

**МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР**

**СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
имени В. Д. Журина (САНИИРИ)**

**ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ
«СРЕДАЗГИПРОВОДХЛОПОК» имени А. А. САРКИСОВА**

**УЛУЧШЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ
И МЕТОДОВ РАСЧЕТА
ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ**

Сборник научных трудов

Ташкент — 1983

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

Среднеазиатский ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт ирригации
имени В. Д. Журина (САНИИРИ)

Ордена Трудового Красного Знамени институт
„Средазгипроводхлопок“ имени А. А. Саркисова

УЛУЧШЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ
И МЕТОДОВ РАСЧЕТА
ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Сборник научных трудов

В сборнике освещаются вопросы рационального использования поверхностных водных ресурсов в сельском хозяйстве, приведены методы оценки применимости вод повышенной минерализации для орошения хлопчатника, даны рекомендации по оптимальному размещению закрытого дренажа на мелиорируемых землях, а также по проектированию элементов гидротехнических сооружений и насосных станций.

Результаты проектных проработок и исследований, помещенных в сборнике, представляют интерес для специалистов водного и сельского хозяйства.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

В.А.Духовный (отв.редактор, САНИИРИ), В.И.Антонов (зам.редактора, Средазгипроводхлопок), Г.Г.Валентини, Т.И.Дерлятка, А.Ж.Жулаев (зам.редактора, КазНИИВХ), А.М.Мухамедов, М.П.Мухтаров, А.Г.Пулатов, У.Ю.Пулатов, А.У.Усманов, Х.И.Якубов (зам. редактора, САНИИРИ)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Н.М.Алавинов, В.И.Антонов, И.Л.Калинин, Е.Н.Макушенко, Ф.Ш.Мухамеджанов, Б.Я.Нейман, Э.Л.Окулич-Козарин, Г.В.Реслер (ответственный за выпуск), Н.М.Солохин, Ф.Я.Эйнгорн, Л.В.Эпштейн

УДК 333.93:631.6:62-5

Ю.В.Толстуннов, нач.отд.

(Средазгипроводхлосек)

ПЛАНИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ОРОШАЕМОГО МАССИВА В УСЛОВИЯХ АСУ

В практике водохозяйственных организаций при планировании водораспределения и оперативном управлении на крупных орошаемых массивах учитывается водозабор естественного поверхностного стока как основного источника орошения. Планирование использования минерализованных коллекторно-дренажных и подземных вод, даже при дефиците водных ресурсов, почти не осуществляется. Объясняется это в основном сложностью в существующих условиях расчета прогнозных значений коллекторно-дренажного стока и его качества, прогноза параметров мелиоративного состояния земель и биологического развития растений в зависимости от водообеспеченности и метеорологической обстановки года, а также невозможности при неавтоматизированном способе эксплуатации постоянно решать всю динамику изменения мелиоративных параметров в условиях баланса на расчетный период.

С созданием автоматизированных систем управления водохозяйственными комплексами (АСУ ВХК) появляется возможность учесть не только вышеперечисленные составляющие водных ресурсов, но и подобрать наиболее рациональное (наилучшее в данный момент) их взаимное соотношение с точки зрения достижения максимального эффекта в народном хозяйстве [1].

Крупные орошаемые массивы, как правило, представляют собой довольно пеструю картину по мелиоративному состоянию, условиям формирования возвратных вод и использования водных ресурсов, по получаемому экономическому эффекту.

В силу вышесказанного критерии и оценки использования водных ресурсов (для различных природно-хозяйственных ситуаций) орошаемого массива могут существенно отличаться. К примеру, на одном крупном массиве могут быть разные гидромодульные районы, следовательно, неодинаковые нормы подачи воды на 1 га, разные конструкции оросительной и коллекторно-дренажной сети, несходные гидрогеологические условия, обуславливающие разные коллекторно-дренажный сток с 1 га и минерализацию. Для сельскохозяйственных и других потребителей водные ресурсы могут использоваться с разными пределами минерализации. Выход продукции на 1 м³ затраченной воды далеко неодинаковый для разных потребителей.

При планировании использования водных ресурсов не следует ориентироваться только на эффект, полученный в текущем году, ибо та благополучная (или оптимальная) среда, которая обеспечила в планируемом году значительный урожай сельскохозяйственных культур, может резко измениться. Поэтому необходимо учитывать возможность изменения оптимального мелиоративного режима земель.

Из сказанного ясно, что задачи планирования использования водных ресурсов крупного орошаемого массива — многовариантные.

Кроме того, считаем нелишним отметить, что крупные орошаемые массивы, как правило, включают несколько административных единиц: районы, области, — функционирование которых определяется народнохозяйственным планом. Здесь планирование водораспределения осуществляется областными управлениями оросительных систем (ОблУОС, ОПУВХ), районными управлениями оросительных систем (РУОС). Следовательно, планирование использования водных ресурсов на территории административной единицы должно быть увязано с ее хозяйственным планом.

Таким образом, структура планирования водных ресурсов крупного орошаемого массива многоуровневая. Например, планирование водораспределения между хозяйствами в районе осуществляет Районное управление оросительных систем (РУОС) с учетом хозяйственного плана района по производству основного вида продукции (хлопок, рис, овощи, продукция животноводства и т.д.). Планирование водораспределения в области осуществляется Областным управлением оросительных систем (ОблУОС) с учетом народнохозяйственного плана области и т.д. Причем, для каждого хозяйства, района, области виды основной продукции могут быть совершенно разными как по номенклатуре, так и по количественным показателям — все зави-

сит от географического положения региона, его природных особенностей, развития экономики и других факторов, но в любом случае приоритетом на водопотребление будут обладать те водопотребители, которые обеспечивают народнохозяйственный план по производству плановой продукции.

И, наконец, реализация планов водораспределения относится к технологическим процессам, связанным с водозабором, транспортировкой воды и подачей ее потребителям с учетом характеристики инженерных сооружений, транспортирующей сети, средств управления и связи. Задача планирования и реализации планов водораспределения и содержания магистральных каналов крупного орошаемого массива осуществляется управлениями оросительных систем, управлениями магистральных каналов (ЦШ), их отделениями (МШ).

Кроме указанных, в организационной структуре водохозяйственного комплекса в условиях АСУ существуют и другие подразделения, выполняющие в основном информативную роль в процессе планирования и оперативного управления: воднобалансовые станции (ВБС), оперативные диспетчерские пункты (ОДП).

ВБС предназначены для оперативного контроля управления мелиоративным состоянием земель, выполняют информативную роль и служат обратной связью в системе управления [2].

ОДП предназначены для сбора информации, управления скважинами вертикального дренажа и малыми насосными станциями.

Таким образом, для многоуровневой эксплуатационной организации с целью обеспечения разработки рациональных планов водораспределения и оперативного управления водными ресурсами в условиях АСУ необходима такая методика, с помощью которой обеспечились бы:

- удобная форма общения человека с ЭВМ, причем, как правило, в роли пользователя системы выступают эксперты - группа технологов различных специальностей (мелиораторы, гидрологи, агрономы, экономисты и т.д.) и лица, ответственные за выполнение народнохозяйственного плана;

- возможность оперативного обмена информацией и общения с ЭВМ удаленного абонента (РУОС, ОБЛУОС, ВБС, ОДП) с соответствующим приоритетом пользователей;

- поиск различных соотношений основных параметров плана водораспределения и среди множества соотношений наиболее рационального, в соответствии с частными критериями каждого уровня управления.

Одним из перспективных способов взаимодействия человека с ЭВМ при принятии решений по управлению водными ресурсами можно считать диалог "человек-ЭВМ", осуществляемый с помощью дисплея [3].

При осуществлении диалогового режима необходимо организовать обмен информацией между человеком и ЭВМ, который должен носить некоторый формализованный характер и определять функции человека, с одной стороны, и ЭВМ — с другой.

Функции человека: 1) анализ исходной информации; 2) постановка задач; 3) формирование информации для решения задач; 4) оценка варианта и принятие решения.

Функции ЭВМ: 1) выдача и корректировка исходной информации; 2) решение задач; 3) представление результатов решения задач в виде, удобном для анализа.

Такие процедуры присущи всем подразделениям многоуровневой организационной структуры, входящим в контур АСУ ВХК орошаемого массива.

Нам представляется необходимым прежде всего сформулировать задачи, решаемые каждым подразделением.

Задачи ОблУОСа и РУОСа:

- определение потребности в водных ресурсах;
- расчет прогноза поступления водных ресурсов на территорию;
- разработка (корректировка) плана водопотребления участками комплекса;
- контроль выполнения плана-графика водоподачи.

Задачи ЗЕС:

- расчет (корректировка) прогноза мелиоративного состояния земель орошаемого массива;
- текущий контроль фактических параметров водоснабжения и мелиоративного состояния земель;
- усовершенствование методов прогноза мелиоративного состояния земель;
- корректировка поливных норм в зависимости от природно-хозяйственной ситуации;
- составление рекомендаций по использованию подземных и возвратных вод;
- составление рекомендаций по усовершенствованию гидромелиоративной сети.

Задачи ОДП:

- управление скважинами вертикального дренажа и мелкими насосными станциями;

- контроль за работой скважин вертикального дренажа и мелких насосных станций.

Задачи МПП:

- определение потребности орошаемого массива, подкомандного межхозяйственному каналу, в водных ресурсах;

- расчет прогноза поступления водных ресурсов на орошаемый массив;

- разработка (корректировка) сводного плана водопотребления по всему массиву;

- разработка (корректировка) плана-графика водоподдачи;

- определение (корректировка) управляющих воздействий;

- контроль выполнения плана-графика водоподдачи;

- контроль основных показателей мелиоративного состояния земель.

ЦПП решает круг вопросов, идентичных с МПП, но в масштабе всего крупного орошаемого массива.

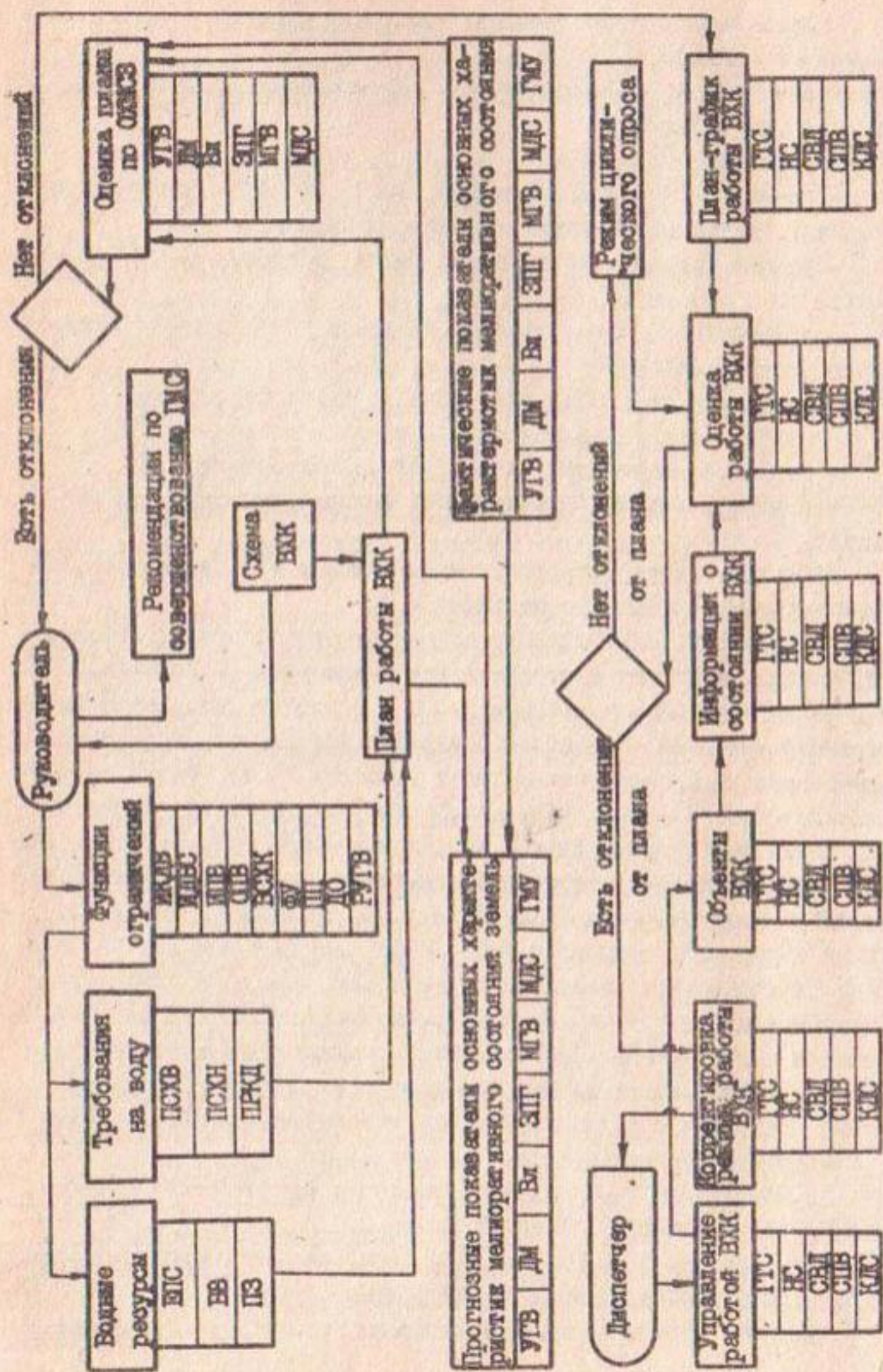
Для решения задач каждого подразделения требуется информация, которая включает постоянную (не меняющуюся на расчетный период решения задачи) и переменную. К постоянной информации (нормативно-справочной) относятся: гидромелиоративное районирование, нормативные характеристики режимов орошения, водно-физические свойства почвогрунтов, предельные нормы минерализации почвогрунтов, грунтовых и оросительных вод, критическая глубина грунтовых вод, КПД оросительной сети, гидравлические характеристики оросительной и коллекторно-дренажной сети, сооружений на ней и т.п.

К переменной относится информация, которая изменяется в процессе управления: фактическое мелиоративное состояние земель (влажность почвогрунтов, уровень и минерализация грунтовых вод), расход и минерализация оросительной и коллекторно-дренажной воды, метеорологические данные (осадки, сила ветра, температура почвы, воздуха и т.п.), коэффициент ограничения водопотребления по каждому потребителю и т.д.

Перечисленные выше задачи решаются в соответствии с алгоритмами, описанными в работе [4].

Планирование в режиме диалога "человек-ЭВМ" осуществляется по методике, представленной на рисунке.

Вводятся данные о выделенном лимите головного водозабора



Планирование в режиме диалога "человек-ЭВМ"

(естественный поверхностный сток - ЕПС), требования сельскохозяйственных потребителей на воду в вегетационный (ПСХВ) и невегетационный (ПСХН) периоды, требования на воду промышленности, коммунально-бытового и рыбного хозяйства, других водопотребителей (ПРКД), данные о дренированности территории и запасах подземных вод (ПЗ). В результате решения задач по методике, приведенной в исследовании [4], выдается на дисплее в табличной форме следующая информация:

- план водозабора по хозяйствам, районам, областям, массиву в целом;
- ожидаемый расход коллекторно-дренажной сети (ИВ);
- запасы и минерализация подземных вод;
- дефицитные участки и периоды;
- ожидаемая минерализация коллекторно-дренажных вод;
- ожидаемые дефициты в воде на расчетные периоды по хозяйствам, районам, областям и массиву в целом.

Анализируя эти данные при дефиците воды, эксперт может покрыть его, привлекая к орошению коллекторно-дренажные воды (ИКДВ), сток вертикального дренажа (ИПВС), подземные воды (ИПВ) с учетом ограничений на их использование. Для этого он вводит в ЭВМ номера хозяйств, где предполагается привлечь дополнительные водные ресурсы. После решения соответствующих задач на табло дисплея выдается информация о планируемых водозаборах по хозяйствам, районам, областям, массиву в целом с привязкой к регуляторам магистрального канала, межхозяйственным коллекторам, скважинам вертикального дренажа, подземным водозаборам.

Если привлечение всех дополнительных источников водных ресурсов (с соответствующими ограничениями на их использование) не позволяет покрыть полностью дефицит, то эксперт вводит в ЭВМ числовые значения ограничений водопотребления по хозяйствам, районам, областям и массиву в целом.

Числовые значения ограничений водопотребления и методика их использования утверждаются минсельхозом республики и директивными органами административных подразделений.

В состав ограничений в зависимости от природно-хозяйственной обстановки могут быть введены ограничения на водопотребление по приоритету водопользователя - ОПВ (сельскохозяйственные потребители, коммунально-бытовое и рыбное хозяйство, другие потребители), ограничения по виду сельскохозяйственных культур - ВСХ

(хлопок, рис, люцерна, фрукты и т.д.), ограничения по функции урожайности - ФУ (производство основной продукции сельского хозяйства на $I \text{ м}^3$ воды), ограничения на промывные поливы - ПП, ограничения водопотребления за счет регулирования уровня грунтовых вод - РУГВ, директивные ограничения - ДО.

Последовательный ввод ограничений позволяет привести в соответствие водные ресурсы и требования на воду. В результате решения задач на экране дисплея появляется таблица с данными о планируемом водораспределении с учетом ограничений.

Рассчитанный ЭВМ план работы водохозяйственного комплекса оценивается с точки зрения изменения основных характеристик мелиоративного состояния земель.

Для этого эксперт вводит в ЭВМ численные значения водоподачи (с учетом использования всех составляющих водных ресурсов), ожидаемой минерализации водных ресурсов, а также фактические показатели основных характеристик мелиоративного состояния земель в привязке к территориям, подкомандным источникам орошения.

В результате решения задач эксперту выдается таблица ожидаемых (прогнозных) значений основных характеристик мелиоративного состояния земель: уровень грунтовых вод (УГВ); дренажный модуль (ДМ); влажность почвогрунтов (Вл); засоленность почвогрунтов (ЗПГ); минерализация грунтовых вод (МГВ); минерализация дренажного стока (МДС).

Прогнозные значения сравниваются с допустимыми (критическими) значениями показателей мелиоративного состояния для каждого района, подкомандного источнику орошения.

В случае отклонения этих показателей от допустимых значений эксперту выдаются рекомендации по совершенствованию гидромелиоративной сети (противофильтрационные мероприятия на оросительной сети, промывка и очистка коллекторов и дрен, строительство дополнительных мелиоративных сооружений).

При применении этих данных эксперт может ввести дополнительные ограничения на использование минерализованных вод и снова оценить ожидаемые мелиоративную обстановку и ущерб от недопачи воды потребителям.

Когда нет отклонений показателей параметров мелиоративного состояния земель от допустимых, план может быть реализован. Для этого вводятся значения фактического состояния объектов водохозяйственного комплекса: гидротехнических сооружений на магистральном канале (ГТС); насосных станций (НС); скважин вертикаль-

ного дренажа (СВД); скважины подземного водозабора (СПВ); коллекторно-дренажной сети (КДС).

Производится оценка работы водохозяйственного комплекса. При наличии отклонений фактического режима от заданного на экране дисплея высвечивается таблица корректировки режима работы ВХК по каждому сооружению водохозяйственного комплекса. При отсутствии отклонений система становится в дежурный режим циклического опроса сооружений ВХК.

Таким образом, при планировании использования водных ресурсов в условиях функционирования АСУ наиболее полно привлекаются все составляющие водных ресурсов и создается наиболее благоприятный мелиоративный режим орошаемого массива, обеспечивающий стабильный урожай сельскохозяйственных культур. При этом каждый пользователь системы (хозяйство, РУОС, ОблУОС и т.д.) может применить имеющиеся ресурсы наилучшим образом в конкретной природно-хозяйственной обстановке.

Л и т е р а т у р а

1. Духовиный В.А., Леонидов В.А., Толстунев Ю.В. Основные принципы разработки АСУ магистральных и межхозяйственных каналов.-Сб. науч. тр. ВНИИГиМа. М., 1981.
2. Духовиный В.А., Хорст М.Г., Толстунев Ю.В. Основные положения организации эталонных воднобалансовых станций на новоосвоенных массивах Средней Азии и их место в АСУ водохозяйственным комплексом. Л., Гидрометеиздат, 1981.
3. Толстунев Ю.В., Саковский С.А., Герасимов Н.А. Основные принципы организации диалога "человек-ЭВМ" при управлении водными ресурсами в АСУ бассейнов.- Тр. ин-та "Средазгипроводхлопок", вып.9. Ташкент, 1978.
4. Толстунев Ю.В. Принципы построения функциональной структуры крупного орошаемого массива в условиях аридной зоны.- Тр. ин-та "Средазгипроводхлопок". Ташкент, 1981.

УДК 532.5:624

В.С.Попов, нач.отд.

В.К.Архангельский, руковод.
группы

(Средазгипроводхлопок)

ГИДРОАВТОМАТ ДЛЯ ПЕРЕГОРАЖИВАЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ С МАЛЫМ ПЕРЕПАДОМ

Автоматизация и телемеханизация оросительных систем становится основным направлением интенсивного планового развития орошаемого земледелия, способствующим получению устойчивых и неуклонно возрастающих урожаев.

Одним из экономически важных результатов автоматизации является более рациональное и экономное расходование оросительной воды за счет упорядочения водопользования простыми, дешевыми и надежными средствами гидроавтоматики. Гидравлические автоматические затворы и регуляторы используют потенциальную или кинетическую энергию воды для воздействия на регулирующий орган, вследствие чего применение гидроавтоматов для водораспределения на оросительных системах обходится значительно дешевле электрических и электрогидравлических автоматов. Однако изученные и рекомендуемые конструкции гидроавтоматов для открытых оросительных систем имеют существенный недостаток: для их стабильной работы необходимы весьма ощутимые перепады горизонтов воды в бьефах. Поэтому применение их на ирригационных каналах равнинной зоны ограничено.

В результате поисков и исследований в институте "Средазгипроводхлопок" разработана конструкция универсального гидравлического подъемника, позволяющего использовать в качестве регулирующего органа либо плоские, либо сегментные затворы, при малых перепадах горизонтов воды добиться устойчивой, надежной работы и способного с затвором достаточно точно поддерживать уровень воды на заданной отметке в режимах как малого (до 7-10 см) перепада, так и свободного истечения. Отличительными чертами рекомендуемого гидроподъемника являются его универсальность, простота в изготовлении и наладке, надежность и достаточная точность при эксплуатации. Исследования проводились на крупномасштабной модели, допускающей пропуск расхода до 700 л/с, по следующей программе:

- разработка конструкции крупномасштабной модели гидроподъемника с сегментным затвором^ж и приспособлением для оперативной наладки и регулировки во время эксплуатации;
- вывод расчетных зависимостей гидравлических, силовых и гидростатических параметров;
- уточнение рабочего минимума в перепадах бьефов сооружения при установке резинового уплотнения на затворе и без уплотнения;
- изучение работоспособности модели в различных режимах.

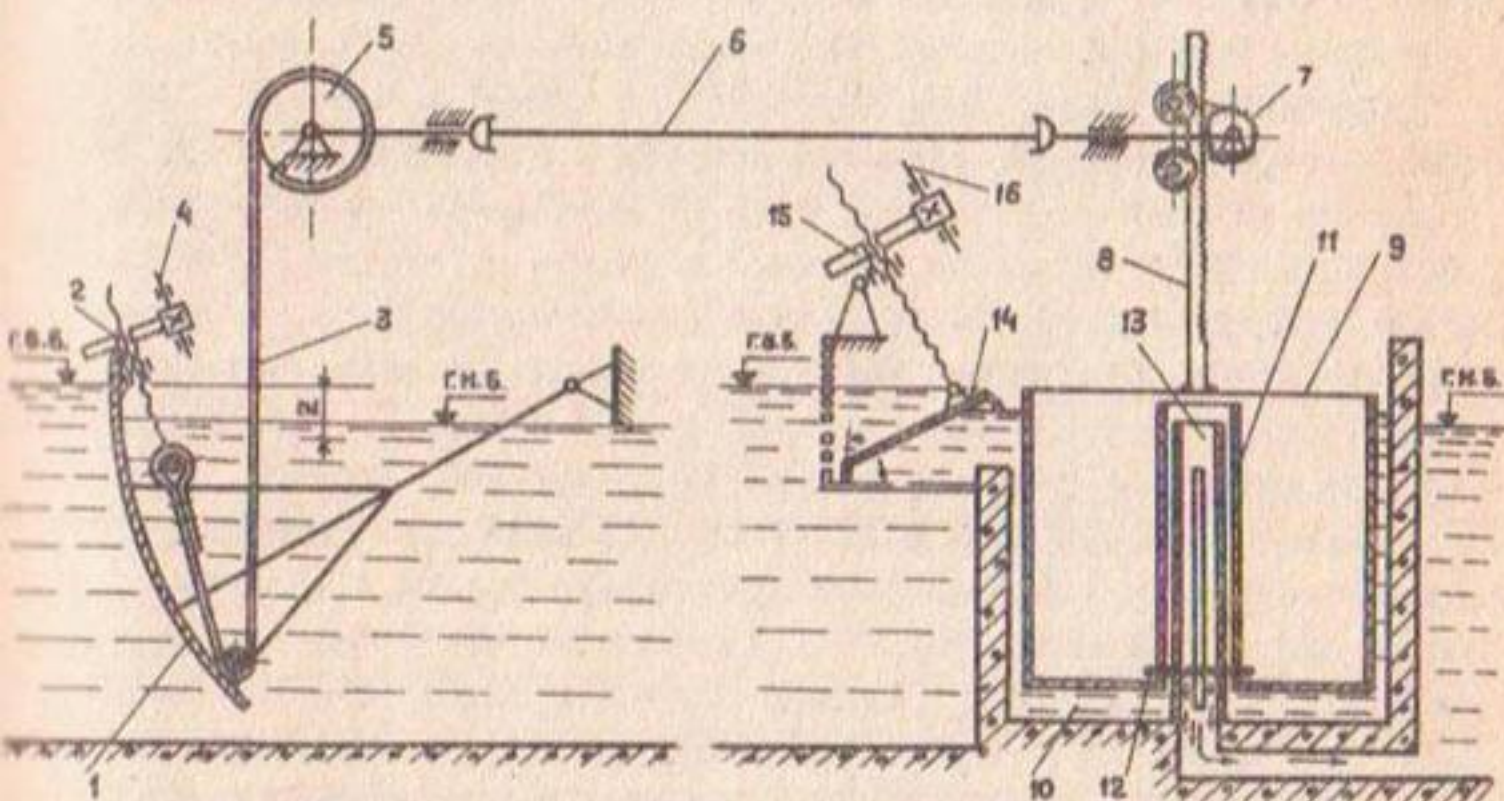


Рис. I. Кинематическая схема гидроавтомата

На рис. I приведен общий вид предлагаемого универсального гидроподъемника с сегментным затвором, который включает: затвор I с механизмом 2 для изменения длины троса 3 переориентации затвора в потоке с валом 4 ручного или электрического привода. Трос связывает затвор со шкивом 5, насаженным на объединительный вал 6. На валу закреплены зубчатые колеса подъемного механизма 7, соединенного зубчатыми рейками 8 с поплавком 9. Поплавок помещен, с расчетным зазором, в открытую сверху емкость (ко-

^ж В настоящей работе приведены результаты использования гидропривода совместно с сегментным затвором линейного сооружения ирригационного канала.

лодец) 10, на дне которой размещен кожух 11 круглого сечения с фланцевым уплотнителем 12. Поплавок кожухом установлен на трубе 13 с вертикальной калиброванной щелью. Емкость сообщена с верхним бьефом радиальной стенкой 14, включающей механизм перемещения 15 с валом 16 ручного или электрического привода.

Рассмотрим принцип работы предлагаемой конструкции. До пуска воды в канал нижняя грань затвора опущена на дно канала, поплавок приподнят на 2–3 см над дном емкости, а верхняя грань радиальной стенки установлена на 0,5–1,5 см ниже расчетного горизонта воды. После пуска воды в канал перед затвором происходит накапливание ее, и горизонты повышаются. По достижении в верхнем бьефе горизонтов, несколько превышающих отметку верхней грани радиальной стенки, вода через нее поступает в емкость, заполняя пространство между стенками емкости и поплавком. По мере заполнения емкости на поплавок начинает действовать выталкивающая сила воды. Поступательное движение поплавка с помощью зубчатых реек передается зубчатым колесам подъемного механизма, заставляя вращаться объединительный вал со шкивом. На шкив наматывается трос, вследствие чего приподнимается затвор I и водопропускное отверстие гидросооружения увеличивается. Уровень воды в верхнем бьефе при этом понижается, уменьшая тем самым или прекращая совсем приток воды через радиальную стенку в емкость. В то же время, всплывая, поплавок увеличивает отверстие вертикальной щели трубы, и вода из колодца выпускается нарастающим расходом. При равенстве поступающего в колодец через радиальную стенку и выпускаемого через вертикальную щель трубы расхода в емкости устанавливается постоянный уровень и поплавок находится в неподвижном состоянии, удерживая в стабильном положении затвор.

При необходимости изменения уровня воды в верхнем бьефе сооружения механизмом перемещения 15 опускается или поднимается радиальная стенка. При подъеме радиальной стенки поступление воды в емкость прекращается, поплавок под действием оттока и понижения уровня в емкости опускается, затвор прикрывает отверстие сооружения. При малых перепадах увеличение или уменьшение требуемого перепада в заданных пределах (увеличение или уменьшение требуемого горизонта воды в верхнем бьефе) осуществляется перемещением радиальной стенки вручную или микродвигателем по каналам телемеханики. Определенному уровню соответствует положение затвора в потоке и поплавок в емкости. Это соответствие обеспе-

чивает стабилизацию уровня верхнего бьефа на отметках, чуть выше отметки верхней кромки подвижной радиальной стенки, которая ограничивает приток расхода в колодец и способствует быстрой установке уровня в емкости на определенных отметках.

Как уже говорилось, исследования выполнялись на крупномасштабной модели (рис.2), включающей подводящее русло в виде трапециевидального бетонированного канала шириной по дну 50 см, от-

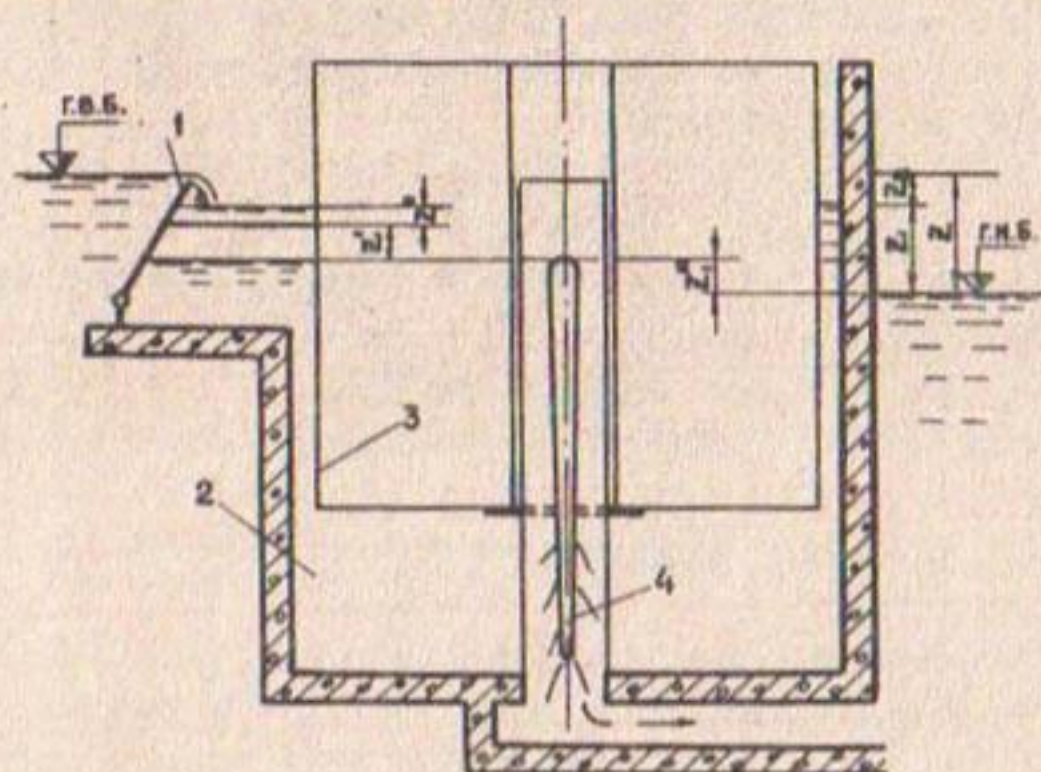


Рис.2. Схема проточной системы универсального гидравлического подъемника:

1 — подвижная стенка; 2 — емкость (колодец); 3 — поплавок;
4 — щелевой водослив

косами 1,5, строительной глубиной 120 см; длина подводящего участка около 50 м. Отводящее русло имеет те же размеры, что и подводящее; протяженность отводящего тракта 90 м. В канале установлен лоток размером $b \times h \times l = 100 \times 80 \times 180$ см с кронштейнами на боковых стенках для опорных шарниров сегментного затвора. В передней части лотка размещен сегментный затвор. Обшивка затвора выполнена по радиусу. Опорные шарниры затвора на шарикоподшипниках. Подход к радиальной стенке защищен от плавающего мусора решеткой.

После установки гидроподъемника с затвором на сооружении необходимо произвести регулировку и наладку проточной системы,

предварительно подготовив рабочие органы к работе и обеспечив их исходное положение:

- затвор нижней гранью опущен на порог сооружения;
- подвижная стенка задатчика уровня установлена на отметке заданного горизонта воды верхнего бьефа;
- поплавки фиксируются в крайнем положении, обеспечивающем минимальный ток воды через проточную систему в нижний бьеф.

Последнее требование предотвращает провисание тросов тяговой линии затвора за счет создания некоторого запаса свободного хода поплавка до дна емкости.

Условия стабильной работы гидроавтомата характеризуются (рис.2):

- величиной перепада в бьефах сооружения, т.е. разностью в отметках верхнего и нижнего бьефов;
- перепадом z_1 проточной системы;
- разностью z_2 уровней воды верхнего бьефа и проточной системы.

Перепад z_1 проточной системы складывается из трех величин:

z_1' - переменного перепада нечувствительности, т.е. перепада необходимого для преодоления механических потерь системы и гидродинамических усилий потока, зависящего от положения затвора в потоке;

z_1'' - перепада для создания усилий на перемещение поплавка и затвора;

z_1''' - перепада для преодоления гидравлических сопротивлений, возникающих при движении потока через щелевой водослив проточной системы.

Исходя из условия беспритрузочной работы системы регулировка затвора осуществляется натяжением троса с помощью ручного или электрического привода. Натяжение или ослабление троса обеспечивает переориентацию действующих сил на затвор.

Гидравлические исследования гидроавтомата выполнены на крупномасштабной установке.

Расход, подаваемый на модельную установку, замерялся с помощью трапецидального водослива шириной 200 см. Максимальный пропускаемый расход - 700 л/с. Запись горизонтов воды перед водосливом осуществлялась поплавковым самописцем "Валдай"; контроль за изменением горизонтов перед затвором и в нижнем бьефе сооружения (в поплавковой камере) - самописцами "Валдай" и электри-

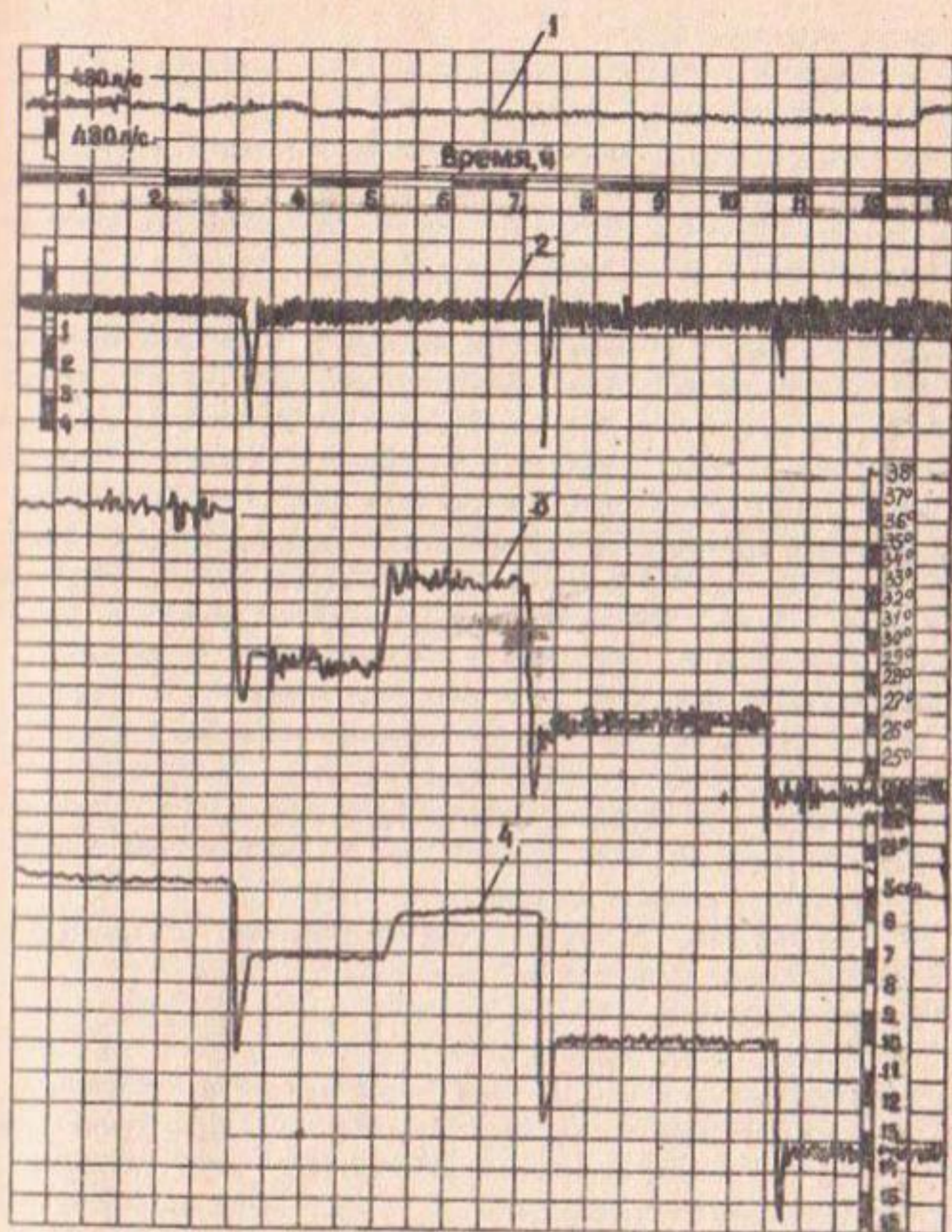


Рис.3. Диаграмма колебаний горизонтов воды верхнего и нижнего бьефов и изменения угла открытия затвора во времени:
 1- колебания подаваемого на модельную установку расхода;
 2- изменение уровня воды в верхнем бьефе; 3- изменение уровня воды в нижнем бьефе; 4- изменение угла открытия затвора

ческими самописцами Н-390.

Самопишущие поплавковые установки использовались для непрерывной записи уровней горизонтов воды в течение всего опыта (около 10 сут). Самописец верхнего бьефа установлен в 5 м от исследуемого гидроавтомата, а в нижнем бьефе — на расстоянии 10 м от него и в конце отводящего тракта модельной установки у перегородивающего сооружения.

Работа гидроавтомата с сегментным затвором проверялась для вариантов с боковым резиновым уплотнением на затворе и без него. По каждому варианту выполнены продолжительные циклы исследований, которые подтвердили надежность, работоспособность, простоту эксплуатации и наладки, возможность применения подобных конструкций при предельно малых перепадах в бьефах сооружения. На рис. 3 приведена диаграмма работы гидроавтомата с универсальным гидроприводом и резиновыми боковыми уплотнителями на сегментном затворе. На ней показаны изменения горизонтов воды перед трапецидальным водосливом, горизонтов воды в верхнем бьефе модельной установки, угла открытия затвора α , горизонтов воды в нижнем бьефе — в начале и конце отводящего тракта.

Анализ диаграммы позволяет констатировать следующее:

- на модельную установку в течение 13-часового периода исследований подавался расход равный $0,49 \text{ м}^3/\text{с}$; при этом колебания от заданного расхода не превышали 20–25 л/с, т.е. 5%;
- горизонты воды в верхнем бьефе исследуемого гидроавтомата изменялись от 0,6 до 1,5 см;
- колебания уровня воды в нижнем бьефе не превышали 1 см;
- принудительное понижение или повышение горизонтов воды как в нижнем, так и в верхнем бьефе вызывали резкое изменение угла открытия затвора и колебание уровня воды в противоположном бьефе. Например, в случае понижения горизонтов воды в нижнем бьефе наблюдалось снижение уровня в верхнем бьефе на 4–5,5 см от заданного. Стабилизация его происходила через 10–15 мин;
- минимальный перепад, обеспечивающий устойчивую работу гидроавтомата, — 5 см.

Проведенные исследования рекомендуемого гидроавтомата показали надежность, простоту эксплуатации и наладки, достаточную точность регулирования горизонтов воды в бьефах и возможность использования этой конструкции на оросительных системах с малыми уклонами местности.

УДК 624:626

В.К.Архангельский, руковод. группы

В.С.Попов, нач. отд.

(Среднегипроводхлопок)

ИСПЫТАНИЕ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВИНТОВ ПОДЪЕМНИКОВ ДЛЯ ЗАТВОРОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Водозаборные, водораспределительные и подпорные сооружения на ирригационных каналах оснащаются, как правило, типовыми плоскими затворами с электрическими или ручными винтовыми подъемниками грузоподъемностью от 0,5 до 20 т. Металлоемкость винтового подъемника, в зависимости от грузоподъемности, изменяется от 27 до 568 кг, причем на долю винта приходится соответственно 20,7+263 кг. Ежегодная потребность отрасли в винтовых подъемниках, по данным Минводхоза СССР, — более 150 тыс. шт., а расход металла, с учетом отходов при обработке, превышает 70 тыс. т. Направление на бережное и рациональное расходование металла производства является особые требования к проектно-конструкторским и металлообрабатывающим предприятиям. Девиз "от стали высшего качества и прокату по заказам с государственным знаком качества" должен стать основополагающим в проектных и научно-исследовательских проработках. Этим мы и руководствовались при выполнении стандартных исследований винтовых подъемников.

Имеющиеся знания в области физики твердого тела, большое количество теоретических разработок по расчету отдельных узлов и деталей машины не позволяют при проектировании подъемников, с учетом особых условий их длительной эксплуатации, рассчитывать прочность деталей в соответствии с их действительными параметрами.

Накопленный опыт проектирования винтовых электрических и ручных подъемников с учетом требований надежности в эксплуатации, долговечности их и экономного расходования металла выявил необходимость проведения экспериментов для решения ряда задач, выполнение которых невозможно без специального стандарта для исследования винтовых подъемников. С 1960 г. в институте "Среднегипроводхлопок" начали работы по созданию экспериментального стандарта для испытания электрических и ручных подъемников грузоподъемностью до 20 т, на котором предполагалось, в соответствии

с основными критериями работоспособности и надежности, испытывать их на точность, потери на трение, прочность и жесткость, износостойкость. В 1982 г. была разработана конструкция, изготовлен и смонтирован стенд, который позволяет проводить кратковременные испытания с фиксацией состояния исследуемого объекта в данный момент, а также длительные испытания, позволяющие проследить за изменением состояния объекта во времени.

Основа стенда рама I (рис. I) закреплена на железобетонных тумбах-фундаментах анкерными болтами. В нижней части рамы, между стойками, вертикально установлены и закреплены два гидроцилиндра 2, каждый из которых имеет поршень и шток с проушиной. Поршень делит полость гидроцилиндра на две части. Выход из обеих полостей расположен в крайних верхней и нижней частях стенок цилиндра. Верхние и нижние полости гидроцилиндров попарно объединены трубопроводами, поэтому заполнение и опорожнение полостей обоих цилиндров осуществляется одновременно, если в верхней полости образуется давление, то в нижней - вакуум и наоборот. Подача масла в полости гидроцилиндров из бака 7 и опорожнение их в бак 7 осуществляется по двум трубопроводам: масляной системе, одна из которых напорная, другая - безнапорная. Напорная масляная система оборудована успокоительным цилиндром 3 с манометром 4 для измерения давления масла в напорной части и двумя клапанами 5, через которые выталкиваемое из гидроцилиндров масло нагнетается в бак 7, проходя при этом через дроссели 6. Дроссель выполняет две функции: гасителя и регулятора давления. Он представляет герметически закрытый с обеих сторон крышками цилиндр 8 с перегородкой 9, делящей полость на два отсека - А и Б. В крышке 10 предусмотрено по центру отверстие с сальниковым уплотнением и винтовой нарезкой для штока II с конусом, а в перегородке 9 - конусное отверстие. Наружный конец штока оборудован рукояткой, вращение которой вызывает перемещение штока и, как следствие, изменение площади кольцевого отверстия в перегородке. Для гашения избыточного давления масла объем полости Б делится трубчатой перегородкой на две части - Б и Б₁. В трубчатой перегородке просверлены мелкие отверстия, расположенные по периметру, через которые масло из полости Б₁ перетекает в полость Б, дополнительно увеличивая таким образом перепад давлений. Принятая конструкция дросселя позволяет регулировать давление в широком диапазоне: от I до 160 кг/см². Через систему дросселей масло под напором пропускается как из

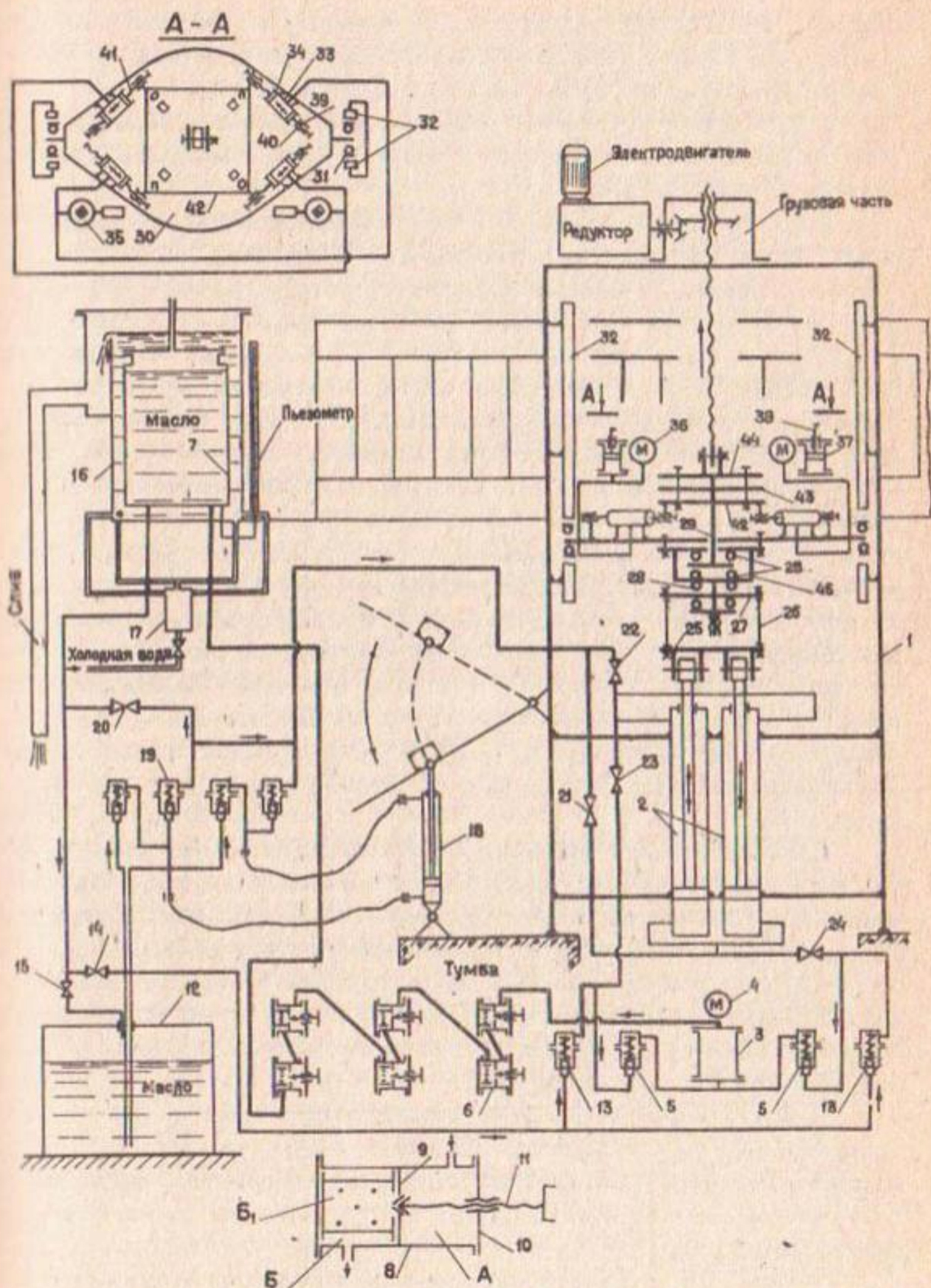


Рис. I. Кинематическая схема испытательного стенда

верхней, так и из нижней полости гидроцилиндров. Полости А и Б имеют отверстия в боковых стенках цилиндра со штуцерами. Соединение дросселей последовательное: полость А последующего дросселя соединена с полостью Б предыдущего. Движение масла при этом осуществляется только в одну сторону, независимо от направления движения поршней.

Масло из бака 7 поступает в напорный трубопровод, оборудованный двумя всасывающими клапанами I3 и вентилями I4 и I5. Бак 7 размещается на ограждении служебной площадки, окаймляющей со всех сторон верхнюю часть рамы. Служебная площадка обеспечивает: доступ к углам подъемника и бакам 7 и I6, а также оперативное обслуживание испытываемого подъемника и замену его подъемником аналогичным или другой грузоподъемности. Такое расположение бака 7 обеспечивает принудительное залуживание системы и полостей гидроцилиндров маслом даже при длительной остановке стелца. Для охлаждения масла бак 7 помещен в бак I6 с проточной водой. Холодная вода через распределитель I7 поступает в бак I6 снизу, а теплая вода верхних слоев перемещается через край левой стенки наружного бака и отводится через слив в охладитель. Пополнение запасов масла в баке 7 производится ручным поршневым насосом двухстороннего действия I8 с четырьмя клапанами I9 (два всасывающих и два нагнетающих). При перекрытом вентиле I5 масло с помощью ручного насоса I8 из бака I2 перекачивается в бак 7. Для опорожнения бака 7 необходимо, перекрыв вентиль I4, открыть вентиль I5.

Движение штоков с поршнями в гидроцилиндрах обеспечивается вентем испытываемого подъемника и масляным насосом I8. С этой целью перекрывает вентиль 20 и, если требуется перемещать шток с поршнем вниз, закачивает масло в верхнюю полость гидроцилиндров 2, для чего закрывают вентили 21 и 23 и открывают вентили 22 и 24. Если требуется перемещать шток с поршнем вверх, закачивает масло в нижнюю полость гидроцилиндров 2, для чего закрывают вентили 22 и 24 и открывают вентили 21 и 23.

Хвостовик вентя соединен с пружинными штоками через специальное устройство, позволяющее определять скручиваемый момент, параметры которого вообще зависят от тягового усилия, развиваемого вентем. Последнее обеспечивается противодействием масла на поршни гидроцилиндров.

Специальное устройство включает: пружинные штоки, которые объединяются круглой тарелкой 25 с шестью стойками 26, на кото-

рых закреплен фланец 27. Хвостовик чашки 44 с винтовой нарезкой на конце на упорных однорядных шарикоподшипниках 28, примыкающих с обеих сторон к фланцу, удерживается гайкой. Во внутренней полости чашки 45 размещено два одноупорных шарикоподшипника 28, которые удерживают полуось 29. На чашке закреплен стальной лист 30 с округленными боками (см. рис. I, А-А). По бокам его закреплены полуоси с катками на шарикоподшипниках 31.

Катки расположены между вертикально установленными направляющими 32 (см. рис. I, А-А), жестко прикрепленными к стойкам рамы. Зазоры между наружной поверхностью катка и направляющими не превышают 5 мм.

На листе 29 установлены четыре гидроцилиндра 33 от тормозной системы автомобиля ГАЗ-52. В каждом тормозном цилиндре два поршня 34 с резиновыми манжетами, прилегающими к поршням с внутренней стороны. Между ними — стальная пружина. Внутренние полости диагонально расположенных тормозных гидроцилиндров трубками объединяются с заправочным цилиндром 35, имеющим манометр 36. К одному заправочному цилиндру 35 подключены два тормозных гидроцилиндра 33. Гидроцилиндр включает поршень 37 с резиновой манжетой и шток 38 с винтовой нарезкой, имеющий сквозное отверстие для заливки в цилиндр тормозной жидкости; верхний конец штока выпущен через крышку цилиндра наружу. Поршни 34 тормозных гидроцилиндров 33 с одной стороны удерживаются винтом 39, гайка 40 которого прикреплена к поверхности стального листа 30, с другой стороны в поршень упираются винтовые упоры 41 по углам квадратной пластины 42. Квадратная пластина с отверстием по центру надета на полуось 29, имеющую на верхнем конце винтовую нарезку, на которую навинчиваются две квадратные пластины — 43 и 44. Верхняя пластина снабжена замковым устройством для крепления хвостовика винта подъемника. Все три пластины объединяются болтами и составляют единое целое с винтом подъемника. При подъеме нагруженного винта под действием крутящего момента, возникающего в результате трения между винтами резьбы, на поршни тормозных гидроцилиндров давят винты по углам II квадратной пластины 42. При опускании винта на поршни гидроцилиндров давят винты по углам O. Крутящий момент при опускании винта меньше, чем при подъеме.

Гайка подъемного винта через систему шестерен вращается электродвигателем. Электрическая схема управления электродвигателем, представленная на рис. 2, предусматривает пуск и останов-

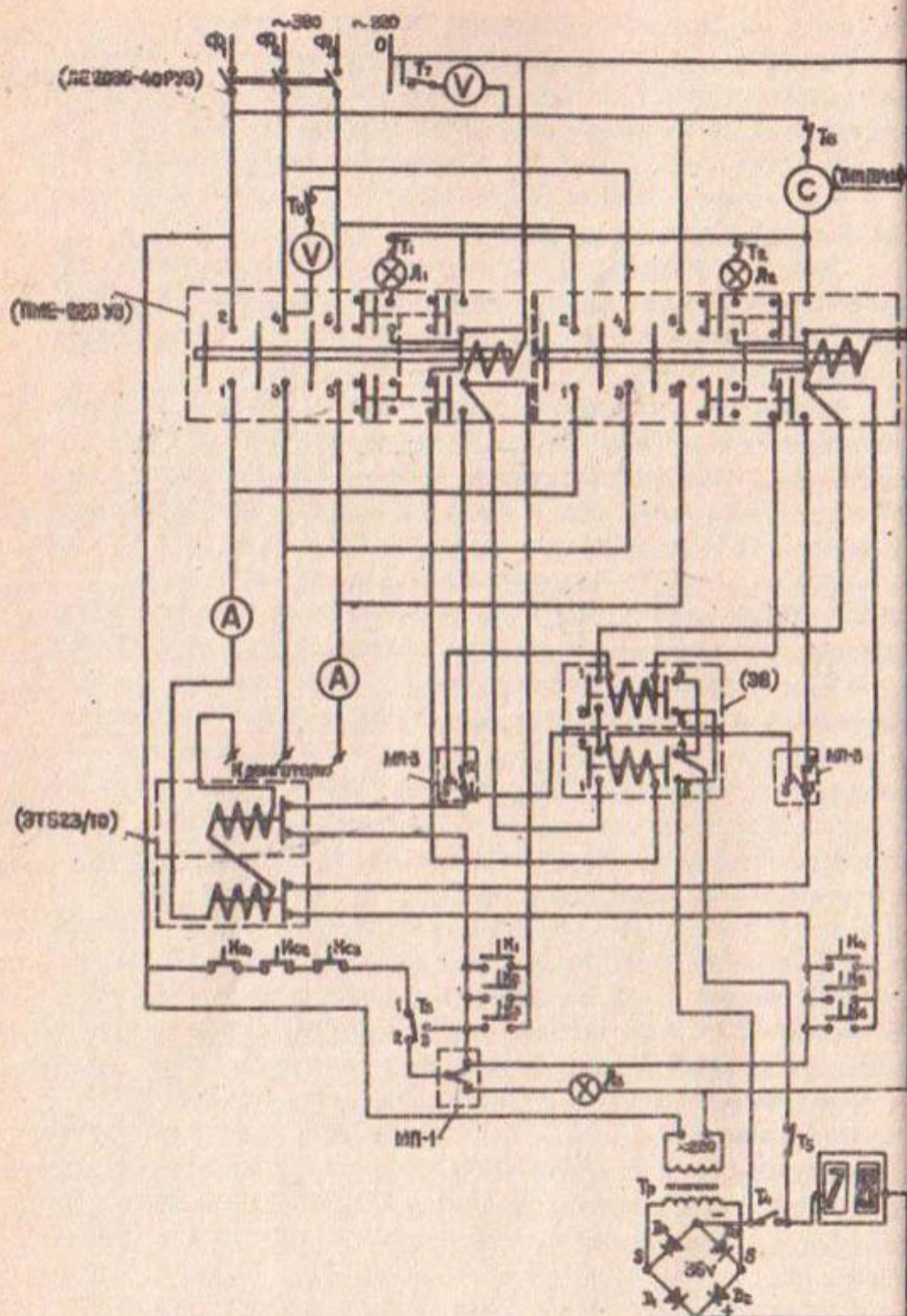


Рис. 2. Электрическая схема управления электродвигателями испытательного стенда

ку ручным нажатием кнопок K_{c1} , K_1 , K_4 , расположенных в шкафу, кнопок K_{c2} , K_2 , K_5 , размещенных снаружи, и кнопок K_{c3} , K_3 , K_6 - на раме около подъемника, а также автоматически с помощью двух микропереключателей МП-3, установленных на направляющих рамы I - один сверху, другой снизу. Предусмотрена возможность независимого ручного перемещения МП-3 вдоль направляющих для обеспечения необходимой высоты хода винта. Наибольший его ход не превышает 1000 мм, наименьший - 3 мм. Движение винта вниз и вверх обозначается на табло поочередно загоравшимися лампочками L_1 и L_2 . Загорание верхней лампочки L_1 обозначает, что винт движется вверх, а загорание нижней лампочки L_2 - вниз. Для включения и выключения лампочек предусмотрены выключатели T_1 и T_2 .

Подъемник оборудован грузовым реле, автоматически останавливающим электродвигатель при перегрузках, которые возникают в основном при дожиме "затвора" на порог. Грузовое реле состоит из набора тарельчатых пружин и микропереключателя МП-I. Нажатие на кнопку МП-I и остановка электродвигателя происходит при определенном сжатии тарелок. Величина сжатия полностью зависит от дожимного усилия. Обычно в подъемниках усилие дожима соответствует грузоподъемности подъемника и не может превышать ее. Настройка грузового реле на меньшее усилие легко осуществляется регулировочным винтом, конец которого располагается напротив кнопки МП-I. Об остановке двигателя при перегрузках сигнализирует загоревшаяся контрольная лампочка L_3 . Последующее включение электродвигателя возможно только после замыкания контактов I и 3 переключателя T_3 .

Для выполнения манипуляций по ручному и автоматическому управлению электродвигателем схема оснащена следующими приборами управления:

- автомат ЛЕ 2036-40РУЗ предназначен для подачи напряжения на щит управления и автоматического прекращения подачи напряжения при перегрузках в сети электродвигателя;
- блок ПМЕ-223УЗ с двумя магнитными пускателями ПМЕ-2II для реверсивного вращения ротора электродвигателя с механической блокировкой одновременного включения;
- два токовых реле типа ЭТ523/10 осуществляют защиту обмотки двигателя от перегрузок. Реле включаются параллельно в фазу Φ_1 ;
- два реле времени типа ЗВ предназначены для автоматичес-

кого включения электродвигателя с 20-секундной задержкой замыкания контактов и подачи напряжения на катушку магнитного пускателя. За столь короткий промежуток понижается давление масла в напорной полости гидроцилиндра и полностью заполняется маслом вакуумное пространство другой полости. Подача напряжения на катушку реле выполняется нажатием на кнопку микропереключателя МП-3 кулачком, который закреплен на винте. Кулачок движется вместе с винтом и, дойдя до кнопки микропереключателя, неподвижно закрепленного на направляющей, нажимает на нее и размыкает контакты, прекращая подачу энергии на катушку магнитного пускателя ПМЕ-2II. Одновременно через контакты I и 3 подается напряжение на катушку реле времени.

По истечении 20с автоматически замыкаются постоянно разомкнутые контакты I и 2, переключая напряжение на вторую катушку магнитного пускателя, которая втягивает сердечник и замыкает контакты I+6. Таким образом напряжение подается на обмотку статора двигателя, вызывая вращение ротора в направлении, противоположном вращению, до остановки и соответствующее перемещение винта в противоположном направлении. Движение винта от одного микропереключателя до другого фиксируется специальным цифровым счетчиком.

В конце опыта, зная высоту хода винта и число циклов, подсчитывается расстояние, пройденное винтом, количество пусков и остановок электродвигателя. Цифровой счетчик имеет автономную кнопку T_4 принудительного счета, позволяющую изменять цифры на табло при остановленном электродвигателе, и общий выключатель счетчика T_5 .

Секундомер типа Ш4М в электрической схеме фиксирует время хода винта, что дает возможность определять скорость его подъема и опускания. Секундомер оснащен выключателем T_6 . Кроме приборов контроля и управления, в схеме предусмотрены измерительные приборы:

- два амперметра на 10 А каждый для одновременного измерения потребляемого тока по фазам;
- два вольтметра: один для измерения напряжения в сети электродвигателя на 500 В, другой для измерения напряжения в сети управления на 250 В.

Гидравлическая и электрическая схемы стенда испытания винтовых электрических и ручных подъемников универсальны и удобны

в управлении.

Используя возможности стенда, на первом этапе проведены испытания винтов типовых электрических подъемников различной грузоподъемности. Винты, в зависимости от грузоподъемности, изготавливаются из круглых металлических стержней диаметром 40–90 мм и длиной 2350–5100 мм. Такие стержни обладают большим запасом прочности на растяжение и предельной устойчивостью на сжатие. При проектировании расчет винтов выполняют по допускаемым напряжениям. Для стали Ст.45, из которой изготавливают винты типовых подъемников, допускаемое напряжение на сжатие и растяжение принимают не более 2000 кгс/см^2 . Фактические нагрузки, растягивающие винты, в зависимости от площади их поперечного сечения для различных грузоподъемностей, имеют значения от 58,5 до 430 кгс/см^2 , что меньше допустимых в 4,65–34 раза. Например, для винта грузоподъемностью I т достаточно сечение $0,5 \text{ см}^2$, т.е. диаметр винта 8 мм. Винт такого сечения при высоте 2900 мм не выдержит и 20 кгс. Чтобы он не гнулся под действием номинальной сжимающей силы в I тс, необходимо площадь поперечного сечения увеличить в 20–25 раз. Масса винта при этом в среднем равна 44% от общей массы подъемника, а в процентном отношении к грузоподъемности колеблется от 1,3 до 5% (табл. I). Причем, в нагруженных

Таблица I

Весовые параметры подъемников

Тип подъемника	Рабочая длина винта, мм	Внутренний диаметр винта, мм	Масса подъемника с винтом, кг	Масса винта		
				кг	% от грузоподъемности	% от массы подъемника
0,5 В	2350	33	27	20,7	4,14	76,6
1 В	2900	41	56	42,3	4,23	75,5
2,5 В	3600	51	123	77,4	3,1	63
5 В	4200	59	225	138,6	2,77	62
10 В	4900	69	349	163	1,83	52,4
1,3 В	2930	41	119	42,6	4,2	35,8
2,53 В	3650	51	159	82,4	3,3	51,8
5 3В	4200	61	291	123	2,5	42,3
10 3В	4900	69	422	187	1,9	44,3
20 3В	5500	77	568	263	1,3	46,3

винтах, когда нагрузка на винт гайкой по периметру резьбы передается равномерно, наибольшие напряжения от прогиба испытывают наружные слои тела винта, а сердцевина почти не испытывает влияния

от прогиба. В силу сказанного можно сделать вывод о целесообразности применения полых винтов. Правильность такого решения подтверждают предварительные теоретические расчеты. Полые конструкции, снижая металлоемкость винтов, делают сечение более устойчивым к сжимающим нагрузкам, о чем свидетельствует анализ результатов расчетов (табл.2), выполненных по формуле приведенной гибкости, представленной в виде:

$$\lambda = \frac{\nu \ell}{i},$$

где ν — коэффициент, характеризующий условия закрепления концов винта, равен 0,7; ℓ — расчетная длина винта, см; i — радиус инерции тела винта, см.

В приведенной формуле величины ν и ℓ имеют одинаковые значения как для сплошных, так и для полых винтов, переменной является радиус инерции i , значение которого всецело зависит в первом случае от внутреннего диаметра резьбы:

$$i_e = \sqrt{\frac{J}{F}} = \frac{1}{4} d_s,$$

во втором случае — от внутреннего диаметра резьбы и от диаметра полости:

$$i_n = \sqrt{\frac{J}{F}} = \frac{1}{4} \sqrt{d_s^2 + d_p^2},$$

где d_s — внутренний диаметр резьбы; d_p — диаметр полости винта.

Отношение радиусов инерции сплошных и полых винтов можно представить в виде неравенства $d_s < \sqrt{d_s^2 + d_p^2}$, с помощью которого устанавливаем, что $i_e < i_n$. Отсюда: значение i_n в формуле приведенной гибкости численно уменьшит λ , благодаря чему повысится устойчивость стержня на сжатие.

На стенде выполнена экспериментальная проверка сделанных выводов. С этой целью на нем было установлено специальное устройство для испытания стержней сжимающими усилиями (рис.3).

Учитывая, что высота стенда позволяет испытывать стержни длиной до 1500 мм, экспериментальная проверка на гибкость укороченных винтов тех диаметров, которые приняты в типовых проектах, невозможна из-за ограниченной грузоподъемности стенда. Моделирование габаритов существующих винтов требует большого количества сплошных и полых образцов различных диаметров, что также связано

Расчетные характеристики подземников

Тип подземника	Расчетная длина винта, мм	Резьба		Труба по ГОСТу 8732-78		Глубина		Напряжение сжатия (σ), кгс/см ²		Масса винта		Экономия металла на полый винт, %
		сплошного винта трапецеидального	полого винта трапецеидального	наружный диаметр, мм	толщина стенки, мм	сплошного сечения	полого сечения	сплошного сечения	полого сечения	сплошного сечения, кг	полого сечения, кг	
0,5 В	2350	40х(2х6)	41х(2х6)	45	8	199,4	166	443	605	20,7	10,9	47,3
1 В	2900	50х(2х8)	53х(2х8)	57	13	198	157	565	605	42,3	29,8	29,5
2,5 В	3600	60х(2х8)	66х(2х8)	70	13	198	156	914	1113	77,4	41,4	48,48
5 В	4200	70х(2х10)	72х(2х10)	76	19	199	175	1386	1554	138,6	78,12	36,13
10 В	4900	80х(2х10)	91х(2х10)	95	24	199	151	2027	1330	183	154,8	17,22
13 В	2930	50х(2х8)	53х(2х8)	57	13	199	157	574	605	42,6	25,8	39,41
2,53 В	3650	60х(2х8)	66х(2х8)	70	13	198	156	914	1131	82,4	41,9	49,16
53 В	4200	70х(2х8)	72х(2х8)	76	19	198	169	1278	1400	123	76,9	37,48
103 В	4900	80х(2х10)	91х(2х10)	95	24	199	151	2025	1329	187	154,8	17,22
203 В	5500	90х(2х12)	110х(2х12)	114	28	185	136	2688	1596	293	250	14,68

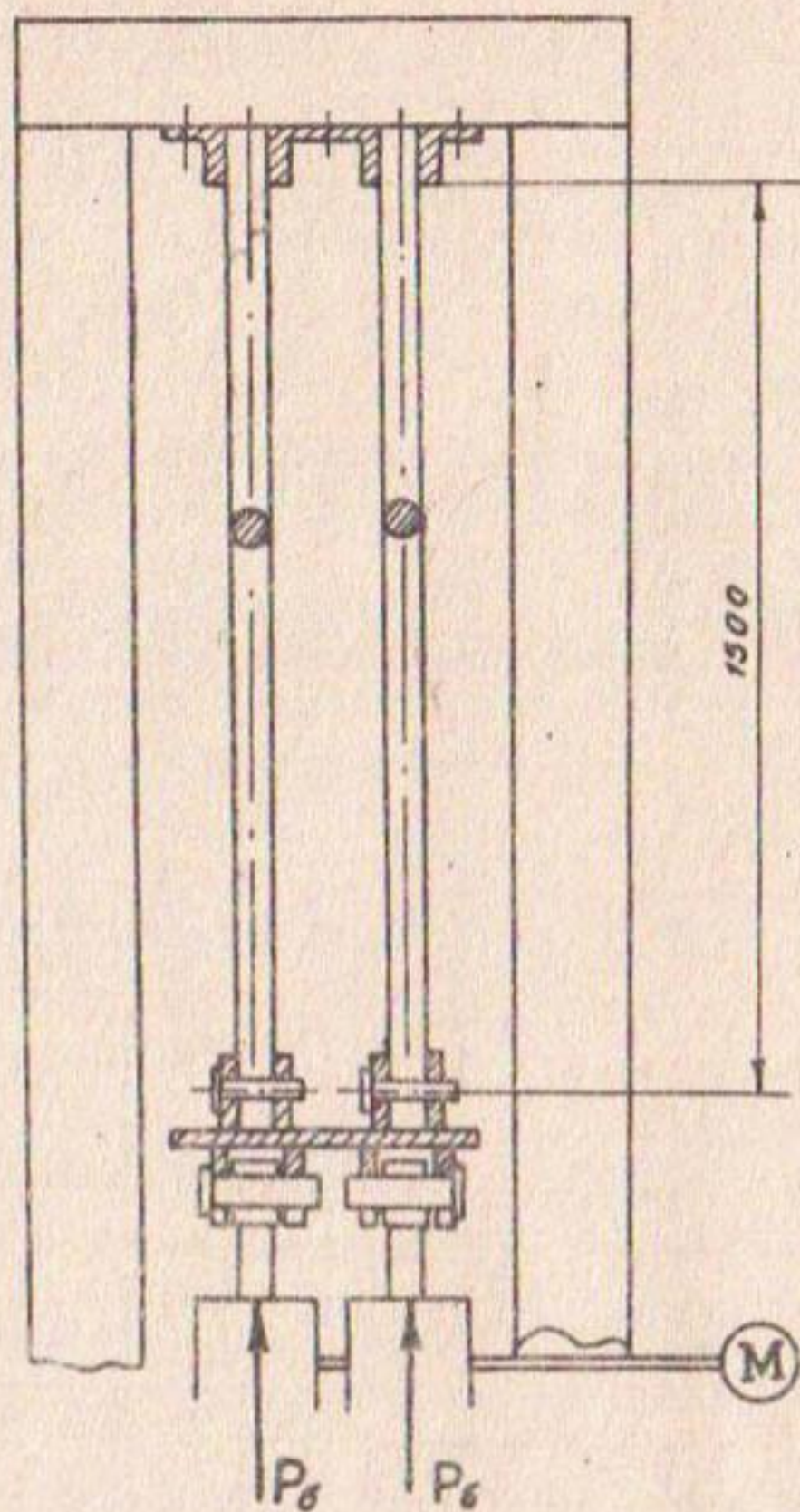


Рис.3. Схема закрепления стержней
на испытательном стенде

с определенными трудностями. Поэтому было принято решение испытывать сплошные и полые образцы имеющегося в наличии трубчатого и круглого проката, не обрабатывая их наружной поверхности. Испытания проводились на стержнях диаметром 30 мм и трубах диаметром 30 мм с толщиной стенок 6 мм, что вполне достаточно для оценки получаемых критических сжимающих нагрузок.

Параметры установки для испытания образцов на сжатие приведены на рис. 3. Закрепление испытываемых стержней аналогично закреплению винтов подъемников, а следовательно, условия передачи сжимающих нагрузок также аналогичны условиям сжатия винтов.

Вначале опытам на сжатие подверглись образцы сплошного сечения. На трех парах образцов получены следующие результаты:

$P_{кр(с)} \approx 7175$ кгс; $P_{кр(с)} \approx 6950$ кгс; $P_{кр(с)} \approx 7062$ кгс, где $P_{кр(с)}$ — критическая сжимающая нагрузка. По данным опытов вычислено среднее значение критической сжимающей силы:

$$P_{кр(с)} = \frac{\sum P_{кр(с)}}{n} \approx \frac{7175 + 6950 + 7062}{3} \approx 7062 \text{ кгс},$$

где n — число опытов.

Для сравнения дальше приведен расчет $P_{кр(с)}$ для образцов сплошного сечения $d = 30$ мм по формулам.

Порядок расчета

- Находится радиус инерции $i = \frac{1}{4}d = \frac{1}{4} \cdot 30 = 0,75$ см.
- Определяется площадь сечения $F = 0,785 d^2 = 0,785 \cdot 3^2 = 7,065 \text{ см}^2$.
- Принимаются: коэффициент условия закрепления концов образца 0,7; длина образца 150 см.
- Определяется гибкость $\lambda = \frac{0,7 \cdot 150}{0,75} = 140$ и вычисляется критическая сила:

$$P_{кр(с)} = \frac{\pi^2 EF}{\lambda^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2100000 \cdot 7,065}{140^2} = 7462 \text{ кгс},$$

где $\pi = 3,14$; E — модуль упругости материала, равен 2100000 кгс/см^2 . Расхождение опытных данных с расчетными составляет $\approx 5,5\%$.

Такие же опыты проводились на нескольких парах образцов труб. Из общего количества проведенных опытов внимания заслуживают только четыре: $P_{кр(п)} \approx 6158$ кгс; $P_{кр(п)} \approx 6102$ кгс; $P_{кр(п)} \approx 6102$ кгс; $P_{кр(п)} \approx 6058$ кгс. Среднее значение критичес-

кой силы:

$$P_{кр(п)} \approx \frac{6158 + 6102 + 6102 + 6058}{4} \approx 6105 \text{ кгс.}$$

Расчет $P_{кр(п)}$ образцов полого сечения выполняется так же, как и для образцов сплошного сечения.

$$\text{Радиус инерции } i = \frac{1}{4} \sqrt{d_n^2 + d_s^2} = \frac{1}{4} \sqrt{3^2 + 1,8^2} = 0,875 \text{ см.}$$

$$\text{Площадь сечения } F = 0,785(d_n^2 - d_s^2) = 0,785(3^2 - 1,8^2) = 4,52 \text{ см}^2.$$

Коэффициент условия закрепления концов образца $\nu = 0,7$.
Длина образца $l = 150$ см. Гибкость $\lambda = \frac{0,7 \cdot 150}{0,875} = 120$. Критическая сила:

$$P_{кр(п)} = \frac{\pi^2 EF}{\lambda^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2100000 \cdot 4,52}{120^2} \approx 6499 \text{ кгс.}$$

Расхождение опытных данных с расчетными около 6%. Процентная разница в нагрузках сплошного и полого образцов находится так: за 100% принимается $P_{кр(с)}$, равное 7062 кгс, тогда $P_{кр(п)} = 6105$ кгс составит 86,45%. Разница в нагрузках 13,55%. Процентная же разница в массе сплошного и полого образцов составила 36%.

Если принять трубчатый образец, площадь сечения которого соответствует площади сечения сплошного образца диаметром 30 мм, получим трубчатый стержень с наружным диаметром 40 мм и толщиной стенки 6,5 мм, расчетная критическая сжимающая нагрузка которого 17917 кгс, что в 2,5 раза превышает значение этой нагрузки для сплошного сечения диаметром 30 мм, т.е. применение стержня полого сечения с той же металлоемкостью, что и сплошной, позволяет увеличить его устойчивость более чем в 2,5 раза.

Из вышеизложенного можно сделать вывод:

- стенд для испытания винтовых подъемников при сравнительно конструктивной простоте позволяет экспериментально решить широкий круг вопросов, связанных с испытанием винтов на прочность, грузовых ограничителей на износостойкость и упругость, с определением долговечности и надежности узлов и деталей подъемников;
- предварительные испытания винтовых подъемников позволили наметить новое направление в конструировании с использованием полых винтов. Полые конструкции позволяют расширить область применения подъемников за счет удлинения винтов и значительно уменьшить металлоемкость.

УДК 626.83:626.860.4

Г.В. Шахворостов, гл. спец.

(Среднеазиатский гидропроектинститут)

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ВОРОНКООБРАЗОВАНИЯ В ВОДОПРИЕМНИКАХ МЕЛИОРАТИВНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Водозабор всасывающими трубами насосных станций часто сопровождается самопроизвольным образованием в водном потоке перед ними поверхностных вихревых воронок, засасывающих воздух и плавающие тела. Это существенно снижает эксплуатационные показатели, надежность насосов и не должно допускаться [1]. Ухудшение работы насосов происходит вследствие обусловленного воронкообразованием: проникновения засасываемого воздуха и тел в насос; нерасчетного характера потока на входе в насос (неблагоприятная закрутка, нестационарные условия движения и проч.); повышения потерь напора в водозаборных устройствах водоприемника — и выражается в уменьшении подачи и КПД насосов, повышении потребляемой ими мощности, ухудшении акустических и вибрационных характеристик насосов.

Гидротехника на сегодня располагает рядом предложений по методам ликвидации этого явления и способам практического их использования в водозаборных и водопропускных сооружениях [2]—[4] и др. Однако применительно к водоприемникам крупных и средних мелиоративных насосных станций из их числа пока не выделены приемлемые решения, которые учитывали бы разнообразие используемых конструкций водоприемных сооружений, специфические особенности их работы и требования эксплуатации. И потому не представлялось возможным на стадии проектирования подобных станций успешно решать проблему предупреждения в них воронкообразования.

С целью устранения этого пробела мы проанализировали известные предложения на указанный случай, осуществили выбор наиболее целесообразных способов предотвращения поверхностных вихревых воронок в водоприемниках насосных станций упомянутой категории, выполнили необходимые гидравлические их исследования и разработали рекомендации по применению. Для этого были изучены: существующие воззрения на процесс образования и развития вихревых воронок и на причины их появления; применяемые конструкции водоприемников и вероятные источники воронкообразования в них; имеющиеся предложения по борьбе с указанным явлением и реализуемые в них идеи.

Основные результаты проведенной последовательной работы на-

лагаются ниже.

Ознакомление с применяемыми в настоящее время конструкциями водоприемников рассматриваемых насосных станций позволило отметить следующее. Они камерного типа и осуществляют горизонтальный водозабор во всасывающие трубы насосов. Перед входом в каждую всасывающую трубу проектируется водозаборная камера. Последние разделяются между собой бичками, длина которых определяет длину камер. В бичках устраиваются пазы для размещения сорозащитных решеток, сорочистных механизмов, шандорных заграждений и аварийно-ремонтных затворов. В зависимости от принятого состава и компоновки механического оборудования водозаборных устройств длина камер на станциях назначается различной. Последнее обстоятельство, как показали исследования, обуславливает особенности образования вихревых воронок в сооружениях, а с этим и отличия в организации их предупреждения. Упомянутые особенности состоят в следующем.

Воронкообразование связано с наличием в потоке, в непосредственной близости от входа во всасывающие трубы, вихревых областей (шнуров) с вертикальной осью вращения и расхождением из них жидкости, обусловленным водозабором. Причины образования вихревых областей вблизи водозаборных отверстий водоприемников неодинаковы и зависят от длины их камер.

Как показывают исследования, при водоприемниках бескамерных или с камерами малой длины образование вихревых областей связано с нарушением фронтального и равномерного по ширине подтекания струй к водозаборным пролетам сооружения. Оно может быть следствием неудовлетворительного формирования потока в аванкамере или работы водоприемника неполным фронтом, когда подходящий к действующим пролетам поток имеет косину и градиенты скоростей у отдельных его струй.

Воронкообразование возможно и при качественном подводе потока к водозаборным пролетам водоприемника. В этом случае оно возникает за счет накопления достаточного момента количества движения в потоке перед отверстием, обусловленного торможением напорной стенкой водоприемника части струй и неравномерностью входа их во всасывающую трубу.

При некачественном подводе потока вихревые области разной природы могут совмещаться, вследствие чего не исключено повышение интенсивности или устойчивости вращения в них жидкости, а с ним и увеличение опасности воронкообразования. Это следует учи-

тивать и при иных типах водоприемника. Характерно, что местонахождение вихревых воронок при рассматриваемом типе водоприемного сооружения находится вне водозаборных камер независимо от их длины.

У водоприемников с нормальной длиной камер образование вихревых областей связано с сжатием потока, поступающего в камеру, когда, вследствие обтекания им оголовков бычков сооружения, крайние струи отрываются от них. В зоне отрыва формируется вихревая область, которая, из-за близкого расположения от водозаборного отверстия всасывающей трубы, становится потенциальным центром образования вихревой воронки. Оголовки бычков в данном случае являются главным источником возможного воронкообразования.

В водоприемниках с относительно длинными камерами вихревые вихри, возникающие от сжатия входящего в камеру потока, далеко отстоят от входа во всасывающую трубу и потому не участвуют в воронкообразовании. В этом случае потенциальными центрами образования вихревых воронок являются вихревые зоны, образующиеся непосредственно перед напорной стенкой водоприемника. Их появление вообще связано с особенностями движения потока в водозаборной камере, вызванными наличием в конце ее напорной стенки. Последняя изменяет скоростную структуру потока по длине камеры из-за торможения напорной стенкой поверхностных струй. Вследствие неодинаковых скоростей струй по ширине камеры их торможение в поверхностных слоях приводит к обратному движению части струй и появлению вихревых зон перед стенкой. Из сказанного следует, что воронкообразование в таких водоприемниках можно считать следствием торможения поверхностных струй, подтекающих к водозаборному отверстию.

Указанные особенности дали основание предположить существование характерных длин водозаборных камер водоприемников, которым присущи индивидуальные источники воронкообразования, требующие разных способов ликвидации явления. С учетом этого водоприемные сооружения в результате выполненных исследований разделены на три типа:

- бескамерные (безбычковые), при $\frac{\ell_f}{b} < 0,2+0,25$, где ℓ_f - длина водозаборной камеры (бычков) и b - ширина камеры;
- с короткими камерами (бычками), при $0,2+0,25 < \frac{\ell_f}{b} < 1,2+1,7$;
- с длинными камерами (бычками), при $\frac{\ell_f}{b} > 1,2+1,7$.

Для каждого из них определен комплекс мер по недопущению об-

разования опасных вихревых воронок при водозаборе.

Независимо от применяемого типа водоприемника такими мерами прежде всего являются:

- нормализация движения потока в аванкамере. Осуществить это позволяет, например, реализация предложения из работы [5];
- повышение числа одновременно работающих насосов (или сокращение времени их бездействия), что достигается повышением в проектах и эксплуатации станций коэффициента использования оборудования.

Эти мероприятия направлены на обеспечение фронтального и равномерного подтекания струй к работающим пролетам водоприемника и рассматриваются как способствующие уменьшению опасности воронкообразования. Для обеспечения гарантий отсутствия вихревых воронок в сооружении необходимо применение, помимо указанных, также основных мер. Последние, в соответствии с проведенным выбором для разных типов водоприемников, делятся на две группы.

В основе мер первой группы лежит ограничение параметров водозабора входными отверстиями всасывающих труб насосов значениями, исключающими образование опасных воронок. К ним отнесены:

H - напор над порогом отверстия; v - средняя скорость входа потока в отверстие при максимальной производительности насоса; a и b - соответственно высота и ширина отверстия.

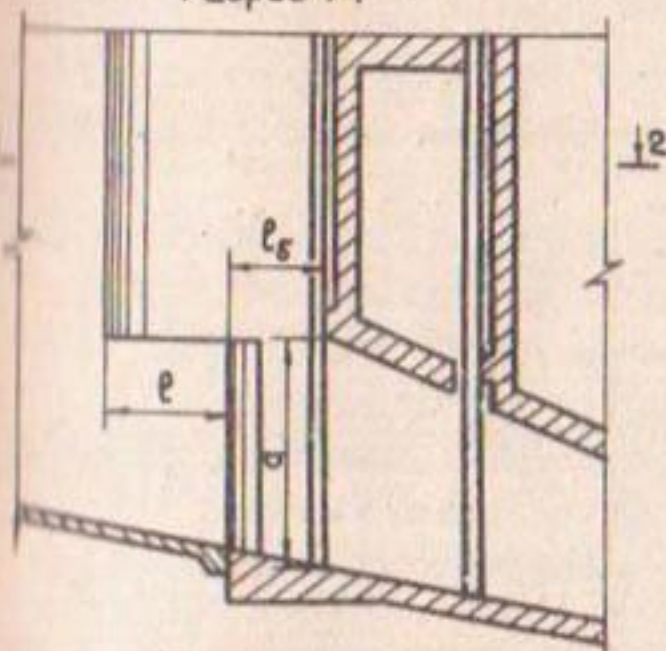
Эти меры предполагают нормированный выбор размеров, формы и заглубления под минимальный уровень воды входных отверстий всасывающих труб при обычном конструктивном исполнении элементов водоприемника. Они могут применяться при любом типе водоприемного сооружения.

Меры второй группы базируются на создании течений струй потока, разрушающих воронки, в зоне возможного их появления. Оно обеспечивается взаимодействием натекающего потока со специальными элементами, вводимыми в традиционную конструкцию водоприемника.

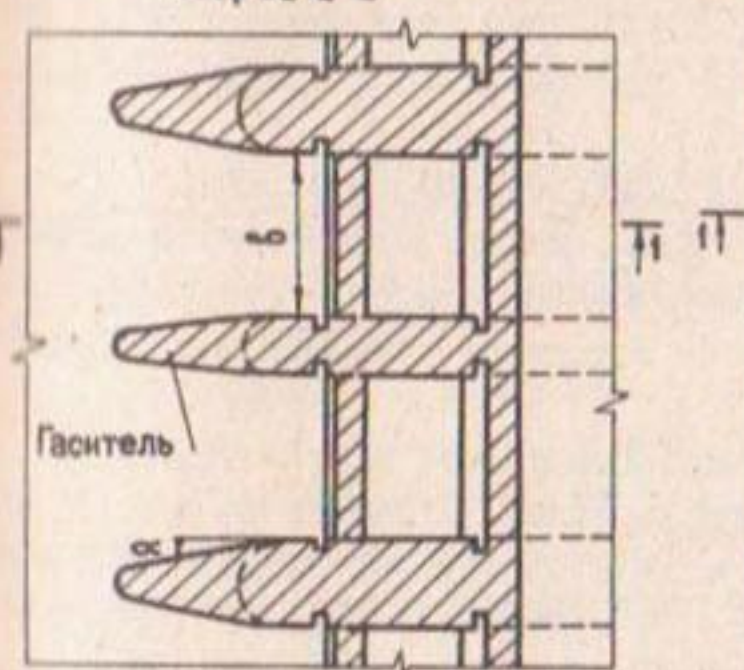
Указанные мероприятия могут быть применены только в водоприемниках с короткими и длинными камерами. Так, в водоприемниках с короткими камерами используется предложение [6], согласно которому обычная конструкция оголовков бычков сооружения дополняется устройством клиновидного выступа постоянной длины (рис.1) выше уровня потолка входного отверстия всасывающих труб.

В водоприемниках с длинными камерами применено устройство поперек камеры плоской вертикальной водосливной стенки [7], рас-

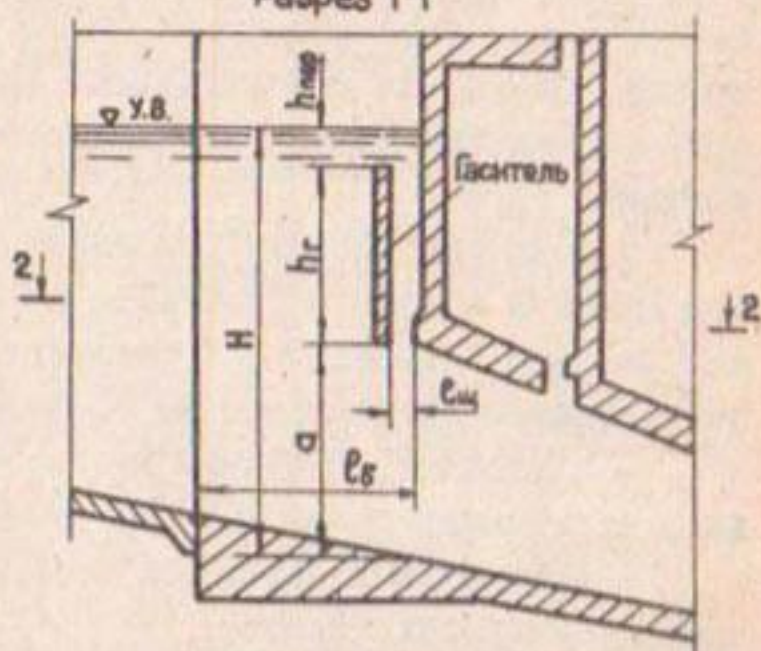
Разрез 1-1



Разрез 2-2



Разрез 1-1



Разрез 2-2

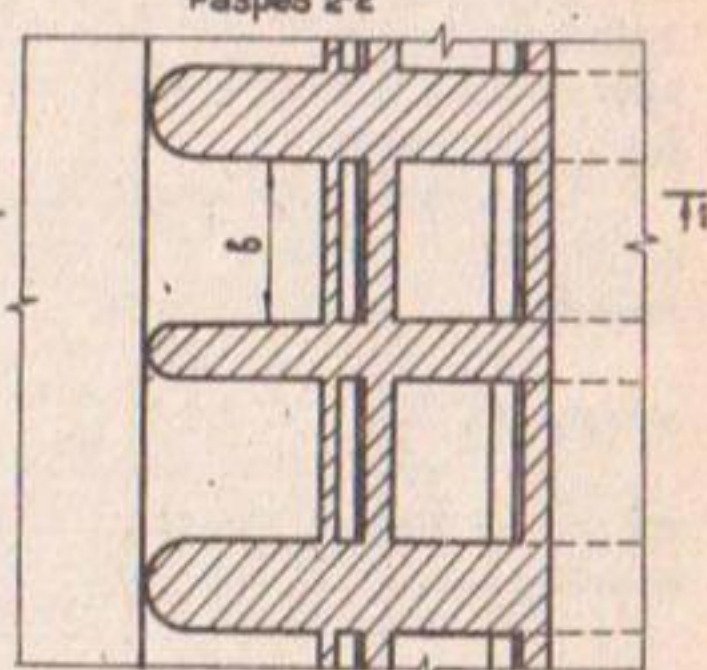


Рис.1. Схема устройства
гасителя воронок в водоприемниках
с короткими камерами

Рис.2. Схема устройства
гасителя воронок
в водоприемниках
с длинными камерами

полагающейся непосредственно перед входом во всасывающую трубу (за сорозащитными решетками) выше потолка водозаборного отверстия (рис.2).

Упомянутые дополнительные элементы конструкции водоприемника для краткости в дальнейшем именуются гасителями вихревых воронок или гасителями.

Оба указанных решения достаточно просты в конструктивном

отсосов, не препятствуют подходу плавающего сора к сорозащитным решеткам водоприемника, более эффективны, чем меры первой группы. Однако их положительный эффект ограничен соответствующими значениями параметров водозабора входными отверстиями всасывающих труб.

С целью разработки рекомендаций по применению основных мер недопущения воронкообразования в каждом из выделенных типов водоприемника в институте "Среднегидроводхлопок" в 1978-1980 гг. осуществлялись гидравлические исследования для определения:

- предельных значений длины водозаборных камер водоприемников, отвечающих предложенному делению последних на типы;
- оптимальных конструктивных и компоновочных параметров гаггелей вихревых воронок;
- предельных значений параметров водозабора входными отверстиями всасывающих труб отдельно по каждому типу водоприемника и применяемому в сооружении варианту основных мер недопущения воронкообразования;
- влияния соотношения сторон водозаборного отверстия, геометрического масштаба отверстия, длины водозаборной камеры водоприемника на степень опасности воронкообразования в сооружении;
- сравнительной эффективности вариантов основных мер предотвращения вихревых воронок.

Для решения этих вопросов использовались четыре самостоятельные модельные установки водоприемников, в каждой из которых имитировалось по одному водопропускному тракту. Последний включал: водозаборную камеру, входное отверстие всасывающей трубы и начальный ее участок ограниченной длины. Тракты водоприемников отличались размерами водозаборного отверстия всасывающей трубы (табл. I).

Таблица I

Характеристика водозаборных отверстий исследованных водоприемников

Номер модельной установки	Параметры отверстия			
	Высота a , см	Ширина b , см	Относительная ширина b/a	Гидравлический диаметр $d_r = \frac{2ab}{a+b}$, см
I	20	12,5	0,625	15,4
II	10	30	3	15
III	13,5	10	0,74	11,5
IV	18,5	13,7	0,74	15,8

Габариты водозаборных отверстий исследуемых водоприемников обеспечивали геометрическое подобие фактическим в крупнейших насосных станциях Средней Азии с масштабом на уровне 1:30–1:40 натурной величины.

Испытуемые конструкции водозаборных устройств трактов допускали возможность изменения длины водозаборной камеры путем замены бычков. При этом ширина камеры и водозаборного отверстия назначалась одинаковой.

Принятое высотное положение водозаборных отверстий у водоприемников позволяло производить исследования в широком диапазоне напоров воды над их порогом ($\frac{H}{a} < 2,1+4,2$).

Моделльные установки оборудовались пьезометрами в верхнем бьефе водоприемника (перед входом во всасывающую трубу) и мерными треугольными водосливами на отводах всасывающих труб. Отводы снабжались пандорными загораживаниями для осуществления во время исследований оперативного изменения напора воды перед водоприемником.

В целях исключения косо́го подтекания струй к исследуемому водопропускному тракту в верхнем бьефе водоприемных сооружений принимались искусственные меры по обеспечению фронтального подвода потока к его входу.

Гидравлические исследования осуществлялись поэтапно.

На первом этапе определению подлежали предельные значения длины водозаборных камер, которым отвечали следующие характерные местоположения вихревых воронок: вне камеры; в камере в вихревой зоне отрыва струй от поверхности оголовков бычков; в камере за пределами указанной зоны. Исследования проводились на модельных установках I, II и III при двух уровнях воды, близких к минимально и максимально возможным. Расходы по трактам назначались произвольными из расчета образования четко выраженных воронок. Эксперименты заключались в измерении расстояния от центра воронки до напорной стенки всасывающей трубы при переменной длине водозаборной камеры (ℓ_f): от 5 до 50 см с интервалом 5 см.

Анализ результатов измерений позволил для каждого типа водоприемника установить предельные значения относительной длины водозаборных камер. При практическом использовании этих данных необходимо учитывать их справедливость при $\frac{\delta}{a} < 1,5$. В случаях же, когда $\frac{\delta}{a} \geq 1,5$, следует считать $\delta = 1,5a$.

Определено и влияние соотношения сторон водозаборного отвер-

етия на граничные значения длины камер. Так, при широких отверстиях расширяются пределы, определяющие тип водоприемника с короткими камерами: $0,2 < \frac{\ell}{\delta} \leq 1,7$, при узких эти пределы сужаются: $0,25 < \frac{\ell}{\delta} \leq 1,2$. При квадратных отверстиях (или близких к ним) водоприемники с короткими камерами могут характеризоваться средними значениями приведенных пределов. Соответственно меняются предельные значения относительной длины камер у остальных типов водоприемников.

На втором этапе определялись оптимальные значения параметров гасителей вихревых воронок, применяемых в водоприемниках как с короткими, так и длинными камерами. Основным исследованием предшествовали поисковые опыты, ставившие целью раскрыть механизм борьбы с воронкообразованием, осуществляемой гасителями, и выявить роль каждого их параметра. Оптимальные значения последних применительно к водоприемникам с короткими камерами определялись на всех четырех моделях при постоянных расходах ($Q = 15; 18; 7,9$ и $7,3$ л/с соответственно порядковому номеру модели) и произвольных уровнях збдн, обеспечивающих четко выраженное воронкообразование в условиях отсутствия гасителя. Правильность найденных решений проверялась при иных уровнях и расходах воды.

Учитывая относительно широкие пределы изменения длины камер у водоприемников рассматриваемого типа, исследования проводились при двух их размерах: близких к минимальным ($\ell_{\delta} = 4,5+6,5$ см) и близких к максимальным ($\ell_{\delta} = 10,5+15$ см) предельным значениям, которые для каждого сооружения были выявлены на первом этапе.

Результаты исследований показали, что оптимальное значение длины вносной части бычка водоприемника (ℓ) можно определить по зависимости

$$\ell = (0,7+0,8) \delta. \quad (1)$$

Здесь при $\delta > 1,5$ л следует считать $\delta = 1,5$ л, причем меньшее значение ℓ используется при широких водозаборных камерах, большее — при узких.

Оптимальное значение угла конусности боковых поверхностей гасителя равно

$$\alpha = 15+20^{\circ}. \quad (2)$$

Меньшее из них используется в промежуточных бычках, большее — в основных. Установлено, что назначать α больше 20° , равно как и меньше 10° , нецелесообразно.

Оптимальные значения параметров гасителя воронок в водопри-

емниках с длинными камерами определялись на I и II модельных установках как имеющие большие возможности экспериментального варьирования напорами воды над порогом водозаборных отверстий, а на III и IV установках лишь проверялись некоторые полученные результаты. Расходы воды по установкам назначались постоянными, равными указанным ранее, и только в сомнительных случаях (при повышенных уровнях воды), когда требовалось надежное подтверждение эффективности работы гасителя, они несколько увеличивались. Длина камер в водоприемниках принималась 30, 50, 60 и 70 см — соответственно порядковому номеру модели. На каждом из четырех сооружений эксперименты проводились при двух произвольных размерах гасителя по высоте (h_r). Анализ результатов исследований позволил рекомендовать следующие оптимальные значения его параметров (рис.2):

$$\ell_{\text{ш}} = (0,2 \div 0,25) \delta \quad (3)$$

$$\ell_{\text{ш}} \leq h_{\text{пер}} \leq 0,2 H \quad (4)$$

$$h_r \geq \ell_{\text{ш}}. \quad (5)$$

Здесь также при $\delta > 1,5 a$ надлежит считать $\delta = 1,5 a$. Какого-либо влияния соотношения сторон водозаборного отверстия на полученные результаты не обнаружено.

На третьем этапе велись исследования по определению предельных значений параметров водозабора входными отверстиями всасывающих труб, отвечающих условию отсутствия вихревых воронок. Их цель — получить выражение связи между параметрами водозабора, математически описывающее границы областей с наличием и отсутствием воронкообразования при различных вариантных исполнениях водоприемного сооружения.

Данный этап имел две очереди. В первую входили исследования водоприемников всех выделенных типов без гасителей вихревых воронок, во вторую — всех типов (за исключением бескамерных), но с устройством гасителей.

Эксперименты первой очереди проводились на всех четырех модельных установках при трех значениях длины камеры, соответствующих трем типам водоприемников. На I модельной установке принималось $\ell_r = 2,15, 30$ см, на II — 2,15, 50 см, на III — 2,15, 60 см и на IV — 2; 10,5; 70 см.

Исследования второй очереди осуществлялись также на всех модельных установках и тоже при трех значениях длины камеры, из которых первые два отвечали сооружению с короткими камерами,

последнее - с длинными. На I модельной установке принималось $\ell_s = 6,5; 15; 30$ см, на II - $4,5; 15; 50$ см, на III - $4,5; 15; 60$ см и на IV - $4,5; 10,5; 70$ см.

Исследованиями охватывались водоприемники с различным соотношением сторон водозаборного отверстия всасывающей трубы, в том числе и одинаковым (см. табл. I), с различной длиной водозаборной камеры и с разнообразными основными мерами предупреждения воронкообразования (с гасителями вихревых воронок и без них) - всего 24 варианта сооружения. Их результаты позволили: установить искомое выражение связи между параметрами водозабора по каждому варианту водоприемника; выявить влияние длины камеры сооружения, соотношения сторон его водозаборных отверстий и геометрического масштаба их размеров на опасность воронкообразования; оценить эффективность предложенных вариантов основных мер предотвращения появления воронок.

Цель экспериментов данного этапа заключалась в определении наименьших напоров воды над порогом водозаборного отверстия (H), отвечающих условию отсутствия опасных вихревых воронок при пропуске через испытуемое сооружение разных расходов воды (Q). Последние назначались произвольными с учетом возможностей моделей. Число опытов в зависимости от варианта сооружения и номера модельной установки составляло от 3 до 13, общее количество испытаний - 165.

При исследовании водоприемников с длинными камерами, оборудованными гасителями вихревых воронок (рис. 2), имелись некоторые особенности в технике экспериментов. Так, вследствие зависимости оптимальной высоты гасителя (h_r) от действующего напора над порогом водозаборного отверстия оптимальная конструкция гасителя в опытах являлась неоднозначной. В этой связи было решено подвергнуть испытаниям шесть произвольных типоразмеров h_r гасителя при минимально возможном заглублении его верха под уровень воды ($h_{пер} = \frac{1}{2} \ell_{ш}$) по условию эффективной борьбы с воронками. При этом $\ell_{ш}$ принималась по формуле (3). Потребный уровень воды перед испытываемым сооружением определялся напором его над порогом водозаборного отверстия, вычисленным по формуле $H = a + h_r + h_{пер}$. При данном уровне экспериментально подбирался наибольший расход воды, отвечающий приемлемому качеству водозабора сооружением.

В опытах критерием приемлемого качества водозабора (отсутствия опасных вихревых воронок) служило либо полное отсутствие вихревых областей перед водозаборными отверстиями, либо отсутст-

вие засасывании мелких древесных опилок в последние.

В полученных таким образом экспериментальных парах значений H и Q определялись сопряженные величины $\frac{H}{a}$ и $F_z^{0.5} = \frac{v}{\sqrt{gD}}$, которые затем в виде опытных точек наносились на графики $\frac{H}{a} = f(F_z^{0.5})$ по каждому испытанному варианту сооружения. Характер положения этих точек на графиках позволил с достаточной степенью точности выразить связь между опытными значениями $\frac{H}{a}$ и $F_z^{0.5}$ единой зависимостью:

$$\frac{H}{a} = K_1 F_z^{0.5} + 1, \quad (6)$$

где K_1 — коэффициент, зависящий от длины камеры водоприемника, соотношения сторон входного отверстия всасывающей трубы и варианта основных мер недопущения воронкообразования. Анализ результатов проведенных исследований позволил рекомендовать значения K_1 , дифференцированные по типам водоприемника, по форме отверстия всасывающих труб и вариантам основных мер (табл.2).

Таблица 2

Рекомендуемые значения коэффициента K_1

Форма водозаборного отверстия	Тип водоприемника				
	Бескамерный		С короткой камерой		С длинной камерой
	Без гасителя	Без гасителя	С гасителем	Без гасителя	С гасителем
Узкое	4,4	10	5,2	10	6
Широкое	5,8	11	7,5	11	6,6
Квадратное	3	4	2,4	4	2,4

Согласно принятой методике проведения экспериментов выражение (6) является искомым уравнением, описывающим границы областей с наличием и отсутствием воронкообразования. Тогда значения параметров водозабора, при которых отсутствует названное явление, должны удовлетворять условию

$$\frac{H}{a} \leq K_1 F_z^{0.5} + 1. \quad (7)$$

Экспериментами не обнаружено разницы в результатах исследований вариантов водоприемника, имеющих подобные размеры водозаборных отверстий (модели III и IV, масштаб подобия 1,37). Однако при более существенном различии в размерах отверстий (т.е. при переносе результатов исследований в натурные условия) не исключено влияние масштаба.

Кроме того, в опытах создавались благоприятные условия под-

хода потока к рабочему пролету водоприемника. В натуральных же условиях возможны некоторые нарушения качественного подтекания потока к отдельным пролетам сооружения (даже при применении способствующих мер предотвращения воронкообразования), что должно быть учтено при проектировании. Поэтому в практических расчетах рекомендуется вместо выражения (7) пользоваться следующим условием отсутствия воронкообразования, учитывающим указанные и другие неблагоприятные факторы:

$$\frac{H}{a} \leq K_1 K_2 F_z^{0.5} + 1, \quad (8)$$

где K_2 - коэффициент запаса. Данные о безворонковых режимах работы одной из действующих всасывающих линий Головной Джизакской насосной станции, а также итоги наших малочисленных исследований на натурном водопропускном сооружении позволяют в первом приближении считать $K_2 = 1,2$. Это значение по мере накопления натуральных данных подлежит уточнению.

При пользовании зависимостью (8) и данными табл.2 необходимо иметь в виду:

- тип водоприемника характеризуется значением $\frac{L_s}{\delta}$ и устанавливается согласно предложенной классификации сооружений. Однако экспериментами по значениям $\frac{L_s}{\delta}$ не получено четко обозначенных границ смены источников образования воронок, и это может в предельных случаях привести к неправильному выбору целесообразного варианта основных мер и значения K_1 (например, ошибочное применение в водоприемниках с короткими камерами конструкции гасителя, рекомендованной для сооружений с длинными камерами, не устранит воронкообразования). Поэтому при проектировании водозаборных камер не следует назначать их длину, близкой к предельной, определяющей тип сооружения;

- форма водозаборных отверстий характеризуется значением $\frac{\delta}{a}$. Практически можно считать квадратным отверстие при $0,75 \leq \frac{\delta}{a} \leq 1,25$, узким - при $\frac{\delta}{a} < 0,75$ и широким - при $\frac{\delta}{a} > 1,25$. Причем широкие отверстия могут быть преобразованы в квадратные или узкие устройством в водозаборных камерах водоприемника промежуточных бычков. В этих случаях за расчетное отверстие принимается одно из его окон и в качестве δ используется значение ширины водозаборного окна;

- варианты основных мер предотвращения воронкообразования для краткости в табл.2 обозначены конструктивными особенностями водоприемника. В этой связи указанный вариант водоприемника без

гасителя предполагает в качестве основных мер ограничение значений параметров водозабора, а вариант сооружения с гасителем — устройство последнего;

— длина водозаборных камер водоприемника, форма входных отверстий всасывающих труб и вариант основных мер предотвращения вихревых воронок оказывают влияние на опасность воронкообразования. Степень этого влияния может быть определена сравнением соответствующих значений K_v . С помощью K_v можно не только выявить оптимальный конструктивный вариант водоприемника, но и определить наиболее целесообразное его исполнение в конкретных условиях проектирования, поскольку эффективность вариантов основных мер при разных конструктивных вариантах водоприемника характеризуется соответствующими значениями K_v ;

— несмотря на то, что исходное выражение (6) получено экспериментами в сравнительно широком диапазоне изменений величины $F_z^{0.5}$ (0,14+0,72), в практических расчетах предотвращения воронкообразования в водоприемниках насосных станций из осторожности $F_z^{0.5}$ не следует назначать больше 0,2.

Обобщая изложенное, можно сделать следующие выводы:

1. В проектах насосных станций следует предусматривать организацию предотвращения самопроизвольного образования поверхностных вихревых воронок при водозаборе всасывающими трубами насосов.

2. Отсутствие образования опасных (засасывающих воздух и плавающие тела) воронок при работе водоприемников крупных и средних мелиоративных насосных станций достигается применением рекомендуемых способствующих и основных мер. Первые направлены на совершенствование конструкции аванкамеры станции и упорядочение эксплуатации водоприемного сооружения, вторые — на реализацию способа непосредственной борьбы с воронкообразованием в водоприемнике.

3. Для применения предложено два варианта основных мер. Наиболее целесообразный из них устанавливается технико-экономическими расчетами и соображениями. Один основан на ограничении значений параметров водозабора всасывающими трубами насосов. Причем его реализация принципиально не изменяет традиционной конструкции водоприемника. Второй базируется на создании течений струй потока, разрушающих воронки, в зоне возможного их образования. Он предусматривает введение в состав традиционной конструкции водоприемника дополнительного элемента — гасителя воронок (рис. 1

и 2). Оптимальные его размеры в зависимости от конструкции принимаются по условиям (I)–(5) с учетом приведенных рекомендаций.

Эффективность обоих вариантов обеспечивается нормированным выбором размеров, формы и заглубления под минимальный уровень воды входных отверстий всасывающих труб, а в последнем случае еще и применением оптимальных параметров гасителя. Указанное нормирование достигается выбором параметров водозабора по рекомендуемому условию отсутствия воронкообразования (8). Входящие в последнее коэффициенты учитывают такие факторы, как длина водозаборных камер сооружения, форма входного отверстия всасывающих труб, вариант основных мер предотвращения воронкообразования (K_1) (табл. 2) и возможное несоответствие натурных условий работы водозаборных отверстий экспериментальным ($K_2 = 1,2$).

4. Часть рекомендаций уже прошла успешную проверку на действующих крупных насосных станциях: джизакских Головной и Второго подъема, Каршинской № 7, что подтверждает правильность рекомендуемого направления организации недопущения воронкообразования в водоприемниках насосных станций.

Л и т е р а т у р а

1. ВСН-П-18-76. Инструкция по проектированию мелиоративных насосных станций. М., Минводхоз СССР, 1976.
2. Поликовский В.И., Перельман Р.Г. Воронкообразование в жидкости с открытой поверхностью. М.-Л., Госенергоиздат, 1959.
3. Фокеев В.С. Вихревые воронки и их применение на электростанциях. М.-Л., "Энергия", 1964.
4. Никитина Ф.А., Мельникова В.А. Борьба с вихревыми воронками на боковых отводах из каналов оросительных систем. — Сб. "Мелиорация и водное хозяйство", вып. 3. Киев, "Урожай", 1965.
5. Шахворостов Г.В. Рациональная конструкция аванкамер крупных мелиоративных насосных станций. — Сб. науч. тр. В/О "Союзводпроект", № 59. М., 1982.
6. Шахворостов Г.В. Водоприемник с донным горизонтальным водозабором. (Институт "Средазгипроводхлопок"). Авт. св. СССР, 670671, кл. Е02В 9/04, 7.03.79 — "Открытия, изобретения, пром. образцы, тов. знаки", 1979, № 24.
7. Гальперин Р.С. Метод ликвидации воронкообразования. — "Гидротехническое строительство", 1947, № 2.

УДК 626.83

И.И.Лешанский, ведущ.инж.
(Средазгипроводхлопок)

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В КАНАЛАХ ДЖИЗАКСКОГО КАСКАДА НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ПРИ АВАРИЙНОМ ОТКЛЮЧЕНИИ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

В настоящее время в связи с широким применением машинного орошения важное значение приобретает учет переходных процессов как при проектировании, так и при эксплуатации. Переходные процессы в каналах имеют место при пусках и остановках насосов, связанных с работой станции по диспетчерскому графику или вызванных аварийными ситуациями. Последние возникают из-за сработки одной из электрических защит двигателя, аварии на подстанции или отключения по разным причинам линии электропередачи. Причем при отключении ЛЭП останавливается вся насосная станция (НС).

Использование на НС крупных насосов приводит к тому, что при аварийной остановке в створе станции происходит быстрое изменение расхода, вызывающее интенсивный перенос значительных объемов воды вдоль канала, колебания уровней и расходов на рассматриваемых участках. При этом уровни воды могут намного превысить отметки форсированных уровней, что приведет к переливу воды через бровку канала и затоплению нижележащих земель.

Во избежание этого необходимо знать параметры переходных процессов и учитывать их при проектировании и эксплуатации.

Одним из наиболее доступных способов решения задач, связанных с определением параметров переходных процессов, является создание математической модели оросительной системы. С ее помощью станут возможными получение количественных зависимостей влияния отдельных параметров на режим водоподачи и подбор оптимальных параметров гидротехнических сооружений и управляющих воздействий, позволяющих обеспечить необходимые технологические и другие требования при условии наиболее рационального использования воды. Кроме того, она позволит с определенной точностью прогнозировать возможные последствия аварии, определять те участки на системе, где наиболее вероятно возникновение критических ситуаций, могущих вызвать прорыв дамбы канала или разрушение гидротехнического сооружения. Применение математической модели даст возможность уточнить количество и производительность аварийных сбросов, что,

в свою очередь, приведет к уменьшению непроизводительных сбросов и затрат на строительство сбросного тракта. Анализ результатов расчета переходных режимов проектируемой системы на основе использования математической модели позволит с достаточной точностью обосновать правильность принятого в проекте решения.

В качестве математической модели обычно используют уравнения Сен-Венана, которые описывают медленно изменяющееся неустановившееся движение воды в открытых руслах:

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\partial (UF)}{\partial S} = 0 \\ i - \frac{U^2}{C^3 R} - \frac{1}{B} \frac{\partial F}{\partial S} = \frac{\alpha}{g} \left(U \frac{\partial U}{\partial S} + \frac{\partial U}{\partial t} \right), \end{cases} \quad (I)$$

где F — площадь живого сечения, м^2 ; U — средняя скорость, м/с ; i — продольный уклон дна русла; C — коэффициент Шези; R — гидравлический радиус, м ; B — ширина сечения по урезу воды, м .

Уравнения Сен-Венана принадлежат к квазилинейным уравнениям гиперболического типа. Аналитические решения их можно получить лишь для частных случаев, которые не представляют практического интереса. Построение достаточно точных решений стало возможным только численными методами с использованием быстродействующих вычислительных машин. Численные методы интегрирования дифференциальных уравнений основаны на аппроксимации производных, входящих в дифференциальные уравнения, разностными отношениями. В настоящее время существует несколько универсальных численных методов, которые применяются для решения нелинейных дифференциальных уравнений. Один из них — метод конечных разностей, заключающийся в том, что область интегрирования разбивается прямоугольными фиксированными сетками на счетные ячейки. Производные функции по всем направлениям заменяются конечными разностями с помощью тех или иных соотношений. Для замены производных используются различные схемы, причем наибольшее распространение получили неявные разностные схемы, разработанные в Институте гидродинамики СО АН СССР.

В настоящей работе рассматривается один из конечно-разностных способов численного интегрирования уравнений Сен-Венана — метод характеристик. Он разработан С.А.Христиановичем [1] и нашел применение в исследованиях Н.Т.Мелешенко и М.С.Якубова [2]. Идея метода заключается в том, что система двух дифференциальных уравнений в частных производных (I) заменяется системой четырех обыкновенных дифференциальных уравнений:

для прямой характеристики

$$\begin{cases} dS = (u + \sqrt{\frac{gF}{B}}) dt \\ dU = -\sqrt{\frac{g}{BF}} dF + J dt, \end{cases} \quad (2)$$

для обратной характеристики

$$\begin{cases} dS = (u - \sqrt{\frac{gF}{B}}) dt \\ dU = \sqrt{\frac{g}{BF}} dF + J dt, \end{cases} \quad (3)$$

где $J = g(i - \frac{u^2}{c^2 K})$.

Для численного решения полученной системы обыкновенных дифференциальных уравнений заменим дифференциалы конечными разностями:

$$\begin{cases} \Delta S_1 = W_{cp} \cdot \Delta t, \\ \Delta U_1 = (-\sqrt{\frac{g}{BF}})_{cp} \Delta F_1 + J_{cp} \cdot \Delta t, \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \Delta S_2 = \Omega_{cp} \cdot \Delta t, \\ \Delta U_2 = (\sqrt{\frac{g}{BF}})_{cp} \Delta F_2 + J_{cp} \cdot \Delta t, \end{cases} \quad (5)$$

где $W = u + \sqrt{\frac{gF}{B}}$; $\Omega = u - \sqrt{\frac{gF}{B}}$.

Входящие в уравнение средние значения W_{cp} и Ω_{cp} неизвестны, поэтому система уравнений решается методом итерации.

Решение системы (4) и (5) позволяет найти координаты точек, т.е. построить характеристическую сетку и в каждой точке определить параметры переходного процесса. Уравнения характеристики решаются при заданных начальных и граничных условиях. В качестве начальных обычно задается равномерный или неравномерный режим течения воды в каналах, иногда принимают неустановившийся режим. Граничные — условия, описывающие работу гидротехнических сооружений на объекте исследования при аварийных отключениях агрегатов насосных станций. Объект исследования представляет собой сложную систему с различными гидротехническими сооружениями. Работа каждого из них описывается определенными математическими зависимостями. В качестве граничных могут быть приняты условия на насосных станциях, перегораживающих сооружениях, водопропусках, аварийных водосбросах и т.д.

Отключение агрегатов насосной станции вносит возмущение в работу системы машинных каналов. Поэтому створ насосной станции

обычно является створом возмущения. Математически процесс отключения агрегатов насосной станции описывается функцией типа $Q = f(t)$. Если все агрегаты насосной станции отключаются одновременно (аварийное отключение), то на графике будет одна ступенька.

При распространении возмущения по каналу гидротехнические сооружения будут служить либо створами отражения, либо створами сопряжения. Если сооружение является створом отражения, то участок канала ниже данного сооружения не учитывается при расчете переходного процесса. В створе отражения обычно принимается одно из следующих условий отражения волны: $Q = \text{const}$; $Q = f(t)$; $Q = f(H)$; $H = \text{const}$.

Если сооружение служит створом сопряжения, то участок канала ниже данного сооружения следует учитывать при расчете.

Рассмотрим в качестве примера в створе сопряжения работу перегораживающего сооружения с затопленным истечением. Расход, проходящий через сооружение, определяется по формулам из работы [3]:

$$Q = \varphi \varepsilon h_{\text{из}} 8n \sqrt{2g(H_0 - h_x)}, \quad (6)$$

где $h_x = \sqrt{H_x^2 - M(H_0 - \frac{M}{4})} + \frac{M}{2}$;

$$M = 4\varphi^2 \varepsilon^2 h_{\text{из}}^2 \frac{H_0 - \varepsilon h_{\text{из}}}{H_0 + \varepsilon h_{\text{из}}};$$

$$H_0 = H_1 + \frac{\alpha V_1^2}{2g};$$

H_1 — напор в верхнем бьефе;

H_2 — напор в нижнем бьефе.

Начальная характеристика — прямая, т.е. створ возмущения вверх (рис. I).

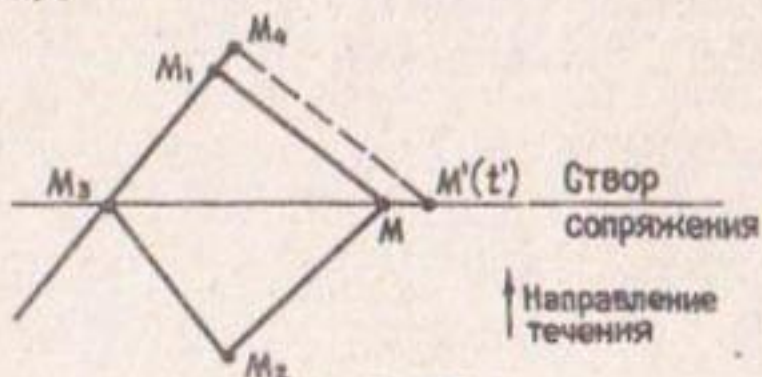


Рис. I

В точке M_2 из предыдущих расчетов известны все расчетные параметры (t, s, u, h). Из нее строим прямую характеристику

$S - S_2 = W_{cp}(t - t_2)$ до пересечения со створом сопряжения в точке М. Тем самым определяются координаты точки М на характеристической плоскости. Необходимо найти значения скоростей и глубин в этой точке (в верхнем и нижнем бьефах). Для этого потребуется замкнуть систему характеристик в обоих бьефах. Полагаем, что обратная характеристика $S - S_4 = \Omega_{cp}(t' - t_4)$, построенная из точки M_4 , даст значение t' большее, чем значение t в точке М. Тогда на отрезке характеристики $M_3 M_4$ должна существовать точка M_I , выйдя из которой обратная характеристика $S - S_1 = \Omega_{cp}(t - t_1)$ пересечется со створом сопряжения в точке М. При этом получается замкнутая система характеристик $M_2 M$, $M_I M$. Точка M_I на отрезке $M_3 M_4$ находится методом половинного деления.

Полученная замкнутая система характеристик и условие сопряжения дают систему из пяти уравнений для определения пяти неизвестных параметров в точке М (t, U_0, U_n, h_0, h_n), где U_0, U_n — скорости воды в верхнем и нижнем бьефах перегораживающего сооружения.

Разработанный алгоритм реализован в виде программы для расчета переходных процессов в сложных разветвленных системах каналов с каскадом насосных станций. Программа оснащена библиотекой граничных условий, имитирующих работу различных сооружений.

Применение предложенного алгоритма проиллюстрируем на примере одного из участков Джизакского каскада насосных станций между НС-2 и НС-3. Линейная схема приведена на рис.2. При создании

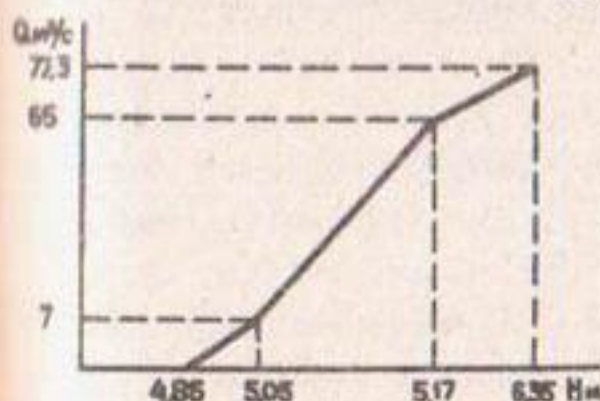
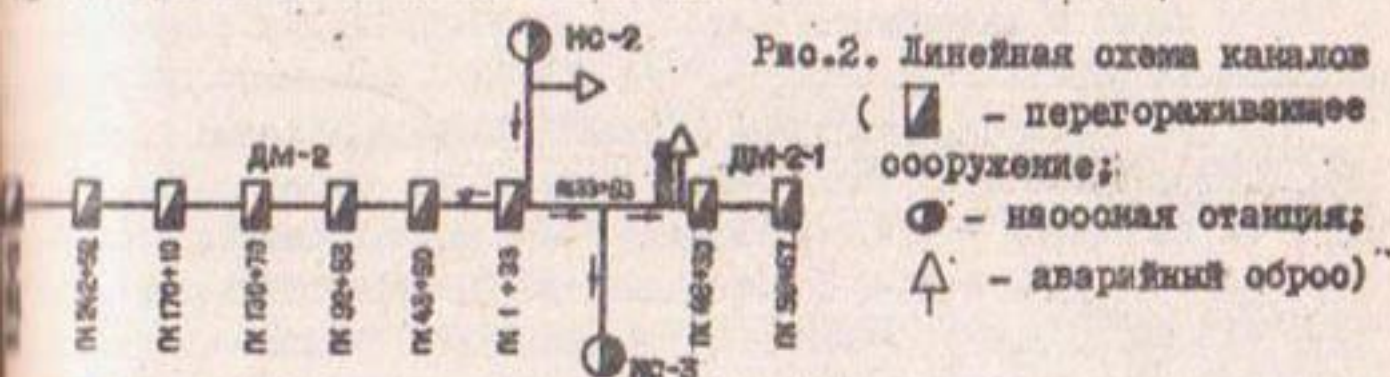


Рис.3. График работы аварийного водосброса на ПК 47+90 ДМ-2-I

линейной схемы были внесены некоторые упрощения и обобщения, которые, с одной стороны, помогли избежать излишней детализации, а с другой, — не исказили реальную картину изучаемого процесса.

Каналы ДМ-2 и ДМ-2-I имеют трапецеидальное поперечное сечение. Расход НС-2 составляет $141 \text{ м}^3/\text{с}$, расход НС-3 равен $83 \text{ м}^3/\text{с}$, в канал ДМ-2-I поступает расход $100 \text{ м}^3/\text{с}$, в канал ДМ-2 $41 \text{ м}^3/\text{с}$. Канал ДМ-2-I, на котором расположены два аварийных сброса, разбит на четыре расчетных участка. По проекту оба сброса выполняются в виде сифона с расходом $65 \text{ м}^3/\text{с}$ (четыре трубы по $16 \text{ м}^3/\text{с}$) и располагаются на пк 47+90 ДМ-2-I и в створе верхнего бьефа НС-2. Расход в сифоне пропорционален напору на его пороге и описывается функцией $Q = f(H)$ (рис.3).

Расчеты переходных процессов проводились при 100%-ном аварийном отключении агрегатов НС-3. Начало отключения предыдущей насосной станции (НС-2) принято через час с момента аварии. Это время было определено исходя из времени анализа ситуации, времени принятия решения и передачи сообщения. Время отключения предыдущей насосной станции принималось исходя из продолжительности технологического цикла отключения агрегатов. За начальный режим работы каскада насосных станций был принят установившийся режим движения воды в машинных каналах.

При расчете рассмотрено несколько вариантов:

- 1) с регулированием и без регулирования затворами на перегородающих сооружениях на пк 1+33 ДМ-2 и пк 48+30 ДМ-2-I;
- 2) с работой аварийного сброса на пк 47+90 ДМ-2-I и при одновременной работе двух сбросов.

При регулировании затворами в нижний бьеф сооружений поступает постоянный расход воды, обеспечивается локализация возмущения на каскадной части и возмущение не распространяется дальше по каналам ДМ-2 и ДМ-2-I. Это приводит к незначительному дополнительному подъему уровня воды на каскадной части, так как рассматриваемое возмущение значительно меньше возмущения, вызванного отключением насосной станции.

На рис.4 приведены графики колебания уровней воды в створе НС-3. Результаты расчетов показывают, что при аварийном отключении НС-3 происходит резкий подъем уровней воды на каскадной части. Включение в работу аварийного сброса на пк 47+90 ДМ-2-I приводит к снижению уровней воды, и в дальнейшем наблюдается его незначительный подъем. Отключение предыдущей насосной станции (НС-2) на расход НС-3 снижает и стабилизирует уровни воды.

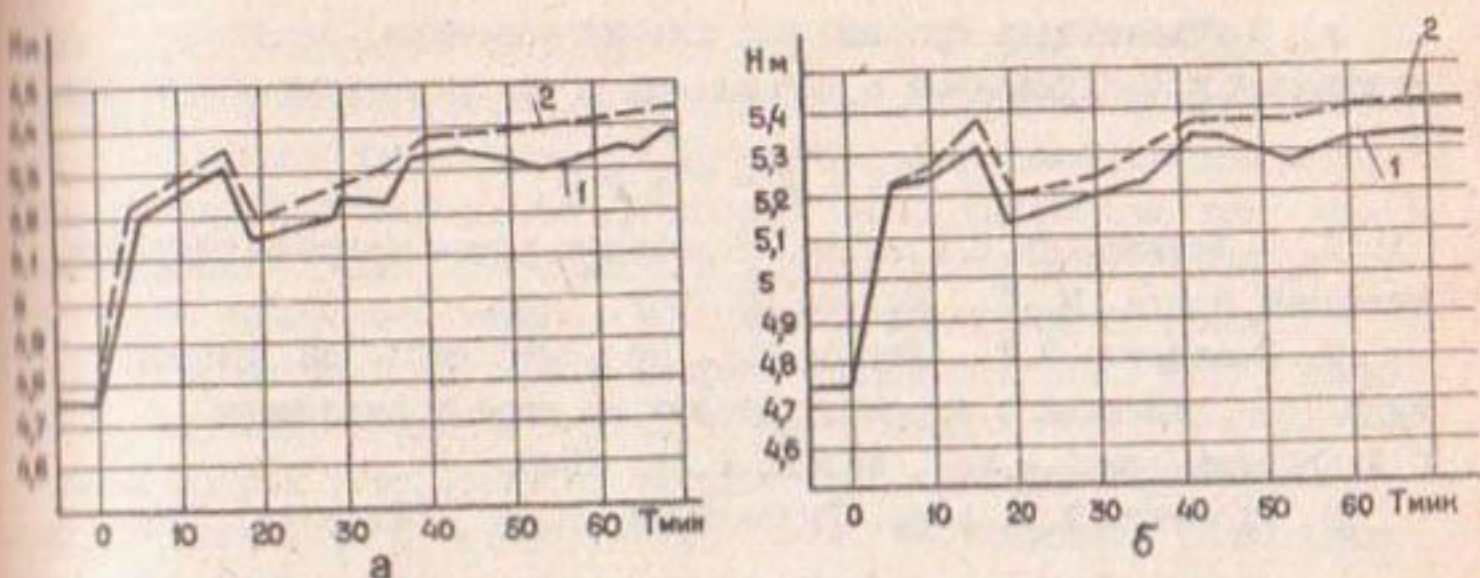


Рис. 4. График изменения уровней воды в створе НС-3 (н.б.):
1 – без регулирования; 2 – регулирование затворами сооружений
на ПК 48+30 ДМ-2-I и ПК I+33 ДМ-2

Рассмотренный вариант при одновременной работе двух аварийных сбросов (рис. 4, б) показал, что сброс в створе НС-2 (в расчетах его максимальный расход принят $16 \text{ м}^3/\text{с}$) не будет работать в режиме аварийного сброса. Это объясняется тем, что водосброс на ПК 47+90 ДМ-2-I, расположенный ближе к НС-3, т.е. к источнику возмущения, позволяет полностью ликвидировать аварийную ситуацию на каскадной части. Таким образом, сброс в створе НС-2 необходимо предусмотреть только для технологических нужд насосной станции.

На основании вышеизложенного можно сделать выводы:

- метод характеристик даст возможность рассчитывать переходные процессы на любых сложных разветвленных системах каналов с каскадом насосных станций с учетом работы разнообразных гидротехнических сооружений;

- результаты расчета динамики переходных режимов позволят:

- а) обоснованно принимать и уточнять отметки дамб канала, параметры гидросооружений, оптимальное расположение аварийных сбросов;

- б) получать экономию капитальных затрат при строительстве за счет уточнения производительности аварийных сбросов;

- в) сократить до минимума холостые сбросы воды;

- г) определять время, необходимое для осуществления мероприятий по ликвидации аварийных ситуаций;

д) разрабатывать способы управления каналами, насосными станциями и сооружениями в нормальных и экстремальных ситуациях.

Л и т е р а т у р а

1. Христианович С.А. и др. Некоторые новые вопросы механики сплошной среды. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1938.

2. Мелешенко Н.Т., Якубов М.С. Методика расчетов неустановившегося движения в открытых руслах по методу академика С.А.Христиановича.- Изв. ВНИИГ, т.38, 1948.

3. Агроскин И.И. и др. Гидравлика. М.-Л., "Энергия", 1964.

УДК 626.83:626

Р.М.Тименев, руковод.

группы

(Среднегидропроводкопек)

ЗАЩИТА ТРАНЗИТНЫХ УЧАСТКОВ КАНАЛОВ ОТ РАЗРУШЕНИЯ ПРИ ОТКЛЮЧЕНИИ МОЩНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Орошение большей части равнинных территорий Узбекистана, прилегающих к рекам, осуществляется по самотечным оросительным каналам с водозабором из рек или водохранилищ.

В настоящее время в связи с завершением освоения равнинных массивов в ряде районов приступили к освоению возвышенных и предгорных зон, где невозможна организация орошения самотечным способом подачи воды из рек или водохранилищ. Поэтому водоподача на земли предгорных зон осуществляется насосными станциями (НС) или каскадом насосных станций с магистральными каналами между ними.

Транспортирование воды на участках между смежными насосными станциями в каскаде выполняют по одной из двух основных схем:

1) по каналам без перегораживающих сооружений - преимущественно в каскадах насосных станций без водовыпусков по пути; применяется при орошении склона возвышенности, противоположного водному источнику;

2) по каналам с перегораживающими сооружениями - преимущественно в каскадах насосных станций с водовыпусками по пути; применяется при орошении склона возвышенности со стороны водного источника.

По первой схеме выполнен, например, Каршинский магистраль-

ний канал с каскадом насосных станций общей длиной 176,6 км, обеспечивающий орошение 364 тыс. га земель Каршинской степи. Вода, забираемая из Амударьи, поднимается каскадом насосных станций на высоту 132,3 м. Магистральный канал делится на две части: головную (машинный канал без перегораживающих сооружений) и рабочую (самотечный канал). В головной части канала (длина 75,3 км), проходящей по территории Туркменской ССР, расположено шесть насосных станций, каждая производительностью 195 м³/с. На каждой из них установлено по шести поворотнолопастных насосов, производительность которых можно плавно регулировать изменением угла наклона лопастей с помощью привода от 26 до 39 м³/с.

В управлении схема Каршинского каскада относительно проста, так как, во-первых, все насосные станции имеют одинаковое число поворотнолопастных насосных агрегатов равной производительности; во-вторых, смежные насосные станции соединяют магистральные каналы без перегораживающих сооружений и водовыпусков по пути; в-третьих, водозабор в голове каскада осуществляется из реки по самотечному каналу без головного регулирующего сооружения; в-четвертых, имеется возможность плавного регулирования производительности насосов.

Водоподача по второй схеме осуществляется на строящемся Джизакском каскаде насосных станций, состоящем из четырех НС, магистральных и транзитных каналов общей протяженностью 198 км и обеспечивающем орошение 175 тыс. га земель Джизакской степи. Вода забирается из Южного голодностепского канала с головным расходом 191 м³/с, подается на высоту 170,6 м. Насосные станции оснащены агрегатами центробежного типа с нерегулируемой подачей воды:

НС-1 имеет 8 агрегатов по 29 м³/с и 2 агрегата по 10,2 м³/с;

НС-2 имеет 10 агрегатов по 17,2 м³/с и 2 агрегата по 7 м³/с;

НС-3 имеет 6 агрегатов по 14 м³/с и 2 агрегата по 7,5 м³/с;

НС-4 имеет 6 агрегатов по 7,5 м³/с.

Общая производительность насосных станций соответственно 191, 141, 86 и 37 м³/с.

Магистральные каналы между насосными станциями разделены перегородками на участки протяженностью 3-10 км с малым уклоном дна (0,00005), из которых водовыпуски забирают от 3 до 10% головного расхода воды, последующие насосные станции — от 35 до 82%, ниже насосных станций в транзитную часть каналов поступает от 18 до 30% расхода. Каналы каждой ступени

подъема разделяют орошаемый массив на поэтапные зоны освоения.

В управлении схема Джизакского каскада сложнее Каршинского во-первых, за счет наличия перегораживающих сооружений на магистральных каналах между насосными станциями и водозабора по пути, во-вторых, за счет различия в количестве и производительности насосных агрегатов на насосных станциях, в-третьих, за счет нерегулируемой производительности насосных агрегатов.

Однако схема Джизакского каскада обладает важным конструктивным достоинством: наличие перегораживающих сооружений на магистральных частях каналов между НС позволяет орошать территорию, прилегающую к каналу по всей его длине, в связи с чем исключаются холостые, нерабочие его участки. Поэтому схема Джизакского каскада является перспективной и типичной для будущих схем водоподачи с большой производительностью, например, для схемы переброски части стока сибирских рек в Средней Азии и Казахстан. Поэтому опыт разработки вопросов управления режимами Джизакского каскада может быть использован при обосновании технических решений в процессе проектирования подобных объектов.

При организации управления режимами работы каскада насосных станций типа джизакского возникают две проблемы: 1) регулирование расходов и уровней воды при нормальных переходных режимах работы каскада; 2) защита каналов каскада от переполнения и разрушения при аварийных отключениях насосных станций.

При управлении водоподачей каскада в процессе эксплуатации орошаемого канала режим работы как всего канала, так и каждого из его участков, расположенных между перегораживающими сооружениями, может быть установившимся или неустойчивым (переходным). Установившийся режим любого участка канала характеризуется балансом водоподачи в начале участка Q_n и суммой расходов водопотребления $\sum Q_k$, т.е. $Q_n = \sum Q_k$. Вследствие этого уровни воды в любом створе не изменяются во времени $H_i(t) = \text{const}$. Неустойчивый режим на участке канала возникает при нарушении в нем баланса расходов вследствие изменения водоподачи или водопотребления, т.е. при переходе режима работы канала от одного расхода к другому. При этом изменение расходов приводит к изменению уровней воды во времени $H_i(t) \neq \text{const}$.

При проектировании параметров каналов рассчитывают на установившийся режим для форсированных расходов и уровней воды, а запасы по высоте дамб принимают с учетом их повышений в переходных режимах. Величина изменения расходов воды определяет нор-

мальный переходный или аварийный переходный режим. Небольшие, как правило, плановые изменения расхода $\pm(2+10)\%$ от начального/свойственны нормальному переходному режиму работы канала, а большие и обычно внезапные изменения расхода (от -50 до -100% от начального) определяют аварийный переходный режим. Аварийным его называют потому, что непринятие своевременных мер противодействия может вызвать аварийные разрушения канала и гидротехнических сооружений на нем.

В самотечных оросительных каналах с перегораживающими сооружениями и водовыпусками единовременные изменения расходов, а следовательно и уровней воды, обычно не превышают $2+5\%$, и поэтому небольшие запасы по высоте дамб, предусматриваемые нормами [1] и определяемые простейшим расчетом, обеспечивают их работу в нормальном режиме эксплуатации. Аварийные режимы, связанные с большим изменением расхода, например внезапный полный отказ какого-либо потребителя от воды, в самотечных каналах возникает очень редко, и поэтому они на него, как правило, не рассчитываются.

Режимы работы оросительных каналов с высокопроизводительными насосными станциями характеризуются более быстрыми и значительными изменениями уровней воды в них за счет больших ступеней единовременных изменений расходов водоподачи. Насосные станции имеют обычно от 5 до 10 насосных агрегатов. Поэтому в нормальном режиме эксплуатации каскада включение или отключение одного насосного агрегата вызывает изменение расходов в пределах $10-20\%$ от начального.

Внезапное полное отключение одной насосной станции каскада при расходах воды, близких к форсированному, создает наиболее тяжелый - аварийный режим работы участков канала как между насосными станциями, так и транзитной части канала ниже створа НС. Наиболее частой причиной внезапных полных отключений насосной станции являются перерывы в электропитании. К примеру, на Карпинском каскаде за первое полугодие 1982 г. из-за перерывов в электропитании было 12 внезапных отключений насосных станций с различным временем простоя их агрегатов.

Дата	Месяц	Фев- раль	Март		Апрель				Июнь				
	Число	4	19	24	6	7	16	23	6	14	22	28	30
Количество отключивших- ся агрегатов		18	19	20	20	20	22	28	32	32	32	30	32
Время про- стоя	Ч	1	0	2	3	0	0	1	2	5	5	0	1
	Мин	30	48	37	26	20	15	15	30	30	35	50	02

При внезапном отключении НС в канале на участке между насосными станциями возникает небаланс неизменной водоподачи в начале канала и уменьшившегося водозабора в конце магистральной части. В результате быстро и значительно возрастают уровни воды начиная от створа перед отключившейся насосной станцией. За счет большого повышения уровня перед перегораживающим сооружением на гидроузле при насосной станции через это сооружение в транзитную часть канала поступает увеличенный, сверхплановый, расход воды, который не может быть рационально использован вследствие внезапности появления при плановой системе водопотребления и который при значительной величине может вызвать разрушение канала. Поэтому из-за частых внезапных отключений насосных станций каналы каскадов НС необходимо рассчитывать на наиболее тяжелый, аварийный режим.

Для проектирования каналов с высокопроизводительными насосными станциями нет нормативов или простой методики, по которым путем несложного расчета можно было бы прогнозировать ожидаемые величины изменений уровней воды, вызванных изменениями расходов, и на основе этого рассчитывать необходимые запасы по высоте дамб канала и другие меры защиты канала от аварийных разрушений. В руководствах [2] и [3] даны лишь указания о необходимости обоснованного выбора защиты каналов. Поэтому при проектировании каналов с насосными станциями выбор наиболее эффективных и экономичных способов и средств защиты каналов в аварийном режиме следует производить на основе расчетов на ЭВМ и анализа динамики изменения уровней воды при 100%-ном отключении насосных станций. Надлежит рассматривать несколько вариантов и в результате их сравнения выбрать компромиссное решение по защите канала от разрушения, удовлетворяющее требованиям: наибольшая эффективность защиты в эксплуатации, высокая надежность, экономичность в реализации.

Опыт разработки режимов Джизакского каскада насосных станций показал, что для защиты каналов могут быть применены как пассивные, так и активные способы и средства защиты, а также их различные сочетания. Пассивный способ защиты заключается в увеличении высоты дамб канала между насосными станциями и аккумуляровании расчетного объема воды за максимально допускаемый интервал времени до принятия мер оперативного противодействия аварии, заключающихся в повторном запуске агрегатов отключившейся НС в случае быстрого восстановления электропитания или в отключении части агрегатов предыдущей НС не позже максимально допускаемого интервала времени.

К активным способам защиты относятся: оперативное или автоматическое отключение предыдущей НС через интервал времени, не превышающий допускаемый по расчету; устройство на участке канала с насосной станцией аварийного автоматического водосбросного сооружения со сбросным трактом до ближайшей реки или водохранилища (пропускная способность сбросного тракта и сооружения должна быть близка к производительности НС); применение быстродействующих автоматических систем регулирования уровней воды нижнего бьефа на перегораживающих сооружениях и др.

Для решения поставленной задачи — защиты транзитной части канала — автором данной работы (на примере Джизакского каскада) проведена качественная и количественная оценка динамики аварийного режима магистральной части канала между смежными насосными станциями № 1 и 2 и транзитной части канала ниже створа водозабора НС-2.

Динамика изменения уровней воды в канале исследовалась с помощью ЭВМ на математической модели участков канала ДМ-1 по методике Э.Э.Маковского [4]. Задача исследования заключалась в определении величины изменения уровней и расходов воды во времени по створам канала при внезапном отключении НС-2.

Схема канала, включающего четыре участка магистральной части, насосные станции № 1 и 2, четыре перегораживающих сооружения и транзитную часть, приведена на рис.1. Начальный режим в канале принят установившимся: в магистральной части при форсированном расходе с водоподачей НС-1 в начале канала $Q_H = 191 \text{ м}^3/\text{с}$ и водозабором НС-2 в конце канала $Q_K = 141 \text{ м}^3/\text{с}$; в транзитную часть через перегораживающее сооружение со свободным истечением на пк ЗИ7 поступает $Q_{7p} = 38,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Результаты расчета изменения уровней воды по створам канала приведены на рис.2. При внезапном

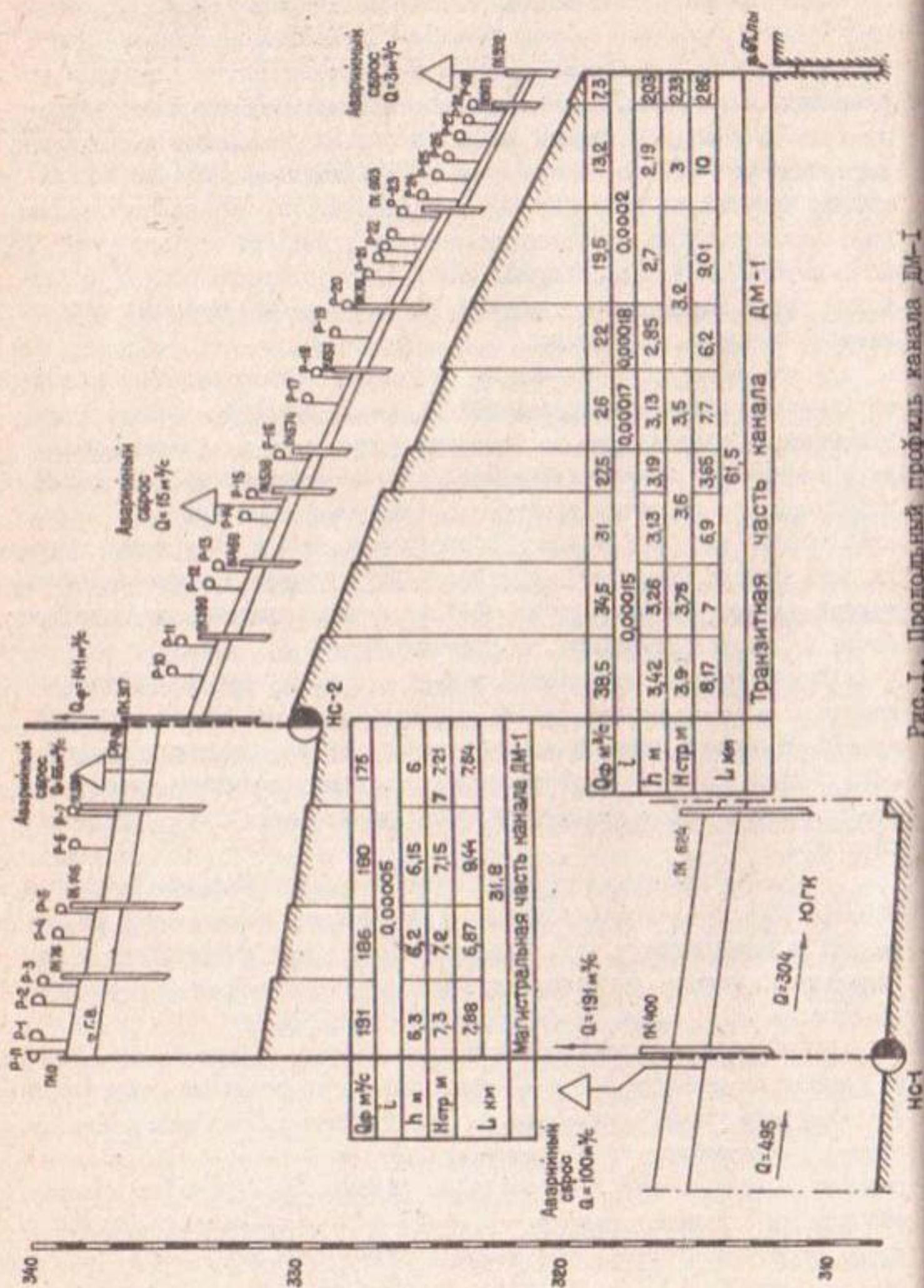


Рис. 1. Продольный профиль канала ДМ-1

отключении НС-2 и прекращении водозабора на величину $\Delta Q_{НС-2} = -141 \text{ м}^3/\text{с}$ (рис.2, кривая II) на участке канала между перегораживающими сооружениями на ПК 317 и ПК 239 возникает небаланс расходов, равный $\frac{\Delta Q_{НС-2}}{Q_{ПК 239}} = \frac{-141 \text{ м}^3/\text{с}}{175 \text{ м}^3/\text{с}} = -80,6\%$, вследствие которо-

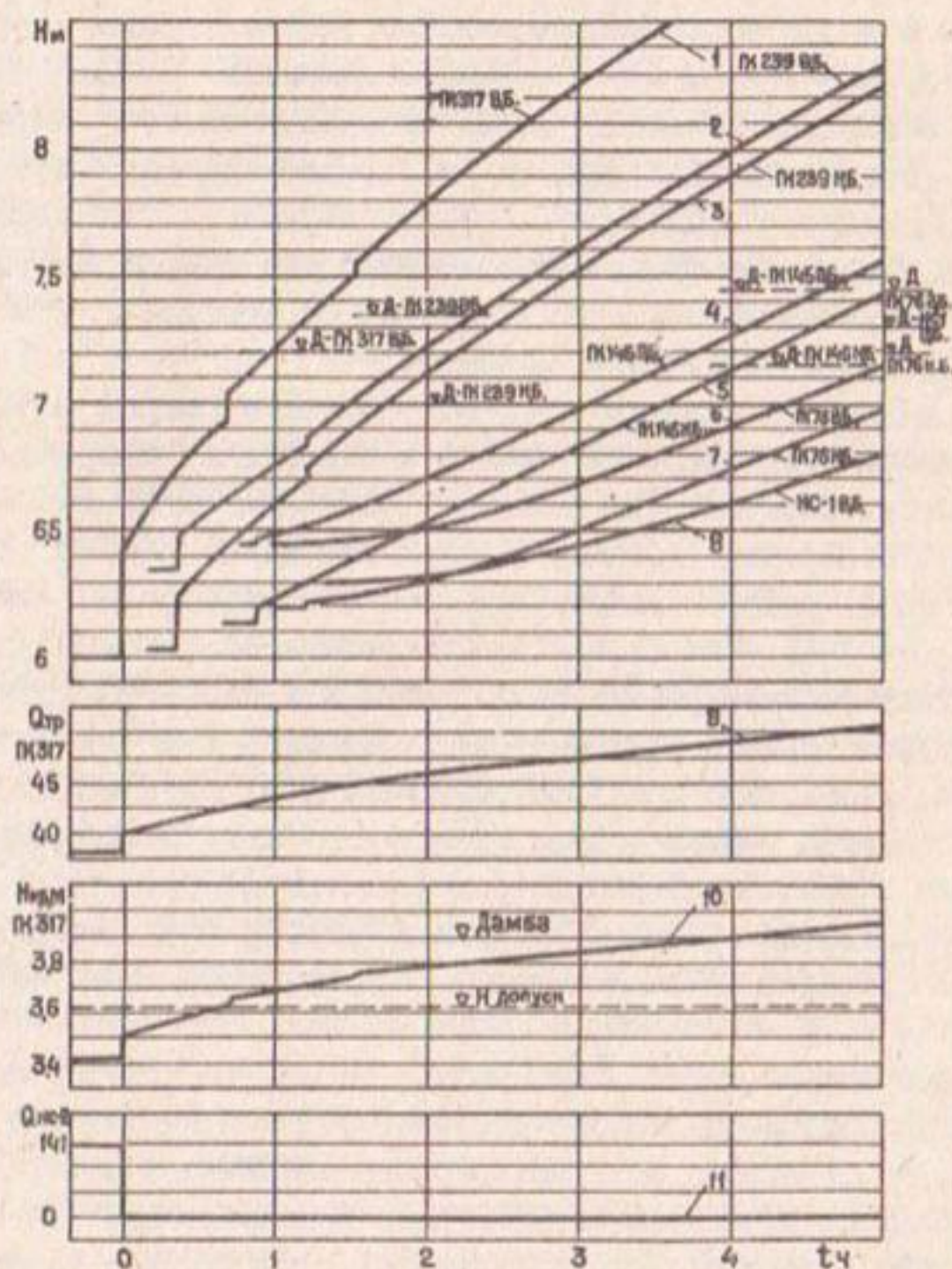


Рис.2. Переходные режимы в верхних и нижних бьефах гидро-сооружений канала ДМ-I при 100%-ном отключении НС-2 ($\Delta Q_{НС} = -141 \text{ м}^3/\text{с}$)

го начинается неустановившееся движение воды на участках канала со створа НС-2. Наиболее интенсивное повышение уровня происходит в створах НС-2 и верхнего бьефа перегораживающего сооружения на ПК 317 (рис.2, кривая I): через 0,5 ч уровень воды по-

высился на 0,82 м, а через час достиг 1,21 м и превысил отметку дамбы (принятую в первоначальном проекте, выполненном без расчетов динамики). Через 24 мин уровень воды начинает повышаться в створах верхнего и нижнего бьефов перегораживающего сооружения на ПК 239, где величины повышения уровня также значительные (кривые 2 и 3), но несколько меньшие, чем в верхнем бьефе на ПК 317. Кривые 4 и 5, 6 и 7 отражают изменение уровней соответственно в верхних и нижних бьефах вышерасположенных перегораживающих сооружений, а кривая 8 – в створе верхнего бьефа НС-I. Из рис.2 видно, что начиная со створа верхнего бьефа перегораживающего сооружения на ПК 145 интенсивность и величина изменения уровней намного меньше по сравнению со створом НС-2 и не достигает предельно допустимых значений.

Из проведенного анализа динамики уровней в магистральной части канала следует, что при внезапном отключении высокопроизводительной насосной станции в канале происходит интенсивное и значительное повышение уровней, которое при малых уклонах дна канала (0,00005) распространяется на большое расстояние вверх по каналу (для ДМ-I – на 31,7 км). Отмеченные особенности динамики позволяют прогнозировать возможность аварийного разрушения канала и гидросооружений на нем. Следовательно, для предотвращения аварии необходимо предусмотреть пассивные или активные способы и средства защиты канала. Так, для защиты магистральной части канала применены аварийные водосбросные сооружения с сифонными регуляторами уровня конструкции САНИИРИ (С.И.Кеберле) в сочетании с оперативным отключением части агрегатов НС-I на величину $\Delta Q = -141 \text{ м}^3/\text{с}$.

Проведем анализ переходного режима работы транзитной части канала при внезапном отключении насосной станции и способов защиты канала от отрицательного воздействия аварийного режима. Переходный режим в транзитной части канала возникает при внезапном отключении насосной станции перед перегораживающим сооружением, являющимся головным для транзитной части канала. Начальным считается нормальный режим эксплуатации, когда в транзитную часть канала ДМ-I через перегораживающее сооружение на ПК 317 подача воды составляет $38,5 \text{ м}^3/\text{с}$ при перепаде уровней на сооружении 1,5 м.

Расчеты динамики в транзитной части выполнены на ЭВМ для условий возмущения изменением уровня воды в верхнем бьефе перегораживающего сооружения ПК 317 (рис.2, кривая I), вызванного

внезапным отключением НС-2 (рис.2, кривая II). При этом перепад уровней на сооружении увеличивается: через час равен 2,7 м (180%) и продолжает расти. Как показали результаты расчетов, расход воды через перегораживающее сооружение на пк 3I7 возрастает и значительно превышает начальную величину ($38,5 \text{ м}^3/\text{с}$): через 0,5 ч расход равен $42 \text{ м}^3/\text{с}$ (109%); через пять часов – $51 \text{ м}^3/\text{с}$ (133%) и продолжает увеличиваться (рис.2, кривая 9). Вместе с расходом увеличивается и уровень воды в канале: кривая IO рис.2 отражает возрастание уровня в нижнем бьефе на пк 3I7. Через 34 мин уровень достигает максимально допускаемого значения 3,62 м, а через 4 ч превышает отметку дамбы (принятую в первоначальном проекте). Во всех последующих створах транзитного канала величина и интенсивность изменения уровней и расходов аналогичны створу нижнего бьефа на пк 3I7.

Из проведенного анализа динамики в транзитном канале следует, что внезапное отключение насосной станции, расположенной перед головным сооружением транзитного канала, вызывает значительное увеличение расхода и уровня в транзитном канале, которое может разрушить его и сооружения на нем. Следовательно, возникает необходимость защиты транзитной части канала от развития в нем аварийного режима с помощью пассивного или активного способов противодействия развитию аварии.

Применение активных противоаварийных мер защиты в магистральной части канала, как-то: сокращение водоподачи предыдущей насосной станцией и работа автоматического сброса – позволяет приостановить повышение уровня воды в магистральной части и в верхнем бьефе перегораживающего сооружения на пк 3I7 перед транзитной частью канала (рис.3, кривая I). Благодаря этому достигается уменьшение возросшей водоподачи в голове транзитной части канала (рис.3, кривая 2).

Однако, несмотря на упомянутые меры защиты, увеличение водоподачи в транзитную часть канала достигает 14,5%, или $44,1 \text{ м}^3/\text{с}$ (рис.3, кривая 2), а дополнительный сток непроизводительных потерь воды за счет этого составляет 12,6%. С увеличением расхода увеличивается уровень воды в нижнем бьефе на пк 3I7 (рис.3, кривая 3) и аналогично во всей транзитной части канала на протяжении 58,6 км. Согласно расчетам уровень воды в начале транзитного канала увеличится с 3,42 до 3,73 м, а в конце его – с 2,12 до 2,5 м, в результате чего может произойти перелив воды через дамбу (особенно в начальной части канала) и разрушение послед-

ней. Во избежание этого, кроме принятых активных мер, необходимо по всей длине канала увеличить строительную высоту (пассивная мера) в зависимости от повышения уровня воды, что позволит

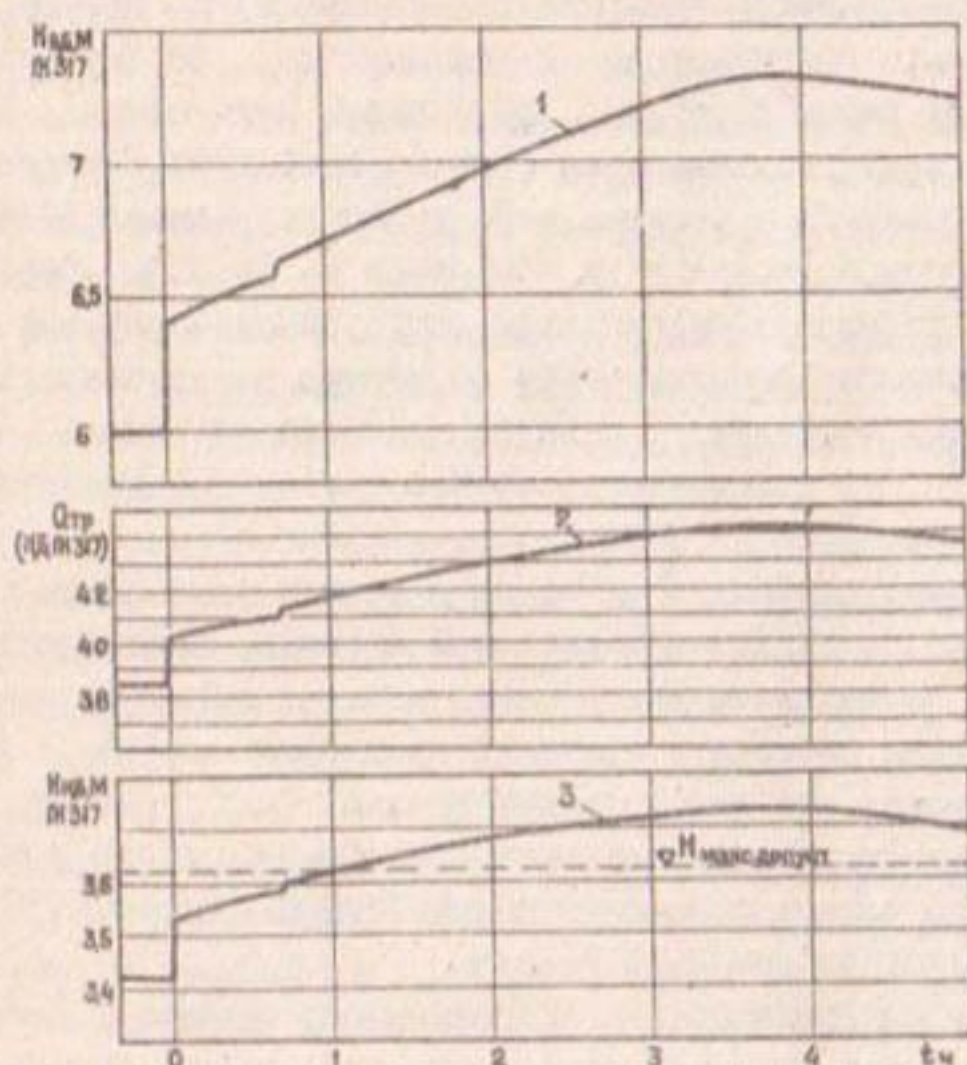


Рис.3. Переходные режимы в верхнем и нижнем бьефах пераго-
раживающего сооружения на пк 317 канала ДМ-I при 100%-ном от-
ключении НС-2 ($\Delta Q_{\text{к}} = -141 \text{ м}^3/\text{с}$) и применении активных мер защи-
ты: работа автоматического сброса ($Q_{\text{макс}} = 65 \text{ м}^3/\text{с}$), отклю-
чение НС-I на $\Delta Q_{\text{н}} = -141 \text{ м}^3/\text{с}$ через $\Delta t = 2,5 \text{ ч}$

увеличить пропускную способность канала, но потребует дополни-
тельных затрат на строительство повышенных дамб.

Кроме того, транзитный канал необходимо продлить, постро-
ив сбросной тракт протяженностью 2,85 км (до реки Клы), и в его
конце возвести автоматическое водосбросное сооружение. Непроиз-
водительные потери воды на сброс при каждом аварийном отклю-
чении насосной станции составят 390 тыс. м^3 .

Недостатками данного способа защиты транзитного канала яв-
ляются большая стоимость строительства и непроизводительные по-
тери воды на сброс.

Проведенный анализ показывает, что пассивный способ защиты транзитной части канала является неэкономичным. Поэтому представляется целесообразной разработка активного способа защиты транзитной части канала, например, путем локализации аварийного режима в магистральной части канала. Такая постановка задачи естественна и логична, так как аварийный режим возникает в магистральной части канала и в ней же следует осуществлять противоаварийные меры.

Автором данной работы было предложено устройство для автоматического регулирования уровня воды [5] (авт. свид. № 468223), применение которого для решения задачи защиты транзитной части канала от переполнения при нормальной строительной высоте позволяет сохранить расход и уровень воды в транзитной части канала в допустимых пределах, локализовать аварийный режим в магистральной части и исключить его воздействие на транзитную часть за счет перехода устройства в режим повышенного быстрогодействия при автоматическом регулировании уровня воды в транзитном канале в условиях возникновения аварийного режима.

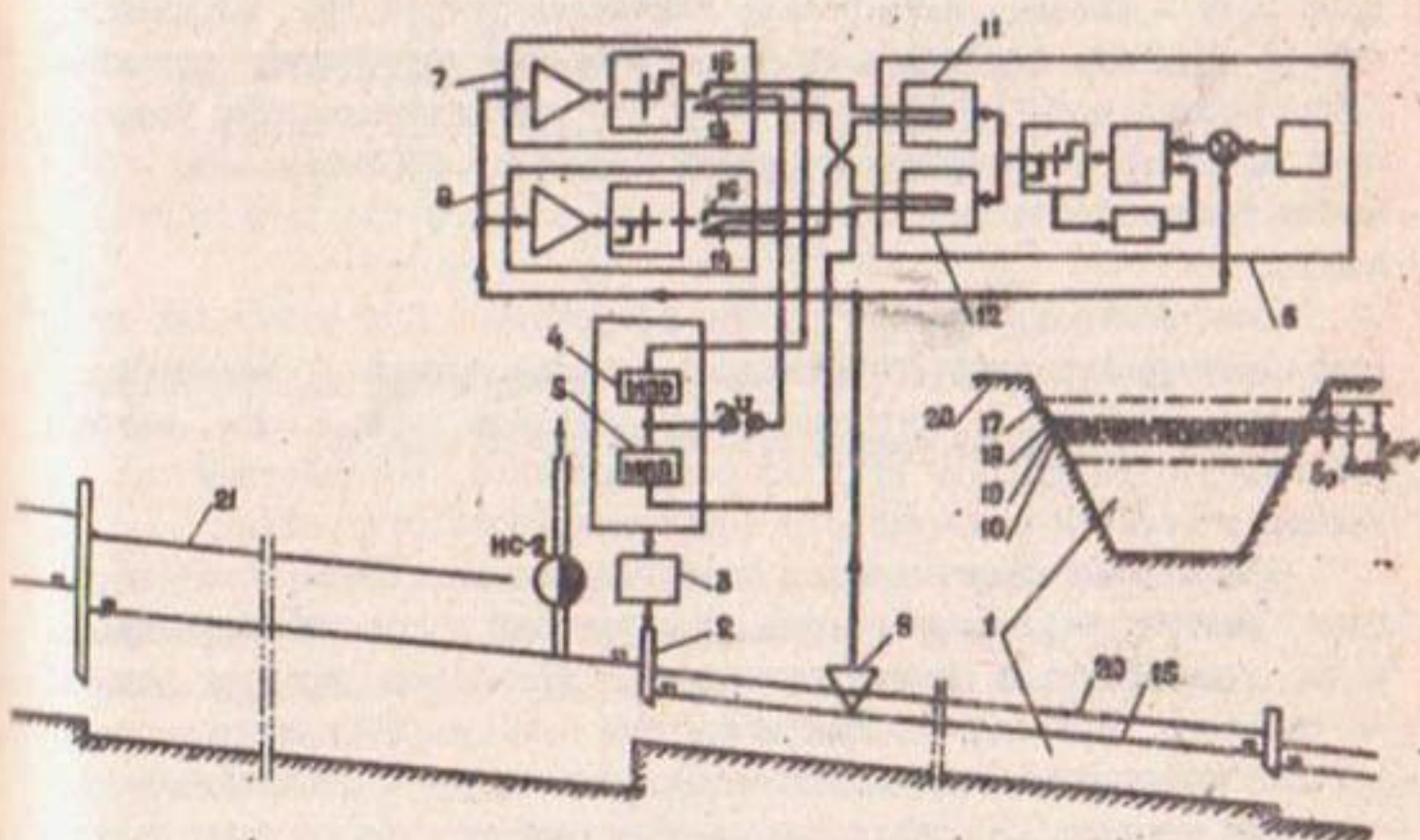


Рис.4. Схема устройства для защиты транзитной части канала от переполнения

Рекомендованная конструкция устройства разработана на основе серийных приборов ГСП в виде автоматического регулятора "Янгир-7", полная схема которого дана в монографии [6], а функциональная схема комплекта аппаратуры на канале приводится на рис.4 этой работы и описывается ниже.

Устройство для защиты транзитной части канала I от переполнения подключено к головному затвору 2 этого участка канала. Затвор управляется электроприводом 3, магнитные пускатели 4 и 5 которого присоединены к выходу авторегулятора 6 плавного регулирования уровня и выходам двух ограничителей-переключателей 7 и 8 соответственно по максимальному и минимальному допускаемым уровням воды транзитного участка канала I. Ко входу авторегулятора и ко входам ограничителей-переключателей подключен датчик уровня воды нижнего бьефа 9 в начале транзитного участка канала IO. Выходные контакты II и I2 авторегулятора присоединены к электроприводу через замкнутые контакты I3 и I4 ограничителей-переключателей. Разомкнутые контакты I5 и I6 ограничителей-переключателей включены в цепи питания магнитных пускателей.

На рис.4 показаны также: I7 - максимально допускаемый уровень воды в канале, или уровень включения устройства ограничения ($\varepsilon = 0,2$ м); I8 - уровень $\Delta_{огр}$ отключения устройства ограничения уровня воды ($\Delta_{огр} = 0,015$ м); I9 - уровень включения устройства плавного регулирования уровня воды ($\varepsilon_p = 0,0125$ м); 20 - дамба транзитной части канала; 2I - дамба магистральной части канала.

Ниже приводим принцип работы устройства. При небольших отклонениях уровня воды в транзитном участке канала от заданного значения $\Delta H < \varepsilon_{огр}$, воспринимаемых датчиком уровня воды, авторегулятор осуществляет плавное регулирование, воздействуя на затвор и изменяя величину его водопропускного отверстия.

При внезапном отключении насосной станции, как отмечено выше, расход и, следовательно, уровень воды в транзитном канале резко и значительно увеличиваются. При превышении уровнем воды максимально допускаемого значения $\Delta H < \varepsilon_{огр}$, воспринимаемого датчиком уровня воды, срабатывает ограничитель-переключатель 7: размыкая контакт I3, отключает авторегулятор в цепи управления положением затвора и, замыкая контакт I5, включает магнитный пускатель 4 в режим непрерывного прикрытия (опускания) затвора до тех пор, пока уровень воды в створе датчика не уменьшится до значения $\Delta_{огр} = 0,015$ м.

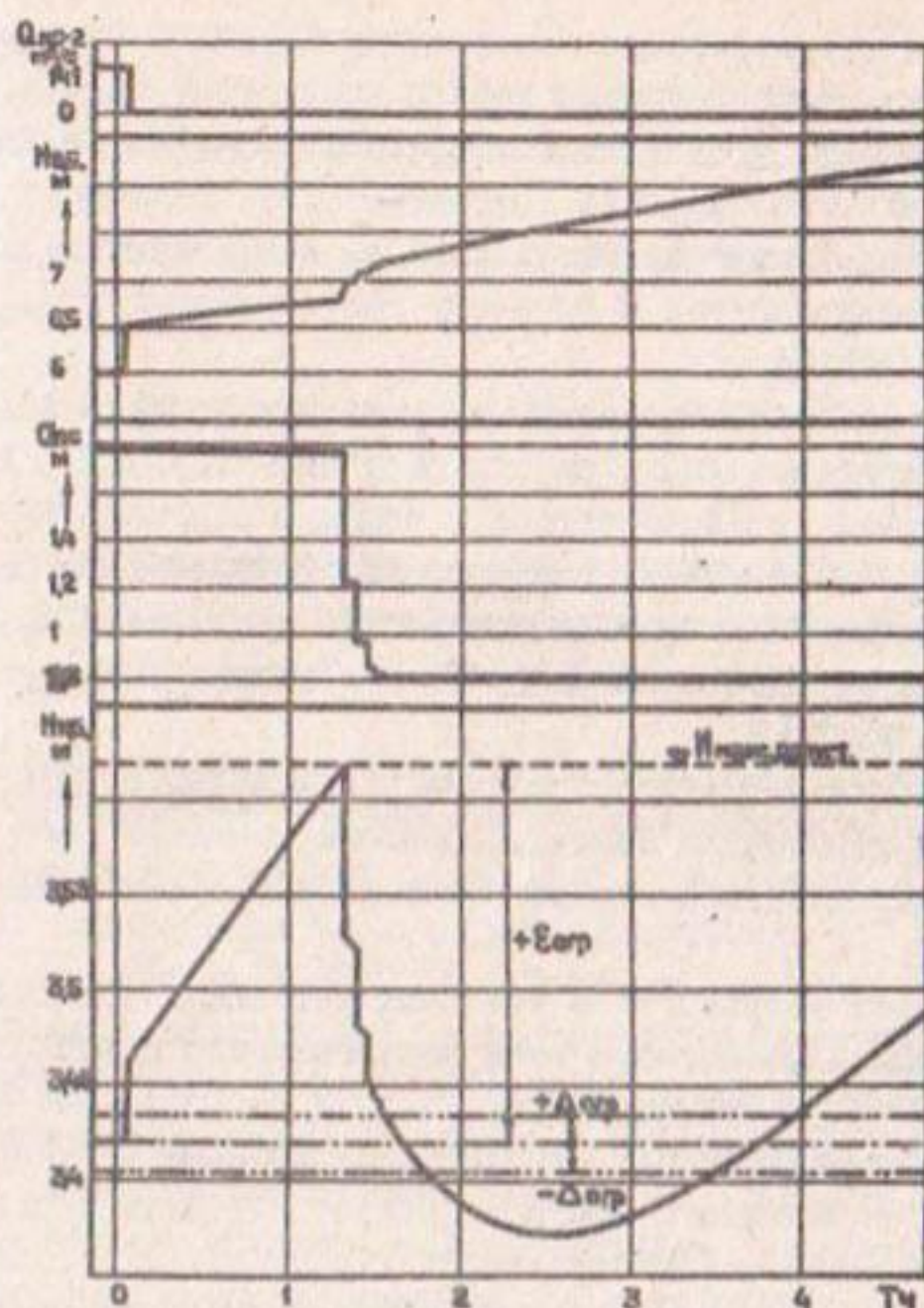


Рис.5. График переходного процесса при ограничении уровня нижнего бьефа на пк 3I7 канала ДМ-I

Описанный режим ограничения уровня воды в транзитном канале иллюстрируется рис.5. Из графика следует, что предложенное устройство нормализует работу транзитного канала и полностью локализует аварийный режим за его пределами.

Устройство также позволяет ограничивать понижение уровня воды ниже допускаемой отметки в транзитном канале. При этом обрабатывает ограничитель-переключатель 8 - включает магнитный пускатель 5 на увеличение открытия (подъем) затвора. Тем самым в период сверхдопускаемых отклонений уровня воды в транзитном канале устройство отключает выход авторегулятора и переходит из

режима плавного регулирования в режим непрерывного (быстродействующего) регулирования уровня воды в транзитном канале.

При возвращении уровня воды в транзитном канале в допустимые пределы ($\Delta H < \Delta_p$) контакт I5 размыкается, а контакт I3 замыкается, быстродействующий режим регулирования прекращается и авторегулятор возвращается к плавному регулированию уровня воды в транзитном канале.

Расчетные значения предельно допускаемых уровней воды начала $\varepsilon_{огр}$ и окончания $\Delta_{огр}$ работы быстродействующей системы ограничения уровня устанавливаются с помощью соответствующих уставок в ограничителях-переключателях. В качестве ограничителей-переключателей автором данной работы предложено применять серийные корректирующие приборы К26.1 /6/ Государственной системы приборов "Контур".

Для обеспечения функционирования предложенного активного способа защиты необходимо запитку перегораживающего сооружения на ПК 3I7 электроэнергией осуществлять независимо от НС-2, например от НС-1.

Предложенное устройство в условиях внезапных отключений насосной станции и вызванного этим значительного и резкого увеличения расхода и уровня воды в транзитной части канала позволяет за счет автоматического переключения системы регулирования уровня в режим повышенного быстродействия сохранить уровень и расход воды в транзитной части канала в допускаемых пределах без увеличения ее строительной высоты и локализовать аварийный режим в магистральной части канала.

Л и т е р а т у р а

1. Нормы проектирования сооружений мелиоративных систем. СНиП II-52-74. М., Стройиздат, 1975.
2. Руководство по проектированию магистральных и междолевых каналов оросительных систем. ВПР-II-7-75. М., Минводхоз СССР, 1975.
3. Руководство по проектированию автоматизации водораспределения на оросительных системах. ВПР-II-10-76. Киев, Минводхоз СССР, 1977.
4. Маковский Э.Э., Волчкова В.В. Автоматизированные автономные системы трансформации неравномерного стока. Фрунзе, "Илим", 1981.

5. Тименев Р.М. Устройство для автоматического регулирования уровня воды в ирригационном канале. (Институт "Средазгипро-водхлопок") Авт. свид. СССР, № 468223, 005в. ЦНИИПИ, 1975, №15.

6. Рожнов В.А., Тименев Р.М. Электрические системы стабилизации уровней воды в каналах. Фрунзе, "Илим", 1982.

УДК 627.8:693.552

Г.Н.Кулешов, гл.инж.проекта
(Средазгипроводхлопок)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВНУТРИБЛОЧНЫХ РАБОТ С УЧЕТОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЧНОСТИ МАССИВНЫХ БЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ИХ ВОЗВЕДЕНИИ

Прочность и однородность бетона являются статистическими величинами, значения которых, в соответствии с нормативной документацией для массивных сооружений, определяются приближенно методами, основанными на механических испытаниях контрольных образцов в возрасте 28-180 сут. Точность, согласно этим методам, считается достаточной, если при возведении сооружения оно обеспечено качественное уплотнение бетонной смеси и результаты испытания контрольных образцов и извлеченных из тела конструкции кернов имеют хорошую сходимость. Такая практика оценки качества работ фактически обеспечивает только пассивный учет и фиксацию недостатков производства и не позволяет осуществлять регулирование технологических мероприятий с целью получения заданной проектом прочности конструкции.

Строительство высоконапорных гидротехнических сооружений, в состав которых входят массивные бетонные плотины, в современных условиях характеризуется большой концентрацией материально-технических средств на одном объекте, высоким уровнем развития техники строительства и наличием высокомеханизированных потоков с большой интенсивностью. Это усиливает влияние технологии внутривлочных работ на качество бетона в сооружении и приводит к всевозрастающим различиям между лабораторным и производственным бетоном. Поэтому совершенствование методов контроля и управления технологическими процессами производства внутривлочных работ на таких объектах становится одним из основных резервов обеспечения проектной надежности сооружения и снижения стоимости его строительства.

С этой целью для решения вопросов управления качеством работ при возведении бетонной массивно-контрфорсной плотины Андиканского водохранилища, параллельно с основной системой контроля, действующей в соответствии с требованиями СНиП, была разработана и внедрена в производство подсистема контроля, анализа и принятия решений по совершенствованию технологии внутриблочных работ, приведенная на рисунке. В ее основу положено требование достижения и поддержания заданного проектом численного значения вероятности безотказной работы конструкции при минимальных стоимостных и ресурсных затратах. Подсистема позволяет оперативно осуществлять контроль за качеством (прочностью и однородностью) бетона в сооружении с помощью ультразвукового поверхностного профилирования строительных блоков по системе встречных годографов (ВГ), контролировать параметры технологии, оперативно оценивать влияние на начальную безотказность конструкции зарегистрированных в натуре отступлений от требований нормативно-технической документации и принимать решения по исключению повторных отступлений, а также выявлять необходимость восстановления прочности конструкции. В тех случаях, когда качество бетона и, в частности, его фактическая расчетная прочность выше проектной, подсистема позволяет принимать оптимальные решения по корректировке и совершенствованию технологии внутриблочных работ с целью снижения стоимости строительства.

Для реализации такой подсистемы на строительстве плотины Андиканского водохранилища были проведены исследования по выбору способа испытания бетона строительных блоков и разработана методика прогнозирования прочности массивного бетона по результатам его испытания ультразвуком в раннем возрасте. Основные зависимости этой методики:

$$V_n = K_1 V_{\tau} + \Delta V \quad (1)$$

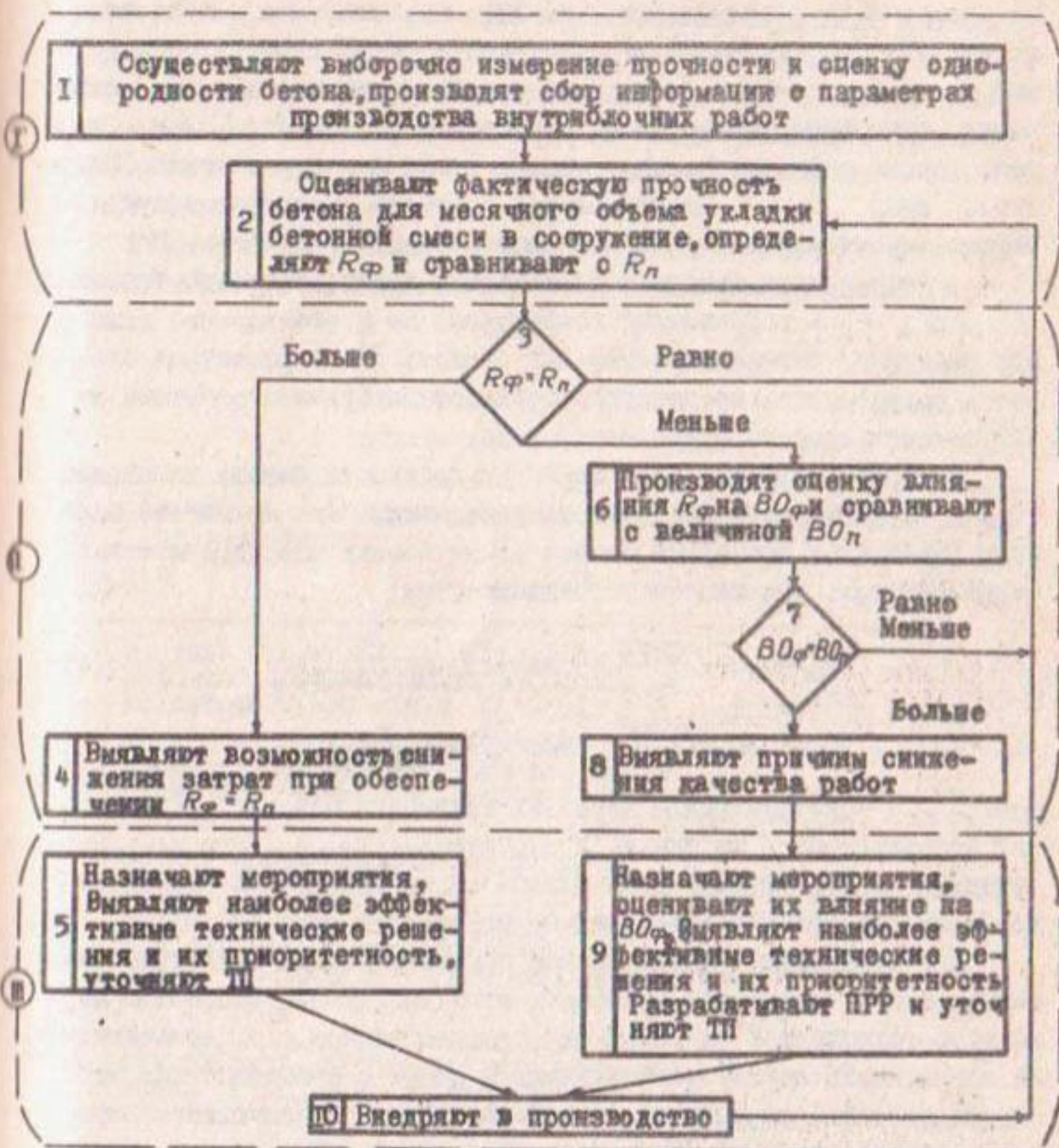
$$K_1 = 1 + 0,036(\bar{V}_{\tau} - 5,5)^2 - \frac{0,6(\lg t_m - \lg t_n) \lg \tau}{\bar{V}_{\tau}} \quad (2)$$

$$\Delta V = [1,15 - 0,6 \lg(t_m \sqrt{\lg \tau_p})] \lg \tau_p - [1,15 - 0,6 \lg(t_m \sqrt{\lg \tau})] \lg \tau \quad (3)$$

$$V_p = K_2 V_n \quad (4)$$

$$K_2 = 1,32 + 0,17 \lg \tau_p + (0,25 - 0,1 \lg \tau_p) \lg t_m - 0,15 V_n, \quad (5)$$

где V_n — прогнозируемая скорость ультразвука в расчетном возрасте (180 сут), км/с; K_1 — коэффициент перехода от скорости ультразвука в поверхностном слое к средней ее величине по высо-



Обозначения: R_n – расчетное сопротивление бетона, соответствующее проектной марке; R_ϕ – то же, получаемое по фактическим данным; $B0_n$ – вероятность отказа конструкции по проекту; $B0_\phi$ – то же, фактическая; $ТП$ – технологические правила; $ПРР$ – проект ремонтных работ.

Блок-схема принятия решений по совершенствованию технологии бетонных работ с учетом обеспечения прочности конструкций

те блока; ΔV — приращение величины скорости ультразвука за период $\tau \div \tau_p$, км/с; V_τ ; $\bar{V}_\tau$ — скорость ультразвука в исследуемой точке поверхности блока и ее среднее значение в целом для блока, измеренные способом ВГ в возрасте τ , км/с; τ , τ_p — возраст бетона соответственно в момент испытания и расчетный (180 сут), сут; t_m — максимальная среднеобъемная температура бетона строительных блоков при разогреве от экзотермии, $^{\circ}\text{C}$; t_n — температура бетона у поверхности блока, соответствующая t_m , $^{\circ}\text{C}$; K_E — поправочный коэффициент на нестандартные условия твердения бетона строительных блоков; V_p — расчетная скорость ультразвука, по которой определяется прочность бетона из зависимости скорость-прочность, км/с.

Значения коэффициентов вариации прочности бетона на сжатие (C_1) и на растяжение (C_2), из-за ускорения V_τ по высоте блока и снижения с возрастом бетона изменчивости его прочностных характеристик, уточняются по зависимостям:

$$C_c = K_c C_1 \quad K_c = \left(7,29 + \frac{0,457}{C_1} - 1,834 \bar{V}_\tau \right) \frac{\tau}{0,96\tau + 1,57} \quad (6)$$

$$C_p = K_p C_2 \quad K_p = \left(7,68 + \frac{0,131}{C_2} - 1,943 \bar{V}_\tau \right) \frac{\tau}{0,96\tau + 1,78}, \quad (7)$$

где C_c , C_p — коэффициенты вариации прочности бетона при испытании соответственно на сжатие и растяжение; C_1 , C_2 — то же, полученные по данным испытания блоков способом ВГ; $\bar{V}_\tau$ — средняя по блоку скорость ультразвука, км/с.

Для реализации разработанной подсистемы были проведены также исследования влияния возможных отступлений от требований нормативно-технической документации сооружения при его возведении на вероятность отказа конструкции. В связи с особенностями массовых бетонных сооружений, в которых условия наступления предельного состояния не могут быть выражены через усилия в сечении, за меру надежности (Н) принят показатель вероятности превышения главными напряжениями (σ_{ch}) в опасном сечении конструкции расчетной прочности бетона (R_{np}), вычисленной с учетом регламентированных СНиП коэффициентов безопасности работы.

Методика подсчета вероятности наступления отказа общеизвестна и подробно изложена в работе А.Р.Ржаницина "Теория расчета строительных конструкций на надежность" (М., Стройиздат, 1978). Однако, ввиду сложности законов распределения напряжений по сечению конструкции и наличия фактических распределений

прочности бетона в сооружении, подсчет этой вероятности целесообразно осуществлять непосредственно по гистограммам распределения резерва прочности. Как показали наши исследования, такие распределения хорошо аппроксимируются теоретическими кривыми нормального, логарифмически нормального распределения и Пирсона 3-го и 4-го типов.

Результаты исследования влияния различных отступлений от требований норм на вероятность отказа конструкции приведены в табл. I.

Таблица I

Вероятность отказа в работе плотины в зависимости
от качества ее возведения

Вариант	Описание конструкции и качество ее возведения	Вероятность отказа по главным напряжениям	
		σ_1	σ_2
I	Плотина треугольного профиля на однородном основании с $E_0 = 5000$ МПа из бетона $R = 20$ МПа и $C_v = 0,17$	$0,253 \cdot 10^{-2}$	$0,150 \cdot 10^{-3}$
2	То же, с зоной в средней части плотины, проходящей через все сечение конструкции из бетона $R = 10$ МПа, $C_v = 0,17$	$0,600 \cdot 10^{-2}$	0,154
3	То же, с аналогичной зоной, но из бетона $R = 30$ МПа и $C_v = 0,17$	$0,918 \cdot 10^{-2}$	$0,250 \cdot 10^{-1}$
4	То же, но зона состоит из двух марок бетона: со стороны напорной грани $R = 30$ МПа, со стороны низовой грани $R = 10$ МПа	$0,221 \cdot 10^{-1}$	0,137
5	То же, но зона состоит из двух марок бетона: со стороны напорной грани $R = 10$ МПа, со стороны низовой грани $R = 30$ МПа	$0,333 \cdot 10^{-2}$	$0,274 \cdot 10^{-1}$
6	Плотина треугольного профиля на однородном основании с $E_0 = 5000$ МПа из бетона $R = 20$ МПа и $C_v = 0,195$	$0,296 \cdot 10^{-2}$	$0,185 \cdot 10^{-3}$
7	То же, $R = 20$ МПа, $C_v = 0,135$	$0,150 \cdot 10^{-2}$	$0,194 \cdot 10^{-4}$
8	То же, $R = 20$ МПа, $C_v = 0,3$	$0,690 \cdot 10^{-2}$	$0,372 \cdot 10^{-2}$
9	То же, $R = 15$ МПа, $C_v = 0$	$0,254 \cdot 10^{-2}$	$0,864 \cdot 10^{-5}$
10	То же, $R = 25$ МПа, $C_v = 0,31$	$0,385 \cdot 10^{-2}$	$0,181 \cdot 10^{-2}$

На основе данных табл. I можно сказать следующее. Наличие в теле плотины зон с резко отличающимися прочностными характеристиками бетона приводит к снижению надежности конструкции и по-

вышению вероятности отказа в ее работе по σ , в 2-4 раза, по σ_2 в 100 и 1000 раз (варианты 1, 2, 3). Значительно снижает ВО по σ , повышение прочности бетона в части зоны, расположенной у низовой грани (варианты 1, 2, 5). Увеличение же прочности бетона в части зоны у напорной грани дает обратный эффект — снижается надежность плотины (варианты 1, 2, 4). Как показали дополнительные исследования, повышение или снижение прочности бетона в части плотины, расположенной выше дефектной зоны, не оказывает сколько-нибудь существенного влияния на ВО.

Повышение однородности бетона с 0,17 до 0,135 позволяет снизить значения ВО по σ , в 2 раза, по σ_2 — в 10 раз (варианты 6, 7). Интересные результаты дает сравнение вариантов 9, 6 и 10. Бетон плотины в этих вариантах имеет одинаковые значения расчетных сопротивлений и следовало бы ожидать, что ВО в работе плотины в условиях варианта 9 по сравнению с вариантами 6 и 10 должна быть одинаковой или выше из-за более низких деформативных характеристик бетона. Но исследования показали: на ВО в большей степени оказывает влияние не средняя величина характеристик бетона, а неоднородность его прочностных и деформативных свойств, что приводит к значительной разности в результатах оценки ВО по σ_2 (варианты 9, 6 и 10).

Реализация разработанной подсистемы потребовала также проведения исследований по выявлению влияния технологических мероприятий внутриблочных работ на показатели качества бетона строительных блоков. Учитывая, что параметры технологических мероприятий проявляются в виде случайных явлений или процессов, были обработаны с использованием теории математической статистики результаты статистического контроля за параметрами технологических мероприятий и качеством бетона строительных блоков. Исследовалось влияние следующих факторов: исходной неоднородности бетонной смеси, сезона производства бетонных работ, средств и методов уплотнения бетонной смеси, объема и конфигурации строительных блоков, почасовой интенсивности подачи бетонной смеси в блок и ее изменчивости, температуры бетонной смеси, максимальной среднеобъемной температуры бетона в период разогрева от экзотермии, высоты строительных блоков, перерывов в бетонировании смежных по высоте блоков и удельного расхода цемента на 1 м³ бетона.

Было установлено, что в условиях строительства Андиганского водохранилища такие параметры, как исходная неоднородность

бетонной смеси, сезон работ, вид вибраторов для уплотнения бетонной смеси, объем и конфигурация строительных блоков, практически не оказывают влияния на качество бетона. Характер влияния других факторов выражен через следующие корреляционные зависимости:

$$R_c = (0,294 - 4,34) + 2,52(1,25 - h)^2 - 0,005(t_m - 20)^2 - 1,18 \lg \tau_{пер} \quad (8)$$

$$R_p = 0,0124 + 0,22(1,25 - h)^2 - 0,00036(t_m - 20)^2 - 0,088 \lg \tau_{пер} \quad (9)$$

$$C_c = 0,218 - \frac{0,0058}{0,01184 - 1,88} R_c + \frac{0,167}{J_{90}} + 0,007 \lg \tau_{пер} \quad (10)$$

$$C_p = 0,225 - \frac{4,58}{41,2} R_p + \frac{0,151}{J_{90}} + 0,01 \lg \tau_{пер}, \quad (11)$$

где R_c, R_p – средняя для блока прочность бетона в возрасте 180 сут при испытании на сжатие и растяжение, МПа; C_c, C_p – коэффициенты вариации прочности бетона в возрасте 180 сут при испытании на сжатие и растяжение; $\mathcal{U}$ – удельный расход цемента, кг/м³; h – высота строительного блока, м; $\tau_{пер}$ – перерыв в бетонировании смежных по высоте блоков, сут; J_{90} – часовая интенсивность подачи бетонной смеси в блок обеспеченностью 90% $J_{90} = J - 1,28S$, м³/ч; J – часовая интенсивность подачи бетонной смеси в блок, средняя за период бетонирования, м³/ч; S – среднеквадратическое отклонение часовой интенсивности, м³/ч.

Корреляционные отношения этих зависимостей: (8) – 0,916, (9) – 0,999, (10) – 0,773 и (11) – 0,788 – свидетельствуют о высокой тесноте связи между исследуемыми параметрами и результативными признаками.

Учитывая, что фактор t_m представляет собой интегральный показатель, зависящий от температуры поверхности и основания блока, температуры бетонной смеси, высоты блоков, интенсивности экзотермии и др., а эти факторы, в свою очередь, – от параметров технологических мероприятий, были проведены исследования для выявления статистических зависимостей между этими факторами и максимальной среднеобъемной температурой бетона строительных блоков. Кроме того, проведены исследования по выявлению влияния способа ухода за бетоном на температуру поверхности блоков – основного фактора, от которого зависит максимальный разогрев бетона.

Получены следующие зависимости:

$$t_m = 1,17t_n + \left(4 - \frac{4}{h}\right) + 0,23(t_o - t_n) + [1,84 + 0,11(t_{se} - t_n)]^2 \quad (12)$$

$$t_{n(c)} = 3 + 1,1 t_{\text{воз}} \quad (I3)$$

$$t_{n(y)} = 6,3 + 0,7 t_{\text{воз}} \quad (I4)$$

$$t_{n(n)} = 8 + 0,5 t_{\text{воз}} \quad (I5)$$

где $t_n, t_{n(c)}, t_{n(y)}, t_{n(n)}$ — среднесуточная температура поверхности блоков; с индексом c — без ухода, с y — при увлажнении поверхности и n — при поливе поверхности в первые сутки и последующем увлажнении, град; t_o — среднеобъемная температура бетона нижележащего блока-основания, град; $t_{\text{воз}}$ — среднесуточная температура воздуха, град.

Зависимость (I2) соответствует составу бетона с удельным расходом цемента 244 кг/м^3 . Ошибка в определении t_m при других значениях U ($220+260 \text{ кг/м}^3$) составляет не более 1°C . Ошибка в оценке t_n по среднесуточной температуре воздуха — не более 10% .

Для практического применения разработанной подсистемы в составе авторского надзора проектной организации была создана специальная служба, которая вела контроль прочности бетона ультразвуковым способом, производила сбор и систематизацию сведений по качеству бетонных работ и результатам осуществления технологических мероприятий путем нанесения данных на специальные перфокарты и создания картотеки по строительным блокам плиты. Для обработки итогов наблюдений и анализа состояния сооружений использовались ЭВМ М-222 и ЕС-1033. Результаты контроля и анализа, а также выработанные предложения ежемесячно передавались строительной организации для внедрения.

Подсистема разрабатывалась и внедрялась в производство в 1973–1975 гг. За время строительства было проконтролировано 960 блоков с объемом бетона 226 тыс.м^3 , или $6,7\%$ от всего уложенного в этот период бетона. Установлено, что, например, в 1973 г. фактическая прочность бетона в сооружении отличалась от прочности контрольных образцов в отдельные периоды до 10% по прочности и до 60% по изменчивости. В целом же имело место превышение прочности бетона на $12-30\%$ и снижение изменчивости на 28% по сравнению с проектной. Анализ факторов, от которых зависит качество бетона, позволил наметить пути совершенствования технологии внутриблочных работ, а также уточнения их параметров с целью снижения себестоимости, энерго- и материалоемкости технологических мероприятий. Так, в процессе строительства систематически снижался удельный расход цемента при приготовлении бе-

тонной смеси, повышалась высота блоков, корректировалось время перерывов в бетонировании смежных по высоте блоков и другие параметры. При этом учитывался не только технический эффект от корректировки технологических мероприятий, и но и экономический, который в ряде случаев влиял на приоритетность внедряемых мероприятий.

В 1975–1979 гг., кроме того, систематически производилась оценка влияния на вероятность отказа конструкций изменения прочности бетона в отдельных зонах сооружения, нарушения монолитности отдельных блоков, некачественно зацементированных усадочных швов, вскрытых в основании плотины отдельных тектонических зон с низкими деформативными свойствами пород и т.д.

Во многих случаях эти отступления от проекта не сказывались на ВО, что позволило обоснованно отказаться от проведения ремонтных работ. Однако были случаи, когда приходилось принимать решения о проведении таких работ. За весь период строительства удалено из тела плотины около 500 м³ некачественно уплотненного бетона, было уложено около 200 т арматуры для повышения прочности бетона блоков, нарушенных температурно-усадочными трещинами, и произведена цементация фильтрующего бетона в объеме около 3 тыс. м³. Результаты оценки прочности плотины представлены в табл.2, где на примере секций 4, 7, 12, 18, 24 и 30 дается сравнение проектной и фактической прочности секций и вероятности отказа в их работе.

Таблица 2

Результаты оценки прочности и вероятности отказа в работе
тепловых секций и плотины в целом

Секция	Данные проекта						Фактические данные					
	Бетон М-250		Бетон М-200		Вероятность отказа по		Бетон М-250		Бетон М-200		Вероятность отказа по	
	R МПа	C	R МПа	C	σ_1	σ_2	R МПа	C	R МПа	C	σ_1	σ_2
4	25	0,17	20	0,17	$0,689 \cdot 10^{-3}$	$0,170 \cdot 10^{-2}$	25,8	0,15	24	0,161	$0,262 \cdot 10^{-3}$	$0,236 \cdot 10^{-7}$
7	25	0,17	20	0,17	$0,592 \cdot 10^{-2}$	$0,114 \cdot 10^{-1}$	26,1	0,154	23,4	0,166	$0,560 \cdot 10^{-2}$	$0,130 \cdot 10^{-1}$
12	25	0,17	20	0,17	$0,341 \cdot 10^{-1}$	$0,347 \cdot 10^{-1}$	26	0,151	23,3	0,158	$0,225 \cdot 10^{-1}$	$0,032 \cdot 10^{-6}$
18	25	0,17	20	0,17	$0,413 \cdot 10^{-1}$	$0,144 \cdot 10^{-2}$	27,4	0,143	25,3	0,149	$0,167 \cdot 10^{-3}$	$0,539 \cdot 10^{-7}$
24	25	0,17	20	0,17	$0,163 \cdot 10^{-2}$	$0,803 \cdot 10^{-2}$	27,2	0,155	24,9	0,141	$0,570 \cdot 10^{-3}$	$0,263 \cdot 10^{-4}$
30	25	0,17	20	0,17	$0,266 \cdot 10^{-2}$	$0,640 \cdot 10^{-2}$	26,1	0,155	24,5	0,155	$0,212 \cdot 10^{-2}$	$0,141 \cdot 10^{-4}$
Плотина	25	0,17	20	0,17	$0,746 \cdot 10^{-1}$	$0,320 \cdot 10^{-1}$	26,4	0,151	24,2	0,155	$0,305 \cdot 10^{-1}$	$0,130 \cdot 10^{-1}$

Основные результаты от внедрения подсистемы контроля, анализа и принятия решений на строительстве Андиканской плотины при корректировке технологических мероприятий внутриблочных работ, а также экономический эффект от их внедрения приведены в табл. 3, 4 и 5.

Таблица 3

Примеры корректировки технологических правил
производства бетонных работ

Пункт ТП	Требование ТП	Фактическое выполнение
4.6.	Удаление цементной пленки с поверхности бетона производить в возрасте 10-15 ч механическими щетками	Цементная пленка удалялась зимой механическими щетками, летом смывалась водой в возрасте бетона 4-6 ч
5.17	Укладку слоев бетонной смеси в блоки вести параллельно фронту плотины от нижнего бьефа к верхнему	Укладка слоев бетонной смеси в блоки сложной формы производилась косыми в плане полосами, обеспечивавшими равномерную необходимую интенсивность подачи бетонной смеси в блок
5.18	Высоту блоков при однослойном бетонировании назначать равной 0,5-0,75 м	Высота блоков ограничивалась техническими характеристиками уплотняющих механизмов
6.2	Максимальный разогрев бетона блоков длиной более 20 м ограничивать $t_m \leq 28+30^\circ\text{C}$	Максимальный разогрев бетона блоков допускался до $t_m \leq 34^\circ\text{C}$
6.8	Интенсивность охлаждения бетона в первые двое суток после укладки ограничивать 3°C в сут	Интенсивность охлаждения бетона в первые трое суток после укладки не ограничивалась
6.9	Перекрытие блока вышележащим допускать лишь после снижения его температуры при $h=0,5$ м до 25°C при $h=0,75$ м до 22°C	Перекрытие блока вышележащим при смыве цементной пленки с поверхности водой допускалось при снижении его температуры до $23,5^\circ\text{C}$ при $h=1$ м и на третьи сутки для блоков $h=0,75$ м независимо от их температуры
6.14	Температуру бетонной смеси при укладке ее в блок ограничивать $t_{se} \leq 18^\circ\text{C}$	Допускалось применение бетонной смеси с $t_{se} \leq 22+24^\circ\text{C}$

Таблица 4

Результаты совершенствования технологии
внутриблочных работ по плотине в 1974-1979 гг.

Год	Объем уложенно- го бетона, тыс. м ³		Средняя высота блоков, м	Темпера- тура бе- тонной смеси, град	Удельный расход цемента, т/м ³	Максималь- ный разо- грев бето- на, средний за У-УШ, град
	за год	за У-УШ				
1974	297,5	119,6	0,63	18	0,246	30
1975	496,6	192	0,73	18,7	0,242	29,2
1976	709,9	281,3	0,79	19,5	0,234	29,8
1977	606,3	240,8	0,79	19,8	0,227	30
1978	602,3	227,5	0,95	20	0,222	29,7
1979	467,1	176,4	0,92	22,5	0,228	30

Таблица 5

Снижение стоимости бетонных работ по плотине (тыс.руб.)
в результате совершенствования технологии внутриблочных
работ в 1975-1979 гг.

Год	Снижение стоимости бетонных работ в результате				Всего
	сокращения площади об- работки	снижения расхода цемента	изменения способа снятия це- ментной пленки	снижения затрат на охлаждение бетонной смеси	
1975	181,7	42,3	23,1	2,1	264,1
1976	313,1	181,5	44,2	6,5	545,5
1977	267,4	245,4	37,8	6,5	557,3
1978	342,1	307,9	30,7	6,8	687,4
1979	256	179,1	24,7	6,7	466,1
Итого	1366,3	956,2	169,3	28,6	2520,4
С учетом накладных расходов и плановых накоплений					3264,7

Кроме того, достигнуто:

- увеличение производительности труда на внутриблочных ра-
ботах на 0,7%;
- сэкономлено 45 тыс.т цемента и 1,55 млн.кВт.ч электроэнер-
гии;
- фактическая надежность плотины в 2,5 раза выше проектной.

УДК 626.81:556.3:633.51

А.Н.Морозов, гл. спец.

(Средавгипроводхлопок)

В.А.Злотник, канд. техн.

наук, ст. науч. сотр.

(ЦНИИКИВР)

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ВОД ПОВЫШЕННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ ХЛОПЧАТНИКА

В соответствии с выдвинутой XXVI съездом КПСС программой социального развития и повышения благосостояния советского народа в республиках Средней Азии и Казахстане планируется за 10 лет оросить и освоить не менее 2,15 млн. га земель. Из них в Узбекской ССР – свыше 900 тыс. га.

Широкое развитие на этой территории орошаемого земледелия обуславливает нарастающий дефицит водных ресурсов. По данным

САРНИПМИ, в бассейне р. Сырдарьи уже на современном этапе развития хозяйства суммарный водозабор в отдельные периоды превышает приток из области формирования стока [1]. Это обстоятельство стимулирует поиск новых источников оросительной воды.

Осуществление переброски части стока сибирских рек в Среднюю Азию и Казахстан потребует длительного времени, поэтому в настоящее время весьма актуальна проблема привлечения более доступных ресурсов – местных подземных и поверхностных вод.

При остром дефиците водных ресурсов важным дополнительным источником оросительной воды служат возвратные воды, формируемые на современных оросительных системах дренажно-сбросным и подземным стоком. Уже сейчас в бассейнах Сырдарьи и Амударьи возвратные воды имеют довольно широкое применение [2]. Однако дальнейшее увеличение объемов использования возвратных вод на орошение связано с трудностями технического и экономического характера, обусловленными относительно низким качеством этих вод и их повышенной минерализацией [3].

Орошение минерализованными водами в ряде случаев приводит к нежелательным последствиям, как-то:

– гибель сельскохозяйственных растений либо от однократного применения вод, содержащих высокотоксичные соединения, ли-

бо в результате постепенного накопления в почве соединений различной токсичности до высоких концентраций;

- снижение урожайности сельскохозяйственных растений и качества урожая по вышеперечисленным причинам, а также в связи с изменением водно-физических свойств почв, вызванным осолодцеванием;

- увеличение минерализации грунтовых вод, вод более глубоких горизонтов и вследствие этого минерализации дренажного стока;

- ухудшение качества вод подземных водозаборов, в том числе используемых для питьевых целей.

При оценке применимости вод повышенной минерализации следует проанализировать во взаимосвязи природные и хозяйственные факторы и запроектировать мелиоративную систему таким образом, чтобы избежать неблагоприятных последствий.

В настоящей работе авторы ограничились рассмотрением лишь наиболее часто встречающихся случаев использования вод повышенной минерализации на современных гидромелиоративных системах Средней Азии.

Химический состав дренажно-сбросных вод большинства систем носит сульфатно-хлоридный и хлоридно-сульфатный характер с повышенным содержанием натрия и магния в числе катионов. По данным многочисленных опытов, вода такого состава не вызывает осолодцевания почв [4]. Наиболее опасный - гидрокарбонатно-натриевый состав дренажных вод в Средней Азии встречается очень редко, и применение таких вод на почвах, подверженных осолодцеванию, возможно лишь при обязательном улучшении их состава [4].

Появление в дренажно-сбросных водах высокотоксичных соединений (ядохимикатов, гербицидов и т.д.) в предельно допустимых концентрациях (ПДК) практически исключено и может иметь место лишь в крайне редких случаях, поскольку современные нормы применения этих веществ в сельскохозяйственном производстве рассчитаны таким образом, что концентрации их остатков в дренажно-сбросных водах, как правило, в несколько раз ниже ПДК.

Предлагаемая ниже методика оценки применимости вод повышенной минерализации распространяется только на воды, не вызывающие осолодцевания почв и не содержащие высокотоксичных соединений в ПДК.

Проектирование мелиоративных мероприятий, связанных с орошением водами повышенной минерализации, должно базироваться на достоверных прогнозах водно-солевого режима почвы и подстилающих горизонтов.

Наибольшее распространение в практике проектирования получили в последнее время гидродинамические методы прогнозирования водно-солевого режима орошаемых массивов [5]-[7]. Особый интерес представляют методики, учитывающие динамику влаги и солей зоны аэрации почв [5], [8], [9]. Рекомендуемая нами модель орошаемого массива охватывает основные факторы формирования водно-солевого режима почв и нижележащих горизонтов, использует хорошо изученные параметры и является сравнительно простой [10], [11].

Для расчета водно-солевого режима используются две взаимосвязанные модели: модель водного режима и модель солепереноса. Модель водного режима позволяет рассчитать эпюры влажности и скорости вертикальной фильтрации, применяемые далее для прогноза переноса солей.

Уравнение влагопереноса в первой модели имеет вид:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K \frac{\partial H}{\partial z} \right) - I - Q_{gr} \delta(z - z_g); \quad 0 < z < L. \quad (1)$$

Здесь t - время, сут; z - вертикальная координата, м; L - мощность расчетного горизонта, м; $K(W)$ - коэффициент влагопроводности, м/сут; $J(z, t)$ - интенсивность отбора влаги корнями растений, (м³/сут).га; Q_{gr} - дренажный сток, (м³/сут).га; $W(z, t)$ - объемная влажность; $H(z, t)$ - напор, м; $\delta(u)$ - дельта-функция [5], [7], [8]. Искомыми функциями являются W и H .

Вертикальная скорость фильтрации, используемая для расчета переноса солей, определяется по формуле

$$V = -K \frac{\partial H}{\partial z}. \quad (2)$$

Граничные условия на поверхности почвы задаются режимом орошения и различны для поливного и межполивного периодов. Для межполивного задается поток q через поверхность почвы ($z = 0$) алгебраическая сумма осадков и физического испарения:

$$V = q_m(t). \quad (3)$$

Для периода полива, начинающегося с момента времени t_n , задается напор на поверхности. Вначале он равен поливной норме,

выраженной слоем поливной вод Π_0 , а затем высота слоя $\Pi(t)$ меняется вплоть до нуля при $t = t_k$ под влиянием впитывания со скоростью q_ϕ , испарения и других процессов. Поэтому

$$H = \Pi, \quad t_n < t < t_k; \quad \Pi(t_n) = \Pi_0 \quad (4)$$

$$\frac{d\Pi}{dt} = -q_\phi + q_m, \quad q_\phi = V(0, t). \quad (5)$$

После окончания впитывания для дальнейших расчетов вновь используется выражение (3).

Нижнее граничное условие определяется характером гидравлической связи грунтовых вод с водами нижележащих горизонтов. При наличии связи на кровле подстилающего прослоя ($z = L$) принимается условие

$$V = \frac{K_d}{m_d} (H_a - H), \quad (6)$$

где K_d (м/сут) и m_d (м) — соответственно коэффициент фильтрации и мощность слабопроницаемого прослоя, отделяющего грунтовые воды от напорных (при отсутствии связи $K_d = 0$); H_a — напор в нижележащем горизонте, м.

В качестве начального условия принимается эпюра влажности $W_0(z)$:

$$W(z, 0) = W_0(z); \quad t = 0, \quad 0 < z < L. \quad (7)$$

Решение задачи (I)–(7) дает прогноз динамики влажности и скорости фильтрации. Эти величины используются для расчета солепереноса.

Уравнение для определения концентрации $C(z, t)$ в модели солепереноса имеет вид:

$$\frac{\partial(WC)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial C}{\partial z} - VC \right); \quad 0 < z < z_g; \quad z_g < z < L, \quad (8)$$

где D — коэффициент гидродинамической дисперсии; z_g — глубина заложения дренажа.

Поток солей в зоне аэрации рассчитывается по формуле

$$U = -D \frac{\partial C}{\partial z} + VC. \quad (9)$$

Граничное условие на поверхности почвы ($z = 0$) при минерализации поливной воды $C_n(t)$ имеет вид:

$$U = q_\phi C_n. \quad (10)$$

Граничное условие на кровле слабопроницаемого преслоя ($z = L$) описывает конвективный солеобмен с нижележащим горизонтом:

$$U = VC \quad \text{при } V > 0, \quad U = VC_a \quad \text{при } V < 0. \quad (I1)$$

Условия над дренажной и под ней ставятся отдельно.

$$\text{Над дренажной: } U = VC, \quad z = z_g - 0. \quad (I2)$$

$$\text{Под дренажной } \begin{cases} VC, & \text{если } V(z_g + 0, t) < 0. \\ VC(z_g - 0, t), & \text{если } V(z_g + 0, t) > 0. \end{cases} \quad (I3)$$

В качестве начальной задается солевая эпюра:

$$C(z, 0) = C_0(z). \quad (I4)$$

Решение поставленной задачи (8)–(I4) дает минерализацию порового раствора и величину солевого стока в дренаж.

Для решения задач (I)–(7) и (8)–(I4) используется несколько функций, которыми определяются коэффициент влагопроводности, зависимость капиллярного потенциала от влажности и др. Зависимость коэффициента влагопроводности от влажности принята по формуле С.Ф.Аверьянова [12]. При этом K_g определяется коэффициентом фильтрации (K_f), пористостью (m), влажностью завядания (ВЗ):

$$K_g = K_f \left(\frac{W - ВЗ}{m - ВЗ} \right)^n. \quad (I5)$$

Показатель степени n может приниматься в диапазоне 2,5–7 в зависимости от свойств грунта.

Зависимость напора от влажности принята однозначной:

$$H = \psi(W) - z, \quad (I6)$$

где ψ – капиллярный потенциал влаги, имеющий отрицательное значение в зоне аэрации и положительное ниже уровня грунтовых вод. Зависимость $\psi(W)$ должна определяться для каждой почвообразующей породы [13].

Для расчета транспирации растениями ввиду крайней приближенности экспериментальных данных использована простейшая модель с постоянной интенсивностью отбора влаги корнями по глубине [14].

$$T(z, t) = \begin{cases} (1 - \lambda(t)) E_c(t) / \ell(t), & 0 < z < \ell(t) \\ 0, & z > \ell(t). \end{cases} \quad (I7)$$

Здесь $E_c(t)$ – суммарное испарение, мм/сут; $\lambda(t)$ – доля физи-

ческого испарения; $\ell(t)$ – глубина корнеобитаемого слоя, м.

Величина дренажного стока аппроксимируется линейной функцией действующего напора [5]:

$$Q_d = A(Z_d - h(t)), \quad (18)$$

где A – коэффициент дренированности, л/сут; $h(t)$ – глубина грунтовых вод, м.

Условия и параметры связи горизонтов грунтовых и напорных вод устанавливают по материалам гидрогеологических исследований или режимных наблюдений.

В рекомендуемой нами модели предусмотрена возможность задания режима орошения по произвольно выбранному графику, с произвольными нормами, а также по графику, обеспечивающему в корнеобитаемом слое заданные агротехническими требованиями условия по влажности и содержанию солей в различные фазы развития растений. Во втором случае полив с заданной нормой назначается автоматически всякий раз, когда суммарное давление почвенной влаги (P_c), рассчитанное по средней влажности корнеобитаемого слоя, достигает заданного уровня P_d [13]:

$$P_c = |\psi|_{cp} + \alpha C_{cp} \leq P_d. \quad (19)$$

Здесь $|\psi|_{cp}, C_{cp}$ – соответственно средние по корнеобитаемому слою значения потенциала давления и минерализации почвенной влаги; α – эмпирическая постоянная, приблизительно равная 0,36 [15], поскольку в диапазоне концентраций почвенного раствора, встречающихся на орошаемых почвах, значение удельной электропроводности (ЕС) численно близко общей концентрации, выраженной в граммах на литр.

Решение осуществлено численным методом с помощью консервативной разностной схемы [16], реализованной на языке Фортран-4 на ЭВМ ЕС-1020 и 1033, расчеты контролируются методом водно-солевого баланса.

Для автоматического выбора режима орошения при употреблении для полива вод повышенной минерализации модель может быть использована, если назначены определенные агротехнические требования. Известно, что на незасоленных среднесуглинистых почвах влажность замедления роста хлопчатника в фазу бутонизации-цветения составляет около 70% от полевой влагоемкости (0,7 ПВ). Этой влажности соответствует давление почвенной влаги 2 атм, а

осмотическое давление может колебаться от 1 до 2 атм [17-19]. Таким образом, суммарное давление почвенной влаги (P_c), позволяющее обеспечить условия для получения максимальной урожайности хлопчатника, составит 3-4 атм. Зная критическую влажность (в долях от ПВ) по другим фазам развития хлопчатника, легко установить для них критическое значение P_c .

На засоленных почвах при осмотическом давлении 4 атм урожайность хлопчатника снижается на 25%, а при 6 атм - на 50% [19]. соответственно суммарное критическое давление составит 6 и 8 атм. В таблице приведены значения P_c по фазам развития хлопчатника, рассчитанные для режима влажности, близкого к оптимальному (65-70-60% от ПВ), при различных степенях засоления.

Критические значения P_c
по фазам развития хлопчатника

Фаза развития хлопчатника	Глубина корнеобитаемого слоя, м	Доля физического испарения	Значения P_c (атм), позволяющие обеспечивать урожайность:		
			100%	75%	50%
До цветения	0,05-0,6	0,9-0,5	4,5	6,5	8,5
Цветение - начало плодообразования	0,6-1	0,5-0,3	4	6	8
Плодообразование-созревание	1-1,2	0,3-0,8	6	8	10

Следует отметить, что критерии доступности почвенного раствора (в данном случае P_c), приведенные в таблице, ориентировочные и могут быть уточнены для различных типов засоления.

Для проверки и корректировки параметров модели была проведена серия эпитиозных расчетов по материалам полевых исследований Среднеазиатского хлопка. Они показали, что модель позволяет прогнозировать водно-солевой режим с точностью, достаточной для инженерных целей.

Рассмотрим на ряде конкретных примеров методику оценки применимости вод повышенной минерализации в условиях пустынной зоны Каршинской степи, на почвах среднесуглинистого состава, обеспеченных горизонтальным дренажем глубиной 3,5 м.

Необходимо установить предельную минерализацию ороситель-

ной воды, при которой в заданных условиях дренированности ($A=0,001$ л/сут) возможно соблюдение агротехнических требований, обеспечивающих условия для получения определенной урожайности хлопчатника (100%, 75%, 50% от потенциально возможной), а также оценить изменение засоленности почв и минерализации дренажного стока.

В качестве исходных данных приняты: засоление почв – слабое; минерализация грунтовых вод – 10 г/л; интенсивность осадков и суммарного испарения (водопотребления), даты начала и конца вегетационного периода – в соответствии с работой [20]; доли физического испарения (см. таблицу) – с учетом исследования [18]; зависимость капиллярного потенциала влаги от влажности почвы – по работе [13].

На рис. I показаны прогнозные значения водного и солевого режимов, которые установятся на десятый год орошения водами повышенной минерализации ($C_n=3$ г/л) при влагозарядке водой с ми-

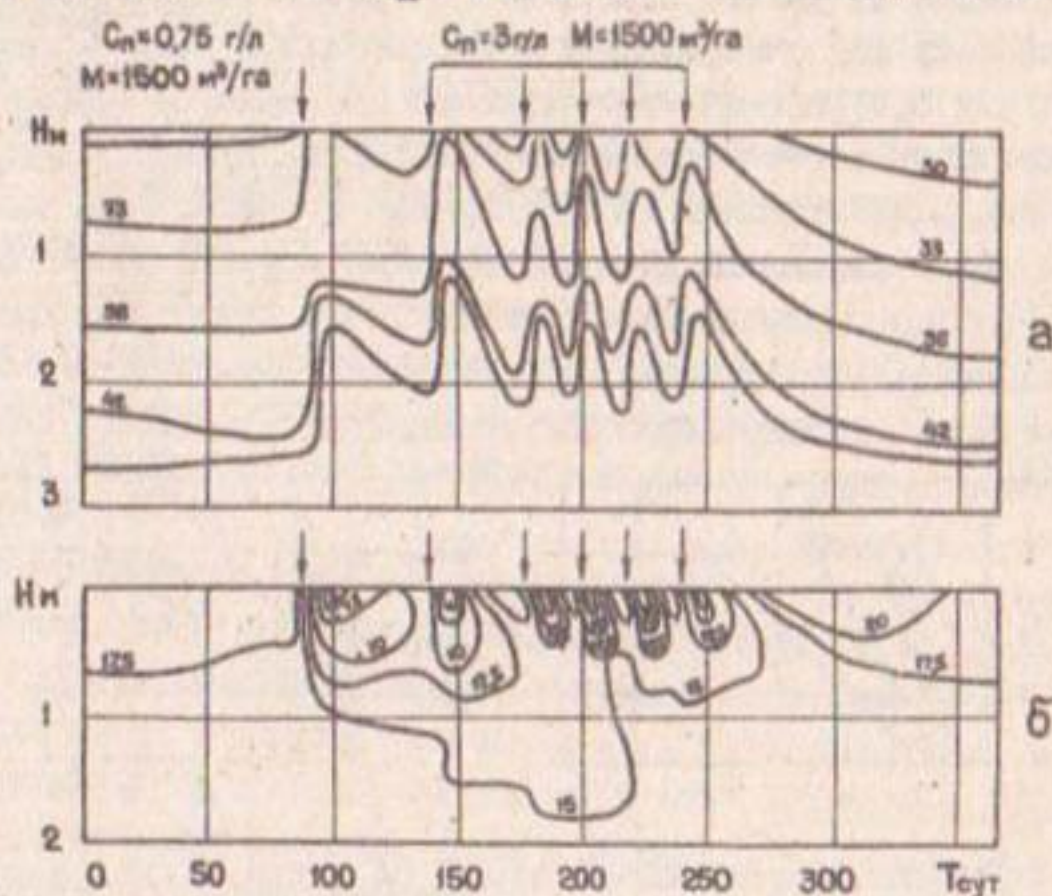


Рис. I. Прогнозный режим орошения, формирующий водный (а) и солевой (б) режимы почвы при суммарном давлении в корнеобитаемом слое в вегетационный период не более 6 атм. [Линии на рис. а – изоплеты влажности (доли от объема почвы), на рис. б – изосолы, г/л]

нерализацией 0,75 г/л, обеспечат заданные агротребования в вегетационный период ($P_c \leq 6$ атм) и колебания уровня грунтовых вод в допустимом диапазоне от 2,8 м в весенне-осенний период до 1 м во время вегетационных поливов. Стабильный в многолетнем плане водно-солевой режим установился в данном случае на 6-8-й год. Этот срок зависит прежде всего от того, насколько велика доля ($K_{др}$) дренажного стока ($Q_{др}$) в водном балансе, определяемая зависимостью

$$K_{др} = \frac{Q_{др}}{M + O}, \quad (20)$$

где M — годовая оросительная норма, м³/га; O — атмосферные осадки, м³/га. При одной и той же дренированности (A) доля дренажного стока возрастает с повышением оросительной нормы или количества поливов. Она тем больше, чем жестче агротехнические требования к P_c и чем выше минерализация оросительной воды (C_n). Это видно из рис. 2, где показаны результаты серии прогнозных расчетов (в них минерализация оросительной воды в период вегетационных и профилактических поливов принимается одинаковой).

Анализ результатов прогнозов позволяет сделать вывод, что при прочих равных условиях минерализацию оросительной воды ограничивают либо ухудшение условий аэрации корнеобитаемого слоя, вызванное чрезмерным подъемом грунтовых вод из-за необходимости подачи дополнительных объемов оросительной воды для обеспечения требований по P_c , либо (при достаточной дренированности) высо-

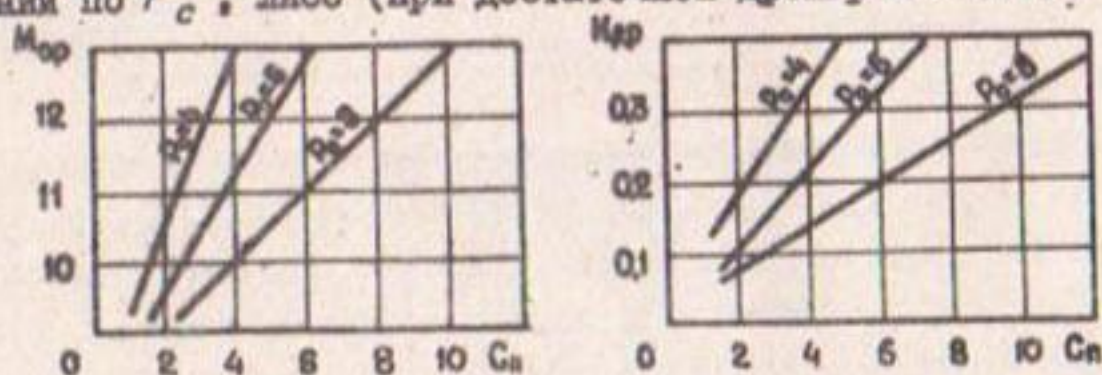


Рис. 2. Зависимость оросительной нормы ($M_{ор}$ тыс. м³/га) и доли дренажного стока ($K_{др}$) от минерализации поливной воды (C_n г/л)

кий водообмен в этом слое, при котором будут велики потери питательных элементов и гумуса. Первое обстоятельство может быть устранено усилением дренированности, второе — дополнительным внесением удобрений и подбором их форм. Естественно, C_n должна

быть ниже требуемой минерализации почвенного раствора, иначе выполнение агрономических требований становится вообще невозможным.

В рассмотренном примере, если принять $K_{dp} \leq 0,2$, прогнозная минерализация поливной воды не должна превышать 2,5; 4 и 6 г/л соответственно для обеспечения условий получения 100-, 75- и 50%-ной урожайности.

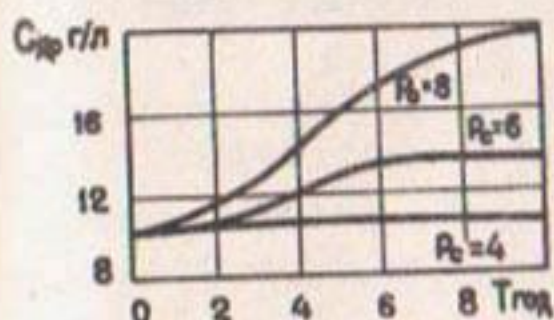


Рис. 3. Изменение минерализации дренажного стока во времени в зависимости от заданного суммарного давления почвенной влаги (P_c) при минерализации поливной воды $C_{II} = 3$ г/л

Особый интерес представляет прогноз изменения минерализации дренажного стока (C_{dp}) во времени ($T_{ог}$) под воздействием заданных режимобразующих факторов. На рис. 3 показано, как меняется минерализация C_{dp} при $C_{II} = 3$ г/л в зависимости от режимов орошения, обеспечивающих заданные агротехнические требования. Она устанавливается на определенном, не зависящем от исходной минерализации грунтовых вод уровне, формирующемся при заданном режиме, однако время формирования установившейся C_{dp} связано с величиной доли дренажного стока в общем водном балансе и зависит от разницы между исходной минерализацией грунтовых вод и новым ее уровнем.

Представленные примеры оценки применимости вод повышенной минерализации для орошения хлопчатника позволяют сделать вывод, что при проектировании их использования необходима комплексная оценка природных и хозяйственных факторов, формирующих водно-солевой режим почв и подстилающих горизонтов, поскольку степень минерализации поливной воды хотя и важный, но далеко не единственный показатель этого режима.

Разработанная методика прогнозов водно-солевого режима позволяет при проектировании рассмотреть большое количество альтернативных вариантов и выбрать самые приемлемые по технико-экономическим показателям. Она может быть использована в системах автоматического управления для текущего планирования поливов и для планирования экспериментов при разработке программ научных исследований. Особенно перспективно применение этой модели при разработке режимов орошения водами повышенной минерализации.

Л и т е р а т у р а

1. Рубинова Ф.З. Изменение стока р.Сырдарьи под влиянием водохозяйственного строительства в ее бассейне.- Тр. САРНИГМИ, вып.58(139). Ташкент, 1979.

2. Кесъ А.С. и др. Состояние и перспективы использования местных водных ресурсов Средней Азии и Южного Казахстана.- Изв. АН СССР. Серия Географическая, 1981, № 4.

3. Ковда В.А. Проблема использования минерализованных вод. Сб.науч.тр. Союзводпроект, № 53. М., 1980, с.3-8.

4. Глухова Т.П. Почвенные процессы при орошении минерализованными водами. Ташкент, "ФАН" УзССР, 1977.

5. Голованов А.И. Прогноз водно-солевого режима и расчет дренажа на орошаемых землях. Автореф. дис.на соиск.уч.степ. д-р техн.наук. М., МГМИ, 1975.

6. Инструкция по проектированию оросительных систем.Ч.УШ. Дренаж на орошаемых землях. ВСН-II-8-74. М., Минводхоз СССР, 1975.

7. Методы прогноза солевого режима грунтов и грунтовых вод М., "Колос", 1979.

8. Кулик В.Я. Прикладные расчеты на ЭЦВМ влагопереноса в зоне аэрации. М., "Недра", 1979.

9. Рекс Л.М., Якиревич А.М. Прогноз изменения минерализации почвенного раствора при промывках на основе математического моделирования.- "Почвоведение", 1978, № 10, с.128-136.

10. Злотник В.А. Оценка влияния орошения на водный режим зоны аэрации:- В кн.: Влияние хозяйственной деятельности на водный режим. М., ВНИИГМИ, 1982, с.88-94.

11. Злотник В.А., Морозов А.Н. Оценка возможности использования минерализованных вод для орошения.- В кн.: Каптаж и использование подземных вод. М., ВНИИГМИ, 1983, стр.60-66.

12. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. М., "Колос", 1978.

13. Сафонов В.Ф., Морозов А.Н. К вопросу оценки доступности почвенной влаги растениям на засоленных почвах.- Тр. САНИИГМИ, вып. 144. Ташкент, 1975, с.84-89.

14. Нерпин С.В., Саноян М.Г., Аракелян А.А. О способах учета поглощения влаги корнями растений при моделировании влагообмена на сельскохозяйственном поле.- Доклады ВАСХНИЛ, № 9, 1976.

15. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.- Agric. Handbook, 1954, N 60.*

16. Пеньковский В.И., Рыбакова С.Г. Математическое моделирование влаго- и солепереноса в условиях орошения. - "Водные ресурсы", 1978, № 3.

17. Рыжов С.Н. Принципиальные основы орошения хлопчатника. - В кн.: Влияние орошения на вторичное засоление, химический состав и режим подземных вод. М., "Наука", 1964, с.53-59.

18. Рыжов С.Н. Потребность различных культур в орошении. - В кн.: Почвы аридной зоны как объект орошения. М., "Наука", 1968, с.176-213.

19. Теоретические основы процессов засоления-рассоления почв. Алма-Ата, "Наука" Казахской ССР, 1981.

20. Расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи. Ташкент, 1970.

УДК 631.6:633.51

Т.А.Трунова, канд.с.-х.наук, гл.спец.

Г.М.Хасанханова, ст.инж.

(Средазгипроводхлопок)

РАЗВИТИЕ ОРОШЕНИЯ В БАССЕЙНЕ СЫРДАРЬИ ЗА СЧЕТ СОКРАЩЕНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ НОРМ

Основной задачей текущего десятилетия является всемерное повышение эффективности сельскохозяйственного производства. В среднеазиатском регионе, характеризующемся ограниченностью водных ресурсов, ведущая роль в увеличении объема сельскохозяйственной продукции принадлежит эффективному использованию воды. Нормирование водоподачи на орошение должно стать не только залогом стабильного получения продукции сельского хозяйства, но и гарантией благополучного малиоративного состояния земель.

Дальнейший рост производства продукции сельского хозяйства возможен как за счет повышения урожайности на землях существующего орошения, так и в результате расширения площади орошаемых земель. В условиях дефицита водных ресурсов последнее осуществимо лишь при применении на землях старого орошения экономически целесообразных оросительных норм, обеспечивающих получение дополнительной продукции без изменения объемов воды, забираемых на орошение в бассейне.

Для решения поставленной задачи необходимо установить зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от водообеспеченности. В работе [1] мы рекомендуем уравнения, позволяющие

определить снижение урожайности хлопчатника в зависимости от степени водообеспеченности по фазам развития растений.

Сокращение оросительной нормы считаем необходимым осуществлять:

– в гидрогеологических условиях неподверженности почв засолению – область погружения и зона выклинивания пресных грунтовых вод при интенсивном водообмене, исключающем соленакопление;

– в те фазы развития растений, когда сокращение водоподачи вызывает минимальные потери урожайности.

С целью определения площади земель, где возможно сокращение оросительных норм, в институте "Средазгипроводхлопок" выполнено районирование хлопковой зоны бассейна Сырдарьи (без территории КазССР) по гидрогеологическим условиям притока и оттока грунтовых вод (табл. I).

Таблица I

Распределение земельного фонда хлопковой зоны бассейна Сырдарьи по гидрогеологическим условиям подверженности почв засолению

Водохозяйственный район	Республика, область	Орошаемая площадь нетто по состоянию на 1981 г.		
		Всего, тыс.га	В том числе земли, не подверженные засолению	
			тыс.га	% от всей площади
I	2	3	4	5
Ферганский	УзССР			
	Андижанская	275	176,21	64
	Наманганская	244	174,13	71
	Ферганская	328	160,6	49
	Всего по УзССР	847	510,94	
	ТаджССР			
	Ленинабадская	124,8	105,8	85
Среднее течение	КиргССР			
	Ошская	255,5	255,5	100
	УзССР			
	Джизакская	225	33,6	15
	Сырдарьинская	260	62	24
	Ташкентская	33,2	31,87	96
	Всего по УзССР	518,2	127,47	

1	2	3	4	5
ЧАКИР	ТаджССР			
	Ленинабадская	86,2	82,64	96
	УзССР			
	Ташкентская	331,8	322,1	97
	КиргССР			
	Ошская	7,6	7,6	100
Итого по рес- публикам	Узбекская ССР	1697	960,51	57
	Таджикская ССР	211	188,44	89
	Киргизская ССР	263,1	263,1	100

Согласно данным табл. I Узбекская ССР располагает (в абсолютных значениях) наибольшим фондом земель, не подверженных засолению, — 960,51 тыс. га. Земли, благополучные в мелиоративном отношении, расположены в основном в зоне старого орошения — Ферганском и Чирчик-Ахангаран-Келесском водохозяйственных районах (ЧАКИР) — 833,04 тыс. га. Учитывая более высокую степень плодородия и стабильность урожаев сельскохозяйственных культур в указанных районах, нами проанализирован вариант сокращения подачи воды на их территории.

Расчет оросительных норм при максимальной урожайности сельскохозяйственных культур выполнялся по методике, разработанной в институте "Средазгипроводхлопок" [2] с учетом гидрогеологических, литолого-геоморфологических, почвенных условий, освоенности территории, КПД систем и минерализации поливной воды по состоянию на 1981 г. Метеорологические условия приняты соответствующие среднесухому году — 75% обеспеченности.

Сокращение подачи воды осуществлялось в вегетационный период согласно рекомендациям, изложенным в работе [1], в размере 10% на землях, не подверженных засолению; невегетационные поливы оставлены без изменения. Состав культур принят в соответствии с разработанной в Средазгипроводхлопке схемой комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна Сырдарьи.

Расчетные средневзвешенные по областям значения оросительных норм на комплексный гектар без сокращения в невегетационный период и при их снижении в вегетацию на 10% на землях, не подверженных засолению, а также данные об объеме высвободившейся воды приведены в табл. 2.

Таблица 2

Расчетные значения оросительных норм и объемы
высвободившейся воды за счет их сокращения

Водохозяйственный район, область	Годовые оросительные нормы, м ³ /га				Объем высвободившейся воды	
	Без сокращения		При сокращении		м ³ /га	млн.м ³
	нетто	брутто	нетто	брутто		
Ферганский						
Андижанская	6830	9760	6510	9300	460	81,06
Наманганская	8860	12300	8310	11540	760	138,21
Ферганская	8370	11960	8030	11470	490	77,89
ЧАКИР						
Ташкентская	6290	9980	5730	9090	890	286,67
Итого						578,83

Высвободившейся водой, объем которой (согласно выполненным расчетам) с площади 833,04 тыс.га составляет 578,83 млн.м³, можно оросить объекты, намеченные к освоению в XIII и XIV пятилетках развития народного хозяйства: III очередь орошения и освоения земель Джизакской степи площадью 32,8 тыс.га; Сардобинский массив площадью 13 тыс.га; Фаринская степь - 10 тыс.га. По проекту для орошения названных массивов на перспективный период освоения необходимо соответственно следующий объем воды: 307,336; 128,57 и 97,7 млн.м³. Всего - 529,606 млн.м³. Объем высвобождающейся воды - 578,83 млн.м³ - позволяет полностью обеспечить водой земли, намеченные к освоению.

Вместе с тем освоение новых земель следует осуществлять лишь в том случае, если оно экономически целесообразно, т.е. в результате выполнения предлагаемого мероприятия будет получена дополнительная продукция, а срок окупаемости капиталовложений в орошение и освоение новых земель не превысит допустимые пределы.

Расчет экономической эффективности осуществления предлагаемого мероприятия выполнен на примере ведущей сельскохозяйственной культуры региона - хлопчатника - с использованием рекомендаций по степени снижения урожайности в зависимости от водообеспеченности [1], а также данных отдела агроэкономического проектирования института "Средазгипроводхлопок": окупаемые капиталовложения в освоение новых земель - 6500 руб./га; внутрихозяйствен-

ный чистый доход - 300 руб./т; налог с оборота на дополнительную продукцию - 410 руб./т; плановая урожайность хлопчатника - 25 ц/га.

Показатели экономической эффективности от внедрения сокращенных оросительных норм представлены в табл.3.

Таблица 3

Расчетные экономические показатели при внедрении сокращенных оросительных норм

Площадь, занятая под хлопчатник, в староорошаемой зоне, тыс.га	Урожайность, ц/га		Недобор урожая в результате сокращения оросительной нормы, тыс.т	Валовой сбор хлопка с новых освоенных земель, тыс.т	Дополнительная продукция, тыс.т	Ежегодный совокупный чистый доход, млн.руб.	Срок окупаемости, год
	без сокращения оросительной нормы	при сокращении оросительной нормы					
478,8	32,2	30,9	62,2	92	29,8	39,8	6

Данные табл.3 свидетельствуют о том, что научно обоснованное сокращение оросительных норм экономически целесообразно: не ухудшая мелиоративного состояния староорошаемых земель, поскольку реализуется на землях, не подверженных засолению, оно позволяет осуществлять дальнейшее развитие орошения и освоения целинных массивов в бассейне Сырдарьи.

Л и т е р а т у р а

1. Трунова Т.А., Хасанханова Г.М. Оптимизация оросительных норм для сельскохозяйственных культур в условиях дефицита водных ресурсов.- Тр.ин-та "Средазгипроводхлопок". Ташкент, 1982.

2. Шредер В.Р., Васильев И.К., Трунова Т.А. Гидромультовое районирование и расчет оросительных норм для хлопчатника в условиях аридной зоны.- Тр. ин-та "Средазгипроводхлопок", вып.8. Ташкент, 1977.

УДК 631:631.587

Ф.В.Серебренников, канд.техн.наук, нач.отд.
(Средазгипроводхлопок)

ИНЖЕНЕРНО-МЕЛИОРАТИВНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИ
ЦЕЛЕСООБРАЗНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПЕРИОДА ИРРИГАЦИОННО-
ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ НОВОГО ОРОШЕНИЯ

В предлагаемой работе изложены основные аспекты практической реализации описанных ранее в исследовании [1] количественных методов обоснования оптимальных сроков освоения и последовательности ввода земель на примере крупного водохозяйственного района - третьей очереди Каршинской степи. В основу оптимизационных расчетов легли материалы, помещенные в составленном институтом "Средазгипроводхлопок" технико-экономическом обосновании орошения и освоения земель третьей очереди Каршинской степи УзССР. Не останавливаясь на технической характеристике объекта, заметим, что инженерно-мелиоративное обоснование было выполнено для 16 хлопководческих совхозов, расположенных в контуре земель третьей очереди ниже реки Кашкадарья на площади 85340 га нетто.

Прежде всего рассмотрим технико-экономические показатели инженерно-мелиоративных мероприятий начального этапа освоения.

О распределении земельного фонда между хлопководческими совхозами дает представление табл. I. В соответствии с современной бонитировкой почвенного плодородия [2] под индексом I(I-4) объе-

Таблица I

Распределение земельного фонда между хлопководческими совхозами (III очередь орошения и освоения Каршинской степи)

Номер совхоза	Площадь нетто, га			Распределение площадей по таксономическим единицам, %					
	общая	под хлопководч. комплексом	под хлопчатником	IУ гидромодульный район			У гидромодульный район		
				I(I-4)	II(I,2)	III(3)	I(I-4)	II(I,2)	III(3)
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5300	4787	3294	25,1	-	-	-	56,3	18,6
2	5100	4607	3259	50,8	8	5	-	-	40,7
3	5290	4777	3193	20,5	-	-	-	50,3	29,2
6	5350	4831	3969	-	-	5,3	94,7	-	-
7	5200	4697	3389	-	-	32,9	53,9	13,2	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	5290	4777	3074	-	-	68,6	31,4	-	-
9	5350	4834	3694	-	6,7	21,7	71,6	-	-
14	5280	4768	3789	-	-	14,9	85,1	-	-
15	5310	4797	3395	54,2	-	-	-	-	45,8
16	5330	4809	3762	-	-	19,3	80,7	-	-
17	5490	4964	4051	92,7	-	-	-	-	7,3
18	5340	4827	3777	80,8	-	-	-	-	19,2
19	5300	4787	3506	-	5	34	61	-	-
21	5690	5151	4212	-	-	6,7	93,3	-	-
22	5170	4664	3793	-	6,8	4,1	89,1	-	-
23	5550	5018	3830	-	43	-	57	-	-
ИТОГО									
	85340	77095	57987						

динены почвы, обладающие высоким потенциальным плодородием с баллом бонитета 0,9-I на перспективу. Индексам П(1,2) и П(3) отвечают почвы пониженного и низкого плодородия с баллом бонитета 0,7-0,8 на перспективу.

Следует отметить, что под особо ценный - тонковолокнистый хлопчатник отводятся наиболее плодородные земли с индексами I(I-4) и П(1,2), земли с индексом П(3) предвзначаются под возделывание средневолокнистого хлопчатника.

Табл. I дополняется табл. 2, в которой плановая урожайность дана для случая, когда балл бонитета равен единице.

Таблица 2

Класс и группа почвенного плодородия	Балл бонитета		Вид хлопчатника	Площадь под хлопчатником (нетто), га	Плановая урожайность, ц/га	Доля хлопчатника в севообороте, %
	Исходный	Перспективный				
I(I-4)	0,5-0,6	I	Тонково-локнистый	50366	25	83,7
П(1,2)	0,4-0,5	0,8	Тонково-локнистый	9147	25	66,7
П(3)	0,4-0,5	0,7	Среднево-локнистый	17582	30	55,5

На землях пониженного плодородия возделыванию культур основного севооборота предшествует проведение специального агрокомплекса, который отличается объемом и составом включенных в

ного мероприятий в зависимости от исходного плодородия почв.

На основании проектных значений удельных показателей стоимости строительства внутрихозяйственной оросительной и дренажной сети, проведения капитальной планировки и промывки, а также осуществления агрокомплекса были получены общие размеры капитальных вложений в ирригационно-мелиоративную подготовку земель по отдельным хлопководческим совхозам (табл.3). Аналогично определены общие эксплуатационные затраты по внутрихозяйственной коллекторно-дренажной и оросительной сети (табл.4).

Таблица 3

Размеры капитальных вложений в ирригационно-мелиоративную подготовку земель III очереди орошения и освоения Каршинской степи, тыс.руб.

Номер совхоза	Капитальные вложения по видам работ					Общие капитальные вложения
	Капитальная промывка	Капитальная планировка	Дренажная сеть	Оросительная сеть	Агро-комплекс	
1	934,42	1610,83	6081,87	2201,54	908,57	11737,23
2	899,29	1550,26	9995,59	2118,76	703,95	15267,85
3	932,47	1607,46	7748,4	2196,94	1006,99	13492,26
6	1146,88	1563,31	10735,92	2221,78	84,06	15751,95
7	1115,07	1519,95	6045,14	2160,15	648,19	11488,5
8	1134,06	1545,84	5958,07	2196,94	1073,87	11908,78
9	1147,59	1564,28	6019,28	2223,16	418,14	11372,45
14	1131,92	1233,96	5945,26	2192,8	232,68	10736,62
15	1138,81	1241,46	6057,07	2206,14	720,03	11363,51
16	1141,66	1244,57	7935,31	2211,66	304,41	12837,61
17	1178,45	1284,68	8826,67	2282,94	118,64	13691,38
18	1145,93	1249,23	7059,96	2219,94	303,62	11978,68
19	1136,43	1238,88	5823,37	2201,54	588,32	10988,54
21	1222,85	1333,08	6911,69	2368,94	113,32	11949,88
22	1167,23	1207,04	6995,77	2144,97	135,26	11590,27
23	1191,27	1298,66	6603,1	2307,78	493,97	11894,58

В пределах рассматриваемой территории было выделено шесть однородных контуров, для которых методом динамического программирования решались соответствующие оптимизационные задачи по определению локальной продолжительности периода освоения и других показателей, приведенных в работе [1]. За отдельный контур принимался участок территории, характеризующийся одинаковыми: уровнем естественного и потенциального плодородия, режимом орошения, составом сельскохозяйственных культур и структурой севооборота, техникой орошения и типом дренажа, глубиной залегания УГВ, минерализацией и типом химизма грунтовых вод, засоленностью почвогрунтов зоны аэрации.

Таблица 4

Эксплуатационные затраты по внутрихозяйственной
коллекторно-дренажной и оросительной сети, тыс.руб.

Номер совхо- за	Горизонтальный дренаж			Всего по КДС	Внутри- хозяй- ствен- ная оро- ситель- ная сеть	Общие эксплу- ацион- ные затраты
	Закрытый дренаж	Открытые коллек- торы	Скважины- усилители			
1	110,1	208,67	-	318,77	136,5	455,27
2	238,52	200,8	-	439,32	131,36	570,68
3	163,59	208,27	-	371,86	136,21	508,07
6	258,23	210,62	-	468,85	137,75	606,6
7	110,53	204,73	-	315,24	133,93	449,17
8	106,3	208,27	-	314,57	136,21	450,78
9	107,29	210,65	-	317,94	137,84	455,78
14	105,69	207,49	0,12	313,3	135,95	449,25
15	108,34	209,07	0,19	317,6	136,78	454,38
16	166,36	216,19	-	382,55	137,12	519,67
17	179,51	209,87	0,49	389,87	141,54	531,41
18	140,75	210,25	-	351	137,64	488,64
19	104,58	201,15	0,07	305,8	136,5	442,3
21	129,07	224,22	0,25	353,54	146,87	490,04
22	137,48	203,53	1,26	342,27	132,99	475,26
23	121,46	218,55	0,26	340,27	143,08	483,35

Так как порядок оптимизационных расчетов и их содержание однотипны для любого случая определения локальной продолжительности периода освоения, ниже рассматриваются I-й вариант, относенный к однородному контуру с индексом I (I-4), IV гидрогеологический район.

Для I-го варианта, равно как и для остальных, различия в интенсивности промывного режима орошения сводятся к трем случаям: $KИП_{it}$, $i = \overline{1,3}$, причем конкретные расчетные значения коэффициента интенсивности промывного режима (КИП) составляют 1,1; 1,15; 1,2.

С учетом значений замыкающих затрат на использование водные ресурсы и кадастровых данных на сельскохозяйственную продукцию, приведенных в работе [3], а также нормативных данных [4] с помощью ЭВМ были установлены локальная продолжительность периода освоения, равная семи годам, и ряд других показателей, помещенных в табл. 5.

Для наглядности промежуточные результаты расчетов, полученные для I-го варианта, показаны на рис. I в виде графа вариантов режима орошения. На дугах графа записаны вычисленные значения функции f_{xy} ($KИП_{it}$), в вершинах графа - значения показатели

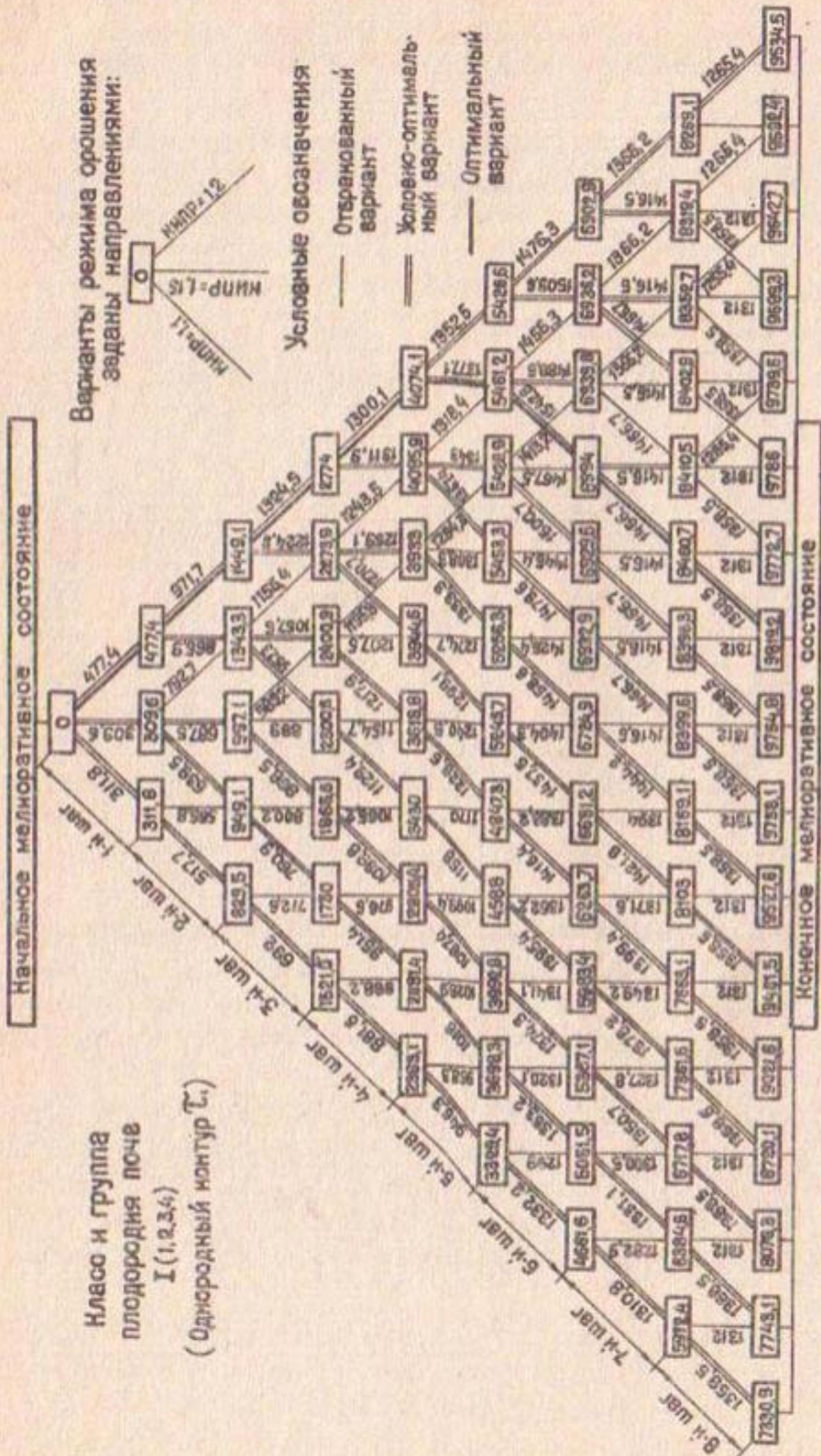


Рис. 1. Граф вариантов режима орошения на период ирригационно-хозяйственного освоения для однородного контура

Таблица 5

Результаты решения локальных оптимизационных задач для выделенных однородных контуров на территории III очереди орошения и освоения Каршинской степи

Вариант	Основные показатели	Расчетный год освоения										
		I-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й
	Последователь- ные изменения КИПР	1,2	1,2	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	Показатель аф- фективности $f(I, t)$, руб./га	515,5	1133,8	1668,6	1768,9	2022,2	2448,9	2515,7	2515,7	2515,7	2515,7	2729,1
I	Урожайность (y) , ц/га	15,6	19,3	22,5	23,1	24,1	24,6	25	25	25	25	25
	Водоподача брутто на комплексный гектар ($B_{бр}$), тыс.м ³ /га	18,35	18,35	18,35	18,35	17,56	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	12,65
	Дренажный сток с комплексного гектара (A_M), тыс.м ³ /га	4,68	4,68	4,68	4,68	3,89	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,35

эффективности $Z_{\pm}^*(y)$. Граф составлен на весь период ирригационно-хозяйственного освоения рассматриваемого однородного комплекса.

Полученные в итоге оптимизационных расчетов результаты являются наилучшими с точки зрения принятого критерия оптимальности и не будут достигнуты при любой другой комбинации исходных данных. В подтверждение сказанного были выполнены необходимые вычисления с использованием данных I-го варианта для трех случаев, отличающихся друг от друга интенсивностью промывного режима орошения. В первом случае на весь период ирригационно-хозяйственного освоения принят КИПР = I,I, во втором - I,I5 и в третьем - I,2. Вычисленные технико-экономические показатели приведены в табл.6. Там же для сравнения помещены аналогичные показатели, полученные методом динамического программирования (четвертый вариант). Из табл.6 следует, что преимущество остается за четвертым вариантом.

Таблица 6

Технико-экономические показатели планово-проектных вариантов на период ирригационно-хозяйственного освоения /III очередь орошения и освоения Карпинской степи, IV гидромодульный район, почвенно-климатическая зона Ю-I-A, класс и группа плодородия I(I-4)/

Показатель	Рассматриваемый вариант			
	I	2	3	4
Принятая последовательность вариантов орошения (КИПР) начиная с I-го года ирригационно-хозяйственного освоения	I-4-й годы 5-й год 6-8-й годы	I,I I,I I,I	I,I5 I,I5 I,I5	I,2 I,2 I,2
Суммарная водоподдача на комплексный гектар с I-го по 8-й годы ирригационно-хозяйственного освоения, тыс.м ³ /га брутто		127,36	133,7	140,02
Урожайность тонковолокнистого хлопчатника по годам ирригационно-хозяйственного освоения, ц/га	I-й год 2-й год 3-й год 4-й год 5-й год 6-й год 7-й год 8-й год	13,5 15,1 16,7 18,5 19,8 22,6 23,4 25	14,0 16,8 18,7 21,4 22,9 23,8 25 25	15,6 19,3 22,5 23,1 24,4 25 25 25

I	2	3	4	5
Суммарная стоимость продукции хлопководства с учетом коэффициента дисконтирования, руб./га	18753,7	20405,5	22097,4	22017,5
Суммарные издержки, включая экономическую оценку водных ресурсов ($z_s = 0,094$ руб./м ³), с учетом коэффициента дисконтирования, руб./ц	11422,8	11991,6	12562,9	12198,3
Максимум эффекта, руб./га	7330,9	8413,9	9534,5	9819,2
Порядковое место варианта по достигнутому максимуму эффекта	4	3	2	1
Проигрыш по сравнению с четвертым вариантом, руб./га	417,1	231,5	60,8	

На заключительном этапе решения общей оптимизационной задачи определяются последовательность ввода конкретных контуров в пределах рассматриваемой территории, экономически целесообразная продолжительность периода ирригационно-хозяйственного освоения земель и другие показатели, которые упоминались в работе [1].

В соответствии с проектными проработками института "Сред-азгипроводхлопок" был принят общий срок ввода, равный пяти годам ($T_B = 5$ лет), и следующие годовые объемы ввода

Год ввода земель	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
Объем ввода (число хозяйств)	2	4	3	4	3

Следовательно, оптимизационные расчеты выполнялись для случая, когда задана мощность строительных организаций.

С учетом исходного залегания УГВ и размещения отдельных хозяйств в зоне распределителей первого порядка, подключенных непосредственно к Нижнему Карпинскому магистральному каналу, выделены два основных варианта для определения оптимальной последовательности ввода земель (табл.7).

В сравнении с первым второй вариант отличается некоторым сокращением числа ограничений за счет ослабления условия последовательного ввода земель в зоне командования только одного из распределителей I-го порядка, так что, за исключением совхозов

№ I-3, допускается одновременный ввод земель в зоне командования двух распределителей. Тем самым может быть принята большая гибкость при установлении очередности ирригационно-хозяйственного освоения земель.

Таблица 7

Распределение хозяйств по вариантам
оптимизационных расчетов

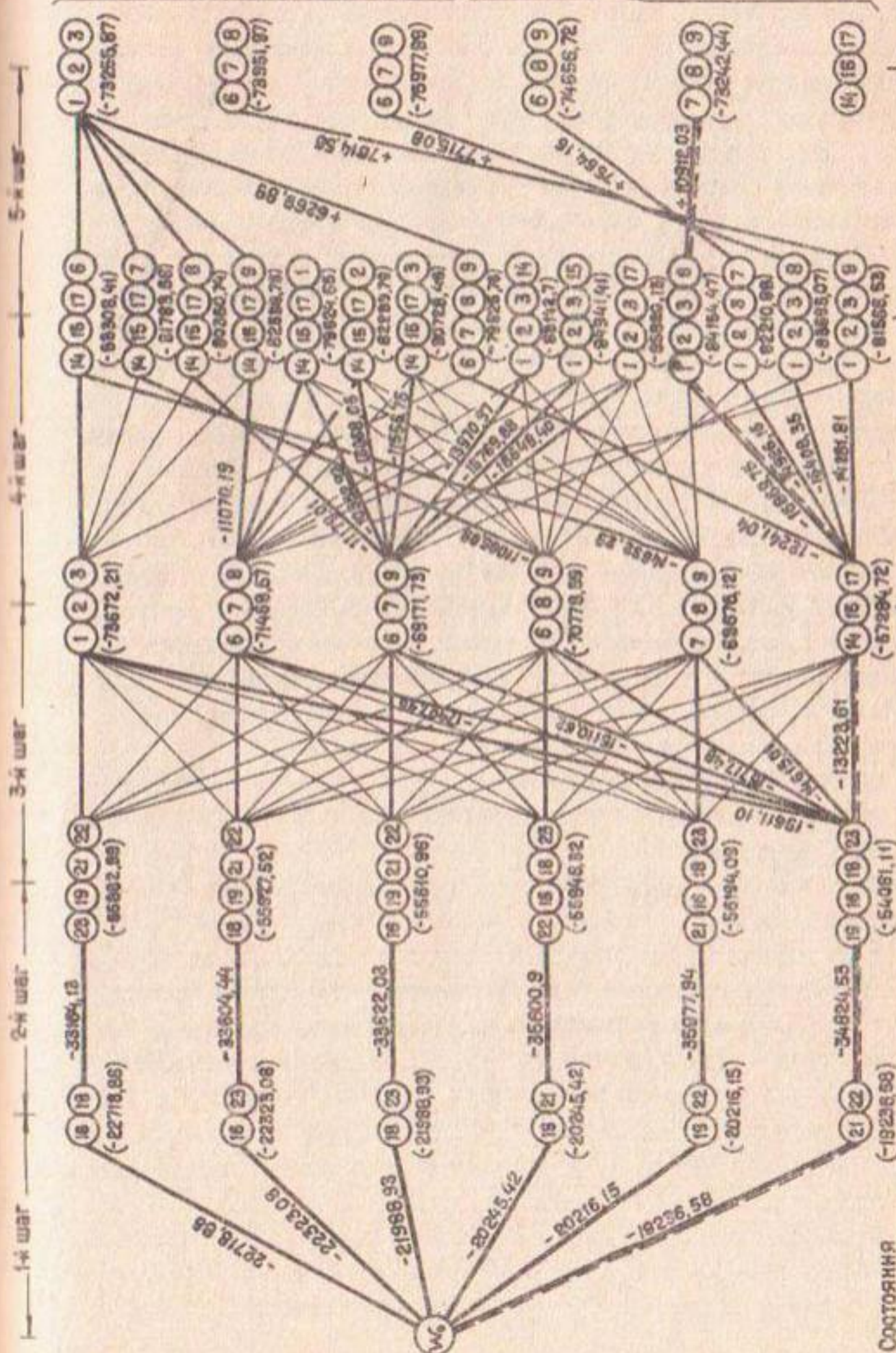
Вариант обоснования сроков освоения	Ранжирование по приоритету	Номер группы	Номер совхоза в группе
I-й	I-й ранг	1	16, 18, 23
		2	19, 21, 22
	2-й ранг	1	1, 2, 3
		2	6, 7, 8, 9
		3	14, 15, 17
2-й	I-й ранг	1	{16, 18, 23 19, 21, 22
		1	1, 2, 3
	2-й ранг	2	{6, 7, 8, 9 14, 15, 17
		2	

Получены следующие результаты оптимизационных расчетов, выполненных с помощью ЭВМ на базе разработанной математической модели.

Для I-го варианта установлена такая последовательность ввода: в I-й год вводятся земли совхозов № 21, 22, во 2-й - № 19, 16, 18, 23, в 3-й - № 14, 15, 17, в 4-й - № 1, 2, 3, 6 и в последний, 5-й год - № 7, 8, 9.

Для 2-го варианта для первых двух лет получена та же последовательность ввода и далее рекомендуется вводить: на 3-й год земли совхозов № 6, 14, 17, на 4-й - № 7, 8, 9, 15 и на 5-й, завершающий год - № 1, 2, 3.

Для наглядности на рис.2 изображен для первого из указанных в табл.7 вариантов соответствующий граф, на котором показана последовательность ввода хлопководческих совхозов, рассчитанная на основе метода динамического программирования. Возможные сочетания хлопководческих совхозов служат вершинами графа, в дуги, соединяющие эти вершины, указывают последовательности ввода. При этом исключены из рассмотрения нереальные последовательности, в которых в вершинах графа на разных шагах фигурируют одинаковые



Состояния	(-18236,58)	$\cdot W_1$	(-54061,11)	$\cdot W_2$	(-57284,72)	$\cdot W_3$	$\cdot W_4$	$\cdot W_5$	(-81555,53)
Рис. 2.									
Граф вариантов взвода хлопководческих совхозов на территории Ш очереди освоения Карпинской степи/1-й ранг - совхозы №16, 18, 23 (Гр.), 19, 21, 22 (2гр.) 2-й ранг - совхозы №1, 2, 3 (Гр.).									
6, 7, 8, 9									
14, 15									
17 (3гр.)									

номера совхозов. На рис.2 тонкой линией обозначены альтернативные варианты ввода, толстой — условно-оптимальные; оптимальный вариант, найденный на стадии безусловной оптимизации, дополнительно выделен пунктирной линией. Кроме этого, на рис.2 на дугах показаны экономические оценки для условно-оптимальных вариантов. При анализе результатов было признано целесообразным в дополнение к I-му оптимальному выделить так называемый "почти оптимальный" вариант ввода земель, который незначительно уступает оптимальному в отношении экономического выигрыша и сводится к переносу сроков ввода с четвертого на последний, пятый год для совхозов № 1, 2, 3 вместо совхозов № 7, 8, 9.

В табл.8 за недостатком места приведены данные только об объемах валового сбора тонковолокнистого хлопка и динамике урожайности по годам ирригационно-хозяйственного освоения. В ней нашел отражение и проектный вариант ввода земель, который назван "директивным". Анализ имеющихся данных позволяет сделать определенные выводы. Во-первых, найденные оптимальные последовательности ввода земель, включая "почти оптимальный" вариант, незначительно отличаются друг от друга по выделенным показателям. Во-вторых, "директивный" вариант заметно проигрывает в отношении объемов валового сбора тонковолокнистого хлопка-сырца за счет преимущественного ввода земель, на которых предусматривается возделывать средневолокнистый хлопчатник.

Объемы водоподачи и дренажного стока также незначительно отличаются для вариантов ввода, установленных на основе оптимизационных расчетов.

Согласно прогнозным расчетам, выполненным в ходе отбора оптимальных вариантов, были установлены сроки подъема УГВ до уровня заложения КДС в контуре земель с исходной глубиной залегания грунтовых вод более 5 м. Минимальная продолжительность, равная трем годам, была получена для территории совхоза № 14, четырем годам — для совхозов № 15 и 17; максимальная продолжительность, равная девяти годам, была найдена для совхозов № 2 и 8. На территории других хозяйств грунтовые воды поднимутся до глубин заложения КДС за семь (совхоз № 6) и восемь лет (совхозы № 1, 3, 7, 9).

Количественно прогнозный экономический эффект от рекомендуемой последовательности ввода земель по сравнению с предусмотренной проектом характеризуется следующими цифрами: 174,3 руб./га

Таблица 8

Объем валового сбора тонковолокнистого хлопка-сырца и средняя урожайность
на период ирригационно-хозяйственного освоения по данным решения общей
оптимизационной задачи

Вариант	Показатель	Год ирригационно-хозяйственного освоения										
		I-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й
I-й	Валовой сбор, тыс. т	11,43	31,96	51,13	75,1	94,18	101,48	107,28	112,26	114,99	116,34	117,21
оп- ти- маль- ный	Валовой сбор в про- центах от 2-го ва- рианта	100	100	95,7	100,4	100,7	99,5	98,7	99,6	99,9	99,7	99,8
	Урожайность, ц/га	14,83	15,48	17	18,17	19,52	21,04	22,24	23,27	23,84	24,12	24,3
I-й	Валовой сбор, тыс. т	11,43	31,96	51,13	74,94	93,45	101,07	108,24	112,56	114,89	116,44	117,42
поч- ти опти- маль- ный	Валовой сбор в про- центах от 2-го ва- рианта	100	100	95,7	100,2	99,9	99,1	99,6	99,9	99,8	99,8	100
	Урожайность, ц/га	14,83	15,48	17	18,37	19,37	20,95	22,44	23,34	23,82	24,14	24,34
2-й	Валовой сбор, тыс. т	11,43	31,96	53,44	74,82	93,52	102,01	108,64	112,68	115,11	116,64	117,42
оп- тимиза- ционный	Урожайность, ц/га	14,83	15,48	16,84	18,34	19,39	21,15	22,52	23,36	23,86	24,18	24,34
3-й	Валовой сбор, тыс. т	9,9	30,17	50,79	72,73	91,74	100,66	108,03	112,13	114,54	116,47	117,42
ди- рек- тивный	Валовой сбор в про- центах от 2-го ва- рианта	86,6	94,4	95	97,2	98,1	98,7	99,4	99,5	99,5	99,9	100
	Урожайность, ц/га	14,9	15,84	17,30	18,32	19,02	20,87	22,39	23,25	23,75	24,15	24,34

для оптимального ввода в рамках 2-го варианта, 108,5 руб./га для оптимального ввода в рамках 1-го варианта и 95,9 руб./га для "почти оптимального" варианта ввода.

Преимущество в размере экономического выигрыша (при сравнении 1-го и 2-го оптимальных вариантов) остается всегда за вторым, обладающим меньшим числом ограничений.

В заключение находится последний из искомых показателей — продолжительность ирригационно-хозяйственного освоения земель. В данном случае $T_{вхр} = 12$ лет (при $T_a = 5$ лет и $T_c^{max} = 8$ лет).

Следует отметить, что установленная в результате оптимизационных расчетов последовательность ввода отдельных хозяйств в пределах территории проектируемого ВХР может служить основой при разработке календарного плана строительства объекта, равно как и других частей проекта организации строительства.

Главное же назначение разработанной методики оптимизации ввода земель — обоснование проектных решений при составлении схем развития и размещения мелиорации и водного хозяйства, схем комплексного использования и охраны водных ресурсов, а также на других стадиях подготовки технических решений.

Л и т е р а т у р а

1. Серебренников Ф.В. Определение экономически целесообразных сроков и последовательности ввода земель нового орошения. — В кн.: Обоснование проектных решений современных мелиоративных систем Средней Азии. (Сб. науч. тр. ин-та "Средазгипроводхлопок") Ташкент, 1982, с. 78–87.

2. Решетов Г.Г. Методика оценки и учета почвенных показателей при проектировании орошения в аридной зоне страны. — В кн.: Материалы всесоюз. науч.-координац. совещ. по бонитировке почв. Ташкент, 1981, с. 118–124.

3. Методика экономической оценки важнейших видов природных ресурсов (Межвед. науч.-техн. совет при ГКНТ СССР). М., 1980, с. 72.

4. Типовые перспективные технологические карты по производству хлопка-сырца для УзССР на 1981–1985 гг. Ташкент, Минсельхоз УзССР, 1981.

УДК 631:631.8:711.3

Р.А.Муксимов, вед. инж.

Г.Г.Решетов, канд. с.-х. наук,
гл. спец.

(Средазгипроводхлопок)

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ АГРОПРИЕМОВ НА ОКУЛЬТУРИВАНИЕ ТИПИЧНЫХ СЕРОЗЕМОВ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ ПЛАНИРОВОК

Мелиоративная подготовка типичных сероземов к сельскохозяйственному использованию почвы повсеместно связана с необходимостью проведения планировок. Технология планировочных работ, предусматриваемая проектами института "Средазгипроводхлопок", ведет к изменению сложения горизонтов как в плановом расположении, так и по профилю, неизбежно вызывая пестроту и снижение плодородия почв. Восстановление плодородия после капитальных планировок намечается осуществлять с помощью обычных агроприемов в течение 2-3 лет (Окулич-Козарин Э.Л. [1], Данов Г.А. [2], Худайбердыев Х.Х. [3]).

Однако общепринятая агротехника возделывания основной сельскохозяйственной культуры - хлопчатника - на осваиваемых целинных землях не способна в столь короткие сроки восстановить плодородие искусственно деградированных почв, а существующее мнение о незначительном различии плодородия основных генетических горизонтов профиля сероземов, развитых на лессах, ошибочно. Это убедительно подтвердили трехлетние (1980-1982 гг.) исследования институтом "Средазгипроводхлопок" земель подсобного хозяйства Джизакстепстроя и совхоза №12 Джизакской степи, результаты которых излагаются дальше.

Мелиоративная наука располагает обширными данными, доказывающими значение планировок при освоении земель. Вопросы же роста, развития и урожайности сельскохозяйственных культур в связи с планировкой изучены недостаточно. Поэтому и возникла необходимость определения эффективных способов планировок и путей восстановления почвенного плодородия после их проведения. С этой целью выполнялись исследования по изучению морфологических, агрохимических, водно-физических, микробиологических свойств и гидрофизических характеристик основных генетических горизонтов типичных сероземов. Такой подход к постановке исследований позволил оце-

нить потенциальные возможности восстановления плодородия основных генетических горизонтов почв, вскрытых в результате планировок, рекомендовать конкретные мероприятия по его скорейшему осуществлению.

Принятая методика предусматривала поэтапное проведение исследований: вегетационные опыты в сосудах для изучения плодородия основных генетических горизонтов почв; мелкоделяночные опыты для оценки возможных вариантов восстановления и сохранения плодородия почв после планировок; опытно-производственные исследования для установления производительной способности почв после планировок.

Эта методика позволила на каждом из названных этапов с необходимой тщательностью отработать отдельные аспекты изучаемой проблемы и провести исследования начиная с опытов в сосудах до производственных масштабов.

Типичные сероземы характеризуются малым содержанием гумуса и высокой карбонатностью. В профиле данных почв можно выделить три основных генетических горизонта: гумусовый, карбонатный и постепенно переходящий в слабогипсованную породу. В верхних горизонтах гумуса содержится от 1,5 до 2,5 %. Наличие карбонатного горизонта в средней части профиля накладывает отпечаток на водно-физические, агрохимические и другие свойства почв, что следует учитывать при сельскохозяйственном использовании земель после планировок (табл. I).

Таблица I

Некоторые показатели водно-физических свойств почв

Глубина, см	Объемная масса, г/см ³	Удельная масса, г/см ³	Наименьшая влагоёмкость (НВ), % от объема	Порозность, %
Разрез Т-I				
0-8	1,36	2,7	33	49,6
8-28	1,36	2,71	32	50
28-60	1,24	2,66	22	53,4
60-80	1,26	2,66	22	52,6
80-140	1,26	2,68	28	52,9
140-150	1,24	2,66	30	53,4
150-170	1,26	2,66	30	52,6
170-200	1,34	2,67	30	49,8

В апреле 1980 г. на землях подсобного хозяйства Джизак-стенстрой был организован опытный участок площадью 500 м², ко-

торый разбили на 12 делянок площадью по 30 м².

Методика исследований предусматривала выращивание различных культур на фоне внесения полного комплекса минеральных удобрений по всем вариантам опыта, а именно: срезка при планировке до 0,5 м с обнажением карбонатного горизонта; срезка при планировке слоя 1,2 м; контроль (планировка с сохранением плодородного слоя).

Каждый из вариантов опыта подразделялся на следующие подварианты: выращивание хлопчатника в течение трех лет; выращивание хлопчатника в течение трех лет при дополнительном внесении органических удобрений нормой 50 т/га; возделывание люцерны в течение двух лет (первый год под покровом ячменя), на третий год — хлопчатника; возделывание в первый год кукурузы + сидерата, во второй и в третий — хлопчатника.

После планировочных работ в первый год исследований на мелких делянках провели вспашку глубиной 20 см. На контрольных бульдозером был снят гумусовый (дерновый) слой мощностью 20 см, затем вручную проведена вспашка глубиной 20 см. После этого верхний слой возвратили на место. Далее почву подвергли дискованию в несколько проходов. Таким образом, контрольные делянки в опыте рассматривались как вариант с предварительным снятием и последующим возвращением на место плодородного слоя при двукратном его перемещении.

По окончании предпосевных работ на всех делянках опытного участка были высеяны сельхозкультуры: хлопчатник сорта "Ташкент-1", кукуруза "Вир-42", люцерна "Ташкентская-1". На десятый день после посева появились первые всходы хлопчатника. Всходы были дружные, однако затем развитие хлопчатника на контроле резко отличалось от развития на срезках. До 30% всходов на срезках погибло, хлопчатник вплоть до 1 августа оставался в угнетенном состоянии и рост его не превышал 20 см, созревание началось на 25 дней позже, чем на контроле. Это определило и резкое отличие в урожайности. Она на контроле на фоне органо-минеральных удобрений в 1,5 раза превысила урожайность на фоне минеральных удобрений (табл.2). На делянках со срезкой 0,4 м (см.табл.2) урожайность хлопчатника на фоне минеральных удобрений более чем в пять раз ниже урожайности при применении органо-минеральных удобрений.

Таблица 2

Урожайность хлопчатника по вариантам
опыта на мелких делянках

Вариант опыта	Подвариант опыта	Урожайность, ц/га		
		1980г.	1981г.	1982г.
Контроль (с со- хранением верх- него слоя)	II - I - MO	32,7	33,4	33,8
	II - I - M	23,8	24,1	24,6
	II - I - M (K + C)	-	29,3	30,2
	II - I - M + Л	-	-	28,3
Срезка 0,4м	II - 2 - MO	22,4	32,4	32,8
	II - 2 - M	3,9	11,8	13,2
	II - 2 - M (K + C)	-	17,4	18,3
	II - 2 - M + Л	-	-	15,7
Срезка 1,2м	II - 3 - MO	22,6	32,8	33,4
	II - 3 - M	8,5	14,9	16,1
	II - 3 - M (K + C)	-	21,3	22,6
	II - 3 - M + Л	-	-	18,1

Примечания: O - органические удобрения; M - минеральные удобрения; K - кукуруза; C - по сидератам; Л - по люцерне.

Внесением органических удобрений в первый год не достигается полное восстановление плодородия почв. Так, на контрольной делянке урожайность хлопчатника на фоне органо-минеральных удобрений составила 32,7 ц/га, тогда как на срезках 0,4 м и 1,2 м она была значительно меньше (табл.2). Отмечается большая разница и в урожайности других культур на контрольных делянках.

Во второй год исследований развитие хлопчатника на контроле и на срезках несколько выравнилось. Хлопчатник на срезках 0,4 м при применении только минеральных удобрений, как и в первый год, всю вегетацию находился в угнетенном состоянии. Если в первый год начало созревания наступило на 25 дней позже, чем на контроле, то на второй год резкого отставания не наблюдалось. Несмотря на то, что урожайность на срезках во второй год резко повысилась по всем вариантам опыта, она была все же намного ниже, чем на контроле. Внесением органических удобрений во второй год достигнуто восстановление плодородия почв. Урожайность на фоне органо-минеральных удобрений как на контроле, так и на срезках была одинаково высокой и составила 32-33 ц/га.

Возделывание сидератных культур в осенне-зимний период (вико-овсяная смесь + рожь) позволило повысить плодородие на

срезках за счет заделки в почву достаточного количества фитомассы в качестве зеленого удобрения. На срезках I,2 м урожайность хлопчатника после сидератов высокая - 21,3 ц/га, т.е. близка к урожайности на контроле, на срезках 0,4 м она 17,4 ц/га, что заметно ниже, чем на контроле. Из этого следует, что сидерация оказалась не столь эффективна, как внесение в аналогичных вариантах органических удобрений.

После возделывания люцерны на мелких делянках в течение двух лет почва стала структурнее, улучшились ее водо-физические свойства и гидрофизические характеристики. В варианте со срезкой 0,4 м урожайность хлопчатника резко понижалась по сравнению с подвариантом только минеральных удобрений. Урожайность на срезках 0,4 м после люцерны оказалась наименьшей - 15,7 ц/га. И хотя она выше получаемой только при внесении минеральных удобрений при тех же срезках, ожидаемого эффекта не наблюдается. Приемы сохранения плодородия почв с применением севооборотной культуры отразили ту же закономерность: полученная урожайность на срезках 0,4 м и I,2 м значительно меньше проектной.

Таким образом, проведенные исследования подтвердили ошибочность существующего мнения о незначительном различии плодородия основных генетических горизонтов профиля сероземов, развитых на лессах. При этом, как выяснилось, производительная способность карбонатных горизонтов, обнаженных в результате планировок (срезка 0,4 м) значительно меньше, чем на почвах с нетронутым профилем. Полностью восстановить плодородие почв, деградированных в результате планировок, не удастся даже в длительные сроки освоения, несмотря на значительные капитальные вложения, что видно из натурных наблюдений в совхозе №12, проведенных нами на двух производственных участках по пяти гектаров каждый, где срезы до 40 см и более выполнены на 70% площади. На одном участке были проведены планировки с обнажением бесплодных горизонтов, а на другом они не проводились. Данные об урожайности хлопчатника на этих участках помещены в табл.3.

Таблица 3

Урожайность хлопчатника на производственных участках совхоза № 12

Вариант опыта	Урожайность, ц/га		
	1979 г.	1980 г.	1981 г.
Контроль	10	25	31,8
Срезка 0,4 м	3	5	8

Низкое плодородие обнаженных горизонтов, особенно карбонатных, объясняется бедностью их гумусом и другими питательными элементами (в том числе и микроэлементами), неудовлетворительными водно-физическими свойствами (пониженный диапазон доступной влаги) и низкой биологической активностью почв.

Определению оптимального режима орошения на спланированных землях были посвящены специальные исследования. В лаборатории отдела мелиоративных исследований института "Средазгипроводхлопок" на отобранных образцах изученных почв были найдены зависимости капиллярно-сорбционного давления почвенной влаги от влажности и по ним построены кривые, верхняя точка которых (МГ) получена методом сорбции водяного пара (рис. I). Характер кривых

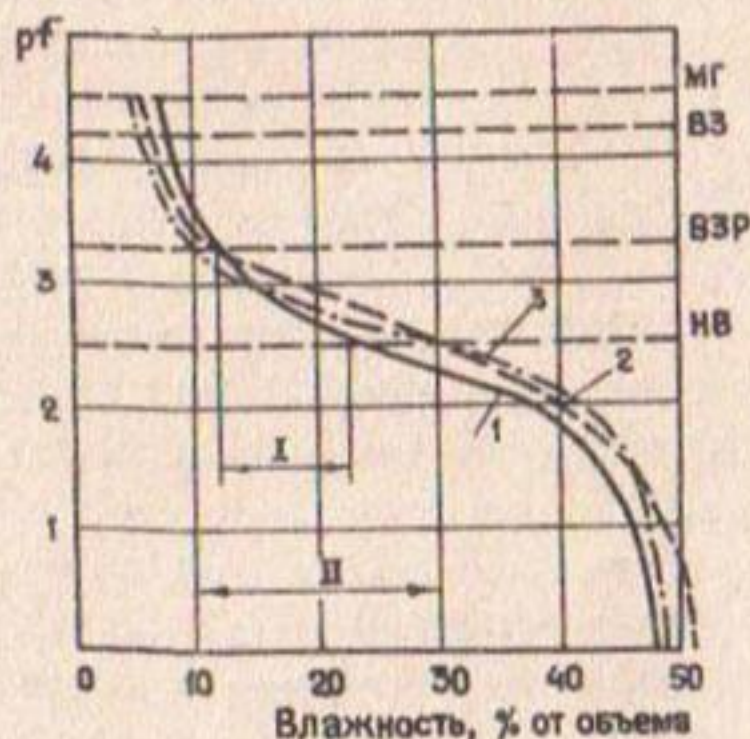


Рис. I. Зависимость потенциала почвенной влаги от влагоосодержания: I — для карбонатного горизонта; 2 — для почвообразующей породы; 3 — для верхнего, гумусового горизонта (МГ — максимальная гигроскопичность; ВЗ — влажность завядания; ВЗР — влажность замедленного роста; I — диапазон доступной влаги в карбонатном горизонте; II — то же, в гумусовом горизонте и в почвообразующей породе).

показывает: чем меньше влажность почвы, тем большую сосущую силу должно приложить растение, чтобы извлечь влагу из нее. Как известно, в диапазоне давлений от 0,3 до 2 атм содержится легко доступная растениям почвенная влага. Диапазон легкодоступной влаги (ДЛВ) в верхних горизонтах исследованных сероземных почв варьирует в пределах 10–30 % от объемной влажности. Нижележащие карбонатные горизонты почв, как оказалось, обладают меньшими значениями ДЛВ – от 12 до 22 %. Таким образом, легкодоступная влага в карбонатных горизонтах почв составляет 10 % от объемной влажности, что в два раза меньше значений ДЛВ верхних горизонтов.

Одной из причин меньших, по сравнению с верхними и нижними горизонтами, значений ДЛВ в карбонатных горизонтах почв является их бесструктурность, вызванная практическим отсутствием в них органического вещества. Интересно отметить, что величина легкодоступной влаги в почвообразующей породе и верхнем гумусированном горизонте одинакова, несмотря на отсутствие органического вещества в породе.

Общее количество легкодоступной почвенной влаги зависит в основном от объема капиллярных пор. Кроме того, в карбонатных почвах определенную роль в формировании водно-физических свойств нижележащих горизонтов играет форма карбонатов.

В верхних горизонтах сероземов количество вторичных форм карбонатов (мелкозернистых скоплений) невелико, преобладают первичные (обломочные) их формы. Вторичные же формы карбонатов выпадают в осадок в средней части почвенного профиля в виде мелкозернистых скоплений округлой формы или в виде трубочек по ходам корней и известковых налетов по стенкам пор. Выпавший в осадок кальцит придает стенкам пор связность, сужает капиллярные поры, изменяет их объем [4].

Таким образом, вторичные формы кальцита в карбонатном горизонте почв имеют решающее значение в формировании водно-физических свойств почв. Поэтому обнажение карбонатных горизонтов при планировке ведет к ухудшению водных свойств связанных почв.

Результаты лабораторных исследований подтверждаются данными опытов на двух производственных участках в совхозе ИКЗ Джизакской степи (1982 г.), где при планировке были обнажены карбонатные горизонты практически на всей площади. Наблюдения

за водным режимом почв, ростом и развитием хлопчатника проводились в точках Т-12, Т-13, Т-14 и Т-15 участка. На основе данных о верхних и нижних оптимальных пределах допустимой влажности рассматриваемых почв были произведены расчеты сроков и норм поливов. Согласно расчетам при обнаженном карбонатном горизонте за период вегетации необходимо проведение 6-7 поливов нормой 800-900 м³/га с межполивными периодами 10-15 дней (вместо 3-4 нормой 1400-1700 м³/га). Расчеты подтверждаются фактическими данными об интенсивности иссушения почв в межполивной период (рис.2),

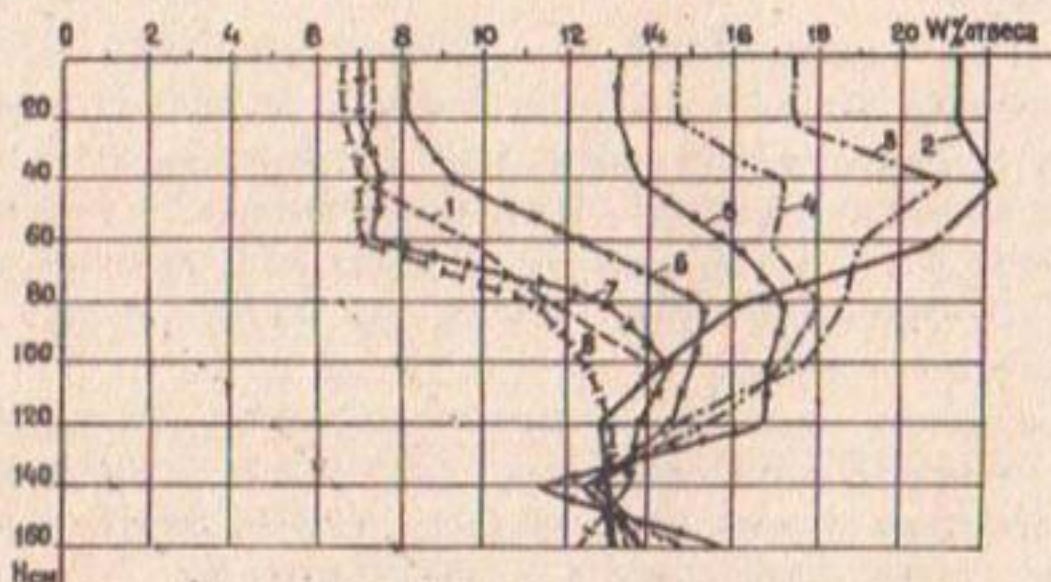


Рис.2. Динамика влажности почвогрунтов в межполивной период: 1 — перед поливом; 2 — первый день после полива; 3 — третий день после полива; 4 — пятый день после полива; 5 — седьмой день после полива; 6 — десятый день после полива; 7 — пятнадцатый день после полива; 8 — двадцатый день после полива

согласно которым предполивная влажность почв наступает на 10-15-й день после полива.

По итогам балансового расчета составлен оперативный план водопользования с учетом погодных условий 1982 г. Сев хлопчатника проведен 16 апреля. За вегетацию на одном участке было пять поливов, на другом — три. Поливные нормы при трех поливах намного превышали потребную. Межполивные периоды составляли 25-30

дней, что в 2-3 раза больше, чем при пяти вегетационных поливах (табл.4). При названном режиме орошения и соблюдении других принятых агротехнических мероприятий урожайность хлопчатника составила 4 ц/га (при трех поливах) и 10,6 ц/га (при пяти поливах).

Таблица 4

Сроки проведения вегетационных поливов хлопчатника и поливные нормы на опытных участках в совхозе №12 Джизакской степи

Вариант опыта	Номер полива	Поливная норма (нетто), м ³ /га	Дата начала полива	Межполивной период, день
I	I	3100	28.06	
	2	2800	25.07	25
	3	2400	26.08	30
II	I	600	3.06	
	2	1000	17.06	14
	3	1100	12.07	23
	4	1200	27.07	14
	5	1100	18.08	20

Таким образом, исследования показали, что на снижение производительной способности почв влияет не только малое количество гумуса и других питательных элементов в обнаженных карбонатных горизонтах, но и заметное ухудшение водных свойств профиля этих почв.

Из сказанного следует, что на карбонатных почвах целесообразно применение такой технологии планировочных работ, которая предусматривает сохранение верхнего (15-20 см) плодородного слоя почв. Необходимость установления более жестких требований к сохранению верхнего плодородного слоя почв отмечается в инструкции по проведению планировочных работ [5] и настоятельно рекомендуется И.А.Дзядевичем [6]. К тому же нельзя забывать, что основной задачей освоительных мелиораций является нивелировка осваиваемых земель по почвенному плодородию и водно-физическим свойствам.

Дополнительные затраты на осуществление указанной технологии планировок, по ориентировочным расчетам, составляют 126 руб./га (табл.5).

Технико-экономические показатели по
основным вариантам опыта

Таблица 5

Вариант опыта	Урожай- ность хлопчат- ника, ц/га	Удельные капиталь- ные вложе- ния, руб/га	Срок достиже- ния проектной урожайности, год
Планировка с облажением карбонатного горизонта и внесением минеральных удобрений	3,9	—	10-15 и более
То же, на фоне сидератных культур	17,4	220	3-5
Планировка с сохранением плодородного слоя (15-20 см) и внесением минеральных удобрений	23,8	126	2-3
То же, на фоне сидератных культур	29,3	346	На второй год

Несмотря на то, что предлагаемый способ требует дополнительных затрат, применение его дает возможность уже в первые годы освоения земель получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур.

Преимущества планировок с сохранением плодородного слоя почв однократность выполнения работ, большая степень надежности ожидаемого эффекта, более высокая организация технологического процесса.

Л и т е р а т у р а

1. Окулич-Коварки Э.Л., Стороженко Г.Д. Планировка поверхности поливных участков. — В кн: Справочник по хлопководству. Ташкент, "Узбекистан", 1981.

2. Данов Г.А. Вопросы почвенного плодородия в связи с капитальной планировкой орошаемых земель. — "Использование растительных ресурсов и повышение продуктивности культурных растений". Ташкент, "Фан" УзССР, 1973.

3. Худайбердыев Х.Х. Влияние удобрений на производительную способность почв Голодной степи. Автореф. канд. дис. Ташкент, 1973.

4. Миняшина Н.Г. Микроморфологическое исследование лесса и его изменений при почвообразовании. — Докл. совет. почвоведов к УП Международному конгрессу в США. М., Изд-во АН СССР, 1960, с. 465-473.

5. Инструкция по производству планировочных работ на орошаемых землях (ВСН-С-2-77). М., 1978.

6. Дзядевич И.А. Новые нормативно-методические документы по планировке орошаемых земель. - "Гидротехника и мелиорация", 1979, № 8, с.32-34.

УДК 626.8 : 631.61

Б.Я.Нейман, канд.геол.-
минерал. наук, гл.геолог
отдела

(Средазгипроводхлопок)

ОБ ОПТИМАЛЬНОМ РАЗМЕЩЕНИИ ЗАКРЫТЫХ ДРЕН НА МАССИВАХ НОВООСВАИВАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ УЗБЕКИСТАНА

В связи с тем, что на новоосвоенных землях Голодной степи накрытый горизонтальный дренаж на 10-20% недостроен до проектной густоты, возникла потребность в исследованиях для решения вопроса о необходимости достижения проектной густоты дрен. В 1975-1979 гг. институтом "Средазгипроводхлопок" проведены натурные гидрорежимные и воднобалансовые исследования на типовом производственном участке площадью около 36 га в совхозе №10. Позднее, в 1979-1982 гг., аналогичные исследования выполнены на производственном участке в совхозе №8а. Проводились эпизодические наблюдения за работой коллекторно-дренажной системы (КДС) в совхозах №10+12, 17, 18.

Анализ материалов этих многолетних исследований, а также данных подобных работ, осуществленных другими организациями, позволяют пересмотреть сложившиеся в последние 15-20 лет в институте "Средазгипроводхлопок" представления о проектировании систематического дренажа на массивах новоосваиваемых земель в части определения густоты и планового размещения дрен.

Почти все массивы новоосваиваемых земель в Узбекистане характеризуются недостаточной естественной дренированностью, и поливное земледелие требует применения искусственного дренажа. Проектируемый на таких массивах промывной режим орошения, в основе которого лежит учение о критической глубине грунтовых вод, предусматривает водоподачу на орошаемое поле в размере, несколько превышающем нормальную потребность на эвапотранспирацию. Этот избыточный нисходящий ток воды промывает почвогрунты, поступает на уровень грунтовых вод и отводится дренажем, что и обеспечивает

устойчивое мелиоративное благополучие орошаемой территории. Густота дрен рассчитывается на сработку нисходящего (а иногда и восходящего) потока воды, называемого дренажным модулем.

КДС на всех массивах новоосваиваемых земель в Голодной степи и на значительных площадях других массивов проектируется и строится в основном по одной схеме: открытые коллекторы глубиной 4-6 м, прокладываемые по уклону поверхности земли в среднем через 1000 м, и впадающие в них с обеих сторон под прямым или острым углом закрытые дрены глубиной 3-3,5 м, проложенные через 100-400 м (рис. I).

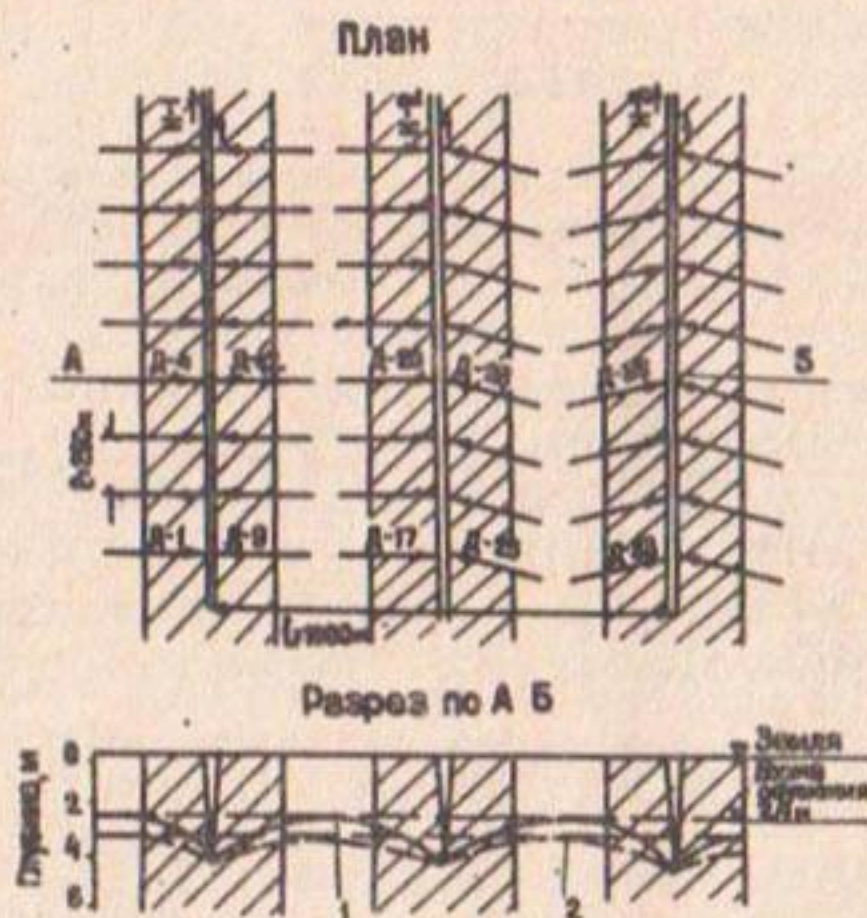


Рис. I. Схема размещения построенной КДС:
К-1- открытые коллекторы; Д-1- закрытые дрены; - полосы земель, дренируемых коллекторами; 1, 2 - депрессионные кривые соответственно на максимум и минимум

Расстояние между коллекторами (L) в этой схеме обычно определяется из условий микрорельефа и организации территории, а междренные расстояния (ℓ) рассчитываются для заданных проекта-

ми параметров дрен [действующий напор (H^0), дренажный модуль (W) и действующий диаметр (d)] применительно к геофильтрационному строению дренированной территории.

Следует отметить, что задача определения совместного водопонизительного действия коллекторов и дрен, работающих при разных напорах ($H_K^0 = 2+3,5$ м; $H_D^0 = 0,7+1$ м), пока теоретически не разработана и не имеет точного аналитического решения. Поэтому расстояние между закрытыми дренами в институте "Средазгипроводхлопок" определяется приблизительно двумя способами.

В первом способе дренажное действие коллекторов или вовсе не учитывается, или принимается равным действию дрен. Например, при $\ell_{\text{расч}} = 150$ м, $L = 1000$ м густота закрытых дрен равна: $a = \frac{10000}{150} - \frac{10000}{1000} = 66 - 10 = 56$ м/га, что дает междуренье $\ell = 178$ м.

Этот способ применялся до 1978 г. на всех массивах Голодной степи и на массиве I очереди освоения Каршинской степи; иногда им пользуются и в настоящее время при составлении ТРП освоения небольших участков. Данный способ расчета по опыту работы КДС на освоенных землях предполагает, что в вегетационный период коллекторы заполняются сбросной водой и работают, как дренажи при напорах не более 1 м. Такое положение имело место в Голодной и Каршинской степях при избытке оросительной воды, пока не были освоены все площади. В последние годы сбросной сток во всех коллекторах практически отсутствует.

Второй способ расчета густоты дрен упрощенно учитывает дренажное действие коллекторов при их рабочих напорах: определяется величина L при $H_K^0 = 1,5+2,5$ м при проектном значении W , затем отсекается полоса, которая дренируется каждым коллектором ($\frac{L}{2}$), и на оставшейся между коллекторами площади рассчитывается густота закрытого дренажа. Этот способ применяется в институте "Средазгипроводхлопок" в последнее время при составлении (и пересоставлении) проектов отдельных совхозов в Каршинской степи и ТЭО третьей очереди освоения Каршинской степи. Однако схема размещения КДС в большинстве случаев остается такой, как на рис. I; делается лишь некоторое упрощение в конструкции закрытых дрен: уменьшается число наблюдательных колодцев и часть дрен в зоне действия коллекторов проектируется глухой.

Сохраняя принятые в проектах освоения новых земель междуренные расстояния, мы предлагаем значительно сократить общую протя-

женность закрытого дренажа за счет учета дренирующего действия коллекторов и рационального размещения закрытых дрен в плане.

Предложение разработано на примере центрального массива Голодной степи, который по своему геофильтрационному строению, размещению мелиоративной сети в плане и параметрам КДС является наиболее типичным для многих осваиваемых и намечаемых к освоению массивов земель.

На этом массиве многолетними гидрорежимными и воднобалансовыми исследованиями установлено, что существующие коллекторы глубиной 4,5–6 м, проложенные в среднем через 1000 м, срабатывают 50–60% (а в ряде случаев до 80%) инфильтрационного питания грунтовых вод и имеют зону гидравлического действия более 500 м, в том числе зону дренирования до заданной нормы осушения ($H_{кр} \approx 2,5$ м) не менее 300 м.

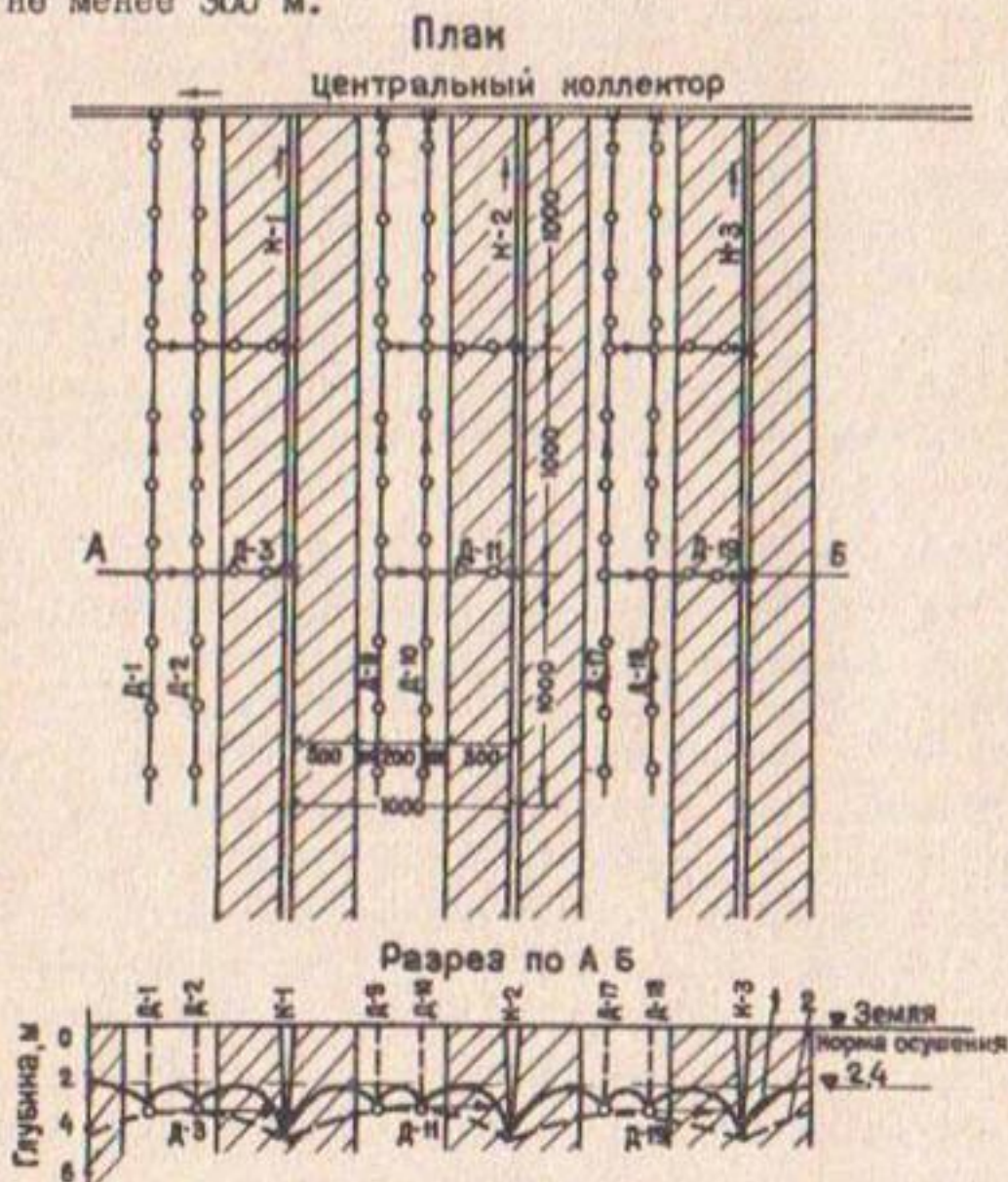


Рис.2. Схема оптимального размещения КДС (Условные обозначения те же, что на рис.1)

Если принять со значительным запасом зону дренирования коллекторами равной 300 м, получается, что в полосе между двумя коллекторами шириной 1000 м 60% площади дренируется самими коллекторами. Заложенные на этой площади закрытые дрены не оказывают никакого водопонизительного действия.

С учетом этих обстоятельств мы рассмотрели несколько возможных вариантов рационального расположения закрытых дрен в плане и предлагаем схему оптимального их размещения (рис.2). Выводы всех дрен сделаны по одну сторону коллектора. Это позволит предохранить устьевую часть дрен от разрушения при очистке коллекторов. Средняя густота закрытого дренажа в полосе шириной 400 м, не дренируемой коллекторами, получается равной 65 м/га: на каждую полосу длиной 1000 м, шириной 400 м, площадью 40 га приходится две дрены длиной по 1000 м и одна длиной 600 м: $(2000 + 600) : 40 = 65 \text{ м/га}$. В пересчете на всю дренируемую площадь густота закрытых дрен равна 26 м/га (на 100 га земель приходится 2600 м дрен), что значительно меньше средней проектной и средней густоты построенного дренажа.

УДК 631.4:631.6:626.8

В.В.Калинин, гл.инж.
проекта

(Средазгипроводхлопок)

Н.И.Калужная, канд.техн.
наук, ст.науч.сотр.

(САНИТРИ)

О ПОДБОРЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ФИЛЬТРОВОЙ ОБСЫПКИ ДЛЯ СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

В практике мелиоративного строительства широко применяется вертикальный дренаж. Обладая рядом существенных преимуществ перед другими типами дренажа, он завоевывает передовые позиции в решении мелиоративных задач. Накоплен значительный опыт его строительства и эксплуатации. Однако сдерживающим его применение фактором остается сложность выбора средств защиты скважин от пескования, особенно при отборе воды из водоносных горизонтов, представленных мелкозернистыми, глинистыми и суффозионными грунтами, которые распространены практически повсеместно в районах интенсивного строительства вертикального дренажа в Узбекистане

и других среднеазиатских республиках. Поэтому опыт проектирования, строительства и эксплуатации скважин в аналогичных условиях заслуживает самого пристального внимания.

В предлагаемой информации изложены рекомендации для расчета фракционного состава фильтровой обсыпки, базирующиеся на материалах полевых наблюдений за работой искусственных фильтров при сложном строении водоносной толщи и лабораторных исследований фильтрационной способности мелкозернистых и глинистых водоносных песков на высоконапорных моделях, а также приведены примеры расчета состава гравийного фильтра для скважин вертикального дренажа.

Установлено, что супеси, залегающие в зоне активного водопонижения, наиболее подвержены выносу, причем сложность формирования фильтра возрастает с увеличением мощности этой породы в интервале водоприемной части скважины. Табл. I иллюстрирует зависимость пескования скважин от отношения мощности супеси в зоне посадки фильтрового каркаса к длине последнего.

Таблица I

Влияние прослоев супеси и суглинка
на работу скважин

Совхоз	Номер скважины	Отношение мощности супеси к длине фильтрового каркаса, м	Отношение мощности суглинка к длине фильтрового каркаса, м	Расход Q , л/с	Водопонижение в скважине z , м	Удельный расход q , л/с	Состояние скважины
I	2	3	4	5	6	7	8
№4	I	21	40	27	11	3,2	Контакт устойчивый, пескования нет Аварийное состояние - вынос супеси
	8	-	46	17,8	15,5	1,3	
	10	30	28	8,5	20	0,2	
	13	38	19	14,3	17,8	1,3	
№5	29	20	57	11	19	0,7	Контакт устойчивый, пескования нет Аварийное состояние - вынос супеси
	30	76	-	5,6	27	0,25	
	32	-	26	9	22,8	0,5	
	33	-	24	5	23,6	0,25	
№6	16	83	10	2,5	34,2	0,07	Аварийное состояние - постоянное пескование
	17	46	45	3,6	27,7	0,15	
	18	55	29	6,7	41,6	0,17	
	19	76	12	3	50	0,04	

I	2	3	4	5	6	7	8
№ 17	54IB	-	3I	52,4	12,4	5,9	Контакт устойчивый
	542 E	-	42	33,7	12,5	3,9	
	558	-	55	35,3	18,3	2,3	
	560	8I	19	39	15	3,4	Аварийное состояние
"Пах-такор"	2	22	22	3	20,9	0,17	Аварийное состояние
	5	7I	-	15	20	0,88	
	7	13	10	20	13,6	1,5	Контакт устойчивый, пескования нет
	10	-	27	4	22	0,2	
"Тигант"	5	-	-	40	12	4,2	Контакт устойчивый

Приведенные данные позволяют сделать вывод, что суглинки в зоне фильтрового каркаса независимо от их мощности выносу не подвержены, в то время как супеси, если их мощность превышает 20% водоносной толщи в зоне фильтрового каркаса, создают аварийную ситуацию – обвалы вокруг устья скважин, неукротимое пескование. Особенно сильно подвержены выносу супеси, залегающие в верхних пластах, в зоне активного водопонижения, т.е. в зоне максимальных входных скоростей. Выборка материалов по скважинам, построенным в мелко-, средне- и крупнозернистых песках и показавшим себя лучшими в эксплуатации, т.е. их гравийные фильтры были сформированы в кратчайшие сроки с последующими нормативными показателями откачиваемой воды, дает основание утверждать: если в составе гравийного фильтра есть 10–15% частиц, равновеликих самым крупным фракциям песка, антисуффозионный контакт обоих обеспечен. Это положение для песков Шерабадской и Каршинской степей экспериментально проверено на высоконапорных моделях. Исследуемые пески закладывались в секторные модели. В качестве фильтрового каркаса применялись фрагменты фильтров драгобычского завода.

Полевыми и многократными лабораторными опытами установлено, что суффозионная совместимость двух исследуемых грунтов обеспечивается, если в составе гравийного фильтра присутствует не менее 10% фракций такого же размера, как d_{60} и d_{80} водоносного песка. Результаты выполненных работ позволяют рекомендовать про-

водить подбор фракционного состава фильтровой обсыпки при следующих условиях:

1 - гравийный фильтр должен состоять из хорошо окатанной речной гальки;

2 - для песков, имеющих коэффициент неоднородности $\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}} \leq 30$, рассчитывать гравийный фильтр необходимо исходя из зернового состава водоносного пласта;

3 - мелкие фракции искомой гравийной обсыпки должны быть равновелики крупным фракциям водоносного песка, т.е. $D_5 = d_{60}$; $D_{8-10} = d_{80}$; $D_{10-15} = d_{100}$ (если d_{60} песка равно 0,3 мм, значит искомое D_5 гравия будет также равно 0,3 мм и т.д.); диаметр самой мелкой фракции гравия $D_0 = 0,1$ мм;

4 - межслойный коэффициент фильтровой обсыпки и грунта $\frac{D_{50}}{d_{50}}$ должен быть:

- в тонкозернистых и глинистых песках 15+20,

- в мелко- и среднезернистых - 20+25,

- в средне- и крупнозернистых - 25+30;

5 - предел крупности D_{100} гравийного фильтра принимается:

- для глинистых и тонкозернистых песков каптируемого пласта равным 5+7 мм,

- для мелкозернистых песков - 7+10 мм,

- для среднезернистых - 10+20 мм,

- для крупнозернистых - 20+30 мм;

6 - интегральная кривая гравийного фильтра должна иметь вид плавной вогнутой линии. Допустимая кривизна проверяется по формуле $C_c = \frac{D_{30}}{D_{10} D_{60}} = 1 \div 3$;

7 - для водоносных грунтов, имеющих высокий коэффициент неоднородности: $\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}} > 30$, подбор гравийного фильтра производится по составу заполнителя в соответствии с вышеизложенными рекомендациями.

Примеры расчета состава гравийного фильтра для скважин вертикального дренажа

Пример I. Скважина вертикального дренажа строится в многопластовой системе. Водоносные породы представлены крупно-, средне- и мелкозернистыми песками. Литологическое описание пород и фракционный состав песков приведены на рис. I.

Глубина, м	Номер слоя	Глубина подошвы слоя, м	Мощность слоя, м	Литологическое описание пород	Конструкция и литологический разрез скважины			Параметры пласта	Длина фильтра, м
5	1	3,8	3,8	Суглинок легкий				$d_{50}=0,25$ $\eta \approx 29$	6,2
	2	7,5	3,7	Супесь легкая					
10	3	12	4,6	Песок с включениями гальки					
	4	15,5	3,5	Песок крупнозернистый					
15	5	18	2,5	Супесь					
				Песок серый среднезернистый					
20	6	25	7						
25	4	29	4	Суглинок					
	8	32	3	Супесь					
30									
35	9	39	7	Суглинок					
				Песок серый среднезернистый					
40	10	42	3						
45	11	44	2	Суглинок					
	12	47	3	Песок среднезернистый					
50	13	51	4	Суглинок					
55				Песок серый мелкозернистый					
	14	58	7						
60	15	60	2	Супесь					
65				Песок крупнозернистый					
	16	64	4						
								$d_{50}=0,4$ $\eta \approx 13$	6,2
								$d_{50}=0,12$ $\eta \approx 25$	6,2
								$\Sigma \ell \phi = 18,6 \text{ м}$ $< 20 \text{ м}$	

Интегральные кривые гранулометрического состава

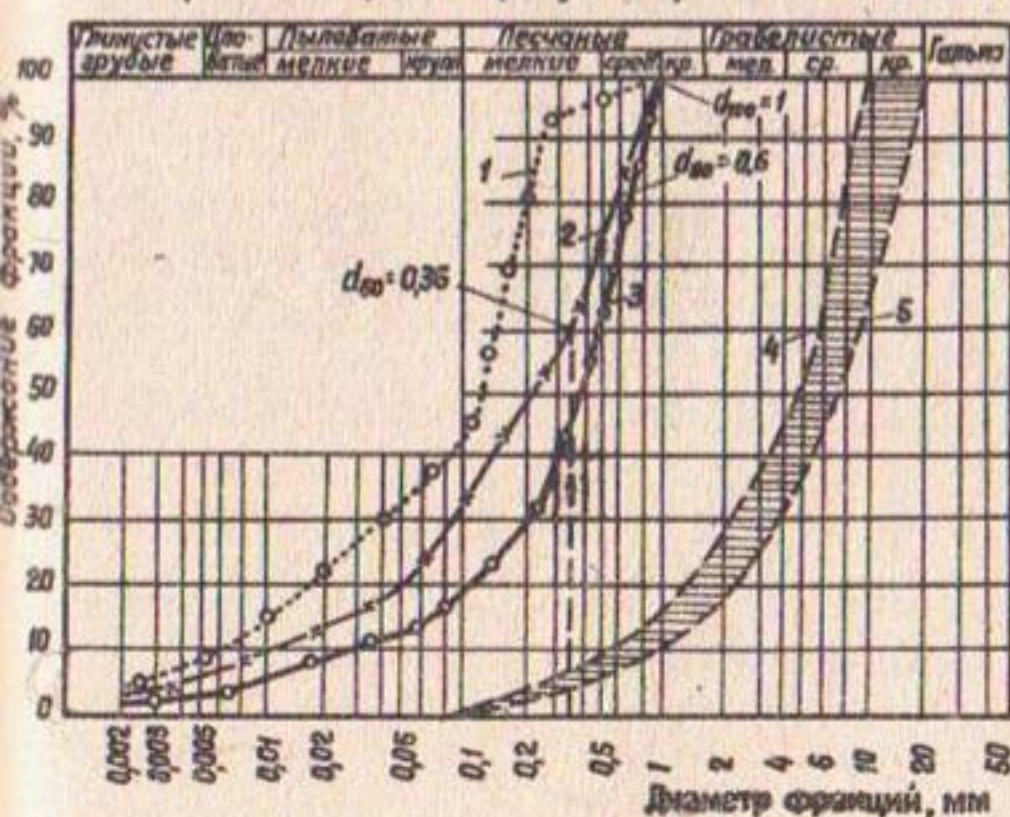


Рис. 1 Литологический разрез и фракционный состав песков.

Водоносные пески:

1- на глубине 54м,

2- на глубине 19м,

3- на глубине 42м;

гравийный фильтр:

4- минимально допустимый крупный,

5- максимально допустимый крупный

Литологическое строение позволяет производить отбор воды в трех ярусах: на глубине 19+25м ($d_{50} = 0,25\text{мм}$, $\eta \approx 29$), 40+46м ($d_{50} = 0,4\text{мм}$, $\eta \approx 13$), 51+57м ($d_{50} = 0,12\text{мм}$, $\eta \approx 25$). Верхний и средний пласт представлены среднезернистыми песками, причем в среднем песок более крупный.

Расчет состава гравийного фильтра производится для верхнего пласта, так как он находится в зоне активного притока. Расчетный фильтр пригоден и для нижнего пласта, потому что он расположен в зоне пассивного притока.

Построив кривую гранулометрического состава песка, находим по условию (2) $\eta = \frac{d_{40}}{d_{10}} = \frac{0,35}{0,012} \approx 29 < 30$. Согласно (3) определяем $d_{60} = 0,35\text{мм}$, $d_{80} = 0,6\text{мм}$, $d_{100} = 1\text{мм}$. Соответственно контактные фракция гравийного фильтра составляют: $D_0 > 0,1\text{мм}$; $D_5 = d_{60} = 0,35\text{мм}$; $D_{8-10} = d_{80} = 0,6\text{мм}$; $D_{10-15} = d_{100} = 1\text{мм}$. Далее по (4) рассчитываем зону D_{50} обсыпки, имея d_{50} грунта равным $0,25\text{мм}$:

$$\text{при } \xi' = \frac{D_{50}}{d_{50}} = 20; \quad 20 = \frac{D_{50}}{0,25}; \quad D_{50} = 5\text{мм},$$

$$\text{при } \xi'' = \frac{D_{50}}{d_{50}} = 25; \quad 25 = \frac{D_{50}}{0,25}; \quad D_{50} = 6,3\text{мм}.$$

По (5) для среднезернистых песков определяем $D_{100} = 10+20\text{мм}$. Полученные точки соединяем плавной кривой, тем самым выделяем зону максимально и минимально допустимой по крупности обсыпки.

По (6) проверяем допустимую кривизну фильтра C_c :

$$C_c' = \frac{2,5^2}{0,6 \cdot 6} \approx 1,7; \quad C_c'' = \frac{4^2}{1 \cdot 9} \approx 1,7.$$

Таблица 2

Рекомендуемый состав фильтра

Средний диаметр частиц $D_{50}\text{мм}$	Минимальный диаметр частиц $D_0\text{мм}$	Размер фракций (мм), содержание (%)							
		0,2+ 0,5	0,5+ 1	1+2	2+3	3+5	5+7	7+10	10
5	0,1	8	9	9	9	15	20	30	—
7,5	0,2	5	5	10	5	13	11	14	37

Скважина I в совхозе №4 Голодной степи с гравийным фильтром подобного состава откачивала чистую воду: $Q = 27\text{л/с}$, $S = 1\text{м}$. Суглинок на глубине 44 и 51м был перекрыт фильтровым каркасом, однако выносу не подвергался.

Пример 2. Скважина вертикального дренажа строится в двух-пластовой системе. Водоносные слои представлены неоднородными гравийно-галечниковыми породами и среднезернистыми песками (рис. 2).

Отбор воды производится из обоих пластов. Верхний пласт, расположенный в зоне активного притока, имеет высокий коэффициент неоднородности: $\eta = \frac{d_{80}}{d_{10}} = \frac{11}{0,05} = 220$. Поэтому согласно (7) строится дифференциальная кривая породы, и затем по зоне перегиба порода делится на скелет и заполнитель. Рассчитывается их фракционный состав. Далее для расчета состава фильтровой обсыпки берутся параметры заполнителя породы (кривая 2'). Соответственно контактные фракции гравийного фильтра по (3) составляют $D_0 > 1 \text{ мм}$; $D_5 = d_{60} = 0,18 \text{ мм}$; $D_{6-10} = d_{80} = 0,22 \text{ мм}$; $D_{10-15} = d_{100} = 1 \text{ мм}$.

По (4) определяем зону D_{50} обсыпки, имея для грунта $D_{50} = 0,16 \text{ мм}$:

$$\text{при } \xi' = \frac{D_{50}}{d_{50}} = 20; \quad 20 = \frac{D_{50}}{0,16}; \quad D_{50} = 3,2 \text{ мм},$$

$$\text{при } \xi'' = \frac{D_{50}}{d_{50}} = 25; \quad 25 = \frac{D_{50}}{0,16}; \quad D_{50} = 4 \text{ мм}.$$

По (5) для мелкозернистых песков D_{100} принимаем равным 7–10 мм.

Полученные точки соединяем плавной кривой, тем самым выделяем зону максимально и минимально допустимой обсыпки.

По (6) проверяем допустимую кривизну фильтра C_0 :

$$C'_c = \frac{1,8^2}{0,4 \cdot 6,5} = \frac{3,24}{2,2} = 1,5;$$

$$C''_c = \frac{2,5^2}{0,8 \cdot 6} = 1,3.$$

Таблица 3

Рекомендуемый состав фильтра

Средний диаметр частиц $D_{50}, \text{мм}$	Минимальный диаметр частиц $D_0, \text{мм}$	Размер фракций (мм), содержание (%)						
		0,2+ 0,5	0,5+ 1	1+2	2+3	3+5	5+7	7+10
3	0,1	10	7	18	15	24	26	—
4,5	0,2	6	4	13	12	20	15	30

Скважина в совхозе М12 характерна для I очереди Карманской степи.

Глубина, м	Номер слоя	Глубина подсы- вы слоя, м	Мощность слоя, м	Литологичес- кое описание пород	Конструкция и литологический разрез скважины			Пара- метры пла- ста	Длина филь- тра ℓф, м
5				Суелинок легкий					
10	1	13	13						
15	2	20	7	Супесь тяжелая					
20	3	23	3	Песок с включе- нием гальки					
25	4	26	3	Глина					
	5	29	3	Суелинок					
30				Песок с гравием			$d_f = 2$ $\eta = 22$	12,4	
35	6	40	11						
40	7	42	2	Песок мелкозерни-			$d_{20} = 0,25$ $\eta = 4,3$		
45	8	45	3	Супесь			$d_{20} = 0,25$ $\eta = 4,3$		
	9	49	4	Глина					
50				Песок средне- зернистый			$d_{20} = 0,25$ $\eta = 4,3$	9,3	
55	10	55	6						
60				Песок с гравием			$d_{20} = 20$ $\eta = 22$		
65	11	65	10						
				Глина					$\Sigma \ell_f$ 21,7

Интегральные кривые гранулометрического состава

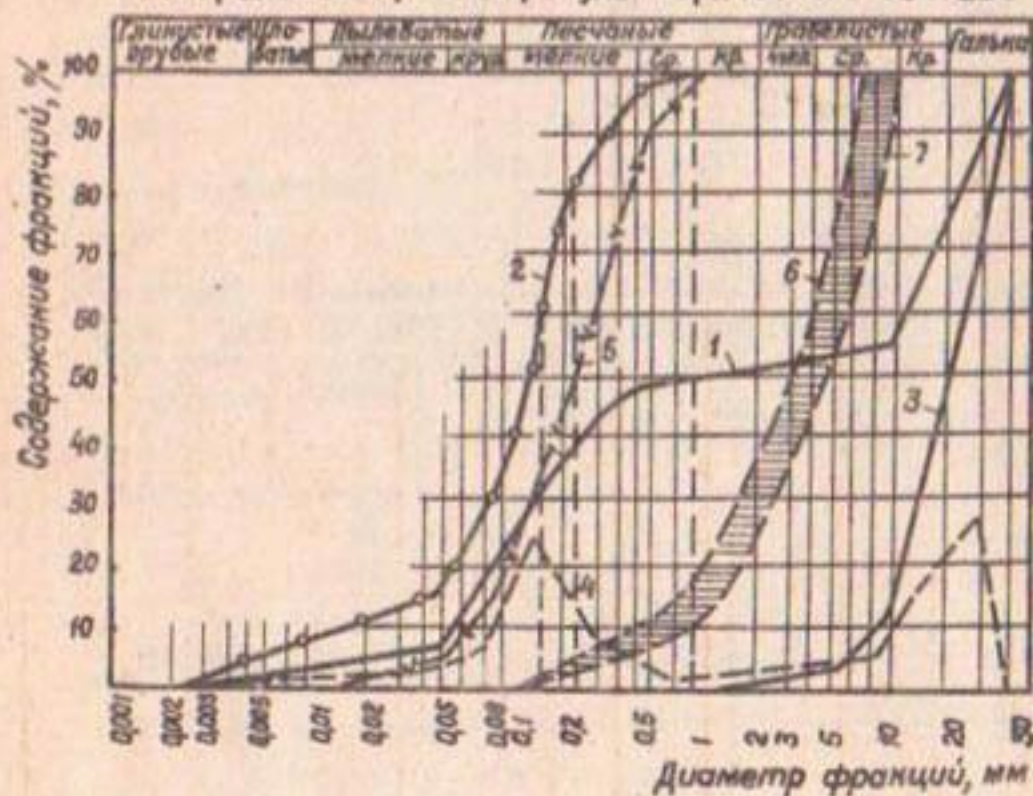


Рис. 2. Литологический разрез и фракционный состав песков:

1 — интегральная кривая грунта на глубине 35 и 60 м;

2 — то же, заполнителя;

3 — то же, скелета;

4 — дифференциальная кривая грунта на глубине 35 и 60 м;

5 — интегральная кривая грунта на глубине 42 и 52 м;

6, 7 — минимально и максимально допустимая обсыпка

имер 3. Скважина вертикального дренажа строится в много-
товой системе. Водоносные породы представлены тонкозернистыми
глинистыми песками (рис.3), характерными для условий Пера-
ной степи.

В зоне активного притока находится водоносный песок на глу-
18-22м, имеющий $d_{50}=0,1\text{мм}$ и $\eta=6$. Следующий пласт так-
представлен глинистым песком с идентичным $d_{50}=0,11\text{мм}$, но бо-
неоднородным - $\eta=21$. Поэтому расчет производим для второго
та.

По (3) определяем: $d_{60}=0,13\text{мм}$; $D_5=d_{60}=0,13\text{мм}$;
 $d_{10}=d_{80}=0,2\text{мм}$; $D_{10-15}=d_{100}=0,5\text{мм}$. Полученные
наносим на график. Далее по (4) определяем зону D_{50} обсып-
ки тонкозернистого песка. Имея $d_{50}=0,11\text{мм}$,

$$\text{при } \xi' = \frac{D_{50}}{d_{50}} = 15; \quad 15 = \frac{D_{50}}{0,11}; \quad D_{50} = 1,65\text{мм},$$

$$\xi'' = \frac{D_{50}}{d_{50}} = 20; \quad 20 = \frac{D_{50}}{0,11}; \quad D_{50} = 2,2\text{мм}.$$

Для тонкозернистых песков и глинистых грунтов $D_{100}=5+7\text{мм}$.
Полученные точки соединяем плавной кривой.

По (6) проверяем допустимую кривизну фильтра C_0 :

$$C_0 = \frac{1,3^2}{0,4 \cdot 3} \approx 1,4;$$

$$C_c = \frac{0,9^2}{0,3 \cdot 2} \approx 1,3.$$

Таблица 4

Рекомендуемый состав гравийного фильтра

Минималь- ный диа- метр час- тиц D_0 , мм	Размер фракций (мм), содержание (%)					
	0,2+ 0,5	0,5+1	1+2	2+3	3+5	5+7
0,1	16	17	27	15	25	-
0,13	12	11	20	17	20	20

Скважина 7 в совхозе "Пахтакор" Голодной степи с гравийным
фильтром подобного состава откачивала чистую воду: $Q=20\text{л/с}$,
глубина 13,6м. Фильтр был сформирован после пяти дней пескования,
засыпано в устье скважины 8 м^3 гравия.

Из сказанного можно сделать следующие выводы:

1. Подбор состава гравийного фильтра следует производить
исходя из состава водоносных пластов верхнего горизонта, залегающих в зоне ак-

Глубина, м	Номер слоя	Глубина подошвы слоя, м	Мощность слоя, м	Литологическое описание пород	Конструкция и литологический разрез скважины	Параметры пласта	Длина фильтра ℓ_{ϕ} , м
5	1	8	8	Суглинок средний		$d_{50}=0.1$ $\eta=5$	$\ell_{\phi}=3.1$
10	2	11	3	Супесь			
15	3	15	4	Суглинок			
18	4	18	3	Супесь			
20	5	22	4	Песок глинистый			
25	6	25	3	Супесь		$d_{50}=0.11$ $\eta=21$	$\ell_{\phi}=6.2$
28	7	28	3	Глина			
30				Песок глинистый			
35	8	36	8	Песок глинистый			
40				Переслаивание супеси с глинистым песком		$d_{50}=0.1$ $\eta=11$	$\ell_{\phi}=9.3$
45				Песок глинистый			
50	9	50	14	Песок глинистый			
54	10	54	4	Песок глинистый			
55				Песок серый с включениями гальки		$\Sigma \ell_{\phi}=18.6$	
60	11	61	7	Глина			
65	12	65	5	Глина			

Интегральные кривые гранулометрического состава

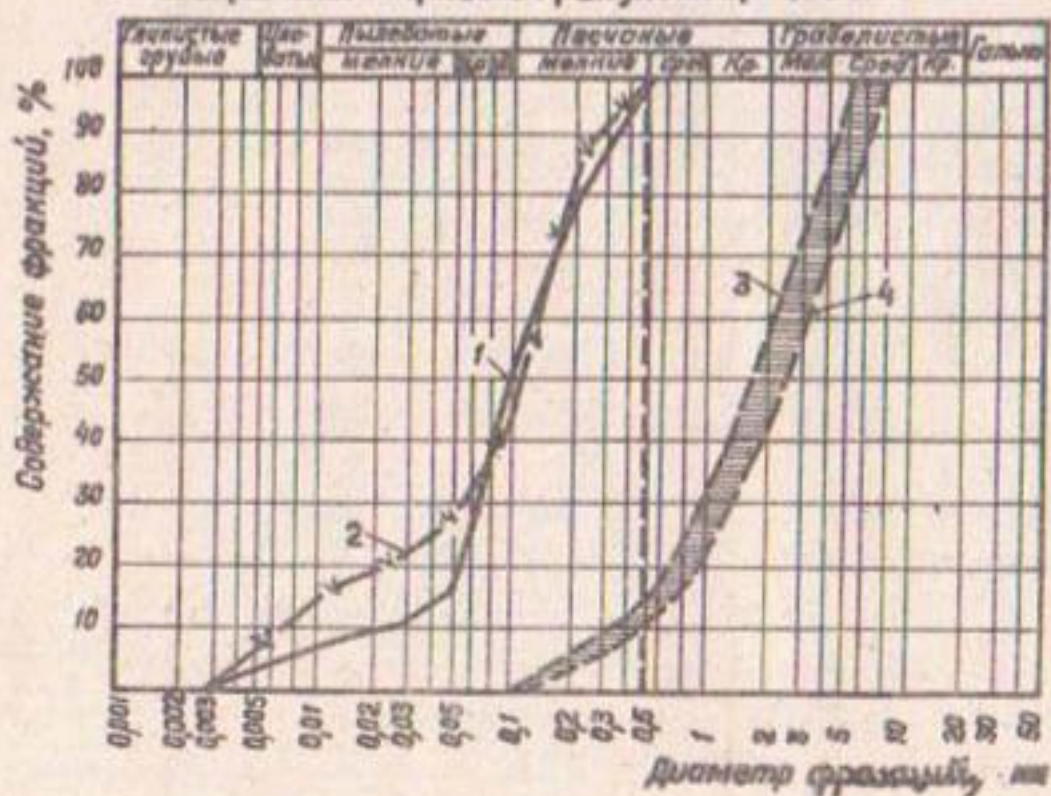


Рис. 3 Литологический разрез и фракционный состав песков. Водоносные пласты: 1 — на глубине 5 м; 2 — на глубине 10 м; 3 — минимально допустимая крупность; 4 — максимальная допустимая крупность.

ного притока.

2. В зоне расположения фильтрового каркаса допускается наличие супеси не более 20% каптируемой мощности водоносных горизонтов.

3. Прослой суглинков и глин на фоне водоносных песков выношены и подвержены.

4. Для обеспечения контактности водоносного горизонта и гра- необходимо производить расчет содержания мелких фракций и сос- обсыпки согласно изложенным рекомендациям.

Л и т е р а т у р а

1. Якубов Х.И. и др. Методика расчета скважин вертикального типа с оптимальными параметрами водоприемной части. - Информ. бюллетень (ЦЕНТИ Минводхоза СССР), сер. 21-14 № 03-77.

2. Би Ди Вигнер, Вильям Ф. Райан. Гравийная обсыпка для дренажных труб. - *Drainage Manual*. - U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, 1978 - 286 p.

УДК 626.8:631.6:633.51

Б.Жуманов, канд.техн.наук,
гл.геолог объекта
(Средазгипроводхлопок)

ВЛИЯНИЕ МЕСТНЫХ ВОДОУПОРОВ НА РЕЖИМ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВОГРУНТОВ ЗОНЫ АЭРАЦИИ НА НОВООРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ЮГА КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Южная часть Каршинской степи представляет собой волнистую аккумулятивную равнину, сложенную четвертичными песчано-глинистыми отложениями мощностью от I до IОм, подстилаемыми толщами неогеновых пород - песчаников, алевролитов и глин. Грунтовые воды залегают от 40 до IООм.

Одной из характерных особенностей фильтрационного строения территории является близкое залегание слабопроницаемых неогеновых пород - местных водоупоров, на которых могут развиваться верховодки инфильтрационной воды при орошении земель.

Для изучения режима влажности почвогрунтов было выбрано несколько опытных участков на хлопковых полях в совхозах №1 и 2 с различной (от 2 до IОм) глубиной залегания местных водоупоров (рис. 1 и 2).

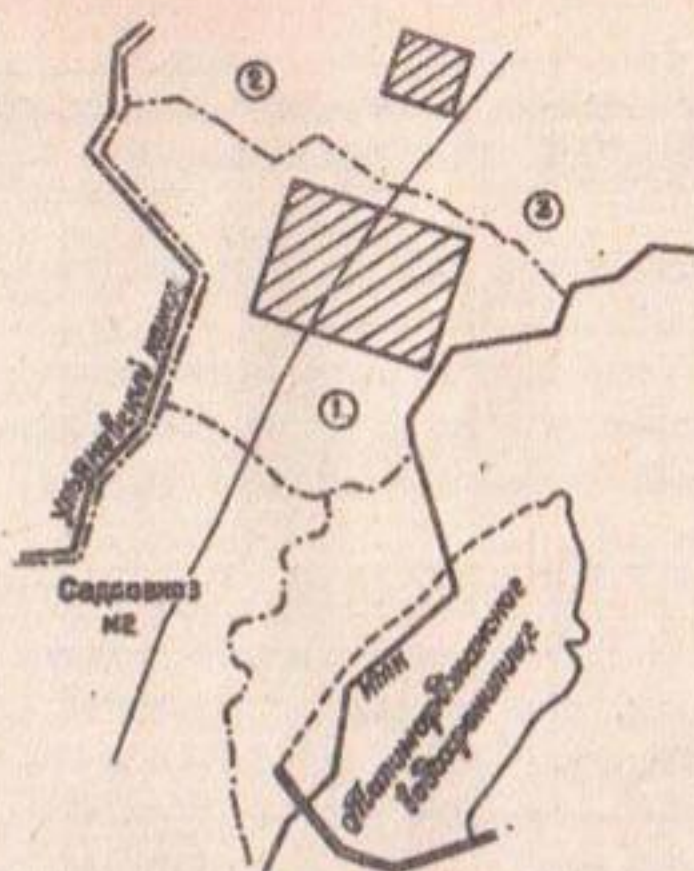


Рис. I. Схема расположения экспериментальных участков:
 ① — номер совхоза; — экспериментальный участок

Баланс влаги зоны аэрации в общем виде определяется по формуле $\Phi_{инф} - E + U_{гп} - Q + W_a = 0$,
 где: $\Phi_{инф}$ — инфильтрация оросительной воды, м/сут; E — суммарное испарение, м/сут; $U_{гп}$ — подпитывание грунтовыми водами, м/сут; Q — инфильтрационное питание грунтовых вод, м/сут; W_a — аккумуляция вод зоной аэрации, м/сут.

В рассматриваемых условиях инфильтрационные воды не достигают зеркала грунтовых вод. Поэтому подпитывание грунтовыми водами ($U_{гп}$) и инфильтрационное питание грунтовых вод (Q) в балансе не учтут, т.е. формула (1) для этого района примет вид:

$$\Phi_{инф} - E + W_a = 0. \quad (2)$$

При оттоке влаги из расчетного слоя в нижние горизонты формулу (2) можно записать так:

$$\Phi_{инф} - (E + U_n) + W_a = 0, \quad (3)$$

где U_n — отток влаги из расчетного слоя в нижние горизонты, м/сут.

Автором данной работы с 1979 г. исследуется слой почвогрунта опытного участка хлопкового поля, состоящий из супесей и песков общей мощностью 2,3 м, подстилаемый водоупорным слоем глины с прослоями алевролитов. Изучение режима влажности проводится на четырех створах двух экспериментальных участков с близким (до 3–4 м)

и глубоким (около 10м) залеганием местных водоупоров. При их близком залегании в вегетационный период наблюдается накопление влаги над водоупорным слоем. В 1980г. на двух створах образовалась верховодка, что позволило сократить нормы поливов. В случае глубокого залегания местных водоупоров влажность распределяется равномерно до глубины 10м. Поэтому приходится проводить частые поливы большими нормами. Для анализа режима влажности приведем данные расчета по экспериментальному участку, расположенному в совхозе М1, где водоупор залегает на 2,3м (рис.2).

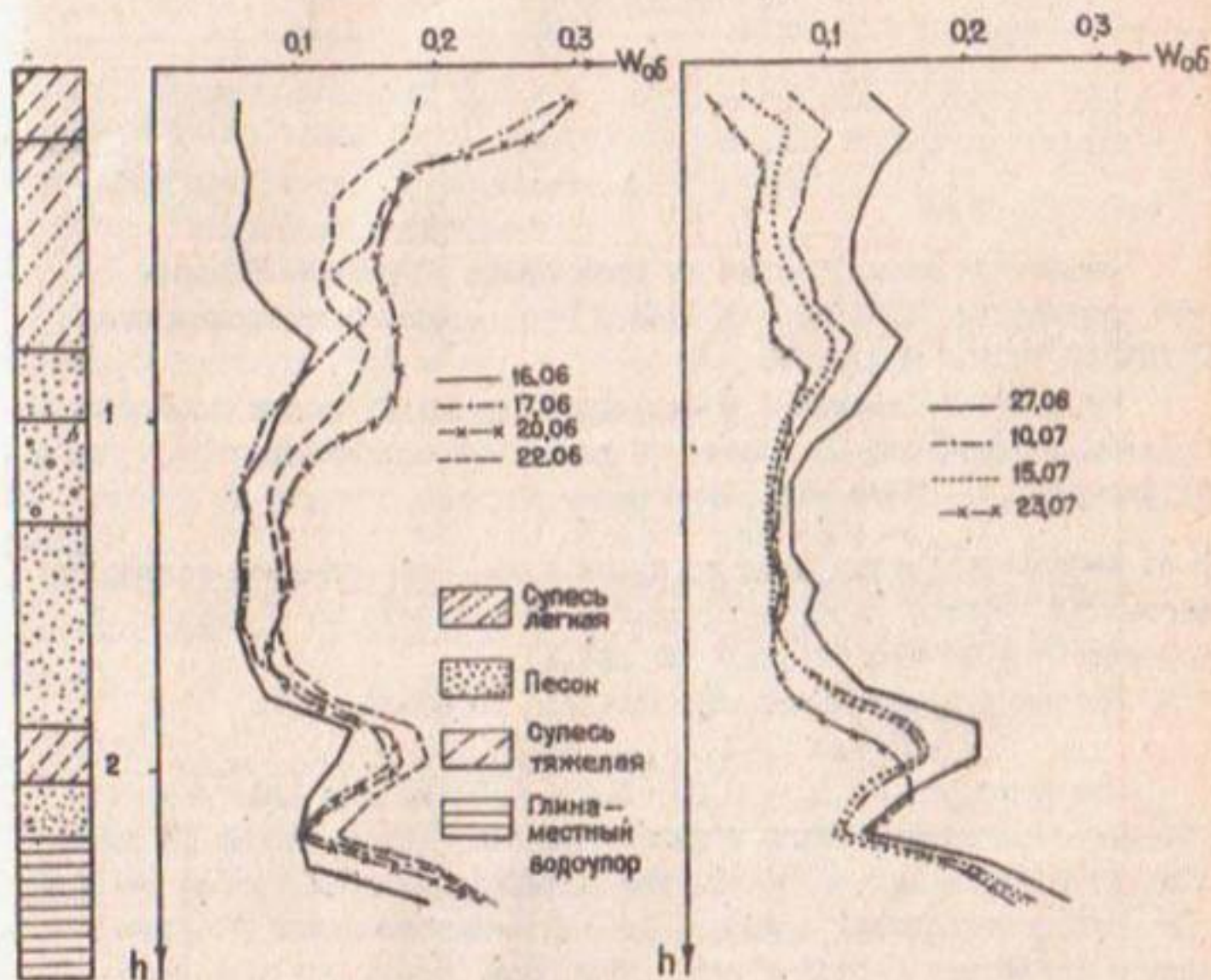


Рис.2. Эпюры объемной влажности в период полива

Рис.3. Эпюры объемной влажности в межполивной период

Расчеты выполнены по методике, основанной на делении параллельных эпюр объемной влажности на отдельные фрагменты. Инфильт-

рация для каждого фрагмента Δh определялась по зависимости $\Phi_{\text{инф}} = \Delta W_{0\delta} \cdot \Delta h$, где $\Delta W_{0\delta}$ — приращение объемной влажности грунтов, значения которого приведены в табл. I.

Таблица I

Исходные данные расчета инфильтрационной влаги

Расчетное время, сут	Номер интервала	Мощность каждого интервала Δh , м	$\Delta W_{0\delta}$	$\Phi_{\text{инф}}$ м
4	I	0,2	0,25	0,05
	2	0,4	0,11	0,044
	3	0,5	0,075	0,0375
	4	2	0,03	0,06

Суммарная инфильтрация за один полив в течение четырех суток составляет 0,1915 м, или 1915 м³/га, средняя интенсивность $0,1915:4 \approx 0,0479$ м/сут.

Величина испарения с поверхности орошаемого поля во время поливов практически не влияет на режим влаги почвогрунтов, поэтому формулу (3) можно записать так:

$$\Phi_{\text{инф}} - U_n + W_a = 0,$$

т.е. инфильтрационные воды во время полива расходуются только на насыщение грунтов расчетного слоя и на перетекание в нижний водоупорный слой, что отражено на рис. 2.

Величина перетекания определяется по зависимости

$$U_n = \Delta W_{0\delta} \cdot \Delta h. \quad (4)$$

Согласно рис. 2 $U_n = 0,03 \cdot 0,4 = 0,012$ м, или 120 м³/га. Количество оставшейся влаги в расчетном слое определяется по вышеописанной методике; точность этой величины контролируется равенством двух составляющих — инфильтрацией и перетеканием. W_a вычисляется по данным табл. I и рис. 2. Она составляет 0,1795 м, или 1795 м³/га.

Испарение за любой отрезок времени после полива (табл. 2) определяется по величине уменьшения объемной влажности в разрезе почвогрунта:

$$E = \Delta W_{0\delta} \cdot \Delta h.$$

Таблица 2

Расчет испарения за трое суток после
полива (20-22 июня)

Расчетное время, сут	Номер интервала	Мощность каждого интерва- ла Δh , м	$\Delta W_{об}$	E_m
3	1	0,2	0,11	0,022
	2	0,6	0,05	0,03
	3	0,5	0,03	0,015

Испарение составляет 0,067 м, или 670 м³/га, средняя ин-
тенсивность его 0,022 м/сут (0,067:3), или 220 м³/сут с гектара.
За последующие 24 сут E составило 1330 м³/га.

Общее суммарное испарение:

$$\sum E = 670 + 1330 = 2000 \text{ м}^3/\text{га}.$$

За период полива (с 16 по 22 июня) инфильтрация ороситель-
ной воды составила 1915 м³/га, а суммарное испарение – 2000 м³/га,
т.е. в связи с увеличением интервала между поливами произошло
ассушение почвогрунтов по сравнению с довегетационным состоянием,
что отражено на эпюрах объемной влажности для разных периодов
(рис.2 и 3).

Таким образом, интенсивность суммарного испарения с хлопко-
вого поля зависит от исходной влажности почвогрунтов (рис.3 и
табл.3).

Таблица 3

Интенсивность испарения после полива

Расчетный период	Мощность интервала Δh , м	Объемная влажность каждого интервала $\Delta W_{об}$	Испарение с каждого интервала E , м	$\sum E$ м	Интенсив- ность испа- рения, м/сут
3 сут (20-22 июня)	0,2	0,11	0,022	0,058	0,019
	0,6	0,05	0,03		
	0,2	0,03	0,006		
13 сут (27 июня- 10 июля)	0,5	0,05	0,025	0,04	0,003
	0,5	0,03	0,015		
14 сут (10-23 июля)	0,2	0,05	0,01	0,034	0,0024
	0,8	0,03	0,024		

Анализ проведенных исследований позволяет сделать следующие выводы:

- на новоорошаемых землях совхозов №1 и 2 южной части Каршинской степи, где распространены местные водоупоры, структура баланса влаги почвогрунтов в настоящее время складывается из двух основных составляющих: инфильтрация и суммарного испарения;
- в годовом разрезе инфильтрация оросительной воды в почвогрунтах при поливах примерно равна суммарному испарению из почвы;
- перетекание в нижние горизонты через водоупорные слои практически отсутствует;
- наличие в разрезе на глубине до 5м слабопроницаемых водоупорных глин и алевролитов, защищающих нижние горизонты от проникновения инфильтрационных вод, позволяет уменьшить нормы орошения и тем самым сэкономить поливную воду.

Л и т е р а т у р а

1. Ганиев К.Г. Испарение и инфильтрационное питание грунтовых вод. Ташкент, "Фан" УзССР, 1979.
2. Решетов Г.Г. Водный режим орошаемых такырных почв в условиях Сурхандарьинской области УзССР. - Сб. науч. тр. ин-та "Средазгипроводхлопок", вып.8. Ташкент, 1977.

УДК 626.8:628.16.067

Ю.Я.Гольцов, руковод. группы
Ф.В.Серебренников, канд. техн.
наук, нач. отд.
(Средазгипроводхлопок)

ФИЛЬТРАЦИОННЫЙ РАСЧЕТ ДВУХЪЯРУСНОГО ДРЕНАЖА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАПИТАЛЬНОЙ ПРОМЫВКИ

При разработке проекта капитальной промывки дополнительный дренаж предусматривается, если одновременно выполняются следующие условия [1] и [2]:

- УГВ расположен на глубине менее 5м;
- имеет место поверхностное или равномерное по профилю засоление;
- необходимая скорость отвода промывных вод V_n превышает скорость V_n , создаваемую постоянным дренажем.

Следовательно, дополнительный дренаж при проведении капитальной промывки должен обеспечить скорость $U_d = U_n - U_n$. Если промывки проводят без создания постоянного слоя воды, т.е. вода на промывку подается по частям, то, согласно работам [1] и [2], дополнительный дренаж следует рассчитывать на инфильтрационное питание, размер которого равен U_d . Так как расстояния между дополнительными дренажами относительно невелики, их определение обычно ведется по формулам А.Н.Костякова или С.Ф.Аверьянова-Цой-Син-е, которые выведены для случая относительно глубокого залегания водоупора. Это обстоятельство затрудняет, а зачастую делает невозможным использование для расчета параметров дополнительного дренажа способа, описанного в работе [3] и основанного на методе фильтрационных сопротивлений, что предполагает наличие относительно близкого расположения водоупора.

Дополнительный дренаж, как правило, устраивается в виде открытых временных (только на период промывки) дрен глубиной I, иногда I,5м [4]. В ряде случаев в порядке эксперимента для интенсификация процесса промывки он выполнялся закрытым при глубине заложения I,5-2м [5]. Отвлекаясь от конструктивного исполнения, следует отметить, что при устройстве дополнительного дренажа, по сути дела, создается верхний ярус дрен по отношению к закрытым дренажам более глубокого заложения, рассчитанным на нагрузку эксплуатационного периода.

В связи с известной приближенностью существующих приемов расчета дополнительного дренажа в целях повышения точности инженерных расчетов авторами данного исследования разработан способ определения искомых параметров, сущность которого излагается ниже.

В основу метода положены математическая модель фильтрация и соответствующее решение задачи, приведенные в работе [6].

Размер промывной нормы нетто и продолжительность периода промывки считаются заданными, следовательно, известна и расчетная интенсивность инфильтрационного питания.

В качестве расчетной области фильтрация рассматривается фрагмент с одно- и двухслойным строением грунта ограниченной мощности и протяженности. Принимается, что на вертикальных границах фрагмента расположены открытые коллекторы. Так как в области фильтрации находятся стоки (закрытые дренажи), на основании уравнения Пуассона записывается следующая система:

$$\frac{\partial^2 H^{(i)}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H^{(i)}}{\partial z^2} = \psi_i(x, z), \quad i = 1 \text{ и } 2, \quad (I)$$

где $H^{(i)}(x, z)$ – напор грунтовых вод; $\psi_i(x, z)$ – плотность стоков как функция координат, индексы 1 и 2 относятся соответственно к верхнему и нижнему слою.

С помощью функции $\psi_i(x, z)$ моделируются стоки (закрытые дрены) внутри области фильтрации. При отсутствии стоков в слое следует принимать $\psi_i(x, z) = 0$.

Заметим, что ось абсцисс Ox расположена по нижней границе области фильтрации, ось аппликат Oz направлена вертикально вверх. Нижняя граница области и линия раздела слоев принимаются горизонтальными.

На свободной поверхности, согласно работе [7], задается линейризованное условие в виде

$$z = h^0, \quad k^{(i)} \frac{\partial H^{(i)}}{\partial z} = \varepsilon(x), \quad h_d < h^0 < h_n, \quad (2)$$

где $\varepsilon(x)$ – интенсивность инфильтрации; h_d – вертикальная координата стоков (закрытых дрен), местоположение которых подбирается в ходе фильтрационных расчетов; h_n – расчетное положение уровня грунтовых вод.

На нижней границе принимается условие: $z = 0, \frac{\partial H^{(2)}}{\partial z} = 0$, а на границе раздела слоев – равенство напоров и потоков: $z = m, H^{(1)} = H^{(2)}, k^{(1)} \frac{\partial H^{(1)}}{\partial z} = k^{(2)} \frac{\partial H^{(2)}}{\partial z}$, где $k^{(i)}$ – коэффициент фильтрации, m – мощность нижнего слоя. Наличие коллекторов с заданным уровнем воды в них h_n моделируется линейными стоками, размер которых находится по формуле из работы [8]:

$$l = 2(b + 0,5 h), \quad (3)$$

где b – ширина коллектора по дну, h – наполнение.

Фильтрационная задача в описанной постановке, как уже указывалось, решена аналитически в исследовании [6]. Характерной особенностью решения является форма его представления в виде отдельных слагаемых, каждое из которых учитывает влияние на величину напора $H^{(i)}(x, z)$ одного из факторов: граничных условий по координате x , напора нижележащих горизонтов, инфильтрационного питания, дренажа. Так, например, используемое при определении параметров дрен верхнего яруса положение УГВ $h(x)$ находится из выражения для напора в верхнем слое при $z = h^0$. Число и положение дрен верхнего яруса определяется, если выполнены два условия.

Во-первых, расчетные уровни грунтовых вод (h_p) не должны выходить за пределы полосы шириной δ по отношению к принятому

проектному положению грунтовых вод (h_n)

$$|h_n - h_p| < \delta. \quad (4)$$

Во-вторых, глубина заложения дрен верхнего яруса $z_{др}^{\delta}$ должна находиться в пределах $z_{min}^{\delta} \dots z_{max}^{\delta}$, т.е.

$$z_{др}^{\delta} \in [z_{min}^{\delta}, z_{max}^{\delta}], \quad (5)$$

где z_{min}^{δ} , z_{max}^{δ} — соответственно минимально и максимально допустимые значения глубины заложения дрен верхнего яруса.

На основе изложенного с целью выполнения фильтрационных расчетов составлена программа для ЭВМ ЕС-1033 в системе ОС на алгоритмическом языке PL/I.

Ниже приводятся примеры расчета параметров дренажа верхнего яруса.

1. Однослойный грунт мощностью 120 м, коэффициент фильтрации 0,25 м/сут, расстояние между коллекторами 1000 м, глубина коллекторов 4,5 м, ширина по дну 2 м, наполнение 0,5 м, глубина закрытых дрен глубокого заложения 3,25 м, расстояние между дренами 100 м, между первой дренай и коллектором — 150 м (рис.1). Интенсивность инфильтрационного питания $\mathcal{E} = 0,015$ м/сут в интервале 940 м, причем вдоль коллекторов вне промывки остаются полосы шириной по 30 м. Расчетное положение УГВ находится с учетом ограничения (4), причем $h_n = 0,7$ м, $\delta = 0,25$ м. Глубина заложения дрен верхнего яруса должна соответствовать $z_{др}^{\delta} \in [1,4 \div 1,6]$.

Результаты расчетов, полученные с помощью ЭВМ, представлены на рис.1, где ввиду симметрии показана половина рассматриваемого фрагмента. Отметим, что из общего притока в дренаж на долю дрен верхнего яруса приходится 53,8%, дрен глубокого заложения 41,9% и коллектора 4,3%.

Представляет интерес, используя результаты расчета, сравнить полученные расстояния между дренами верхнего яруса ($B = 20$ м) с вычисленными по формуле С.Ф.Аверьянова-Цуй-Син-е. Нагрузка на дренаж верхнего яруса, с учетом доли поступившего в него дренажного стока, составляет $\mathcal{E}_g = 0,015 \cdot 0,538 = 0,00807$ м/сут. Подбором по формуле при $\alpha_g = 0,3$ м получаем $B = 22,1$ м. Следовательно, для ориентировочных расчетов с полным основанием можно использовать рекомендованные в исследованиях [1] и [2] зависимости.

2. Двуслойный грунт — мощность верхнего слоя 20 м, нижнего 5 м, коэффициент фильтрации верхнего слоя тот же, что и в первом примере, нижнего — 10 м/сут (рис.2). Расстояния между дренами

яруса приходится 60,8%, дрен глубокого заложения 33,1% и коллектора 6,1%. Изменения в долевом участии произошли за счет наличия нижнего слоя проводимостью 50 м²/сут.

В заключение следует отметить, что описанный метод расчета полностью применим для определения параметров закрытого дренажа глубокого заложения на нагрузку эксплуатационного периода.

Л и т е р а т у р а

1. Аверьянов С.Ф., Айдаров И.П. Капитальные промывки и горизонтальный дренаж. - "Хлопководство", 1972, №2, с.38-40.
2. Айдаров И.П. и др. Оросительные мелиорации. М., "Колос", 1982.
3. Олейник А.Я. и др. Расчет горизонтального дренажа при различном расположении дрен по глубине и расстояния между ними. - "Гидромеханика", вып.40, 1979, с.71-75.
4. Бобченко В.И. Совершенствование промывок засоленных земель. - В кн.: Прогрессивные методы мелиорации засоленных почв. М., 1977, с.140-189.
5. Серебренников Ф.В. Опытнo-производственное изучение эффективности промывки на фоне двухъярусного дренажа. - Тезисы докл.науч.-техн. совещания "Итоги и направления научных исследований по рассолению тяжелых почв в аридной зоне". Ташкент, 1980, с.131-134.
6. Гольцов Ю.Я. Определение расхода горизонтальных дрен в условиях неустановившейся фильтрации грунтовых вод. - Науч.тр. ТашГУ, вып.621. Ташкент, 1980, с.38-47.
7. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. М., "Наука", 1977.
8. Аверьянов С.Ф. Рассоляющее действие фильтрация из каналов. - В кн.: Влияние орошения на режим грунтовых вод. М., Изд-во АН СССР, 1959, с.44-120.

УДК 622.235:626

О.А.Арутюнов, канд.техн.наук,
управляющий трестом

Г.И.Гузалов, нач.СЛМК-5

Р.З.Камалян, канд.техн.наук,
нач.лаб.

(Трест "Средазспецотрой")

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ
ВЗРЫВАМИ НА ВЫБРОС

Перспективы применения взрыва в строительстве гидромелиоративных сооружений связаны с совершенствованием технологии и, в первую очередь, с механизацией заряжания и проходки зарядных выработок [1].

В настоящей работе рассматриваются методы получения зарядных устройств, использованные на строительстве Караулбазарского магистрального канала (КБМК) взрывом на выброс сосредоточенными зарядами. КБМК предназначен для орошения и освоения Караулбазарского массива Бухарской области. Некоторые данные о литологическом строении разреза трассы канала представлены в табл.1, проектные размеры канала приведены в табл.2.

Таблица 1

Литологическое строение разреза трассы канала

Глубина за- легания по трассе, м	Порода	Катего- рия крепос- ти по СНиП	Ковэффи- циент крепости по Про- тодько- нову	Показатель прострели- ваемости $P_{пр}$, дм ³ /кг
1	2	3	4	5
0,5-1,5	Супесль	I-II	0,8	-
1 -2,5	Суглинок тяжелый	III	I-I,5	70-190
2 -2,5	Мергель сильнотре- щиватый	IV	I	180-280
3-5	Известняк сильнотре- щиватый с прослоями глин	VI	3-5	3-15
4,5-6	Слабосцементированные песчанки	VI-VII	3-10	2-10
5-8	Гипс плотный	IV-V	3	3-15

I	2	3	4	5
7-10	Мергель, известняк трещиноватые	IV-V	2-5	Около 20
7-II	Мергель влажный, трещиноватый с прослойками глины	IV	2-3	100-170

Примечание: Значения $\Pi_{\text{пр}}$ взяты из работы [2], f - из справочника [3].

Таблица 2

Проектные размеры канала

Пикет	Глубина выемки, м	Ширина по дну, м	Откос
0+5	13	5	1,5
45+49	6	5	1,5
160+176	3	3	2,5
176+190	3	4	1,5

В последние 10-15 лет в практике строительства каналов и коллекторов широкое распространение получили траншейные заряды выброса [4], позволяющие механизировать проходку подготовительных выработок. Однако их применение ограничивается породами с коэффициентами крепости f по шкале Протоdjяконова не более 3 и значением ЛНС 6-8 м [5]. В породах большей крепости успешно применяются сосредоточенные заряды выброса, предполагающие два основных метода проходки зарядных выработок: бурение скважин и последующая прострелка котловых полостей; проходка шурфов и зарядных камер посредством шуровых зарядов рыхления.

Первый метод образования зарядных выработок на строительстве КБК достаточно эффективно использовался на участках канала, где глубина заложения заряда не превышала 6 м (пк 45+49, 160+190). Основную трудность применения рассматриваемого способа обычно связывают с необходимостью получения котловых полостей требуемых размеров и сохранения при этом устья и ствола скважины, разрушения которых, в первую очередь, следует ожидать в слоистых грунтах.

Из табл. I видно, что наиболее крепкий слой грунта ($f=6$), обладающий наименьшей простреливаемостью ($\Pi_{\text{пр}}=2+10$), залегает на

глубине до 6 м. В связи с этим было предложено увеличить глубину заложения заряда, чтобы образование котловой полости происходило в наиболее простреливаемом слое грунта, а слой большей крепости служил бы для предохранения скважин от разрушения. Следует отметить, что подобный прием неизбежно приведет к некоторому увеличению заряда выброса и может быть оправдан лишь значительным сокращением сроков подготовительных работ.

Проведенные опытные взрывы и последующие прострелки на ПК 45-49, 90-100, 160-190 показали хорошие результаты и подтвердили справедливость этого предложения. В табл. 3 приведены некоторые данные о величинах прострелочных зарядов, там же указаны объемы образованных котловых полостей и величины котловых зарядов выброса.

Таблица 3

Параметры зарядов прострелки и котловых полостей

Пикет	Номер сечения	Глубина скважины, м			Масса прострелочного заряда, кг			Объем котла, м ³			Масса основного заряда, кг		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
47	1	$\frac{7,6^x}{6,9}$	$\frac{8}{7,2}$	$\frac{6,4}{5,8}$	14	21	14	0,47	0,65	0,28	420	588	252
	2	$\frac{6,7}{6,6}$	$\frac{8,9}{7,1}$	$\frac{6,8}{5,1}$	14	21	14	0,83	0,6	0,28	714	546	252
	3	$\frac{6,9}{6,3}$	$\frac{8,9}{7,6}$	$\frac{7,3}{6,6}$	14	21	14	0,47	0,84	0,58	420	756	504
	4	$\frac{6,8}{6,1}$	$\frac{8,7}{7,4}$	$\frac{7,1}{6,4}$	14	21	14	0,34	0,84	0,47	336	756	420
	5	$\frac{6,8}{6}$	$\frac{8,6}{7,1}$	$\frac{6,7}{5,6}$	14	21	14	0,87	0,65	0,3	740	588	294
99	1	10	10	10	42	42	42	2,06	1,95	1,4	1850	1760	1260
	2	10	10	10	42	42	42	1,17	1,16	1,67	1059	1050	1510
	3	10	10	10	42	42	42	2,19	2,29	2,01	1970	2060	1810

Примечание: x) В числителе дроби — глубина скважин до прострелки, в знаменателе — после прострелки.

Во всех случаях для создания котловых полостей пробуривались скважины диаметром 150 мм и производилась их прострелка зарядами из граммонита 79/21, в качестве забойки использовался песок. Как правило, котловые полости необходимых размеров были получены за одну прострелку, разрушения скважин при этом не наблюдалось. По-

поперечный профиль выемки на ПК 47, образованный взрывом на виброокотловыми зарядами, расположенными в три ряда по длине взрывае-мого участка, представлен на рис. I. Там же для сравнения показан проектный проф. ль канада.

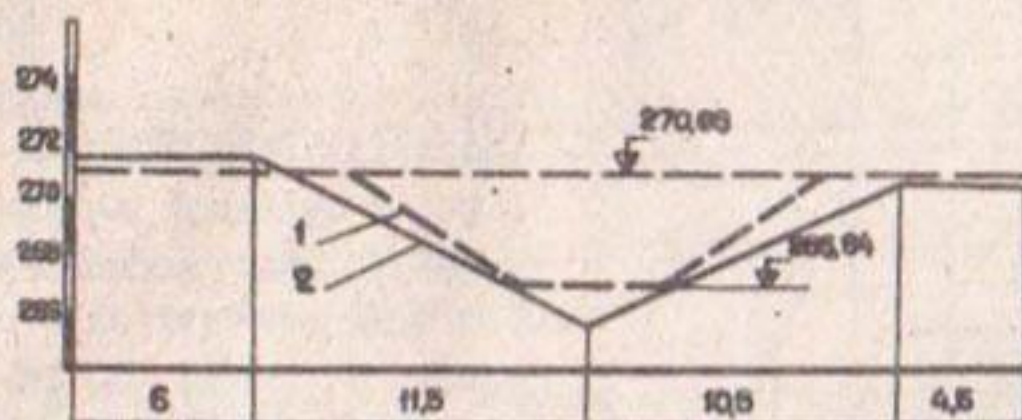


Рис. I. Поперечный профиль выемки на ПК 47+00: 1- проектный; 2- фактический

В практике строительства гидромелиоративных сооружений взрывом, когда глубины проектируемых выемок превышают 8-10 м, первый метод обычно не используют. Это обусловлено большими размерами зарядных камер, что приводит к необходимости многократной прострелки котловых полостей и неизбежному разрушению скважин. Указанные причины заставляют обращаться к проходке зарядных камер шпуровыми зарядами, методу трудовому и требующему значительных сроков для выполнения подготовительных работ.

С целью сокращения времени проходки зарядных выработок на головном участке КБК (ПК 0+5), где глубина выемки достигала 13 м, использовался первый метод с некоторыми изменениями: 1) диаметр скважин был увеличен до 900 мм (для бурения использовался самоходный буровой агрегат УРБ-ЗАМ); 2) сосредоточенный прострелочный заряд заменен удлиненным цилиндрическим. Схема расположения прострелочного заряда, выполненного из водоустойчивого граммонта 30/70, представлена на рис. 2. Некоторые данные о глубинах скважин, величинах прострелочного заряда и объемах полученных полостей приведены в табл. 4.

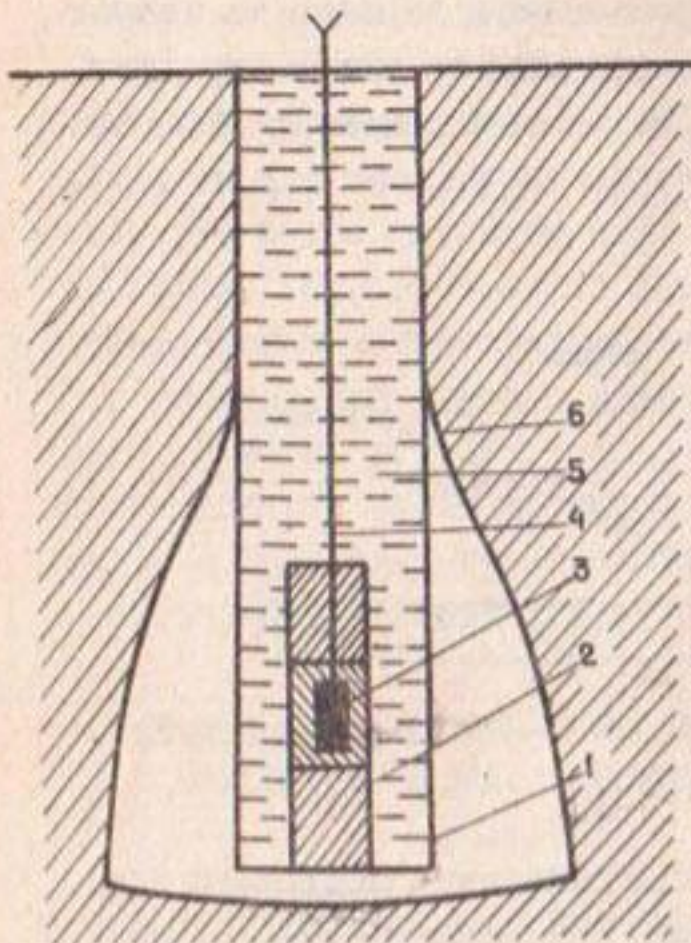


Рис.2. Схема расположения прострелочного заряда в скважине и форма зарядной выработки:
 1- контур прострелочной скважины;
 2- цилиндрический прострелочный заряд; 3- боевик, 4- ДШ;
 5- забойка (вода); 6- контур зарядной выработки

Таблица 4

Параметры зарядов прострелки, выброса и котловых полостей

Номер скважины	Глубина скважины, м	Масса заряда прострелки, кг	Объем котла, м ³	Масса заряда выброса, кг
II	I3	252	I7,5	I3776
I4	I4	294	I6,8	I2744
I7	I4	294	I6,4	I3440
24	I4	294	I6,3	I3440

Расчет массы заряда выброса производился по формуле

$$Q = kh_o^3 (0,4 + 0,6n^3),$$

где k - расчетный удельный расход, зависящий от свойств грунта и типа ВВ, кг/м³; h_o - глубина заложения заряда, м;
 n - показатель действия взрыва.

Расстояние между зарядами определялось по формуле $a = qsh_o(n+1)$. Характерный поперечный профиль выемки, полученный взрывом на выброс на ПК 0+50, показан на рис.3.

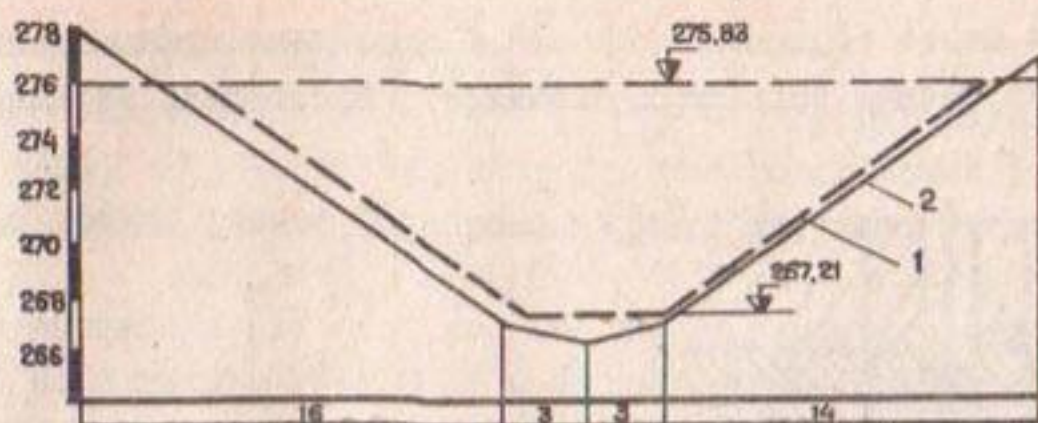


Рис.3. Поперечный профиль выемки на пк 0+50: 1- проектный;
2- фактический

Из рис.1 и 3 следует, что объемы выемок, образованных котловыми зарядами выброса, соответствуют проектным. Следовательно, размеры полученных прострелок котловых полостей (табл.3 и 4) близки к расчетным и позволили разместить необходимый заряд выброса.

Расчет трудозатрат на проходку одной выработки методом бурения скважин с последующей прострелкой котловой полости и методом шпуровых зарядов показал, что при проходке первым способом они на 197 чел.-ч меньше, что в конечном счете позволило почти в два раза сократить сроки проходки подготовительных выработок на строительстве КБМК.

На остальных участках канала применялись камерные заряды. Проектом была предусмотрена проходка камерных зарядных выработок шпуровыми зарядами. Однако, как уже отмечалось выше, указанный метод трудоемкий и требует значительных сроков для выполнения подготовительных работ. В связи с этим метод шпуровых зарядов был заменен, с некоторыми изменениями в конструкции, скважинным зарядом. Сущность изменений заключалась в следующем. Скважины предварительно простреливались для получения зарядных полостей, в которых размещался основной прострелочный заряд. Скважинный заряд состоял из основных - высокобризантных зарядов, которые располагались по глубине скважин таким образом, чтобы каждый основной заряд находился в наиболее плотном слое грунта, и дополнительных - менее бризантных зарядов, которые размещались между основными зарядами на равных от них расстояниях, а промежутки между зарядами заполняли инертным материалом. Практика показала, что такой способ проходки зарядных выработок прост в ис-

полнения и менее трудоемко. На рис.4 приведена принципиальная схема расположения зарядов в скважине. Образование зарядной вы-

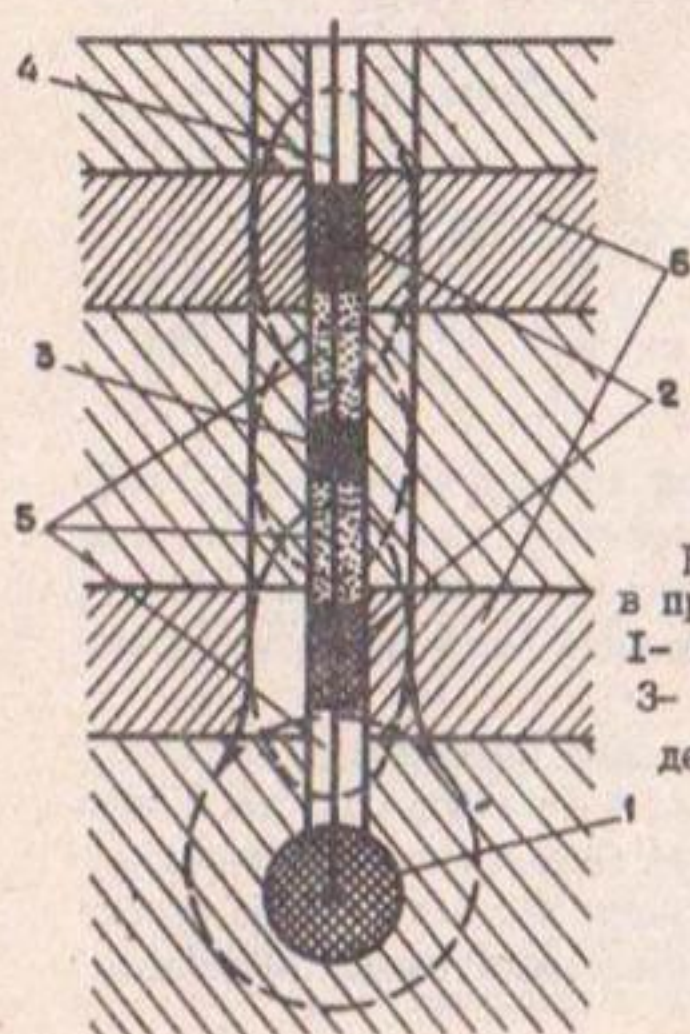


Рис.4. Схема расположения зарядов в предварительно простреленной скважине: 1- котловый заряд; 2- основные заряды; 3- дополнительный заряд; 4- инициатор детонации; 5- инертный материал; 6- плотные слои грунта

работки происходит по следующей схеме: инициатор детонации 4 (одна или две нити ДШ, подсоединенные у устья скважины к капсулю-детонатору) обеспечивает одновременную детонацию котлового заряда I, основных - высокобризантных зарядов 2 и дополнительного - менее бризантного заряда 3. Ударная волна и продукты детонации основных 2 и дополнительного 3 зарядов осуществляют разрушение грунта по стволу выработки, последующий выброс которого происходит за счет остаточной энергии продуктов детонации котлового заряда I, образующего при взрыве зарядную камеру.

Очевидно, что проходка выработок определенного диаметра (в частности $5\div 6 R_0$ [6], где R_0 - радиус основных и дополнительных зарядов) в осях грунта с резко различающейся плотностью будет происходить по различным механизмам, поскольку свойства грунтов оказывают существенное влияние на величину энергии, передаваемой среде. В соответствии с работой [6] удельную энергию ударной волны можно оценить следующим образом:

$$\varepsilon = \rho_0 D_{cp} \int_0^{\tau} u^2(t) dt, \quad (I)$$

где ρ_0 — плотность среды, м^3 ; $u(t)$ — скорость развития полости, м/с ; D_{cp} — средняя скорость распространения ударной волны за время, равное формированию полости, м/с :

$$D_{cp} = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} D(t) dt.$$

Из выражения (I) следует, что энергия ударной волны во всей ближней зоне взрыва ($5-6 R_0$) в плотных слоях грунта 6, характеризующихся высокой акустической жесткостью $\rho_0 C$ (C — скорость звука в среде), выше, чем в менее плотном (мягком) слое грунта, хотя скорость смещений в последнем больше. Следовательно, в плотных слоях 6, при воздействия основных — высокобризантных зарядов 2, диаметр выработки определяется размерами зоны хрупких разрушений, а в менее плотном слое, при воздействии дополнительного заряда 3, — ближней границей зоны пластических деформаций, т.е. размерами взрывной полости (на рис.4 показаны пунктирной линией). Если размеры указанных зон равны и осуществляется их наложение по глубине скважины, возможно получение равномерной по глубине выработки в слоистых грунтах.

Справедливость вышеизложенных положений была подтверждена в конкретных условиях трассы КЕМК. В слоистом грунте (У и УП грунты по СНиП) пробуривалась скважина диаметром 150 мм на глубину 8 м. Затем осуществлялась прострелка котловой полости зарядом, величина которого определялась по формуле

$$q = \frac{Q}{P_{пр} \Delta}, \quad (2)$$

где q — масса прострелочного заряда, кг ; Q — масса котлового заряда, кг ; $P_{пр}$ — показатель простреливаемости, $\text{дм}^3/\text{кг}$; Δ — плотность заряжения, кг/дм^3 .

Для $Q = 30 \text{ кг}$ и плотности заряжения $\Delta = 0,9 \text{ кг/дм}^3$ масса прострелочного заряда q , определенная по формуле (2), составила 1 кг. В пробуренную скважину и простреленную котловую полость заряды укладывали по схеме, изображенной на рис.4. Котловой и дополнительные заряды выполнялись из аммонита 6ЖВ (бризантность 14 мм), основные — из граммонита 70/21 (бризантность 26-28 мм). Размер основного заряда подбирался экспериментально и равнялся 7,2 кг на 1 м^3 грунта. Размер дополнительного заряда рассчитывался по формуле (2) и составлял 6,1 кг на 1 м^3 грунта. В результате подрыва зарядов образовывались выработки диаметром 0,8-0,9 м, глубиной 3 м. Объем зарядных камер был 6-7 м^3 . Из ха-

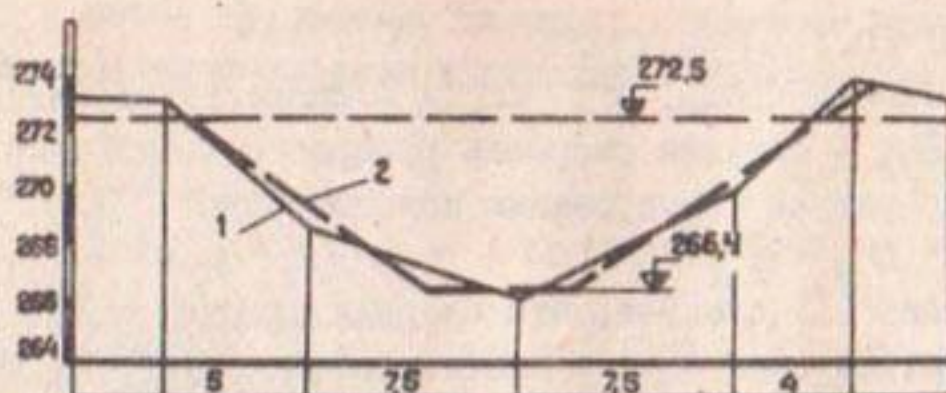


Рис.5. Поперечный профиль выемки на ПК 42+00: 1- фактический; 2- проектный

ракетного поперечного профиля, приведенного на рис.5, видно, что фактическое сечение выемок находится в удовлетворительном согласии с проектным. Следовательно, размеры камер, полученных по изложенной выше схеме, также были близки к расчетным и позволили разместить необходимый заряд выброса.

Л и т е р а т у р а

1. Авдеев Ф.А., Щеткин В.В. Перспективы применения взрывов на выброс в строительстве. - В кн.: Взрывное дело, '78/35. М., "Недра", 1977.

2. Технические правила ведения взрывных работ на дневной поверхности. М., "Недра", 1972.

3. Справочник по буровзрывным работам. М., "Недра", 1976.

4. Арутюнов О.А., Камалян Р.З., Пьянков А.Г. Энергия взрыва на строительстве гидромелиоративных объектов в Средней Азии. - В кн.: Вопросы проектирования и исследования эффективности работы гидромелиоративных систем и сооружений. Ташкент, 1980.

5. Авдеев Ф.А., Барон В.Л., Блейман И.Л. Производство массовых взрывов на выброс. М., "Недра", 1977.

6. Ханукаев А.Н. Физические процессы при отбойке горных пород взрывом. М., "Недра", 1974.

УДК 631.47 (575.192)

А.К.Бакиев, вед.инж.

Г.Г.Решетов, канд.с.-х.наук,
гл.спец.

(Средазгипроводхлопок)

СЕРО-БУРО-СЕРОЗЕМНЫЕ ПОЧВЫ КАРШИНСКОЙ СТЕПИ И ПУТИ ИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Значительная часть Каршинской степи на юге территории I очереди орошения и освоения представлена загипсованными полупустынными серо-буро-сероземными почвами (табл. I, рис. I). Отличительными особенностями их являются: низкое плодородие, легкий механический состав, близкое залегание гипса, глубокое залегание грунтовых вод, сложный рельеф местности. Освоение таких почв сопряжено с рядом трудностей, основные из которых: I) изыскание эффективных путей создания биологически активного слоя почв за счет возделывания различных сельскохозяйственных культур и применения различных способов обработки почв; 2) выбор способа и техники полива земель с высокой водопроницаемостью. Суть вопроса сводится к необходимости равномерной подачи поливной воды малой нормой за короткий срок.

Таблица I

Структура земельного фонда выключек в
совхозах юга Каршинской степи (га)

Глубина залегания гипсового горизонта, м	Уклон местности			Золотой аккумулятивно-дефляционный рельеф	Общая площадь
	>0,05	0,02÷0,05	<0,02		
I	2	3	4	5	6
Совхоз №1					
> I	256	946	662	-	1864
0,5-I	90	165	160	-	415
< 0,5	-	76	102	-	178
Совхоз №2					
> I	-	42	266	981	1289
0,5-I	-	-	675	-	675
< 0,5	390	719	780	-	1889
Совхоз №3					
> I	-	694	612	249	1555

I	2	3	4	5	6
0,5-I <0,5	- 17	100 201	594 -	- -	694 218
		Совхоз №4			
0,5-I >I <0,5	- - -	54 132 98	157 89 349	372 136 -	583 357 447
			Всего		10164

В настоящее время эти земли исключены из сельскохозяйственного освоения. Расположение их носит островной характер среди орошаемых земель, в силу чего осложняется освоение целинных массивов. Особенность выключек состоит в их относительно повышенном положении на местности. Поверхность их в разной степени эродирована и представляет собой чередование вытянутых грядовых повышений и мягко врезанных межгрядовых понижений.

Учитывая наличие значительных площадей с подобными почвами на массивах II и III очереди орошения Каршинской степи и отсутствия опыта их сельскохозяйственного освоения, институтом "Средазгипроводхлопок" организован опытно-производственный участок (ОПУ), где изучаются оптимальные режимы и техника полива, проверяются в условиях орошения существующие приемы и методы защиты почв от водной и ветровой эрозии, отрабатывается система сельскохозяйственного освоения почв с помощью культур-освоителей. Упомянутый опытно-производственный участок площадью 20га расположен в совхозе "Самарканд" (№3) Каршинской степи, на одной из многочисленных выключек. Цель исследований - разработка технологии сельскохозяйственного освоения серо-буро-сероземных почв с близким залеганием гипса.

В литолого-геоморфологическом отношении рассматриваемая территория Каршинской степи представляет наклонную грядово-волнистую равнину с мягко врезанными сухими долинами бывших водотоков. Выключки сложены пролювиальными отложениями среднечетвертичного возраста (Q_2) карнабского цикла, представленными гипсоносными супесями и песками с включениями мелкой гальки и дресвы общей мощностью 6-9 м. Глубже эти отложения сменяются породами неогена. Заложенный створ из 20-метровых шурфов позволил вскрыть характерное состояние четвертичных и третичных отложений по основным элементам рельефа (рис.2). По этим данным прослеживается

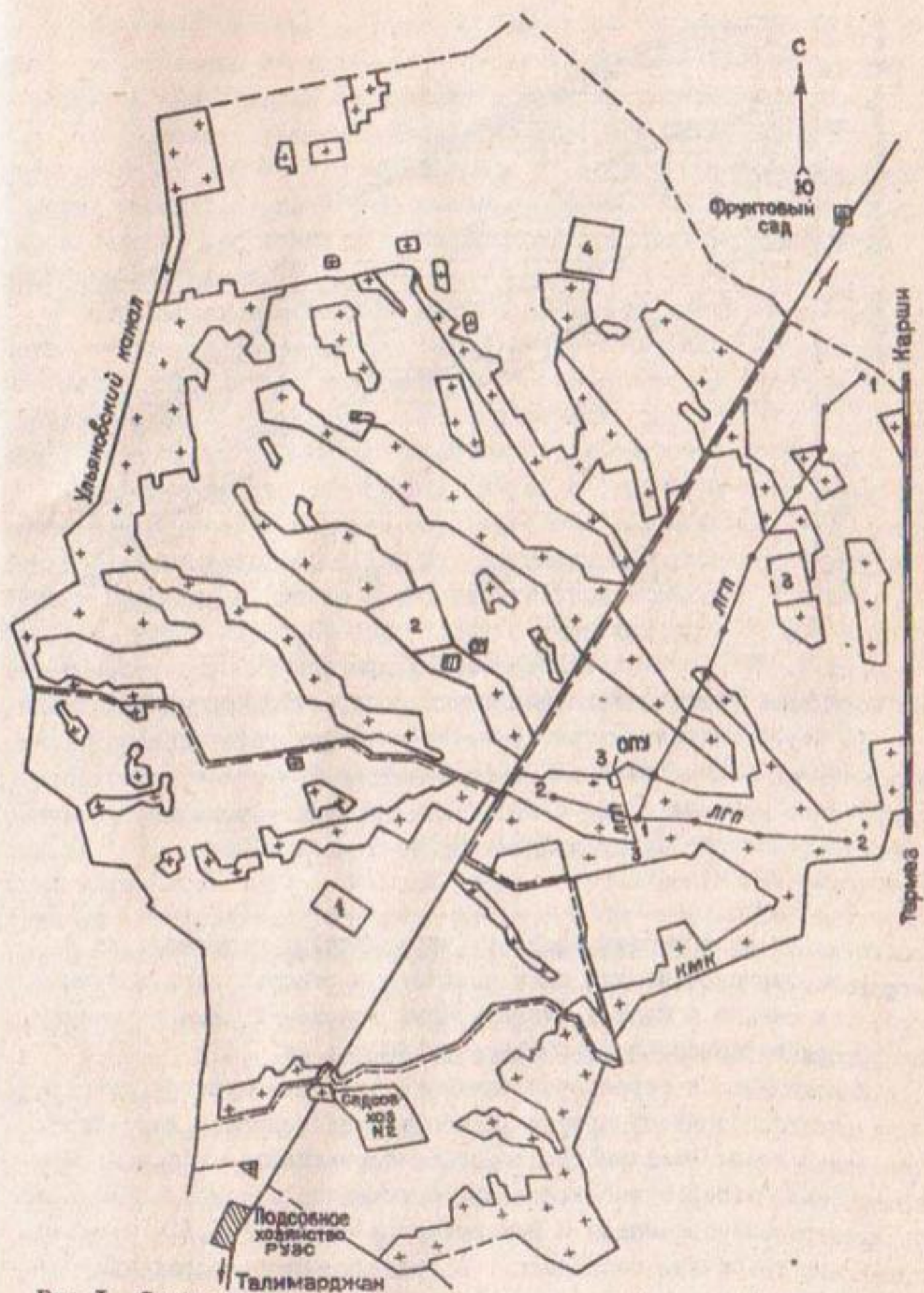


Рис. I. Схема расположения выключек в южной части Каршинской степи:
 4 — номер хлопководческого совхоза; + — контур выключки; — — — — границы совхоза; I — I — номер литолого-гипсометрического профиля (ЛГП)

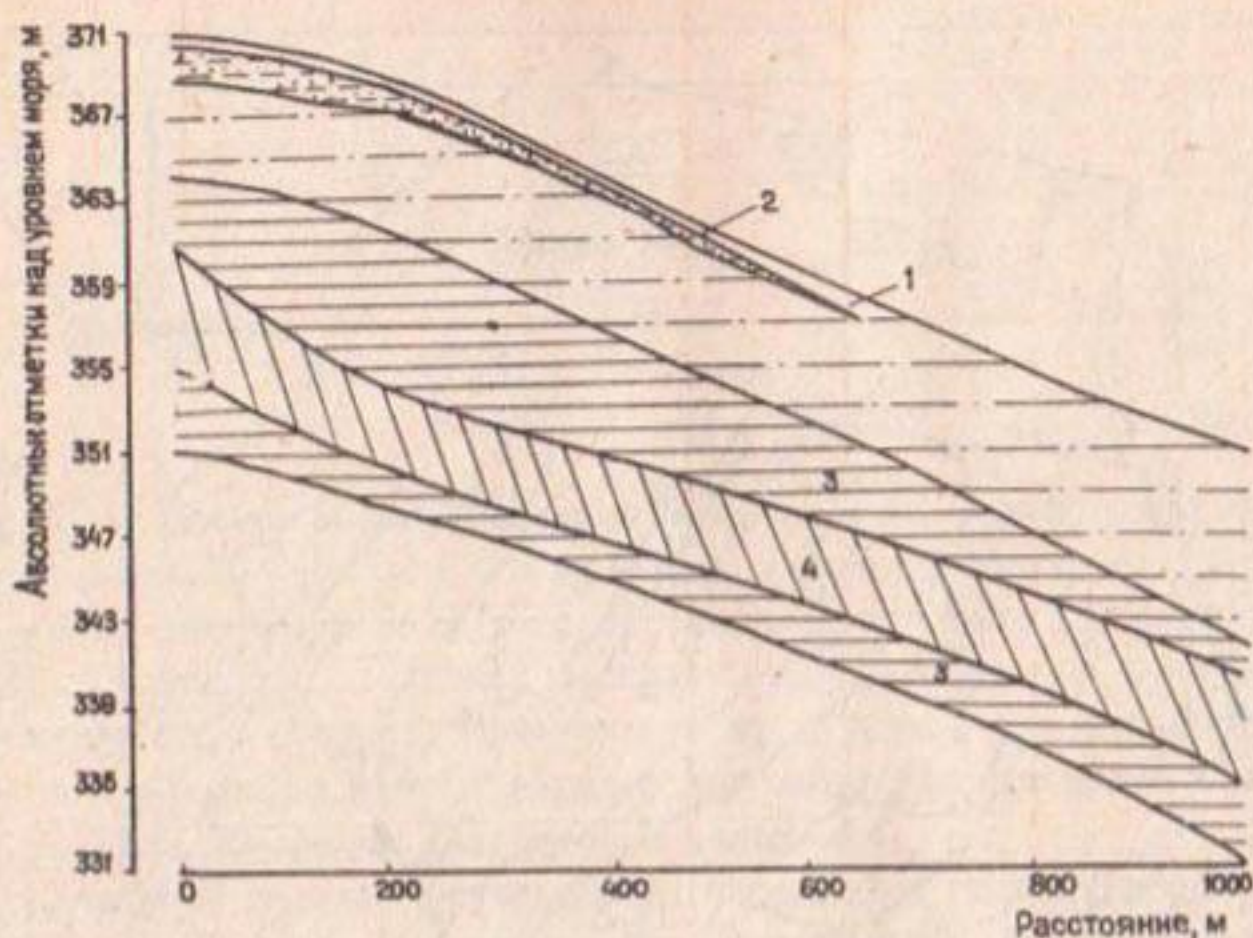


Рис.2. Литолого-гипсометрический профиль 3-3 через типичные сочетания отложений на выключках совхоза МЗ Каршинской степи

1- четвертичные супеси, реже легкие суглинки с прослоями песка; 2- то же, загипсованные (гипса 20-50% и более); 3- неогеновые темно-красные глины с прослоями суглинков тяжелых; 4- неогеновые темно-красные суглинки средние и легкие

определенная зависимость мощности четвертичных отложений от мезорельефа территории: чем выше абсолютные отметки над уровнем моря, тем меньше мощность четвертичных отложений. Для неогеновых пород характерно общее погружение с востока на запад.

Заложение на территории опытного участка глубокий разрез и его литолого-солевой профиль вскрывают особенности серо-буро-сероземных высокогипсоносных почв и подстилающих их пород: поверхностные четвертичные отложения отличаются сильной загипсованностью верхних горизонтов с максимумом в слое 0,4-1,2 м и менее выраженным токсичным засолением, степень которого определяется как слабая и средняя.

Третичные неогеновые породы, сменяющие четвертичные отложения, представлены глинами, реже суглинками, алевролитами. Характеризуются они сильным засолением и меньшим содержанием гипса.

Для опытного участка характерно глубокое залегание уровня грунтовых вод (60–70 м), не влияющее на процессы почвообразования. Годовая амплитуда колебаний уровня грунтовых вод не превышает 1 м. Тип засоления грунтовых вод сульфатно-хлоридный. Минерализация высокая, достигает 10–20 г/л.

Особенность морфологического строения серо-буро-сероземных почв – слабая дифференциация верхней части профиля на генетические горизонты, легкий механический состав, высокое содержание гипса, низкое – гумуса. Засоление в верхних слоях почв не проявлено, лишь во втором метре обнаруживается слабое засоление.

Как отмечалось, содержание гумуса в серо-буро-сероземных почвах невысокое. В верхнем горизонте оно достигает 0,7–1%, с глубиной уменьшается до 0,1–0,2%. Бедность почв гумусом обуславливает низкое содержание в них питательных элементов – азота, фосфора, калия. Валовой азот здесь в пределах 0,05–0,06%, валовой фосфор – 0,5 мг/кг, калий 1,5–1,8%.

Почвы характеризуются высокой карбонатностью (6–9% CO_2), максимум их приурочен к иллювиальному горизонту.

Серо-буро-сероземные почвы сильно загипсованы. Гипсовые аккумуляции вскрываются на глубине 20–45 см, максимум их, достигающий 50%, расположен в слое 40–120 см. Формы гипса по профилю почв изменяются так: в верхней части – мелкокристаллический, в средней – шестовато-губчатый, глубже 120 см – мелкокристаллический с включением отдельных крупных кристаллов и друз.

По механическому составу серо-буро-сероземные почвы преимущественно супесчаные, реже – легкосуглинистые.

Емкость поглощения невысокая, не превышает 6–8 мг. экв на 100 г почвы.

Водно-физические свойства серо-буро-сероземных почв находятся в прямой зависимости от механического состава, плотности сложения, засоления и наличия гипса. Зависят они и от глубины залегания гипсоносного горизонта, его мощности, степени загипсованности почвы и формы гипса.

Водопроницаемость целинных серо-буро-сероземных почв, например на пятой площадке (П-5), достигла в первый час 270–285 мм/ч и к седьмому часу составляла 37–40 мм/ч. Повторное определение

водопроницаемости при достижении НВ показало в первый час 104-170 мм/ч, а на шестой-седьмой - 22±23 мм/ч.

В первый год орошения водопроницаемость почв довольно высокая - 25±27 мм/ч, во второй и в третий годы она несколько ниже - 22±23 мм/ч.

Объемная масса метрового слоя колеблется в пределах 1,25-1,3 г/см³, ниже - 1,35±1,4 г/см³ (табл.2). Удельная масса варьирует от 2,48 до 2,69 г/см³. Порозность характеризуется высокими значениями по всему профилю почв (48-53%).

Таблица 2

Основные водно-физические свойства почв

Номер площад- ки	Глубина, см	Удельная масса, г/см ³	Объемная масса, г/см ³	Общая пороз- ность, %	НВ, % от массы	Содержа- ние гип- са, %
П-5	0-5	2,68	1,29	51,86	20,51	1,43
	5-21	2,68	1,31	51,11	18,96	0,93
	21-47	2,62	1,2	54,19	16,55	27,69
	47-72	2,54	1,26	50,39	15,9	41,19
	72-100	2,51	1,25	50,19	13,65	46,79
	100-120	2,52	1,26	50	16,55	32,94
	120-150	2,62	1,29	50,76	17,8	19,46
	150-170	2,67	1,3	51,31	18,1	7,26
	170-200	2,68	1,3	51,49	17,78	10,02
	200-250	2,67	1,29	51,68	-	7
	250-270	2,67	1,3	51,31	-	5,3
	270-300	2,68	1,32	50,74	-	4,45
П-6	0-26	2,67	1,28	52,05	20,52	0,96
	26-48	2,68	1,32	50,74	20,64	3,56
	48-72	2,53	1,29	49,01	15,4	33,02
	72-98	2,48	1,26	49,19	12,26	56,68
	98-120	2,51	1,27	49,4	13,86	49,47
	120-150	2,52	1,27	49,6	12,96	36,79
	150-180	2,6	1,3	50	15,25	27,13
	180-200	2,66	1,3	51,12	15,99	13,68
	200-230	2,55	1,3	49,01	16,4	28,95
	230-250	2,67	1,28	52,05	-	39,09
	250-270	2,69	1,3	51,31	-	7,16
	270-300	2,68	1,31	51,11	-	4,15

Гидрофизические характеристики почв изучались на целинных и орошаемых серо-буро-сероземных почвах ОПУ. В образцах почв, отобранных по основным генетическим горизонтам (с ненарушенным строением), определены зависимости потенциала почвенной влаги от влажности.

В загипсованных горизонтах прослеживается снижение диапазона доступной влаги (П-6). В пахотном негипсованном горизонте (0-26 см) диапазон легкодоступной влаги 13,1-22,5 % от объема. В горизонте максимума гипсовых аккумуляций при содержании гипса 33-56 % легкодоступной влаги почти в два раза меньше (8-15%).

С учетом осмотического давления почвенного раствора, создаваемого водорастворимым гипсом, интервал доступной влаги уменьшается еще на 2-3 %. Из этого следует, что необходимо уменьшить межполивной период и увеличить число поливов небольшими нормами.

Серо-буро-сероземные почвы отличаются низким естественным плодородием. В начале освоения, согласно числовой оценке почв, на повышениях оно составляет 0,3-0,4. Бонитет почв понижений несколько выше - 0,5-0,6. Эффективное плодородие их соответственно достигает 0,5-0,6 и 0,7-0,8.

Сельскохозяйственное освоение выключек связано с рядом трудностей. Гипсовые горизонты, имеющие неблагоприятные водно-физические свойства, при близком залегании практически являются нижней границей биологически активного слоя почвы. Поэтому сельскохозяйственное освоение грядковых повышений сопряжено с ограничением срезов верхних почвенных горизонтов при проведении планировочных работ. При планировке следует предусматривать сохранение почвенного надгипсового горизонта мощностью не менее 20 см. В случае необходимости планировки нужно применять способы кулисных срезов, буртовки и др.

Вследствие малой плотности и высокой водопроницаемости почв, растворимости гипса на данной территории не исключено развитие просадочности и суффозионных процессов при орошении, особенно при применении традиционных бороздковых поливов большими нормами. Помимо этого, повышенное расположение выключек при орошении создает благоприятные условия для интенсивного образования промоин и оврагов. И, наконец, потери воды на глубинное просачивание могут привести к ухудшению мелиоративного состояния нижерасположенных земель, вызвав заболачивание и засоление почв.

Следовательно, при освоении серо-буро-сероземных почв необходимо применение таких способов и такой техники полива, которые позволяют избежать непроизводительных потерь поливной воды на глубинное просачивание. Здесь прежде всего может быть рекомендован полив по коротким бороздам. Среди других способов орошения наиболее приемлемым является дождевание. Есть основание считать

его эффективным на почвах с высокой водопроницаемостью по ряду факторов. Дождевание позволяет осуществить вегетационные поливы излыми нормами, увеличить равномерность увлажнения почв, предотвратить эрозию и уменьшить потери воды на глубинную фильтрацию, что практически исключит влияние полива на мелиоративное состояние нижерасположенных земель. По техническим характеристикам для орошения исследованных земель наиболее подходят среднеструйные дождевальные агрегаты или установки СДУП конструкции ВНИИГиМа.

На опытно-производственном участке совхоза "Самарканд" (МЗ) проводили полив по бороздам, а на ОПУ подсобного хозяйства РУЭС (Районное управление электросети) были испытаны два способа полива: поверхностный и дождеванием. На обоих участках проводился комплекс натуральных наблюдений за агротехникой возделывания, ростом и развитием выращиваемых культур, их водным режимом и другими показателями. Исследования водного режима серо-буро-сероземных почв выполнялись на динамических точках под различными культурами-освоителями.

Изменение запасов влаги в межполивной период определялось ее содержанием в почве до и после полива. Исследования показали, что иссушению подвержены в основном верхние горизонты почв до глубины 80-120 см, глубже изменения влажности почв во времени незначительны.

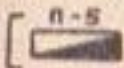
На 10-15-й день после полива появляются признаки водного голодания хлопчатника - листья начинают темнеть и вянуть. Это явление, имеющее место при 75-85 % величины наименьшей влагоемкости, сигнализирует о необходимости проведения очередного полива. С учетом названных диапазонов доступности влаги растениям оптимальная поливная норма основных сельскохозяйственных культур колеблется в интервале 500-700 м³/га, что может быть без существенных потерь обеспечено дождеванием.

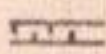
Культурами-освоителями на опытно-производственных участках были: хлопчатник, люцерна, ячмень, пшеница, кукуруза, бахчевые, лук, картофель, маш (рис. 3 и 4).

Полученный урожай различных сельскохозяйственных культур (табл. 3) убедительно доказывает возможность и целесообразность освоения серо-буро-сероземных гипсоносных почв, орошение которых не предусматривалось проектом.



Рис.3. Схема размещения сельскохозяйственных культур на ОПУ в совхозе "Самарканд" (№3)

[] - площадка для определения водно-физических свойств почв (после 5м шурфы добурили до 20м);

 - траншея глубиной 2 м;

оТ-2- динамическая точка для наблюдения за водным режимом почв



Рис.4. Схема размещения сельскохозяйственных культур на участке подсобного хозяйства РУЭС в Каршинской степи:

1- поля с бороздковым полем; 2- поля с поливом дождевальной установкой "Волжанка"

Таблица 3

Площадь посевов и урожайность сельскохозяйственных культур на серо-буро-сероземных почвах Каршинской степи

Культура	ОПУ совхоза №3				Подсобное хозяйство РУЭС			
	1981г.		1982г.		1981г.		1982г.	
	Посев- ная пло- щадь, га	Уро- жай- ность, ц/га	Посев- ная пло- щадь, га	Уро- жай- ность, ц/га	Посев- ная пло- щадь, га	Уро- жай- ность, ц/га	Посев- ная пло- щадь, га	Урожай- ность, ц/га
Хлопчатник	5	19,2	5	<u>19,1</u> 24,8	-	-	-	-
Люцерна	-	-	1	71	14	200	14	250
Ячмень	5	7,9	5	8	20	19,5	20	18,8
Пшеница	-	-	-	-	40	18	40	18,9
Кукуруза	-	-	5	370	10	310	10	322
Подсолнечник	1	10,2	1	11,2	-	-	-	-
Дыни	2	117	2	120	6	134,2	6	135,8
Арбузы	7	185	7	215	6	160	6	162
Лук	10	700	10	670	4	480	4	510
Морковь	2	140	2	132	-	-	1	120
Картофель	3	72	3	74	-	-	2	60
Маш	1	10,5	1	10	-	-	-	-

Примечания: 1. Урожайность хлопчатника: в числителе — при внесении минеральных удобрений, в знаменателе — органо-минеральных.
2. Урожайность кукурузы показана в силосной массе.

Агротехника возделывания сельскохозяйственных культур на рассматриваемых почвах мало чем отличалась от общепринятой. На хлопчатнике, кукурузе и подсолнечнике в вегетацию было проведено по 4-5 поливов, не считая влагозарядкового. Картофель поливали 6-7 раз, лук и бахчевые 10-12 раз. Почти на всех полях через 4-5 дней после каждого полива проводились культивации с нарезкой поливных борозд. На полях с ячменем и пшеницей на участке РУЭС, орошаемых с помощью дождевания, ее не проводили.

В период возделывания сельскохозяйственных культур вносились органические и минеральные удобрения: навоз — осенью, аммофос и аммиачная селитра — в подкормки.

Особенно эффективным применительно к условиям серо-буро-сероземных высокозагипсованных супесчаных почв было внесение органо-минеральных удобрений. Наиболее оптимально для хлопчатника такое сочетание органических и минеральных удобрений: навоз

(50 т/га) + аммофос (250 кг/га) + аммиачная селитра (300 кг/га). Урожайность хлопчатника составила 24,8–25 ц/га, тогда как при внесении только минеральных удобрений 19–19,2 ц/га.

Выполненные опытно-производственные исследования по сельскохозяйственному освоению гипсоносных серо-буро-сероземных почв Карпинской степи показали, что оно возможно на фоне различных культур освоенителей (хлопчатник, кукуруза, люцерна, зерновые, овоще-бахчевые и др.) при обязательном внесении органо-минеральных удобрений и соблюдении необходимого комплекса агро-мелиоративных мероприятий, учитывающих свойства и особенности рассматриваемых почв.

К подобным выводам пришли и другие исследователи: А.Э.Эргашев [1], Т.Р.Хамраев [2], Н.Г.Минашина [3], изучавшие аналогичные гипсоносные почвы в колхозе "Кизил Узбекистан" Маликчульской степи Бухарской области Узбекской ССР.

Л и т е р а т у р а

1. Эргашев А.Э., Касымов У.К., Жураев А.Г. Применение органических и минеральных удобрений на серо-бурых почвах Маликчулия. – Сб. тр. ИПА АН УзССР, вып. 15. Ташкент, 1978.

2. Хамраев Т.Р. Некоторые итоги научных исследований по освоению гипсоносных почв. – В кн.: Тезисы докладов науч.-техн. совещания "Итоги и направления научных исследований по расоолению тяжелых почв в аридной зоне". Ташкент, 1980.

3. Минашина Н.Г., Хамраев Т.Р., Ядлеев С. Влияние гипсоносности почв на урожай хлопчатника и его качество. – "Почвоведение", 1983, №2.

РЕФЕРАТЫ

УДК 333.93:631.6:62-5

Планирование использования водных ресурсов орошаемого массива в условиях АСУ. Толстунов Ю.В. – Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

В работе рассматриваются вопросы многоуровневого планирования использования водных ресурсов крупного орошаемого массива. Описывается методика планирования в условиях функционирования АСУ.

Основная задача предлагаемой методики планирования использования водных ресурсов – создание благоприятной мелиоративной обстановки орошаемых земель в конкретной природно-хозяйственной ситуации.

Иллюстраций 1, библиографии 4.

УДК 532.5:624

Гидроавтомат для перегораживающих сооружений с малым перепадом. Попов В.С., Архангельский В.К. – Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

Описана конструкция, назначение, принцип действия гидроавтомата для линейных сооружений оросительных систем, регулирующего горизонты воды верхнего бьефа под заданные отметки. Гидроавтомат применим для сооружений как с малым перепадом в горизон-

тах, так и со свободным истечением из-под щита. Приведены результаты модельных исследований.

Иллюстраций 3.

УДК 624:626

Испытание и выбор оптимальных параметров винтов подъемников для затворов гидротехнических сооружений. Архангельский В.К., Попов В.С. – Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

Приводится описание универсального испытательного стенда винтовых электрических и ручных подъемников, а также электрической схемы управления электродвигателем привода подъемников.

Стенд позволяет испытывать на прочность отдельные детали подъемников. На нем выполнены испытания винтов подъемников. Дано теоретическое обоснование рациональности применения полых винтов как экономически более целесообразных. Приводятся результаты опытов на сжатие сплошных и полых стержней, подтверждающих правильность теоретических выводов.

Таблиц 2, иллюстраций 3.

УДК 626.83:626.860.4

Предупреждение воронкообразования в водоприемниках мелиоративных насосных станций. Шахворостов Г.В. – Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

На основе проведенных исследований водоприемников насосных станций, существующих воззрений на механизм образования поверхностных вихревых воронок и обобщения известных способов борьбы с этим вредным явлением в гидротехнических сооружениях предложено водоприемники крупных и средних станций в зависимости от длины их водозаборных камер разделять на три типа. Для каждого из них разработаны целесообразные варианты основных мер недопущения образования опасных воронок, учитывающие специфические особенности конструкции, условия работы и требования эксплуатации сооружений. Приводятся рекомендации по практической реализации данных мер. Освещаются также состав и пути осуществления способствующих мер, которые рекомендуется применять наряду с основными. Выявлено влияние длины водозаборной камеры водоприемника,

формы входных отверстий всасывающих труб насосов, избранного варианта основных мер предотвращения воронок на степень опасности воронкообразования. Дан способ его учета.

Использование полученных данных позволяет на стадии проектирования водоприемников станций предусмотреть надежную защиту их от образования вихревых воронок, засасывающих воздух.

Таблиц 2, иллюстраций 2, библиографий 7.

УДК 626.83

Переходные процессы в каналах Джизакского каскада насосных станций при аварийном отключении насосных агрегатов. Лешанский И.И. -- Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

Приведены методика и пример расчета динамики переходных режимов в системах каналов с каскадом насосных станций на основе численного решения дифференциальных уравнений неустойчившегося движения воды в открытых руслах. Дан пример расчета переходного процесса на участках канала Джизакского каскада насосных станций между НС-2 и НС-3 при аварийном отключении НС-3. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения рекомендуемой методики в сложных разветвленных системах каналов с каскадом насосных станций.

Иллюстраций 4, библиографий 3.

УДК 626.83:626

Защита транзитных участков каналов от разрушения при отключении мощных насосных станций. Томенев Р.М. -- Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

На основе анализа переходных режимов в каналах с высокопроизводительными насосными станциями в условиях внезапных отключений последующей насосной станции показана необходимость разработки и применения быстродействующих мер защиты транзитной части канала. Предложено быстродействующее устройство автоматического регулирования уровня нижнего бьефа в транзитном канале и приведены графики его работы, показывающие эффективную стабилизацию уровня и расхода воды в транзитной части ка-

нала, локализацию аварийного режима в магистральной части канала.

Таблиц I, иллюстраций 5, библиографий 6.

УДК 627.8:693.552

Совершенствование технологии внутриблочных работ с учетом обеспечения прочности массивных бетонных сооружений при их возведении. Кулешов Г.Н. - Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

Изложен опыт управления качеством бетонных работ при возведении плотины Андиканского водохранилища на основе специально разработанной и внедренной в производство подсистемы контроля и совершенствования технологии внутриблочных работ. Приведены результаты оценки фактической надежности плотины и достигнутого снижения стоимости строительства, трудоемкости работ и потребности в материально-технических ресурсах.

Таблиц 5, иллюстраций I.

УДК 626.81:556.3:633.51

Оценка применимости вод повышенной минерализации для орошения хлопчатника. Морозов А.Н., Злотник В.А. - Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

Рассматриваются вопросы оценки применимости вод повышенной минерализации для орошения хлопчатника в различных природно-хозяйственных условиях и прогнозирования режимов орошения этими водами с помощью математической модели водно-солевого режима. Приведены и проанализированы примеры прогнозов.

Таблиц I, иллюстраций 3, библиографий 20.

УДК 631.6:633.51

Развитие орошения в бассейне Сырдарьи за счет сокращения оросительных норм. Трунова Т.А., Хасанханова Г.М. - Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

Обосновывается возможность развития орошения в бассейне Сырдарьи за счет внедрения экономически целесообразных ороси-

тельных норм. Представлены данные о распределении земельного фонда бассейна по гидрогеологическим условиям подверженности почв засолению, что служит основой для внедрения сокращенных оросительных норм: снижение водоподачи рекомендуется осуществлять лишь на землях, не подверженных засолению.

В работе приведены расчетные экономические показатели, свидетельствующие о целесообразности сокращения подачи воды на староорошаемых территориях и возможности освоения за счет этого новых земель.

Таблиц 3, библиографий 2.

УДК 631:631.587

Инженерно-мелиоративное обоснование экономически целесообразной продолжительности периода ирригационно-хозяйственного освоения земель нового орошения. Серебrenников Ф.В. - Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

Приводятся основные результаты выполненного на примере третьей очереди Каршинской степи обоснования оптимального плана ввода в ирригационно-хозяйственный оборот земель нового орошения. При обосновании использована разработанная в институте "Средазгипроводхлопок" методика, согласно которой определение оптимального варианта производится на основе метода динамического программирования с привлечением результатов долгосрочных инженерно-мелиоративных прогнозов.

Таблиц 8, иллюстраций 2, библиографий 4.

УДК 631:631.8:711.3

Влияние различных агроприемов на окультуривание типичных сероземов после проведения капитальных планировок. Муксимов Р.А., Решетов Г.Г. - Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

Рассмотрены вопросы восстановления и сохранения плодородия новоосваиваемых типичных сероземов Джизакской степи после проведения капитальных планировок. Показано, что сохранение плодородного слоя почвы при планировочных работах способствует получению проектной урожайности сельскохозяйственных культур уже в

начальный период освоения земель.

Таблиц 5, иллюстраций 2, библиографий 6.

УДК 626.8:631.61

Об оптимальном размещении закрытых дрен на массивах ново-осваиваемых земель Узбекистана. Нейман Б.Я. – Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

На основе многолетних гидрорежимных и воднобалансовых исследований, проведенных на нескольких ключевых производственных участках коллекторно-дренажных систем, построенных на новоорошаемых землях Голодной степи, предлагается новая схема размещения дрен в плане, которая позволяет при сохранении потребной удельной протяженности дрен значительно сократить общее количество закрытых дрен за счет оптимального их размещения в плане и учета дренирующего действия коллекторов.

Иллюстраций 2.

УДК 631.4:631.6:626.8

О подборе фракционного состава фильтровой обсыпки для скважин вертикального дренажа. Калинин В.В., Каложная Н.И. – Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

На основе анализа материалов натурных наблюдений за работой скважин вертикального дренажа и опытных лабораторных исследований приводятся рекомендации по расчету фракционного состава фильтровой обсыпки для скважин, осуществляющих водоотбор из песчаных водоносных горизонтов.

Приведены примеры расчета для условий Голодной, Каршинской и Шерабадской степей в УзССР.

Таблиц 4, иллюстраций 3.

УДК 626.8:631.6:633.51

Влияние местных водоупоров на режим влажности почвогрунтов зоны аэрации на новоорошаемых землях юга Каршинской степи. Жуманов Б. – Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

Рассмотрены и количественно оценены основные составляющие баланса и особенности формирования режима влаги в почвогрунтах хлопкового поля в условиях глубокого залегания грунтовых вод (до 100 м) и при наличии в разрезе на глубине от 2 до 10 м местных водоупоров; установлены основные режимобразующие факторы, связанные с литологическим строением орошаемого участка и режимом орошения хлопчатника.

Выполненные исследования позволяют установить сроки строительства систематического дренажа в условиях глубокого залегания грунтовых вод и оценить достоверность режима орошения хлопчатника, предусмотренного проектом.

Таблиц 3, иллюстраций 3, библиографий 2.

УДК 626.8:628.16.067

Фильтрационный расчет двухъярусного дренажа при проведении капитальной промывки. Гольцов Ю.Я., Серебrenников Ф.В. – Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

Описывается математическая постановка и особенности алгоритма решения соответствующей фильтрационной задачи на ЭВМ ЕС-1033. Приводятся примеры расчета. Разработанную методику расчета предлагается использовать при определении параметров дополнительного дренажа, устраиваемого на период проведения капитальной промывки. Кроме этого, по рекомендуемой методике можно рассчитывать параметры горизонтального дренажа на нагрузку эксплуатационного периода.

Иллюстраций 2, библиографий 8.

УДК 622.235:626

Особенности строительства магистральных каналов взрывами на выброс. Арутюнов О.А., Гузалов Г.И., Камалян Р.З. – Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

Изложены технологические схемы проходки зарядных выработок и производства взрывов на выброс в сложных геологических условиях, использованные при строительстве Караулбазарского канала. Приведены результаты взрывов.

Таблиц 4, иллюстраций 5, библиографий 6.

УДК 631.47 (575.192)

Серо-буро-сероземные почвы Каршинской степи и пути их сельскохозяйственного использования. Бакиев А.К., Решетов Г.Г. -

Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1983.

Приведены результаты исследований по сельскохозяйственному освоению серо-буро-сероземных высокогипсоносных почв совхоза "Самарканд" и подсобного хозяйства РУЭС на массиве I очереди освоения Каршинской степи, орошение которых не предусматривалось проектом из-за отсутствия опыта и технологии их освоения.

Рассматриваются вопросы рациональной технологии освоения гипсоносных почв с помощью различных культур-освоителей на фоне применения органо-минеральных удобрений. Результаты исследований показали эффективность и перспективность сельскохозяйственного использования серо-буро-сероземных почв.

Таблиц 3, иллюстраций 4, библиографий 3.

СОДЕРЖАНИЕ

Толстунов Ю.В. Планирование использования водных ресурсов орошаемого массива в условиях АСУ	3
Попов В.С., Архангельский В.К. Гидроавтомат для перепораживающих сооружений с малым перепадом	12
Архангельский В.К., Попов В.С.. Испытание и выбор оптимальных параметров винтов подъемников для затворов гидротехнических сооружений	19
Шахворостов Г.В. Предупреждение воронкообразования в водоприемниках мелиоративных насосных станций	33
Лешанский И.И. Переходные процессы в каналах Джизакского каскада насосных станций при аварийном отключении насосных агрегатов	47
Тюменев Р.М. Защита транзитных участков каналов от разрушения при отключении мощных насосных станций	54
Кулешов Г.Н. Совершенствование технологии внутриблочных работ с учетом обеспечения прочности массивных бетонных сооружений при их возведении	69
Морозов А.Н., Злотник В.А. Оценка применимости вод повышенной минерализации для орошения хлопчатника	80
Трунова Т.А., Хасанханова Г.М. Развитие орошения в бассейне Сырдарьи за счет сокращения оросительных норм	91
Серебренников Ф.В. Инженерно-мелиоративное обоснование экономически целесообразной продолжительности периода ирригационно-хозяйственного освоения земель нового орошения	96
Муксимов Р.А., Решетов Г.Г. Влияние различных агроприемов на окультуривание типичных сероземов после проведения капитальных планировок	109
Нейман Б.Я. Об оптимальном размещении закрытых дрен на массивах новоосваиваемых земель Узбекистана	119
Калинин В.В., Калужная Н.И. О подборе фракционного состава фильтровой обсыпки для скважин вертикального дренажа	123
Жуманов Б. Влияние местных водоупоров на режим влажности почвогрунтов зоны аэрации на новоорошаемых землях юга Каршинской степи	133
Гольцов Ю.Я., Серебренников Ф.В. Фильтрационный расчет двухъярусного дренажа при проведении капитальной промывки	138

Арутюнов О.А., Гузалов Г.И., Камалян Р.З. Особенности строительства магистральных каналов взрывами на выброс 144

Бакиев А.К., Решетов Г.Г. Серо-буро-сероземные почвы Каршинской степи и пути их сельскохозяйственного использования 153

Рефераты 164

Св.план 1983г.,поз.7

УЛУЧШЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДОВ
РАСЧЕТА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Сборник научных трудов

Редактор Е.Н.Макушенко

Р 23516 подписано в печать 27/XII-83 г. формат бумаги
60x90 I/I6. усл.п.л. 8,8. Уч.изд.л. 8,0. Тираж 450 экз.
Заказ 4019. Цена 80 коп.

Картфабрика ин-та "Узгипрозем", Ташкент, Мужики, 176.