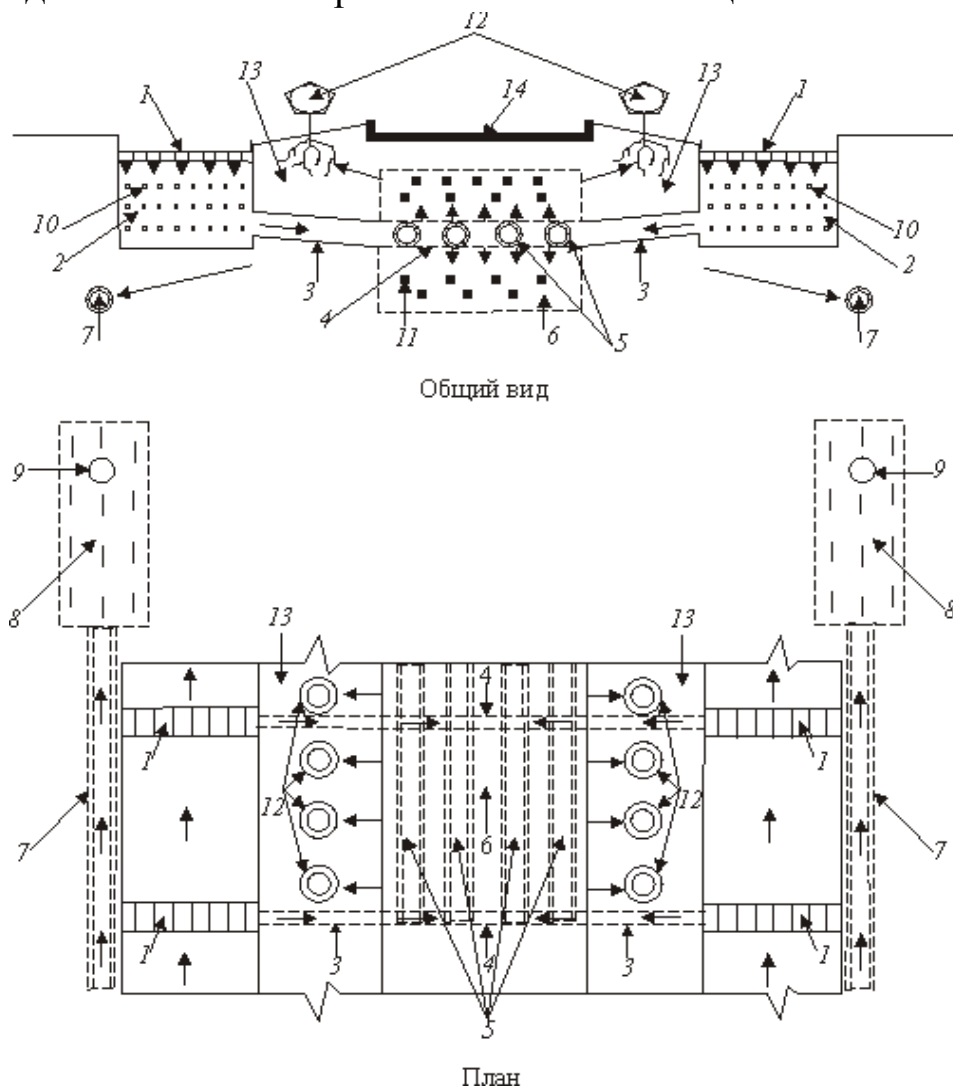
4. Сеть отвода ливневых и талых вод, являющаяся элементом **полной раздельной системы водоотведения**, состоящая из водоприемных колодцев, водоотводящих труб и локальных очистных сооружений поверхностного стока. Производит сбор и очистку вод ливневого и талого стока с дальнейшим выпуском в водоем, но не обеспечивает его оперативное использование на хозяйственные нужды.

Анализ степени эффективности работы перечисленных видов сетей отвода и утилизации ливневых и талых вод показал, что существует необходимость их усовершенствования с целью достижения

необходимых санитарно-технических и экономических показателей функционирования [4].

На основании вышеизложенного разработано устройство отвода и утилизации ливневого и талого стоков (рис. 1, 2) с целью решения следующих основных задач:

1. Уменьшить поступление стока с урбанизированных территорий в подземные коллекторы ливневой канализации.



**Рис. 1. Схема устройства отвода и утилизации ливневого и талого стоков:** 1 – водоприемные части; 2 – водоприемные колодцы; 3 – водоотводящие трубы; 4 – раздаточные части; 5 – дырчатые водораспределители; 6 – водохранилищная емкость; 7 – дрены; 8 – подземные накопительные резервуары; 9 – люки для осуществления доступа к запасам скопившейся воды; 10 – фильтрующий заполнитель водоприемного колодца; 11 – фильтрующий заполнитель водохранилищной емкости; 12 – растения; 13 – защитная зона; 14 – пешеходная зона



**Рис. 2. Блок-схема функционирования устройства отвода и утилизации ливневого и талого стоков**

2. Максимально эффективно очистить отводимые стоки.

3. Определить возможность оперативного использования собранной и очищенной воды для орошения и других хозяйственных нужд.

Предлагаемое устройство отвода и утилизации ливневого и талого стоков работает следующим образом. Поступающий к колодцу поверхностный сток проходит сквозь водоприемные части 1 и стекает в водоприемные колодцы 2, где происходит очистка от загрязнений в фильтрующем заполнителе 10. Далее через водоотводящие трубы 3 вода проходит в раздаточные части 4 и распределяется по водохранилищной емкости 6, расположенной под пешеходной зоной 14, при помощи дырчатых водораспределителей 5, дополнительно очищаясь в заполнителе 11, затем профильтровывается в защитную зону 13 и используется растениями 12 защитной зоны. Излишки фильтрата и грунтовых вод перехватываются дренами 7, которые осуществляют отвод в подземные накопительные резервуары 8, оснащенные на поверхности люками 9, предназначенными для осуществления доступа к запасам скопившейся воды и ее использования на хозяйственные нужды.

Данное конструктивное решение позволит:

1. Сократить расходы на строительство отводящей сети к водному объекту и, соответственно, уменьшить его загрязнение.

2. Эффективно очистить поступающие с урбанизированных территорий стоки за счет их прохождения через два вида фильтрующих заполнителей и защитную зону.

3. Произвести экономию питьевой воды, которая значительно расходуется на хозяйственные нужды (полив, частное строительство и пр.).

4. Предотвратить распространение водной эрозии за счет перераспределения концентрированного стока.

Применение разработанного устройства отвода и утилизации ливневого и талого стоков в практике водохозяйственного строительства позволит получить значительный экономический и экологический эффект.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев М.И., Курганов А.М. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий: учеб. пособие. – М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2000. – 352 с.

2. Яковлев С.В. Рациональное использование водных ресурсов: учебник для вузов / С.В. Яковлев, И.В. Прозоров, Е.Н. Иванов. – М.: Высшая школа, 1991. – 400 с.

3. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов. – М.: АСВ, 2002. – 704 с.

4. Намятов Г.Н., Яндыганов Я.Я. Оптимизация ресурсопотребления и повышение эффективности природопользования. – Екатеринбург: Урал. гос. экон. ун-т, 1995. – 90 с.

УДК 621.516.001.76

### **РАСЧЕТ КОЛЬЦЕВОГО СТРУЙНОГО НАСОСА С ПОВЫШЕННЫМ КПД<sup>1</sup>**

С.А. Тарасьянц, В.А. Ряснов, А.Ф. Апальков, Н.В. Реунов  
ФГОУ ВПО «НГМА»

Повышение КПД струйных насосов, используемых в настоящее время в водоснабжении в качестве водоподъемных устройств, повы-

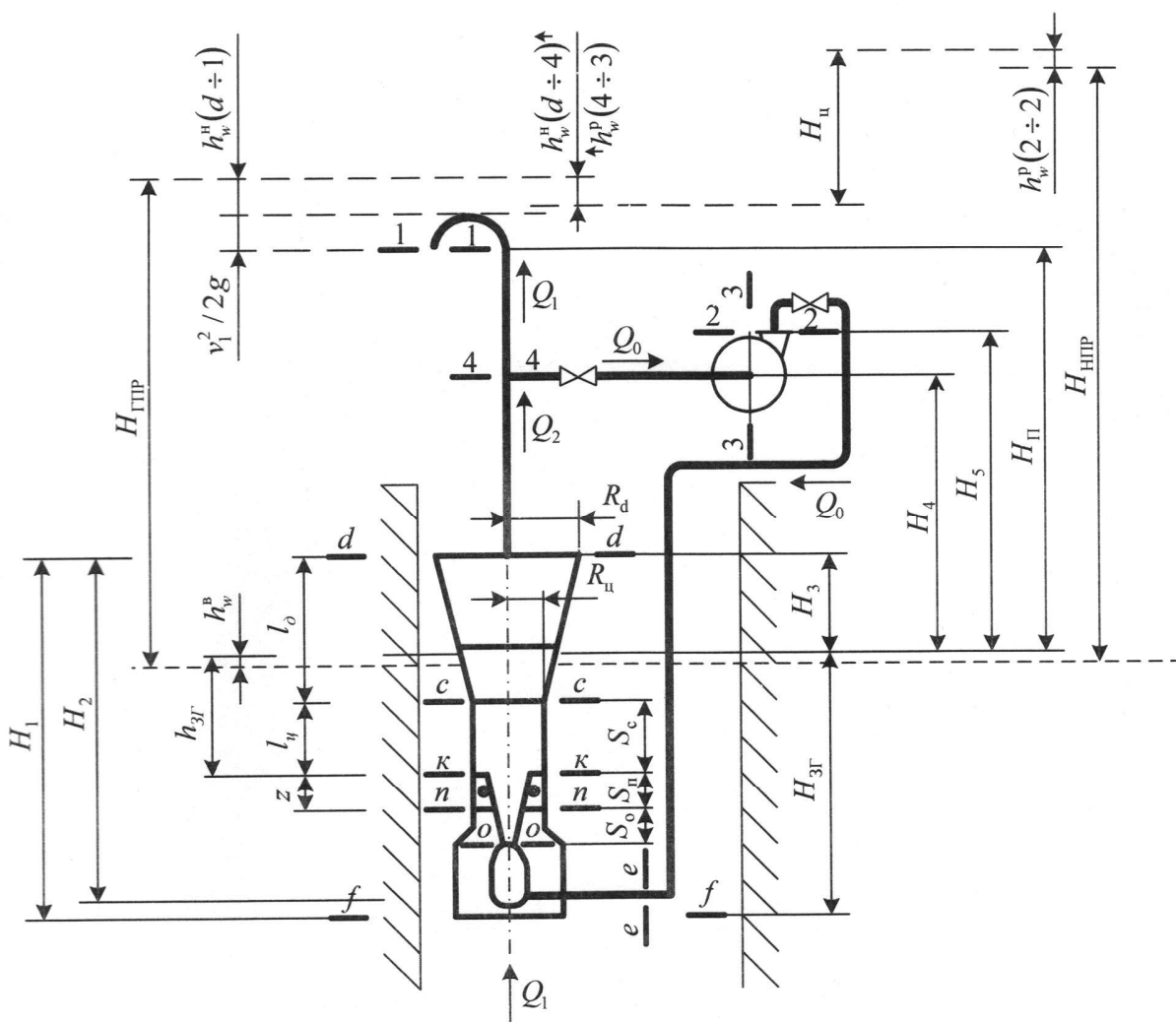
---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.

шающих геометрическую высоту всасывания центробежных насосов, является актуальной задачей.

В этой связи представляет интерес использование кольцевых струйных насосов по А.с. 1620693 [1], для которых в данной работе приведены результаты их экспериментальной проверки и предлагается метод расчета насоса водоподъемника.

Установки, применяемые для водопонижения и водоподъема, выполняются, как правило, по «замкнутой» схеме (рис. 1).



**Рис. 1. Схема водоструйной установки для водоподъема**

В предположении равномерности скорости в живых сечениях, с учетом энергии в границах насоса КПД, в соответствии с рис. 1, запишется в виде:

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_0} \cdot \frac{\left( \frac{P_d}{g} + \frac{V_d^2}{2g} + H_1 \right) - \left( \frac{P_f}{g} + \frac{V_f^2}{2g} \right)}{\left( \frac{P_e}{g} + \frac{V_e^2}{2g} \right) - \left( \frac{P_d}{g} + \frac{V_d^2}{2g} + H_2 \right)}, \quad (1)$$

где  $Q_1$  – подсасываемый расход;

$Q_0$  – рабочий расход;

$P$  – статическое давление;

$V$  – скорость

(буквенные индексы соответствуют обозначениям сечений, к которым относятся параметры).

Из выражения (1), используя уравнения сохранения энергии, можно записать:

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_0} \cdot \frac{1}{\frac{H_{нпр}}{H_{зпр}} - 1} = \alpha_0 \beta, \quad (2)$$

где  $\alpha_0$  – коэффициент эжекции,  $\left( \frac{Q_1}{Q_0} \right)$ ;

$\beta$  – напорная характеристика.

Известно, что напор струйного насоса  $H_{гпр}$  (напор нагнетания) и напор центробежного насоса (напор нагнетателя) определяются по зависимостям:

$$H_{зпр} = H_{нпр} - H_{ц} + h_{w(d \div 4)}^n + h_{w(2 \div e)}^p, \quad (3)$$

$$H_{нпр} = H_{зпр} + H_{ц} - h_{w(d \div 4)}^n - h_{(4 \div 3)}^p - h_{w(2 \div e)}^p, \quad (4)$$

где  $h_w^e, h_w^e, h_w^n$  – соответственно потери напора в рабочем, всасывающем и напорном трубопроводах.

Относительные напоры нагнетания:

$$\bar{H}_z = \frac{H_{зпр}}{V_0^2 / 2g} = \frac{2}{m^2} (m + \alpha_0 q) - \left( \frac{1 + \alpha_0}{m} \right)^2 \cdot (1 + \zeta_2 + \zeta_d) - \left( \frac{\alpha_0 q}{m} \right)^2 \cdot (1 + \zeta_e); \quad (5)$$

нагнетателя:

$$\bar{H}_n = \frac{H_{нпр}}{V_0^2 / 2g} = (1 + \zeta_0) - \left( \frac{\alpha_0 q}{m} \right)^2 \cdot (1 + \zeta_d + \zeta_2), \quad (6)$$

где  $\zeta_0, \zeta_2, \zeta_\delta, \zeta_\epsilon$  – соответственно коэффициенты гидравлических сопротивлений сопла входа от сечения  $f-f$  до сечения  $0-0$ , входа от сечения  $f-f$  до сечения  $n-n$  трения на участке между сечениями  $k-k$  и  $c-c$  и диффузора;

$$m = \frac{\omega_u}{\omega_0}, \quad q = \frac{\omega_u}{f_0} \text{ – геометрические характеристики струйного насоса;}$$

где  $\omega_\Pi, \omega_0, f_0$  – соответственно площади поперечных сечений смесителя, выходного отверстия сопла и проходных зазоров в створе  $0-0$ .

Исследуя функцию (5) на экстремум, т.е. решая при  $1 + \zeta_2 + \zeta_\delta \approx \text{const}$  и  $1 + \zeta_\epsilon \approx \text{const}$  уравнение  $\frac{\partial \bar{H}_z}{\partial m} = 0$  и  $\frac{\partial \bar{H}_z}{\partial q} = 0$ , получим:

$$m_{opt} = (1 + \alpha_0)^2 \cdot (1 + \zeta_2 + \zeta_\delta) - \alpha_0 q, \quad (7)$$

$$q_{opt} = \frac{1}{1 + \zeta_\epsilon}. \quad (8)$$

Подстановка (7) и (8) в формулу (5) приводит к зависимости

$$H_{ropt} = \frac{1}{m_{opt}}. \quad (9)$$

После преобразования и подстановок зависимость (2) переписывается в виде:

$$\eta = \alpha_0 \frac{1 - ap^2}{b[1 + \alpha_0(1 - p)]^2 - 1 + cp^2}, \quad \text{где } a = (1 + \zeta_b) \cdot (1 + \zeta_2 + \zeta_g), \quad (10)$$

где  $b = (1 + \zeta_0)(1 + \zeta_2 + \zeta_\delta)$ ,  $c = (\zeta_\epsilon + \zeta_1)(1 + \zeta_2 + \zeta_\delta)$ .

Исследование функции (10) на экстремум приводит к системе уравнений вида:

$$\begin{cases} b - 1 + b\alpha_0^2(1 - p)^2 + cp^2 = 0 \\ b[1 + \alpha_0(1 - p)] \cdot [\alpha_0(1 - ap) - ap] + (a - c)p = 0, \end{cases} \quad (11)$$

которую ввиду получения уравнения высоких степеней целесообразно решать относительно  $\alpha_0$  и  $p$  графически.

Для аналитического же исследования функции (10) вводятся следующие допущения:



1. Расстояние от обреза сопла до начала цилиндрической части камеры смещения  $Z$  равно нулю, что позволяет считать  $c \approx 0$ , так как в этом случае  $\zeta_1 \approx \zeta_b$ .

2. Толщина стенок сопла в створе  $0-0$  мала по сравнению с радиусом горловины  $R_{ц}$ .

Перепишав систему (11) с учетом принятых допущений и после преобразований, получим:

$$\alpha_{opt} = \sqrt{\frac{a(b-1)}{b(a-1)}}, \quad (12)$$

$$p_{opt} = 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{a}}. \quad (13)$$

Подстановкой зависимостей (12), (13) в формулу (10) определится величина КПД:

$$\eta_{max} = \frac{a - \sqrt{a(b-1)}}{b + \sqrt{b(a-1)}}. \quad (14)$$

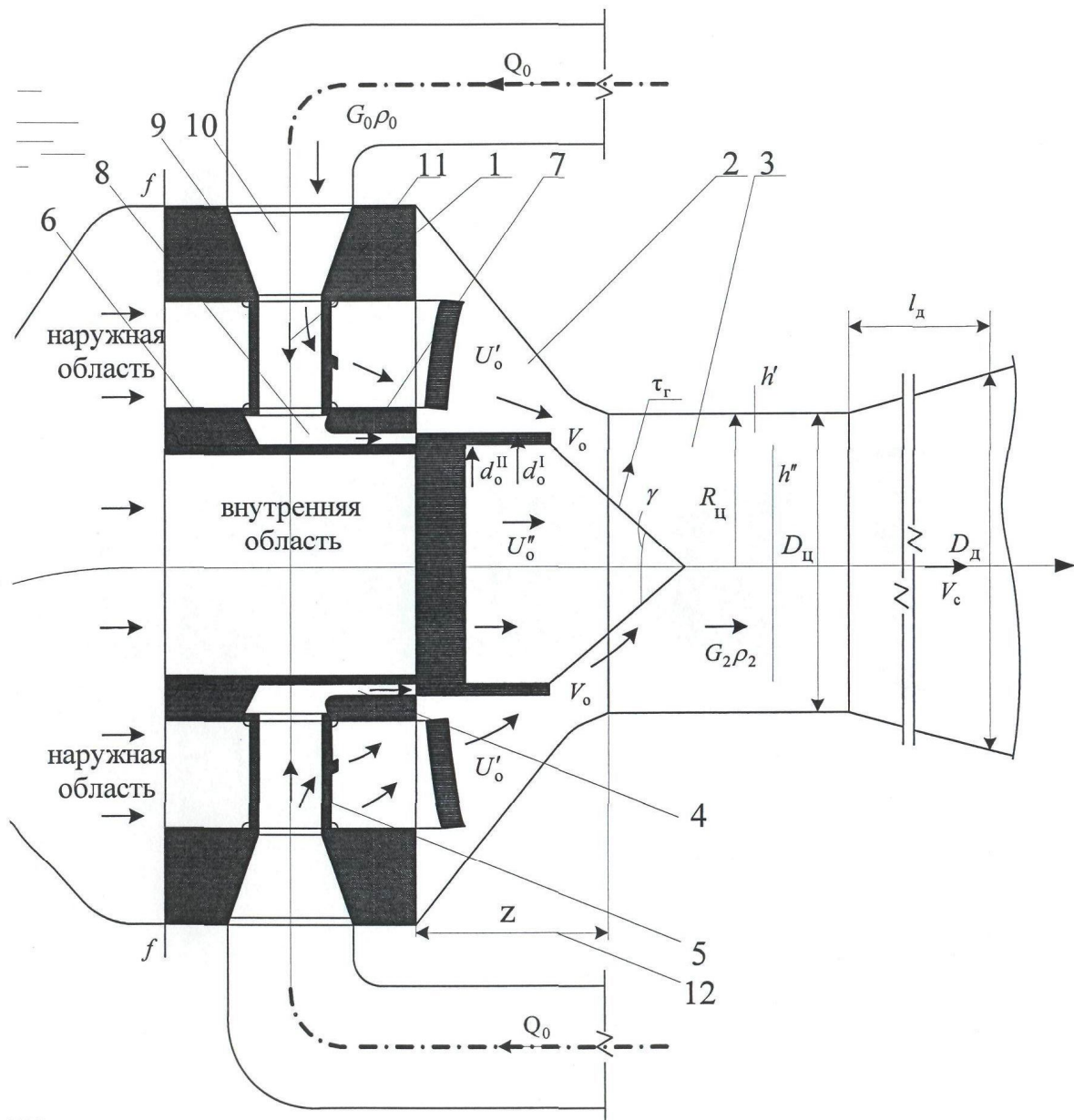
Из формулы (14) следует, что при  $\zeta_0 = \zeta_b = \zeta_2 = \zeta_d \rightarrow 0$   $\eta_{max} \rightarrow 1$ , т.е., что низкий КПД струйного насоса не является его органическим недостатком, а зависит только от величин коэффициентов гидравлических сопротивлений.

Одним из путей их снижения является преобразование рабочей струи в кольцевую двухповерхностную, реализованную в кольцевом струйном насосе (рис. 2), что подтверждается литературными данными [2].

Опытами и расчётами установлено:

1. Кольцевая двухповерхностная струя снижает коэффициент гидравлического сопротивления диффузора  $\zeta_d$  за счёт уменьшения потерь напора на расширение (к диффузору подводится поток с вогнутой эпюрой скорости), кроме того, уменьшается коэффициент сопротивления входного участка  $\zeta_b$ .

Устраняется необходимость в стабилизирующем участке, следовательно, исключаются потери на трение в нём ( $\zeta_2 = 0$ ), так как выравнивание эпюры скорости по длине камеры смещения ведёт к увеличению коэффициента  $\zeta_d$ .



**Рис. 2. Схема струйного кольцевого двухповерхностного насоса по А.с. № 1620693:** 1 – соединительные патрубки; 2 – приемная камера; 3 – камера смешения; 4 – кольцевое активное сопло; 5 – сопловые щели; 6 – фланец задний внутренний; 7 – фланец передний внутренний; 8 – кольцевой коллектор внутренний; 9 – фланец задний наружный; 10 – коллектор кольцевой наружный; 11 – фланец передний наружный

За счет исключения подтормаживающего влияния стенок горловины на истечение из сопла (как это имеет место в кольцевом насосе

с одноповерхностной рабочей струей) коэффициент гидравлического сопротивления приближается по величине ( $\zeta_c = 0,04$ ), к одноименному коэффициенту для конического сопла ( $\zeta_c = 0,02-0,03$ ), являющегося самым низким для всех насадок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 1620693 СССР, МКИ F04. Струйный насос / С.А. Тарасьянц и др. Опубл. 15.01.91 г. – Бюл. № 2.
2. Фридман Б.Э. Гидроэлеваторы. – М.: Машгиз, 1952. – С. 142.

УДК 626.83:627.223.4:33

### **ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЖЕКТОРНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ С ВЫСОКИМИ КОЛЕБАНИЯМИ УРОВНЕЙ В ВОДОИСТОЧНИКЕ<sup>1</sup>**

А.Ф. Апальков, В.А. Ряснов, В.В. Александров, С.А. Тарасьянц  
ФГОУ ВПО «НГМА»

В настоящей работе проведено технико-экономическое сравнение заглубленных и поверхностных насосных станций с установкой струйных насосов на всасывающей линии центробежных насосов, эжекторных насосных станций (ЭНС).

Предлагается в качестве эжектирующих устройств использовать кольцевые насосы с 2-поверхностной рабочей струей по А.с. 1620693 [1], имеющие более высокий КПД по сравнению с существующими конструкциями.

Для построения графика сравнительной эффективности выполнены расчеты для насосных станций с колебаниями уровня воды в водоисточнике 5, 7 и 9 м.

Расчет экономического эффекта выполняется в соответствии с инструкцией СН 509-78 [2].

Годовой экономический эффект (Э) складывается из годового эффекта от создания и эксплуатации (ЭНС)  $\mathcal{E}_c$  и годового эффекта в сфере эксплуатации от функционирования объекта за период досрочного ввода  $\mathcal{E}_\phi$ ,

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_\phi.$$

---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.

Годовой эффект от создания и эксплуатации ЭНС определяется по зависимости:

$$\mathcal{E}_c = \beta \cdot \varphi \cdot \sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{1i} \cdot \alpha_{t1} + \mathcal{E}_s - \sum_{i=1}^m \mathcal{Z}_{2i} \cdot \alpha_{t2},$$

где  $\sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{1i} = \mathcal{Z}_1 = C_1 + E_n \cdot K_{y\partial.1}$  и  $\sum_{i=1}^m \mathcal{Z}_{2i} = \mathcal{Z}_2 = C_2 + E_n \cdot K_{y\partial/2}$ ;

$\mathcal{Z}_{1,2}$  – соответственно приведенные затраты по заменяемой и новой технике, руб.;

$C_{1,2}$  – себестоимость строительно-монтажных работ (принимают сметную стоимость строительно-монтажных работ за вычетом фактически достигнутого среднего процента снижения себестоимости против сметной стоимости, принимаемого для сравнения вариантов одинаковым и равным 17,5 %) [2];

$K_{y\partial.1,2}$  – удельные капитальные вложения (капитальные вложения в основные производственные фонды организаций-поставщиков оборудования на единицу продукции (объект), принимаемые условно в размере 15 % от отпускной цены оборудования;

$E_n = 0,15$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений [2];

$$\beta = \frac{N_{n2}}{N_{n1}} = \frac{\rho_2 Q_2 H_2}{\rho_1 Q_1 H_1} - \text{коэффициент учета изменения качественных}$$

параметров сравниваемых вариантов (в данном расчете – полезных мощностей сопоставляемых насосных станций);

$Q_{1,2}$  и  $H_{1,2}$  – соответственно подача (м<sup>3</sup>/с) и напор (м) насосных станций;

$$\varphi = \frac{P'_1 + E_n}{P'_2 + E_n} - \text{коэффициент учета изменения срока службы заме-}$$

няемой техники по сравнению с новой техникой;

$P'_1$  и  $P'_2$  – доля отчислений от балансовой стоимости на полное восстановление (реновацию) заменяемой и новой техники, в зависимости от срока службы сопоставляемых объектов  $T = 100/D_s$ ;

$D_s$  – норма амортизационных отчислений на полное восстановление (для ЭНС  $Q_B=6\%$ , для стационарной заглубленной НС  $Q_B = 4,35\%$ );

$\alpha_t = (1 + E)^t = 1,1^t$  – коэффициент приведения к году завершения строительства в зависимости от его продолжительности,  $E = 0,1$  – норматив для приведения разновременных затрат;

$$\mathcal{E}_3 = \frac{I_1 - I_2 - E_n(K_2' - K_1')}{P_2' + E_n} - \text{экономия в сфере эксплуатации за}$$

счет замены новой техникой базовой техники, руб.;

$I_{1,2}$  – годовые издержки в сфере эксплуатации на объект, руб.;

$K_{1,2}'$  – сопутствующие капитальные вложения в сфере эксплуатации на объект, руб., сопутствующие капитальные вложения полагаются равными  $K_2' = K_1'$ ;

– затраты электрической энергии также равны (установлено одно то же основное оборудование);

– затраты на содержание обслуживающего персонала приняты равными, поэтому  $I_1 - I_2 = I_{y1} - I_{y2}$ ,

где  $I_{y(1,2)} = p_c \cdot C' + p_{об} \cdot K_{об}$  – амортизационные отчисления по основным фондам;

$p_c$  – норма амортизационных отчислений и отчислений на текущий ремонт сооружений узла;

$p_{об}$  – то же на оборудование;

$C'$  – стоимость сооружений узла;

$K_{об}$  – стоимость оборудования;

приняты: для гидромеханического оборудования  $p_{об} = 14,1\%$ ; для ЭНС  $p_{об} = 12,0\%$ ; для остальных сооружений узла  $p_c = 4,0\%$ .

Экономический эффект в сфере эксплуатации от досрочного ввода

$$\mathcal{E}_\Phi = E_n \Phi(t_1 - t_2),$$

где  $\Phi$  – стоимость основных фондов (сметная стоимость объекта новой техники), досрочно введенных в действие;

$t_1$  и  $t_2$  – продолжительность строительства по сравниваемым вариантам в годах,

$t = 17$  мес.; вводится коэффициент  $K = 1,3$  для заглубленной НС.

Исходные данные для расчета экономической эффективности ЭНС по сравнению со стационарной заглубленной станцией представлены в табл. 1, результаты в табл. 2.

Таблица 1

**Исходные данные для расчета экономической эффективности ЭНС  
по сравнению со стационарной заглубленной насосной станцией**

Показатель	Колебания УВНБ, м					
	5		7		9	
	Заменяемая техника	Новая техника	Заменяемая техника	Новая техника	Заменяемая техника	Новая техника
	Стационар. заглуб. НС	ЭНС	Стационар. заглуб. НС	ЭНС	Стационар. заглуб. НС	ЭНС
Основное оборудование:						
Насос	200Д-90	200Д-90	200Д-90	200Д-90	200Д-90	200Д-90
Количество, шт.	3	3	3	3	3	3
Рабочие параметры НС:						
$Q$ – подача, м <sup>3</sup> /с	0,720	0,579	0,720	0,546	0,720	0,519
$H$ – напор, м	85,5	90,2	85,5	92,4	85,5	94,5
$N_n$ – полезная мощность, кВт	603,3	511,6	603,3	494,4	603,3	481,2
Сметная стоимость (цены 1991 г.):						
Стационарного узла, тыс. руб.,	231,18	129,47	291,2	134,5	349,18	140
в том числе:						
$K_{об}$ – стоимость оборудования, тыс. руб.,	36,99	60	36,99	60	36,99	60
$C$ – стоимость СМР, тыс. руб.,	194,19	69,47	264,31	74,5	312,19	80
$C$ – расчетная стоимость СМР, тыс. руб.,	160,21	57,31	209,72	61,46	257,56	66
$K_{уд}$ – удельные капитальные вложения, тыс. руб.,	5,54	9	5,54	9	5,54	9
$T$ – срок службы, год	23	18,5	23	18,5	23	18,5
$t$ – продолжительность строительства, год	1,84	0,604	1,84	0,604	1,84	0,604

Таблица 2

**Результаты расчета экономической эффективности**

$H, м$	$\beta$	$P_1'+E_n$	$P_2'+E_n$	$\varphi$	$\alpha_{t1}$	$\alpha_{t2}$	$Z_1,$ тыс. руб.	$Z_2,$ тыс. руб.	$I_{y1},$ тыс. руб.	$I_{y2},$ тыс. руб.	$\mathcal{E}_s,$ т. руб.	$\mathcal{E}_c,$ тыс. руб.	$\mathcal{E}_f,$ тыс. руб.
Стационарная заглубленная НС													
5	0,16	0,18	0,90	1,19	1,07	161,0	58,6	13,0	10,0	16,7	101,3	24,0	125,3
7	-	-	-	-	-	210,5	62,8	15,4	10,2	29,9	147,8	24,9	172,7
9	-	-	-	-	-	258,4	67,35	17,7	10,4	42,6	193,0	25,9	219,0

Сопоставление производится:

- при паспортных данных заглубленной НС;
- при максимальной расчетной подаче ЭНС;
- при диаметре рабочего колеса насоса 200Д-90 D=445.

Затраты на электроэнергию ЭНС превышают одноименные затраты заглубленной НС на 12,45 % (на 4,9 тыс. руб.) при снижении подачи на 11 % (на 60 л/с) и повышении напора на 1,4 % (1,3 м).

Из приведенной табл. 2 видно, что при водозаборе из естественных водоисточников использование ЭНС обеспечит годовой экономический эффект при колебании уровня до 9 м по сравнению со стационарной НС и составит 150-200 тыс. руб. (в ценах 1991 г.). В ценах 2005 г. эффект составит не менее 7-10 млн руб.

Повышение напора, обеспечиваемое насосно-эжекторным агрегатом, приводит при регламентируемой в конкретных условиях подаче к снижению необходимого напора центробежного насоса-нагнетателя и, следовательно, к повышению его подачи (например, для насоса 200Д-90 снижение напора с 92 до 82 м приводит к увеличению его подачи со 184 до 260 л/с), тем самым дефицит подачи, образуемый в связи с применением эжекторной схемы, снижается до 10-12 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. № 1620693, МКИ F04. Струйный насос / С.А. Тарасьянц. Опубл. 15.01.97. – Бюл. № 2.

2. Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники. – М.: Стройиздат, 1979.

УДК. 631.356:635.1

### **МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА БРОСКА ПЛОДА ПЛАНКОЙ ТРАНСПОРТЕРА<sup>1</sup>**

Ю.А. Колесников, А.М. Салдаев

ВКО ГНУ «ВНИИГиМ»

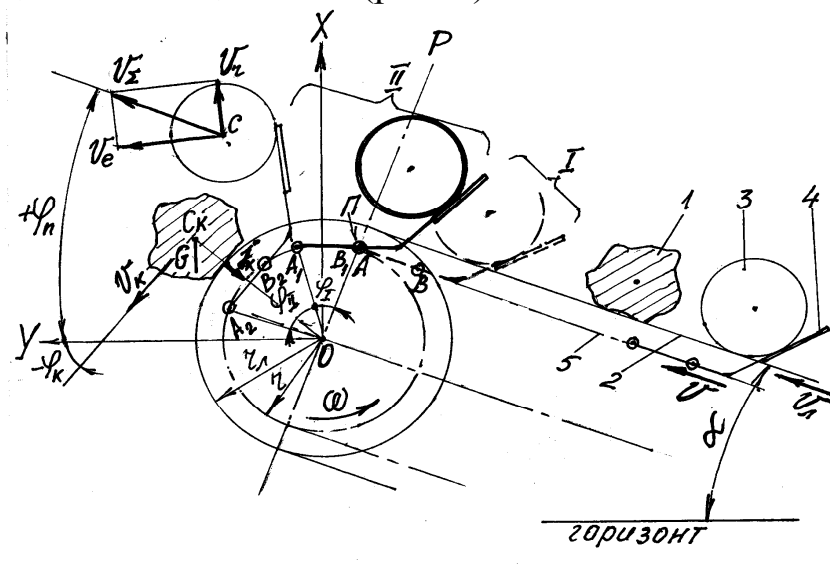
Процесс броска объектов присущ сходовой части любого планчатого транспортера, в частности рассматриваемой здесь задаче раз-

---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.

деления траекторий плодов и комьев, сходящих с продольной прямоугольной горки – почвоотделителя овощеборочной машины.

Характерные фазы кинематики процесса схода следующие. На сходовом конце горки с продольным углом наклона  $\alpha$  рабочей поверхности к горизонту комья  $I$  опираются на ленту  $2$  ленточного транспортера, а плоды  $3$  – на ленту  $1$  и планки  $4$  охватывающего цепочно-планчатого транспортера, так как скорость  $V$  цепи  $5$  планок меньше скорости  $V_{л}$  ленты за счет разных радиусов  $r$  и  $r_{л}$  тяговых звездочек цепи и вальца ленты (рис. 1).



**Рис. 1.** Фазы кинематики схода объекта с горки:  $I$  – комок;  $2$  – лента;  $3$  – плод;  $4$  – планка;  $5$  – цепь планок

Комья за нормалью  $P$  перегиба тяговых элементов спадают с ленты со скоростью  $V_{к}$  и под углом  $\varphi_{к}$  к горизонту, в первом приближении, равными

$$V_{л} = \omega r_{л}$$

и

$$\varphi_{к} = -\arccos \frac{\omega^2 r_{л}}{g}$$

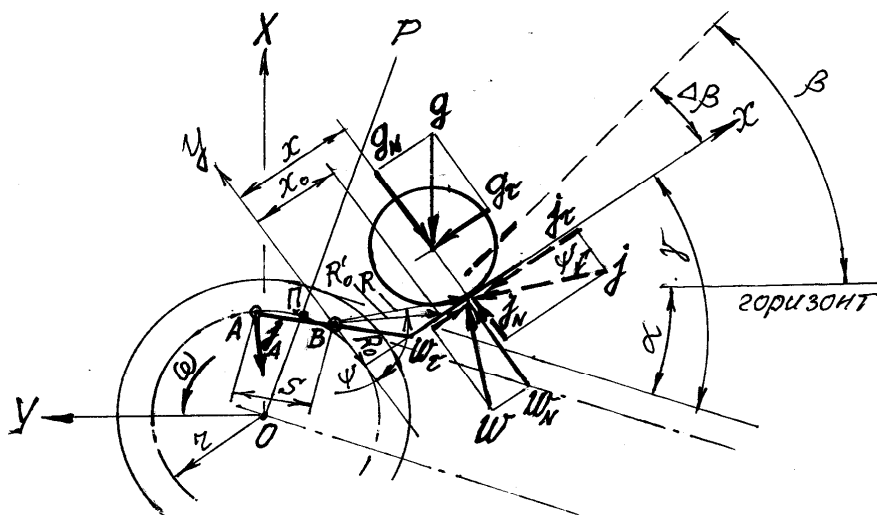
по условию равенства центростремительного ускорения  $J_{к}$  ленты и радиальной составляющей ускорения  $g$  свободного падения от веса  $G$  комка ( $\omega$  – угловая скорость вала  $O$ ).

Плоды можно поднять на более высокую траекторию только увеличением модуля  $V_{\Sigma}$  и угла наклона  $+\varphi_{к}$  скорости схода плодов



с планки путем движения последних вверх по планке и суммированием переносной скорости  $V_e$  планки и относительной скорости  $V_r$  плода по планке, используя смену исходного поступательного движения планки вращением в ее точке перегиба  $\Pi$  цепи. Бросок имеет две фазы: I – вращение планки ускорющимся поворотом тягового звена  $AB$  цепи над точкой перегиба  $\Pi$ ; II – равномерное вращение планки после фазы I до схода плода с планки.

Фазу I характеризуем следующим образом (рис. 2). В абсолютной ортогональной системе координат  $XOY$  с вертикалью  $OX$ , горизонталью  $OY$  и нулем по центру  $O$  тягового вала транспортеров абсолютно жесткая система из планки 4 и звена  $AB$  цепи движется поступательно под углом  $\alpha$  к горизонту  $OY$  со скоростью  $V = \omega r = const$  до совмещения переднего шарнира  $A$  цепи с точкой перегиба  $\Pi$  цепи.



**Рис. 2. Начало первой фазы броска плода**

В период прохождения звена  $AB = S$  над перегибом  $\Pi$  от совмещения с  $\Pi$  заднего шарнира  $B$  звена (фаза I) этот шарнир  $B$  движется поступательно, а передний шарнир  $A$  центростремительным ускорением  $j_A$  к валу  $O$  вращает планку 4 вокруг  $B$  с угловыми ускорением  $E_B$ , и скорость  $w_B$  на текущий  $\Delta\beta$  и максимальный  $\Delta\beta_1$  угол поворота:

$$\left. \begin{aligned} J_A = \omega^2 r = const; E_B \cong J_A / S = \omega^2 r / S = const; w_B = E_B t / S = \omega r \varphi / S; \\ \Delta\beta = \int_0^t w_B \cdot dt = \omega^2 r t^2 / 2S = \varphi^2 r / 2S; \Delta\beta_1 \cong S / 2r = \varphi_1 / 2; \varphi_1 \cong S / r \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где  $t$ ,  $\varphi$ ,  $\varphi_1$  – время, текущий и максимальный углы поворота звездочки.

Планка 4, в общем случае, направлена с эксцентриситетом  $R_0$  относительно шарнира вращения  $B$ , имеет исходные угол наклона  $J$  к ленте и радиус – вектор  $R'_0$  из шарнира  $B$  в точку  $x_0$  контакта с плодом в переносной системе координат  $XOY$  (ось  $OY$  направлена по эксцентриситету  $R_0$ , а  $OX$  – по планке 4).

Текущей точке  $x$  контакта планки с плодом соответствуют радиус – вектор  $R$ , ее окружное ускорение  $w$  вокруг  $B$  и его касательная  $w_r$  и нормальная  $W_N$  к планке, составляющие:

$$\left. \begin{aligned} W &\approx j_A R / S = \omega^2 r R / S; & W &\approx W \cos \varphi = w^2 r R_0 / S = \text{const}; \\ W_N &= W_\tau - tg \psi - \omega^2 r R_0 tg \hat{R} R_0 / S \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Угловое ускорение  $E_B$  планки (1) влечет прогрессивно растущее от нуля центростремительное ускорение  $j$  точки контакта  $x$  с плодом к шарниру  $B$  и его составляющие  $j_r$  и  $j_N$  по осям  $OX$  и  $OY$ :

$$\begin{aligned} j &= \omega_b^2 R = \omega^4 (r/S)^2 R t^2 = R (\omega r \varphi / S)^2; \\ j_\tau &= j \sin \psi = \omega^4 (r/s)^2 t^2 x; \\ j_N &= j_\tau / tg \psi = \omega^4 (r/s)^2 R_0 t^2. \end{aligned} \quad (3)$$

Касательная  $g_\tau$  и нормальная  $g_N$  к планке, составляющие ускорения  $g$  свободного падения, определяются углами  $\Delta\beta$  (1),  $\alpha$  и  $\gamma$ :

$$\begin{aligned} g_r &= g \sin \left( \gamma - \alpha + \frac{\omega^2 r}{2S} t^2 \right) = g \sin \left( \gamma - \alpha + \frac{\varphi^2 r}{2S} \right); \\ g_N &= g \cos \left( \gamma - \alpha + \frac{\omega^2 r}{2S} t^2 \right) = g \cos \left( \gamma - \alpha + \frac{\varphi^2 r}{2S} \right). \end{aligned} \quad (4)$$

Динамика броска круглого плода 3 планкой 4 (рис. 3; объекты абсолютно жесткие) следующая.

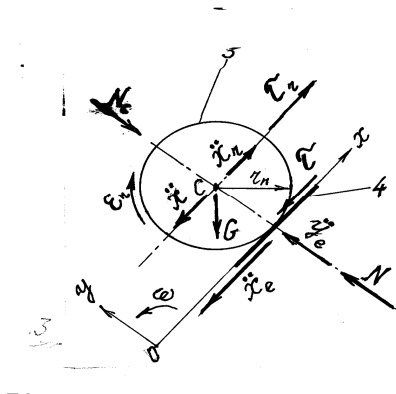


Рис. 3. Динамика броска плода 3 планкой 4

1. Нормальное давление  $N$  планки на плод массой  $m$

$$N = -N_c = m \ddot{Y}_C = m(W_N + J_{N+} g_N + j_K),$$

где  $\ddot{Y}$  и  $j_K$  – полное нормальное давление и кориолисово ускорение плода.

2. При качении плода без скольжения с абсолютным  $\ddot{x}$ , переносным  $\ddot{x}_e$  и относительным  $\ddot{x}_r$  ускорениями центра масс  $C$  плода, посредством силы трения  $\tau$ , имеем соотношения:

$$\tau = \tau_r = m \ddot{x} ; \tau r_n = J E_r = m \rho^2 \ddot{x}_r / r_n ; \ddot{x} = \ddot{x}_e - \ddot{x}_r , \quad (5)$$

где  $m$ ,  $J$ ,  $\rho$ ,  $r_n$  и  $E_r$  – соответственно, масса, момент инерции, радиус инерции, радиус и угловое отношение плода.

3. Из выражений (5), (2), (3) и (4) следует ускорение качения плода вверх по планке

$$\ddot{x}_r = -\ddot{x}_e / [1 + (p/r)^2], \quad (6)$$

где  $\ddot{x} = j_r - g_r - w_\tau$ .

4. Плод катится без скольжения при нормальном ускорении  $\ddot{y}_e$  планки из условия

$$r < fN = m\ddot{y}_e ,$$

где  $\ddot{y}_e = (W_N + j_N + g_N + j_k)$  или

$$\frac{\ddot{x}_e}{\ddot{y}_e} < f [1 + (r_n / \delta)^2],$$

где  $f$  – коэффициент трения плода о планку.

5. Из формул (6), (2), (3) и (4) дифференциальное уравнение положением  $x$  плода на планке имеет вид:

$$\ddot{x} + B(f)x = f(t^2; \sin^2 t),$$

которое имеет решение в квадратурах через интервал Френеля [1, 2], здесь начальный быстрый рост от нуля и последующей гармонике колебаний, исключаемой здесь кратковременностью процесса.

6. Условия подъема плода – наличие планки ниже плода, т.е.

$$j_\tau \geq g_\tau + w_\tau .$$

Фаза II броска плода планкой (рис. 1, 4) при равномерном вращении ее вокруг вала 0 с угловой скоростью  $\omega = \text{const}$  и обратной фазе I положения оси вращения и радиусов векторов  $R_{0II}$  и  $R_{II}$  ( $W_\tau > 0$ )

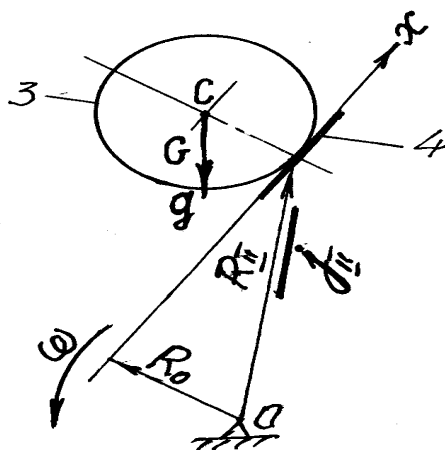
имеет начальные и конечные скорости  $\dot{x}_r$  и положение  $x_r$  плода фазы I и гарантирует подъем плода центростремительным ускорением  $j_{II}$ , как минимум, при условии:

$$j_{II} = w^2 R_{II} > g.$$

Дифференциальное управление фазы II и его решение есть

$$\ddot{x} - Bx = F(t),$$

где  $B = \text{const}$ ;  $x = a(e^{bt} - e^{-bt}) + ct^2 + d$ , и совпадают с процессом качения по жесткому ребру.



**Рис 4. Вторая фаза броска плода**

### Выводы

Режимы броска планкой существуют и определяются на основе указанных зависимостей. В более общем виде описание процесса требует учета коэффициентов восстановления скорости объектов и сопротивления перекачиванию.

Процесс броска состоит в первичном скатывании, а затем в подъеме плода ускорением поворота звена цепи и с последующим качением за счет вращения планки вокруг вала. Существуют режимы качения плода к оси вращения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Высшая школа, 1963. – С.159.
2. Янке Е., Эмде Ф., Леш Ф. Специальные функции. – М.: Наука, 1968. – С. 82.

**ОЦЕНКА ВОДНОГО БАЛАНСА РЕГУЛИРУЮЩЕГО  
ВОДОХРАНИЛИЩА «РОСТОВСКОЕ МОРЕ»  
НА ТЕМЕРНИЦКОМ ТРАКТЕ<sup>1</sup>**

Н.С. Пундикова  
ЮРГТУ (НПИ)

Регулирующее водохранилище «Ростовское море» находится на балке Камышеваха.

Назначение водохранилища – подпитка водой, восстановление и поддержание экологического и санитарно-эпидемиологического благополучия в бассейне реки Темерник; орошение прилегающих земель, полив близлежащих садовых участков. В настоящее время водохранилище также используется в качестве зоны отдыха жителей г. Ростова-на-Дону.

Регулирующее водохранилище на Темерницком тракте относится к IV классу капитальности, имеет объем 2,1 млн м<sup>3</sup>, площадь зеркала 47,5 га. Водосборная площадь водохранилища составляет 23,6 км<sup>2</sup>, отметка НПУ 56,0 м, отметка УМО 54,0 м [1].

С учетом натуральных замеров потерь воды из водохранилища коэффициент фильтрации ложа водохранилища из суглинков составляет  $K_f=0,6$  м/сут и более, водопроницаемость до 32 м<sup>2</sup>/сут, а известняков – 188 м/сут.

Наблюдения за водохранилищем выявили два неблагоприятных факта: большие потери воды на фильтрацию, а также деформации поверхности ложа водохранилища [1].

Для изучения уровня воды в Ростовском море был выполнен анализ составляющих водного баланса [1].

В качестве основных водопользователей водохранилища будем рассматривать орошение и рекреацию. Кроме того, учитываем, что в перспективе возможно расширенное использование водных ресурсов для целей рекреации. С этой целью предусматриваем создание дома отдыха (на 100 чел. с нормой водопотребления  $q_p=100$  л/сут на 1 чел.) и детского лагеря (на 100 чел. с нормой водопотребления 130 л/сут на 1 чел.).

---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.

Основные составляющие водного баланса – приходная и расходная части. К приходной части относятся: поверхностный сток, поступающий с водосборной поверхности, осадки, выпадаемые на площадь зеркала водохранилища, возвратные воды (орошение и рекреация) и подача воды по Темерницкому тракту из р. Аксай для обеспечения проточности. Расходная часть включает в себя: санитарные попуски, потребление воды на нужды орошения и рекреации, потери из водохранилища.

Годовой объем водопотребления на орошение составляет 20277 тыс. м<sup>3</sup>;

годовой объем водопотребления на рекреацию:

$$W_p = \frac{N_p \cdot q_p \cdot 0,001 t_p}{\eta_p},$$

где  $N_p$  – количество отдыхающих на рекреационном объекте, чел.;

$q_p$  – удельная норма водопотребления отдыхающими на рекреационных объектах, л/сут-чел.;

$t_p$  – время работы водопроводов рекреационных объектов;  
 $t_{p1}=365$  сут.,  $t_{p2}=90$  сут.;

$\eta_p$  – КПД систем водоснабжения рекреационных объектов, 0,8.

1. Годовой объем водопотребления для нужд дома отдыха:

$$W_{p.1} = \frac{100 \cdot 100 \cdot 0,001 \cdot 365}{0,8} = 4,6 \text{ тыс. м}^3.$$

2. Годовой объем водопотребления для нужд детского лагеря:

$$W_{p.2} = \frac{100 \cdot 130 \cdot 0,001 \cdot 90}{0,8} = 1,5 \text{ тыс. м}^3.$$

Годовой объем санитарных попусков, согласно проекта [1], составляет 2463 тыс. м<sup>3</sup>. Санитарные попуски проводятся три раза в год – в апреле, в мае и в октябре.

Водохозяйственный баланс (ВХБ) является основой для составления схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов всего речного бассейна [2]. Водохозяйственный баланс отражает соотношение между наличными запасами водных ресурсов и объемами их использования. Из-за неравномерности использования водных ресурсов в течение года приведем расчет месячных водохозяйственных

балансов. Это объясняется неравномерностью как подачи воды по Темерницкому тракту, так и потребления водных ресурсов такой отраслью как орошение [2].

Вся система по обводнению р. Темерник, в том числе регулирующее водохранилище, работает в теплый период года: с начала апреля до конца октября. Водные ресурсы регулирующего водохранилища образуются за счет работы насосной станции и, частично, вследствие поверхностного стока водосборной площади. Орошение осуществляется лишь в период вегетации растений.

Расчет месячных объемов водопотребления и водоотведения, на нужды орошения, сводится в табл. 1.

Объем возвратных вод определяется по формуле [3]:

$$\varpi_{\text{ВВор}}^{\text{ВБ}} = K_{\text{Вор}} \cdot \varpi_{\text{opi}}^{\text{ВБ}};$$

где  $K_{\text{Вор}}$  – коэффициенты возврата при орошении, равный 0,4.

Расчет месячного водного баланса рассчитывается по формуле

$$\Delta \varpi_i = \varpi_{\text{прих.}i} - \varpi_{\text{расх.}i},$$

где  $\varpi_{\text{прих.}i}$  – объем приходной части ВХБ в  $i$ -й месяц,

$\varpi_{\text{расх.}i}$  – объем расходной части ВХБ в  $i$ -й месяц.

Приходная часть месячного ВБ рассчитывается по формуле

$$\varpi_{\text{прих.}i} = \varpi_{\text{пов.ст.}i} + \varpi_{\text{ВВор.}i} + \varpi_{\text{ВВрек}} + \varpi_{\text{под.тр.}i} + \varpi_{\text{осад.}i},$$

где  $\varpi_{\text{пов.ст.}i}$  – поверхностный сток, поступающий с водосборной площади, который рассчитывается как:

$$W_{\text{пов.ст.}} = \bar{Q} \cdot T_{\text{год}};$$

$$\bar{Q} = q \cdot F \cdot 10^{-3},$$

где  $\bar{Q}$  – расход поверхностного стока, м<sup>3</sup>/сут.;

$T_{\text{год}}$  – количество секунд в году;

$q$  – модуль стока,  $q = 1,7$  л/с · км<sup>2</sup>;

$F$  – площадь водосбора.

Подставляя исходные данные, будем иметь:  $W_{\text{пов.ст.}} = 1263$  тыс. м<sup>3</sup>;

$\varpi_{\text{под.тр.}i}$  – подача воды из р. Аксай по Темерницкому тракту в  $i$ -м месяце ( $W_{\text{под.тр.}} = 32960$  тыс. м<sup>3</sup> в год [1]);

$\varpi_{\text{осад.}i}$  – объем осадков в  $i$ -м месяце;

$\varpi_{\text{ВВор.}i}$ ,  $\varpi_{\text{ВВрек.}i}$  – возвратные воды орошения и рекреации в  $i$ -м месяце.

Таблица 1

Расчет месячного водохозяйственного баланса (в тыс. м<sup>3</sup>)

Месяц	Приходная часть						Расходная часть					$\Delta\omega = \omega_{\text{прих}} - \omega_{\text{расх}}$
	$\omega_{\text{пов.ст.}}$	$\omega_{\text{ВВрекр.і}}$	$\omega_{\text{ВВор}}$	$\omega_{\text{под.гр.}}$	$\omega_{\text{осад.}}$	$\omega_{\text{прих}}$	$\omega_{\text{сан.поп.}}$	$\omega_{\text{ор}}$	$\omega_{\text{рекр}}$	$\omega_{\text{лотери}}$	$\omega_{\text{расх}}$	
01	105,25	0,26	0,00	0,0	166,25	271,76	0,00	0,00	0,38	0,00	0,38	271,39
02	105,25	0,26	0,00	0,0	161,50	267,01	0,00	0,00	0,38	0,00	0,38	266,64
03	105,25	0,26	0,00	0,0	156,75	262,26	0,00	0,00	0,38	0,00	0,38	261,89
04	105,25	0,26	212,0	4709,0	171,00	5197,51	821,00	1080,0	0,38	837,00	2738,38	2459,14
05	105,25	0,27	746,0	4708,0	204,25	5763,77	821,00	2755,0	0,39	962,00	4538,39	1225,38
06	105,25	1,67	1237,2	4709,0	289,75	6342,87	0,00	3990,0	0,89	946,00	4936,89	1404,93
07	105,25	1,67	1017,6	4708,0	242,25	6074,77	0,00	3524,0	0,89	1038,00	4562,89	1510,83
08	105,25	1,67	981,6	4708,0	171,00	5967,52	0,00	3437,0	0,89	1038,00	4475,89	1490,58
09	105,25	0,27	520,4	4709,0	152,00	5486,92	0,00	2418,0	0,38	938,00	3356,38	2130,54
10	105,25	0,27	778,8	4709,0	185,25	5778,57	821,00	3023,0	0,38	930,00	4774,38	1004,19
11	105,25	0,26	0,0	0,0	190,00	295,51	0,00	0,0	0,38	0,00	0,38	295,14
12	105,25	0,26	0,0	0,0	204,25	309,76	0,00	0,0	0,38	0,00	0,38	309,39
<b>Год</b>	1263	7,35	5493,6	32960,0	2294,25	42018,20	2463,0	20227,0	6,10	6689,00	29385,10	12630,02



Расходная часть месячных ВБ определяется по зависимости:

$$\varpi_{\text{расх.}i} = \varpi_{\text{сан.поп}} + \varpi_{\text{рекр.}} + \varpi_{\text{ор.}i} + \varpi_{\text{потерь}}$$

где  $\varpi_{\text{сан.поп}}$  – месячный объем санитарных попусков;

$\varpi_{\text{рекр.}}$  – месячный объем водопотребления на рекреацию;

$\varpi_{\text{ор.}i}$  – месячный объем водопотребления на орошение;

$\varpi_{\text{потерь}}$  – потери воды из водохранилища.

Из водохранилища происходят потери воды: на испарение с водной поверхности; на фильтрацию через ложе плотины, через тело плотины и ее основание.

Расчет потерь приведен в табл. 2.  $E_{\text{исп.}i}$  – объем потерь воды на испарение,  $V_{\text{фильтр.}i}$  – объем потерь воды на фильтрацию в  $i$ -м месяце,  $V_{\text{осад.}i}$  – объем атмосферных осадков, компенсирующих потери воды в  $i$ -м месяце. Среднее количество осадков, потери на испарение, потери на фильтрацию – данные, полученные в результате наблюдений.

Таблица 2

**Расчет потерь воды из водохранилища и осадков, выпадающих на зеркало водохранилища**

Месяцы	$X_{\text{осад.}i}$ , М	$V_{\text{осад.}i}$ , ТЫС. М <sup>3</sup>	$E_{\text{исп.}i}$ , ТЫС. М <sup>3</sup>	$V_{\text{фильтр.}i}$ , ТЫС. М <sup>3</sup>	$V_{\text{пот.}i}$ , ТЫС. М <sup>3</sup>
01	0,35	166,25	0,00	0,00	0,00
02	0,34	161,50	0,00	0,00	0,00
03	0,33	156,75	0,00	0,00	0,00
04	0,36	171,00	21,00	816,00	837,00
05	0,43	204,25	26,00	936,00	962,00
06	0,61	289,75	40,00	906,00	946,00
07	0,51	242,25	102,00	936,00	1038,00
08	0,36	171,00	102,00	936,00	1038,00
09	0,32	152,00	32,00	906,00	938,00
10	0,39	185,25	24,00	906,00	930,00
11	0,4	190,00	0,00	0,00	0,00
12	0,43	204,25	0,00	0,00	0,00
<b>Год</b>		2294,25	347,00	6342	6689,00

Объем суммарных потерь воды из водохранилища в  $i$ -м месяце определяется по зависимости:

$$V_{\text{пол.}i} = E_{\text{исп.}i} + V_{\text{фильтр.}i}$$

Объем суммарных потерь воды из водохранилища за год:

$$V_{\text{пот}} = \sum_1^{12} V_{\text{пот},i}.$$

Объем атмосферных осадков определяем по формуле

$$\varpi_{\text{осад},i} = 0,001 \cdot x_{\text{осад},i} \cdot F_{\text{НПУ}},$$

где  $x_{\text{осад},i}$  – среднемесячное количество осадков, г. Ростов-на-Дону;

$F_{\text{НПУ}}$  – площадь водохранилища при НПУ,  $F_{\text{НПУ}} = 47,5$  га.

Результаты вычислений представлены в табл. 2.

Все полученные данные по объемам использования водных ресурсов сводим в табл. 1.

Из анализа данных водохозяйственного баланса можно сделать вывод о том, что в регулирующем водохранилище «Ростовское море» наблюдаются большие потери при уровнях воды, соответствующих НПУ, особенно в летний период, также весьма большие объемы идут на орошение. Для уменьшения значительных потерь на фильтрацию из водохранилища необходимо предусмотреть специальные противофильтрационные мероприятия [4]. Согласно расчету, величина  $\Delta\varpi$  имеет положительное значение в течение всех месяцев года, что свидетельствует о наличии избытка водных ресурсов в объеме 12630,02 тыс. м<sup>3</sup> в год. Поэтому в дальнейшем возможно расширение использования водных ресурсов водохранилища, например, для целей орошения или для других водопользователей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Основные положения правил использования водных ресурсов регулирующего водохранилища на б. Камышеваха в г. Ростов-на-Дону // Ростов-н/Д, 1988.

2. Яковлев С.В. и др. Комплексное использование водных ресурсов. – М.: Высшая школа, 2005.

3. Косиченко Ю.М., Фесенко Л.Н. Обоснование структуры водохозяйственного комплекса на базе водохранилища сезонно-годового регулирования // Комплексное использование водных ресурсов. – Новочеркасск, 2004.

4. Косиченко Ю.М., Полякова Л.С. Изучение фильтрационных потерь из регулирующего водохранилища (Ростовское море) // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – Новочеркасск, 2006. – № 36.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ИЗМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЯТНА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ИЗ ЗОЛОШЛАКООТВАЛОВ ПРИ АВАРИЯХ<sup>1</sup>**

Е.В. Мануйлова  
ФГОУ ВПО «НГМА»

Золошлакоотвалы относятся к специальным гидротехническим сооружениям, предназначенным для складирования золы и шлака тепловой электростанции (ТЭС). При аварии происходит разрушение ограждающих сооружений (дамб) и разлив содержимого хранилищ, вызывающий затопление окружающих территорий. Для решения задачи обеспечения безопасности золошлакоотвалов, при определении последствий гидродинамической аварии и возможности дальнейшей эксплуатации хранилищ требуется оценка параметров прорана и зоны растекания [1]. На параметры распределения потока промышленных и сельскохозяйственных отходов ЗШО оказывает значительное влияние сценарий гидродинамической аварии, гранулометрический состав ЗШС, различные случаи разрушения дамб и формы накопителя.

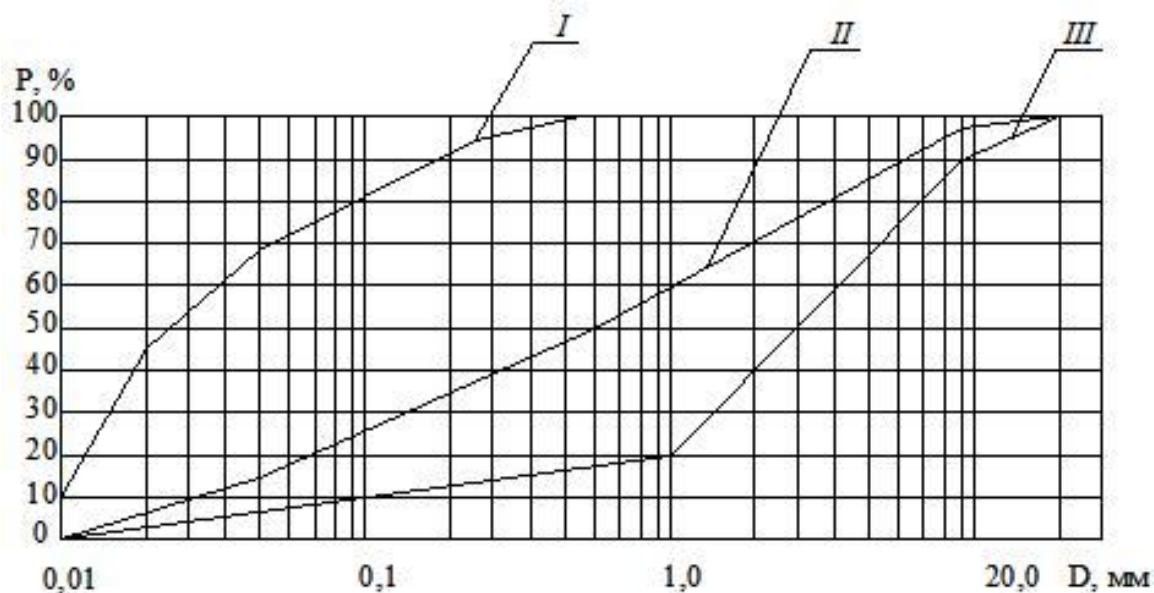
Мерой опасности развития образования прорана является вероятность нарушения работоспособности дамбы и последствий аварии. Обрушение низового откоса ограждающей дамбы (первичной, яруса наращивания) или боковой призмы ЗШО при потере статистической устойчивости сооружения – наиболее опасный из сценариев гидродинамической аварии, разработанных в ОАО «ВНИИГ имени Б.Е. Веденеева». Данный метод позволяет выявить причинно-следственные связи между случайными локальными событиями, возникающими с различной частотой и на разных стадиях аварии (отказы элементов, внешнее воздействие, человеческий фактор и т.д.), и проанализировать развитие аварийной ситуации [2, 3].

Золошлаковая смесь – это несвязные техногенные грунты, состоящие из золы донецких углей (фракция менее 0,14 мм), песка с размером зерен от 0,14 до 1,25 мм и шлакового гравия и щебня диаметром более 1,25 мм (рис. 1). Экспериментальные данные, полученные в процессе исследований действующего и недействующе-

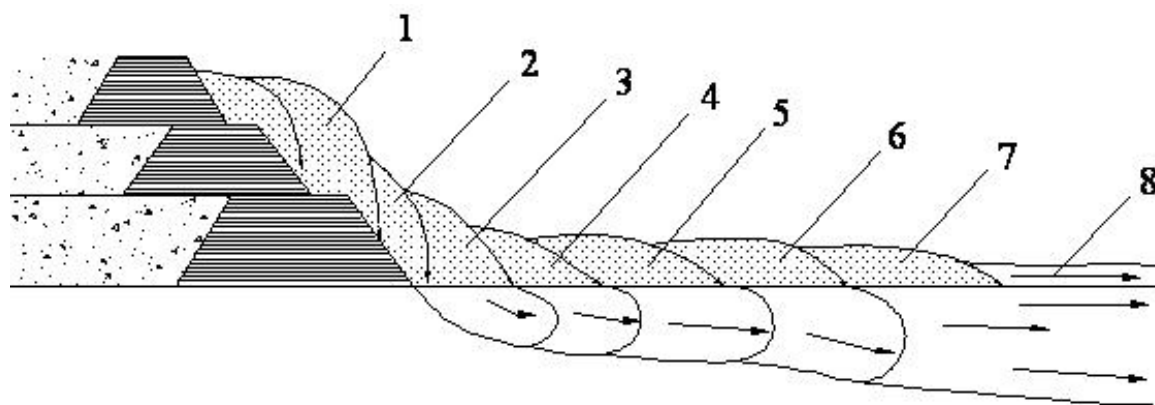
---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.

го отвалов, подтвердили неравномерность распределения гранулометрического состава золошлаковой смеси в зависимости от удаленности точки отбора от пульпосброса. Этот фактор оказывает значительное влияние на распределение по фракциям вытекающей пульпы при аварии (рис. 1, 2, 3).



**Рис. 1.** Гранулометрический состав золошлаковых материалов на гидрозолошлакоотвале: *I* – зольная зона; *II* – золошлаковая зона; *III* – шлаковая зона



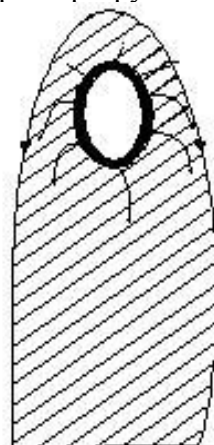
**Рис. 2.** Проран в теле дамбы: 1 – наиболее крупная фракция; 2-6 – разложение по фракциям; 7 – пульпа с илистыми частицами; 8 – фильтрат



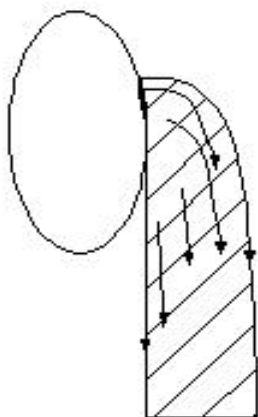
**Рис. 3. Развитие волны при полном прорыве:** 1, 2, 3, 4, 5 – развитие волны при полном прорыве; 5 – волна превращается в поток

В зависимости от вида разрушения дамб, предложим несколько возможных случаев истечения и распространения пульпы:

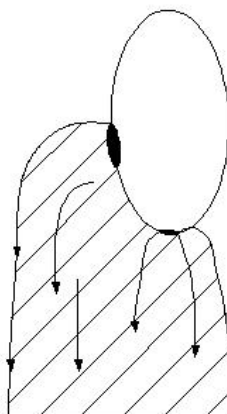
а) по всему контуру полное разрушение      б) полуконтурное разрушение



в) разрушение локального характера



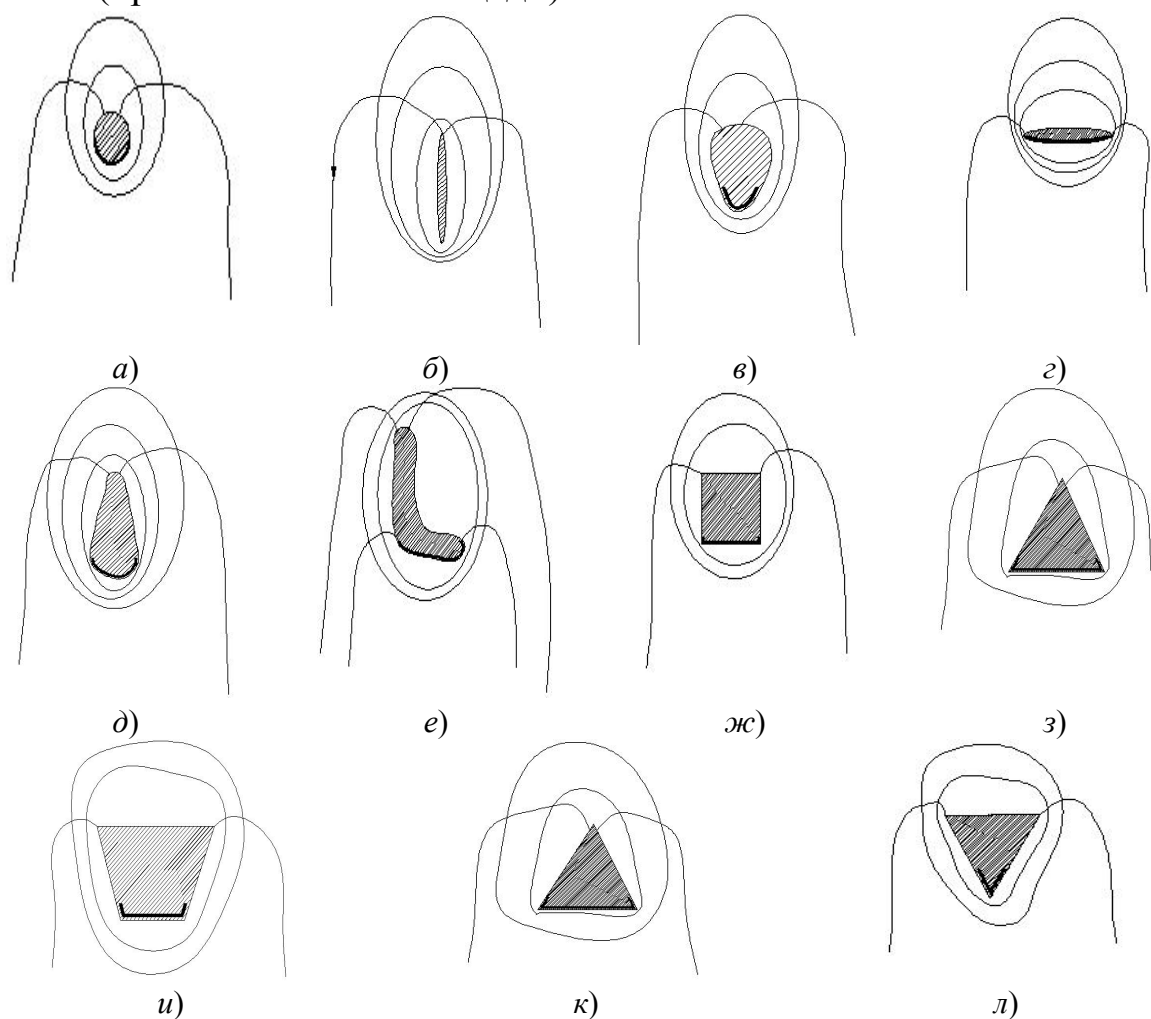
г) комбинированное разрушение



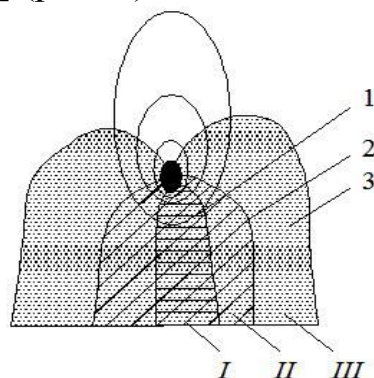
д) разрушение в зоне наивысшего градиента



Исследуем влияние формы накопителя на размеры пятна загрязнения (при неизменной площади):



Выходящий поток золошлаковой смеси из образовавшегося прорана и его распространение оказывает большое влияние на экологическую обстановку [4] (рис. 4).



**Рис. 4. Зоны загрязнения выноса шлама из прорана:** *I* – зона особо опасная; *II* – зона опасная; *III* – зона временного загрязнения; 1 – зона повышенного загрязнения грунтовым потоком и выносом шлака из прорана; 2 – зона повышенного загрязнения грунтовых вод фильтратом; 3 – возможная зона загрязнения фильтратом грунтовых вод

Полученные результаты исследований и зависимостей существенную роль играют не только при определении зоны загрязнения, но и при изначальном проектировании золошлакоотвала. Таким образом, исследование фильтрационных параметров пятна загрязнения из золошлакоотвалов ТЭС имеет исключительно важное значение для решения проблемы более точного определения размера вреда, причиненного окружающей среде вследствие аварии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ищенко А.В. Обеспечение фильтрационной эффективности противofильтрационных устройств гидротехнических сооружений. – Ростов-н/Д: Изд-во «Эверест», 2007. – С. 256.

2. Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов. РД 08-120-96.

3. Корытова И.В., Пантелеев В.Г. Опыт эксплуатации намывных золошлакоотвалов в сложных природных условиях // Флоринский сборник / Под ред. Г.Т. Трункова. – СПб.: СПбГТУ, 1999. – С. 127-139.

4. Методика расчета зон затопления при гидродинамических авариях на хранилищах производственных отходов химических предприятий. РД 03-404-01.

УДК 626.82:504

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ<sup>1</sup>**

В.И. Ольгаренко, И.В. Ольгаренко

ФГОУ ВПО «НГМА»

К совершенствованию эксплуатации оросительных систем (ОС) следует подходить с позиций функциональной деятельности природно-технического комплекса как составной части агроландшафта. Это даёт возможность рассматривать её как многофакторную, замкнутую систему с регулируемыми антропогенными воздействиями на природную среду. Такой подход позволил разработать модель оросительной системы как объекта управления с учётом экологических требований и

---

<sup>1</sup> – Издаётся в авторской редакции.

воздействий на неё природных факторов (климат, почвы, геология и гидрогеология, рельеф), управляемых факторов (энергия, вода, материальные ресурсы, информация) и факторов оптимизации (техника, технологии, управление). Выходными параметрами деятельности системы являются критерии оптимизации: урожайность, плодородие почв, эрозия, сбросы, фильтрация, загрязнение окружающей среды.

Новая концепция оросительных мелиораций исходит из требования, чтобы антропогенное вмешательство не выходило за рамки экологически допустимых отклонений в природных ритмах окружающей среды. При ее реализации обеспечивается регулирование водного, воздушного, теплового и питательного режимов орошаемых земель, не допускающее перехода веществ с водными потоками из биологического в геологический круговорот. Создание подобных оросительных систем позволяет в наибольшей степени сохранить природную структуру баланса грунтовых вод. Для этого необходимы такие технологии поливов, которые практически исключают потери воды на фильтрацию и поверхностный сброс, а также сохраняют автоморфный режим почвообразования (с учётом цикличности природных процессов).

Для эффективного функционирования совершенных ОС требуется детальная отработка элементов технологического процесса и управления ими в соответствии с конкретными почвенно-климатическими и организационно-хозяйственными условиями, обеспечивающими оптимальную динамику «циклов» подачи воды на поля. Для этого необходимо также соответствующее информационное обеспечение, дающее точные характеристики динамики водопотребления сельскохозяйственных культур и позволяющее регулировать водный режим почвы в соответствии с потребностями растений.

Эффективность управления технологическими процессами зависит от полноты, объективности и оперативности, обработки и реализации получаемой информации. С этой целью разработаны её классификация, необходимая для оперативного планирования и управления орошением, включающая информационно-справочную, сезонную и оперативную информацию.

Совершенствование процесса планирования и управления орошением обеспечивается моделью прогноза, состоящей из блоков управления информационной базой (БУИБ) и пространственно-временной оптимизации (БПВО). Блок управления состоит из под-



блоков прогнозирования динамики влагозапасов, режимов орошения и их оптимизации при дефиците ресурсов. Блок пространственно-временной оптимизации включает подблоки ввода информации, формирования и передачи управляющих решений и воздействий, корректировки и оценки ошибок с учётом вероятностного характера гидрометеорологических факторов. Основные блоки связаны между собой через подблоки формирования обратной связи и согласования технических операций.

Для управления орошением с применением математических моделей требуется предварительное обоснование и экспериментальное определение норм водопотребления сельскохозяйственных культур в соответствии с изменяющейся (по этапам развития) потребностью растений в воде.

В основу модели прогноза положена двухуровневая структура оптимизации управления технологическими процессами орошения (поле – севооборот – хозяйство – управление ОС).

Использование указанных выше методологических решений позволило разработать функциональную структуру комплекса задач управления технологическими процессами на ОС, которая включает восемь блоков: водопользование, водораспределение, техническое, агроклиматическое и мелиоративное состояния объекта, технологическую карту, правовое и экологическое обоснование.

Эти блоки функционируют во взаимосвязи, в едином комплексе технологического процесса: календарное и оперативное планирование, оперативное управление и управление в режиме автоматизации, сбор и анализ полученных данных с последующим учётом результатов и внесением необходимых корректировок в соответствующие элементы технологических процессов.

***Комплекс задач текущего и оперативного планирования водопотребления и водораспределения (технологические процессы А и В)*** предназначен для планирования и оперативного управления водораспределением на всех уровнях иерархии ОС (от орошаемого поля до системы в целом) на основе использования информационно-аналитических сведений и данных об оптимальных режимах орошения сельскохозяйственных культур, технических параметрах оросительной сети, дождевальной технике, организационно-технических возможностях хозяйств и оросительных систем.

При разработке текущих планов вырабатывается политика расходования водных ресурсов во временном аспекте, приоритетность водоподачи хозяйствам. По мере накопления данных о деятельности оросительного комплекса за истекшую часть периода планирования проводится скользящая корректировка плана для уточнения мероприятий на оставшуюся часть периода и наложения требований на оперативную деятельность хозяйств и районных управлений ОС.

При разработке оперативных планов предусматривается использование технологии оперативного планирования на основе экономико-математических методов с привлечением бесконтактных методов определения влагозапасов и оптимизации их в почве.

**Комплекс задач планирования ремонтно-эксплуатационной деятельности (технологический процесс С)** служит для планирования и организации работ по содержанию каналов и гидротехнических сооружений в технически исправном состоянии с целью обеспечения подачи хозяйствам воды в сроки и в объёмах, предусмотренных планом; планирования ремонтов насосно-силового оборудования и дождевальнoй техники для обеспечения их надёжной работы. При этом в качестве основных управляющих показателей выступают технические требования обслуживания и ремонта, определяющие состояние деталей, узлов и агрегатов в целом, периодичность контроля, а также их безотказность, долговечность, межремонтный ресурс и ряд других.

**Комплекс задач «Агроклиматическое состояние» (технологический процесс Д)** предназначен для накопления данных о количестве выпавших осадков, температуре воздуха, скорости ветра и других метеопараметрах на отрезок оперативного планирования; при этом контролируются и прогнозируются фенологические фазы развития сельскохозяйственных культур. Для тех регионов, где не проводят оперативные замеры влагозапасов в почве, выполняется прогнозирование и расчёт влагозапасов для назначения сроков и норм полива.

Комплекс задач «Мелиоративное состояние» (технологический процесс Е) предназначен для выявления орошаемых земель с неблагоприятным мелиоративным состоянием и разработки рекомендаций по их улучшению, а также для прогноза мелиоративной обстановки на ОС.

**Комплекс задач «Технологическая карта» (технологический процесс М)** основывается на типовых зональных технологических картах и рекомендациях научных учреждений по составу и последо-

вательности выполнения агротехнических мероприятий. Планирование каждого агромероприятия представляется в виде определённой совокупности элементарных решений на основе информации, необходимой для принятия решений. По мере поступления уточнённых метеоданных, данных о влагозапасах, сроках посева культур и их состоянии, а также других показателей проводится оперативная корректировка технологической карты.

*Комплекс задач «Правовое обеспечение» (технологический процесс N)* регламентирует юридические и финансовые взаимоотношения хозяйств в рамках агропромышленного комплекса и взаимодействие коллективов разных уровней, а также разработку инструкций для служб и подразделений.

*Комплекс задач «Экологическое обеспечение» (технологический процесс Э)* предназначен для планирования и реализации технологических процессов на всех уровнях иерархии ОС от орошаемого поля до управления системой с учётом законов экологии, ландшафтного подхода к технологическим процессам с целью сохранения окружающей природной среды и минимизации антропогенного воздействия на агроландшафт.

Разработанная функциональная структура является базовой при планировании, корректировке и оперативном управлении водопользованием на ОС Северного Кавказа.

Структура разработана применительно к современной микропроцессорной технике с учётом её практической реализации в рамках производственных возможностей хозяйств и управлений ОС. В основе её построения – принципы декомпозиции, позволяющие представить сложную многокритериальную задачу планирования водопользования в виде локальных подзадач с последующей координацией их решений в рамках целой системы, и обратной связи как основных положений методологии системного анализа. Реализуется она на разных уровнях управления как при отсутствии автоматизированных систем управления (АСУ) эксплуатационными процессами, так и при наличии АСУ-Э-РУОС с использованием ЭВМ, являясь базой при её разработке и внедрении.

Для практической реализации новой методологии прогнозных расчётов и оперативного планирования поливов сельскохозяйственных культур разработан алгоритм, который позволяет выполнить расчёт дифференцированных режимов орошения с учётом уточнённых

параметров моделей с достаточной степенью точности. При дефиците водных, энергетических, материально-технических и других ресурсов оптимальное управление орошением обеспечивает реализацию таких норм водопотребления, при которых достигается экономически выгодное распределение фактически имеющихся ресурсов между конкурирующими полями в севообороте, ориентированное на получение максимального эффекта от вынужденного снижения влагообеспеченности почвы.

В данной методике суммарное испарение при оперативном управлении поливами определяется по зависимости, полученной для условий Северного Кавказа:

$$ET = \overline{ET} K_{\Delta ET} K_0,$$

где  $ET, \overline{ET}$  – фактическое и среднемноголетнее значения суммарного испарения за установленный период (час, сутки, пентада, декада, год), мм;

$K_{\Delta ET}$  – модульный коэффициент суммарного испарения;

$K_0$  – микроклиматический коэффициент.

Отклонения суммарного испарения и испаряемости от их среднемноголетних значений выражены модульным коэффициентом суммарного испарения  $K_{\Delta ET}$  и испаряемости  $K_{\Delta ET_w}$ :

$$K_{\Delta ET} = ET_{\phi} / \overline{ET};$$

$$K_{\Delta ET_w} = E_{w\phi} / \overline{E_w},$$

где  $ET_{\phi}, E_{w\phi}$  – фактические значения суммарного испарения и испаряемости по данным метеостанции с учётом экспериментальных данных за расчётный период, мм;

$\overline{ET}, \overline{E_w}$  – среднемноголетние значения суммарного испарения и испаряемости за тот же период, мм.

Зависимость относительных отклонений суммарного испарения и испаряемости от их среднемноголетних значений для условий региона, отражающих взаимосвязь  $ET = f(E_w)$ , имеет следующий вид:

$$K_{\Delta ET} = 0,051 K_{\Delta E_w}^2 + 1,39 K_{\Delta E_w} - 0,45 \quad \text{при } r = 0,93.$$

Суммарное испарение в зависимости от влажности почвы с учётом влияния гидрометеорологических условий, определяется по зависимости:

$$ET / E_w = f \left[ (W_n + W_k) / 2W_{FC} \right],$$

где  $W_n$ ,  $W_k$ ,  $W_{FC}$  – влагозапасы на начало, конец вегетационного периода и при влажности, соответствующей наименьшей влагоёмкости, для соответствующих периодов расчёта, мм.

Математическая обработка многолетних рядов данных метеостанций позволила установить зависимость:

$$ET = f(\Delta PW) \text{ в виде:}$$

$$\Delta ET = 1 \cdot 10^{-5} (\Delta PW)^3 - 0,6 \cdot 10^3 (\Delta PW)^2 + 0,194 (\Delta PW) + 58,96,$$

где  $\Delta ET$  – отклонение фактического от среднемноголетнего значения суммарного испарения за расчётный интервал времени, мм;

$\Delta PW$  – отклонение фактического от среднемноголетнего значения дефицита естественного увлажнения ( $\Delta PW = E_w - P$ ) за тот же интервал времени, мм.

Введение эмпирических зависимостей в методику оперативного управления поливами для конкретного орошаемого массива позволяет повысить точность расчёта суммарного испарения сельскохозяйственных культур на 30...50 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко Б.Г. и др. К созданию экономико-математической модели оросительной системы // Вопросы народного хозяйства Кыргызстана. – Фрунзе, 1972.
2. Информационно-советующая система управления орошением / В.П. Остапчик, В.А. Костромин, А.М. Коваль и др. – Киев: Украина, 1989.
3. Ольгаренко В.И., Колганов А.В., Ольгаренко Г.В. Эксплуатационные режимы орошения агроценозов Нижне-Донской провинции степной зоны. – М: Н, 2001. – 150 с.
4. Ольгаренко В.И., Ольгаренко Г.В. Нормирование суммарного испарения агроценозов с учётом гидрометеорологических условий // Вестник РАСХН. – 2001. – № 4. – С. 55-59.
5. Шумаков В.Б. и др. Гидромелиоративные системы нового поколения. – М.: ВНИИГиМ, 1997.

Научное издание

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Сборник статей по материалам научных конференций

Выпуск 38

Корректор Е.В. Кулыгина  
Компьютерная верстка Е.А. Бабичева

Подписано в печать 05.02.2008 Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 11,51. Тираж 300 экз. Заказ 62.

Издательство ООО «Геликон»  
Типография ЮРГТУ (НПИ)

346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132.  
Тел., факс (863-52) 5-53-03. E-mail: [typography@novoch.ru](mailto:typography@novoch.ru)