

6
С-45
69856

ISSN 0131—1915

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
им. В. Д. ЖУРИНА (САНИИРИ)

ПУТИ КОМПЛЕКСНОГО
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА

Сборник научных трудов

Ташкент 1987

6
С-45

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

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

ПУТИ КОМПЛЕКСНОГО
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА

Сборник научных трудов



Ташкент 1987

25869

Пути комплексного совершенствования
мелиорации и водного хозяйства
Сборник научных трудов, Ташкент,
САНИИРИ им.В.Д.Журина, 1987, 154 с.

В сборнике рассматриваются вопросы повышения эффективности эксплуатации вертикального дренажа, закономерности изменения минерализации зоны аэрации, грунтовых и оросительных вод. Нашли отражение результаты исследований процессов формирования водных ресурсов, параметров движения водных масс в естественных и искусственных поверхностных водотоках, расчета параметров оросительных каналов. Кроме того, рассмотрены некоторые вопросы устойчивости новых строительных материалов применительно к гидротехническому строительству.

Сборник представляет интерес для мелиораторов, инженеров-гидротехников и аспирантов, специализирующихся по мелиорации и гидротехнике.

Редакционная коллегия:
Духовный В.А. (гл. редактор), Кадыров А.А. (зам. гл. ред.),
Якубов Х.И. (зам. гл. ред.), Умаров У.У. (зам. гл. ред.), Лактаев Н.Т.,
Мухамедов А.М., Пулатов У.Ю., Махмудов Ш.М., Рахимов Ш.Х.,
Пулатов А.Г., Шапошникова Т.М.

© Среднеазиатский научно-исследовательский
институт ирригации им.В.Д.Журина, 1987

И.С.Авакян,
М.М.Бостанджогло
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

К МЕТОДОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ОТРАСЛЕВЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОГРАММ ^{*)}

Одним из действенных средств повышения эффективности отрасли мелиорации и водного хозяйства является разработка научно-технических программ.

Под отраслевой научно-технической программой понимается комплекс мероприятий, включающий фундаментальные исследования, связанные с отраслевой наукой, научно-исследовательские, опытно-конструкторские, проектные и изыскательские работы по мелиорации и водному хозяйству, систему подготовки профессиональных кадров, совершенствование хозяйственного механизма, экономических принципов функционирования отрасли и организационной структуры. Основной составляющей научно-технической программы является план предстоящих отраслевых научных исследований и внедрения достижений НТП в проектную и производственную практику. До недавнего времени план региональных научных исследований составлялся весьма субъективно, так как основывался в основном на мнении научных работников, проводящих научные исследования, и руководителей отраслевых НИИ [1].

В этой пятилетке лабораторией научно-технического прогнозирования САНИИРИ впервые разрабатывается проект плана научно-технических исследований в области мелиорации и водного хозяйства в Среднеазиатском регионе на период 1990-1995 гг.

Подобный план призван указать основные направления отраслевых исследований, повысить актуальность проводимых научных проработок, выявить и обосновать необходимость их проведения.

Важный методологический аспект научно-технического программирования - необходимость учета региональной специфики.

Специфика отрасли в аридной зоне связана с возрастающим

*) Работа выполнена под руководством канд. физ.-мат.
наук В.Б.Виленчика.

дефицитом водных ресурсов, неблагоприятным мелиоративным состоянием орошаемых территорий, демографическим ростом.

За сравнительно небольшой период в Средней Азии значительно расширены орошаемые площади, освоены крупные ирригационные массивы. Площадь орошения в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи достигла почти 7 млн.га.

Проблема обеспечения развития сельского хозяйства и связанных с ним отраслей народного хозяйства при ограниченных собственных водных ресурсах является исключительно сложной и важной. Бассейны рек Средней Азии находятся под угрозой истощения возможности дальнейшего увеличения гарантированных располагаемых водных ресурсов за счет регулирования стока. Следовательно, становится практически невозможным увеличение площадей орошения за счет ввода новых земель и возникает необходимость изыскания путей и способов повышения продуктивности орошаемого гектара.

Главным направлением в экономическом развитии региона является орошаемое земледелие и его продукция, что формирует основы развития производительных сил, агропромышленного и водохозяйственного комплексов. Водные ресурсы бассейна Аральского моря оцениваются по норме стока в 127 млрд.м³, земельный фонд, пригодный к орошению — 28 млн.га. Безвозвратное изъятие водных ресурсов в бассейне на современном этапе достигло 110 млрд.м³.

По прогнозным данным, численность трудоспособного населения в сельской местности увеличится к 2000 г. на 1,9 — 2,2 млн.чел. Рост населения региона, особенно сельского, становится все более острой социально-экономической проблемой. Дело в том, что уже сейчас в значительной части областей (Андижанская, Ферганская, Сырдарьинская, Наманганская, Ошская, Ташкентская) и районов Средней Азии нагрузка на одного человека в растениеводстве составляет 1—2 га при нормативных 8—12 га на человека. Таким образом, фактическая нагрузка гораздо ниже нормативной. Создавшееся положение привело к излишкам рабочей силы на селе.

Без дополнительного развития мелиорации для того, чтобы в полной мере занять трудоспособное сельское население необходимо затратить до конца века более 120—130 млрд.руб.

[2]. Развитие и дальнейшее наращивание объемов орошаемого

земледелия, углубление переработки его продукции (особенно в сельской местности) путем создания филиалов пищевой, легкой и местной промышленности даст возможность трудоустроить незанятое население с пользой не только для народного хозяйства региона, но и всей страны, одновременно сократив транспортные расходы на перевозку сырья и полуфабрикатов.

Таким образом, сложившаяся сельскохозяйственная обстановка, низкая миграционная способность сельского населения привели к тому, что в Средней Азии создалась довольно сложная социально-экономическая обстановка, характеризующаяся высокой плотностью населения и ограниченными возможностями дальнейшего развития орошаемого земледелия.

Все указанные, а также другие особенности Средней Азии (природно-климатические, социально-экономические, специализация в общесоюзном разделении труда) обуславливают региональную специфику разработки научно-технических программ.

При формировании научно-технических программ, в частности плана НИР и ОКР, на перспективу четко учитывается специфика развития водного хозяйства и мелиорации в среднеазиатском регионе и выбираются наиболее важные направления исследований, цель которых — повышение эффективности отрасли и внедрение достижений научно-технического прогресса.

Разработка отраслевых планов научных исследований с учетом региональных особенностей является необходимым условием повышения эффективности отрасли на современном этапе.

Для планирования отраслевой науки необходимы: выявление тенденций общественного развития и новых потребностей; оценка возможностей науки и техники в решении возникающих и существующих проблем; выделение ключевых направлений НИР и ОКР, на разработке которых следует в первую очередь сосредоточить усилия ученых и специалистов; реализация условий для внедрения достижений науки в производство.

Важно отметить, что намечаемые исследования не должны быть односторонними, то есть нельзя отдавать предпочтение исследованиям, связанным, например, со снижением водопотребления сельхозкультур, перед экологическими и природоохранными мероприятиями. Поэтому важная методологическая компонента разработки научно-технических программ — ее комплексность, предусматривающая рассмотрение во взаимосвязи вопросов мелиоративных, технических, экономических, социальных, водо-

сберегающих и природоохранных. Здесь в полной мере проявляется системный подход к перспективному планированию мелиоративной и водохозяйственной науки и ее реализации [3].

В комплекс мероприятий по составлению научно-технической программы необходимо включение фундаментальных исследований, результаты которых могут быть использованы отраслевой наукой и производством.

Результаты исследований и новейшие достижения таких наук, как математика, физика, химия, география и другие должны успешно применяться в мелиорации и водном хозяйстве. Например, достижения в области ядерной энергетики можно использовать для увеличения водных ресурсов путем опреснения воды с повышенной минерализацией; математики — при совершенствовании методов прогноза стока рек, экономико-математических методах решения хозяйственных задач, автоматизации управления ресурсами бассейнов рек.

Почему необходимо выявлять области стыковки фундаментальных наук и отраслевой науки? Это важно для рационального планирования и финансирования фундаментальных исследований ("чистой науки") и приложения полученных результатов в отраслевой науке.

Доминирующими компонентами научно-технической программы являются научно-исследовательские работы (НИР). В связи с этим формирование плана НИР на ближайшую и более отдаленную временную перспективу является важным элементом разработки проекта научно-технической программы.

Разработка планов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ базируется на формировании дерева целей, ресурсных ограничений и других составляющих оптимизационной задачи перспективного планирования.

Первому этапу составления отраслевой научно-технической программы исследований предшествовал анализ НИР, проведенных в САННИИРИ и других научных учреждениях региона, в прошедшей пятилетке. В результате проведенного анализа, а также на основании мнений экспертов устанавливается степень значимости того или иного направления исследований и целесообразность продолжения исследований в этой области в период, охватываемый научно-технической программой.

Вторым этапом разработки планов научно-исследовательских работ является составление анкет для проведения экспертной

оценки. Экспертный подход предполагает анализ ретроспективных исследований и практики функционирования производственных подразделений отрасли, выявление тенденций развития мелиорации и водного хозяйства. При этом используются главным образом эвристические методы.

В настоящее время в лаборатории научно-технического прогнозирования САННИИРИ разработаны анкеты по планированию мелиоративной и водохозяйственной науки на период 1990–1995 гг. по основным направлениям, определяющим эффективное развитие отрасли в регионе. Они разосланы ведущим специалистам отрасли в стране. Предполагается оценка намечаемых мероприятий по 10-балльной шкале, с возможностью внесения в анкету дополнений и изменений самими экспертами.

Третьим этапом разработки плана научных исследований будет расширенный анализ экспертированных анкет с применением математических методов обработки групповых экспертных оценок с учетом коэффициента конкордации, других характеристик согласованности и ранжировки оценок объектов экспертизы [4].

Таким образом, при разработке научно-технических программ наиболее приемлемым представляется сочетание методологии экспертных оценок и количественного моделирования. Мнение экспертов является решающим при конструировании целевой функции и ограничениях оптимизационной задачи, разработке принципов автоматизированных систем управления, анализе машинных результатов, корректировке оптимизационных моделей. Вычислительные методы, реализуемые на ЭВМ, используются при статистическом моделировании, проведении оптимизационных расчетов, обработке данных групповых экспертиз.

Научно-исследовательский базис повышения эффективности функционирования отрасли является первой компонентой научно-технической программы. Не менее важны опытно-конструкторские и проектно-исследовательские работы. При этом все большую актуальность приобретают автоматизированные системы научных исследований (АСНИ) и проектирования (САПР).

Главным принципом программно-целевого планирования является планирование от конечных целей [5]. При этом поставленная цель перед научно-технической программой не может быть достигнута без коренного совершенствования хозяйственного механизма функционирования научных и производственных орга-

заций отрасли, оптимизации их организационной структуры. Переход на хсзрасчет и самофинансирование создает экономические предпосылки для эффективной реализации научно-технических программ.

Существенной частью научно-технической программы является анализ существующих организационных структур и предложения по их совершенствованию. Организационный механизм должен быть таким, чтобы можно было динамично формировать комплексные временные коллективы для оперативного решения научно-исследовательских, опытно-конструкторских, проектно-изыскательских и производственных задач.

Список использованной литературы

1. Федоренко Н.П. Проблемы и пути совершенствования экономического механизма НТП. Вопросы философии. - 1985. - № 12, - С.36-49.
2. Духовный В.А. и др. Научно-технический прогресс и мелиорации земель в Средней Азии. - Ташкент:Мехнат, 1985. - 144 с.
3. Зельдович Я.Б. Теория, методология и практика системных исследований. - М.:Наука, 1984. - 216 с.
4. Макаров И.М. и др. Теория выбора и принятия решений. - М.: Наука, 1982. - 328 с.
5. Штепа Б.Г. Технический прогресс и мелиорации. - М.: Колос, 1983. - 238 с.

В.И.Соколов
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДСИСТЕМЫ "ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ" АСУБ СЫРДАРЬИ

Назначение подсистемы "Водные ресурсы" АСУБ Сырдарьи - обеспечение службы планирования и управления водохозяйственным комплексом бассейна р.Сырдарьи информацией о текущем и прогнозируемом состоянии водных ресурсов. Исходя из основного функционального назначения, технико-экономический эффект от решения задач подсистемой достигается за счет повышения объема и качества информации о водных ресурсах (I очередь АСУБ рассматривает количественный аспект).

Другими словами, подсистема уточняет объем располагаемых водных ресурсов, которые будут управляться АСУБ и выявляет объем воды, который в настоящее время используется непродуктивно.

При разработке подсистемы "Водные ресурсы" на стадии создания рабочей документации были учтены некоторые недостатки, которые, на наш взгляд, сегодня имеют место в водохозяйственном планировании и управлении водными ресурсами бассейна р. Сырдарьи.

Уточнить располагаемые водные ресурсы можно по трем направлениям:

- более полный учет ресурсов местных источников;
- усовершенствования методики оценки величины сокращения поверхностного стока при эксплуатации подземных вод;
- усовершенствование методики оценки стока возвратных вод.

Эти вопросы реализованы в подсистеме "Водные ресурсы" АСУБ Сырдарьи.

Местные источники - сая и притоки второго порядка - не доносят свои воды до основного ствола р.Сырдарьи из-за полного их разбора на орошение. Ресурсы местных источников оценены по данным УГКС УзССР в размере $9,43 \text{ км}^3/\text{год}$, что составляет 29 % от суммарного среднеегодового стока рек бассейна.

Как известно, распределение водных ресурсов Сырдарьи между республиками рассматривается лишь относительно основного ствола реки. Поэтому на стадии технического проекта АСУБ Сырдарьи (Средазгипроводхлопок, 1977 г.) ресурсы местных

источников подсистемой "Водные ресурсы" не учитывались.

Анализ планов водопользования областных управлений водного хозяйства (ОПВХ) до 1985 г. выявил отсутствие учета водных ресурсов ряда местных источников, оток которых оценен нами в $1,15 \text{ км}^3/\text{год}$. К ним относятся некоторые малые реки в пределах Ферганской долины, сая Аштсамгарского массива, Шахристанской котловины, Фаритского массива и сая междуречья Чирчика и Ахангарана.

Методика оценки величины сокращения поверхностного стока при эксплуатации подземных вод основана на связующей роли между поверхностными и подземными водами, которую играет подрусловый сток. Подрусловый сток представляет собой часть возвратных вод, которые совместно с естественным грунтовым потоком выклиниваются в реку как в естественную дрена. Подробнее о подрусловом стоке написано в работах [1,2].

Величина сокращения поверхностного стока определяется путем сопоставления величин подруслового стока при нулевом и конкретном объеме отбора подземных вод для заданного года. При этом учитывается водность года. Расчеты, произведенные по нашей методике, показывают, что наиболее ощутимое сокращение поверхностных вод при отборе подземных происходит в многоводные годы. Это объясняется тем, что помимо непосредственного влияния отбора подземных вод, связанных с поверхностными, на последние оказывает влияние и наличие некоторой подземной емкости, которая в предшествующее маловодье была опорожнена и теперь наполняется за счет поверхностного стока.

В современных условиях максимальное сокращение поверхностного стока составляет для Ферганской долины – 65 %, ЧАКИРа – 56 %, среднего течения Сырдарьи – 45 % от величины отбора подземных вод. Наименьший ущерб от отбора подземных вод наблюдается в маловодные годы: соответственно, 52; 38 и 33 % от изъятия.

В перспективе при доведении отбора до величины восполняемых региональных эксплуатационных запасов подземных вод в бассейне р.Сырдарьи, как это предусмотрено схемой комплексного использования и охраны водных ресурсов (Средазгипроводхлопок), ущерб поверхностному стоку, по нашим расчетам, увеличится и составит: в многоводный год для Ферганской долины – 79, ЧАКИРа – 68 и среднего течения Сырдарьи – 48 % от величины изъятия; в маловодный – соответственно, 66, 52 и 37 %.

В табл. I приведена сопоставительная оценка величины сок-

ращения поверхностного стока по данным "Схемы" и нашим расчетам. Как видно из таблицы, величина сокращения, принятая в "Схеме" для среднего по водности года, совпадает с максимальным сокращением, полученным по нашим расчетам, для многоводного года. Недоучет в "Схеме" фактора водности лет приводит к завышению величины сокращения в средние и маловодные годы, соответственно на 7 и 12 % от величины отбора подземных вод. Другими словами, объем располагаемых водных ресурсов в перспективных водохозяйственных балансах должен быть выше объема, принятого по "Схеме", в средние по водности годы на 1,3, в маловодные – на $2,2 \text{ км}^3/\text{год}$.

Возвратные воды являются активной частью суммарных водных ресурсов, так как в пределах всех межгорных долин до Чардаринского водохранилища ствол реки является естественным водоприемником возвратных вод (за исключением части Голодной степи).

В последней редакции "Схемы" комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р.Сырдарьи (Средазгипроводхлопок, 1983 г.) величина возвратных вод, поступающих в ствол реки до Чардаринского водохранилища, определена в объеме $11,35 \text{ км}^3$ (для уровня 1985 г.). В "Схеме" учитывается также инфильтрация осадков в размере $1,3 \text{ км}^3/\text{год}$, которую практически невозможно выделить из состава возвратных вод. Таким образом, согласно "Схеме", возвратные воды на уровне 1985 г. составляют $12,65 \text{ км}^3$.

Фактическое положение в бассейне складывается по-другому. Как видно из табл. 2, суммарный объем возвратных вод (в сумме с подрусловым стоком) составлял в среднем в 1976–1985 гг. $17,5 \text{ км}^3/\text{год}$.

В перспективе при условии сокращения ввода новых орошаемых земель, реконструкции оросительных систем, внедрения совершенных типов дренажа, совершенствования мелиоративного режима и оптимизации водопотребления объем возвратных вод постепенно уменьшится за счет сокращения коллекторно-дренажного стока. Расчеты по нашей методике [1,3,4] показывают, что до 1995–2000 гг. будет происходить постепенное уменьшение объема коллекторно-дренажных вод от $10\text{--}11$ до $6,5\text{--}7,5 \text{ км}^3/\text{год}$. Таким образом, только к 1995–2000 гг. фактический объем возвратных вод установится на уровне, предусмотренном "Схемой" для современных условий.

Как видно из изложенного, использование методики решения

Т а б л и ц а 1

Сопоставительная оценка величины сокращения поверхностного стока от эксплуатации подземных вод в бассейне р. Сырдарьи, м³/с (данные Средазгипроводхлопка и САНИИРИ)

Отбор подземных: Сокращение: Сокращение поверхностного стока по расчетам САНИИРИ				
Водохозяйственный район	вод в размере	поверхно-		
	восполняемых	стного	многочисленный год	средний год
	: эксплуатационных	: стока по	: $P_t = 10\%$; $P_{t-1} = 90\%$	: $P_t = 50\%$; $P_{t-1} = 50\%$
	: запасов	: "Схеме"	: $P_t = 90\%$; $P_{t-1} = 10\%$	: $P_t = 90\%$; $P_{t-1} = 10\%$
: КИОВР х)				
Ферганская долина	373	294	295	263
ЧАКИР	136	87	92	82
Среднее течение Сырдарьи	54	28	26	22
Всего до Чардаринского водохранилища	563	409	413	367
				339

Н

248

71

20

339

х) Уточнение "Схемы" КИОВР бассейна Сырдарьи (Средазгипроводхлопок, 1979, т. II).

Т а б л и ц а 2

Возвратные воды бассейна р. Сырдарьи, км³

Год	Ферганская долина		Среднее течение		ЧАКИР		Итого до Чардаринского водохранилища	
	: Д + С		: Д + С		: Д + С		: Д + С	
	: П		: П		: П		: П	
	: (свод)		: (свод)		: (свод)		: (свод)	
1976	6,08	2,21	0,76	0,79	0,60	1,64	7,44	4,64
1977	6,52	2,74	1,61	1,23	0,76	3,0	8,89	6,97
1978	7,09	2,27	1,45	0,98	0,72	2,74	9,26	5,99
1979	7,84	3,78	1,32	1,58	0,98	2,96	10,14	8,32
1980	8,95	5,23	1,51	1,35	0,95	2,65	11,41	9,30
1981	8,73	3,21	1,26	1,29	1,76	2,46	11,75	6,96
1982	8,44	3,47	1,20	1,48	1,10	2,11	10,74	7,04
1983	9,2	3,62	1,17	0,72	1,17	2,68	11,54	7,02
1984	8,13	3,02	1,10	1,83	1,29	2,55	10,52	7,40
1985	9,26	2,84	1,32	1,17	1,39	2,49	11,97	6,50
Среднее за 1976-								
1985	8,11	3,24	1,27	1,24	1,07	2,53	10,45	7,01
								17,46

Н

17,46

задач подсистемы "Водные ресурсы" АСУБ Сырдарьи позволит продуктивнее управлять располагаемыми ресурсами за счет их более полного и точного учета.

Список использованной литературы

1. Духовный В.А., Прохоренко Н.И., Соколов В.И. Возвратный сток в бассейне Сырдарьи//Гидротехника и мелиорация. - 1983. - № 3. - С.76-79.
2. Соколов В.И. Прогнозная оценка подруслового стока в бассейне Сырдарьи (на примере Ферганской долины)//Изв.АН УзССР. Сер.техн.наук. - 1985. - № 2. - С.43-45.
3. Прохоренко Н.И., Соколов В.И. Об особенностях определения водных ресурсов в бассейне р.Сырдарьи//Совершенствование управления гидромелиоративными системами. - Ташкент:САННИИРИ, 1985. - С.55-61.
4. Мятков С.В., Соколов В.И. Особенности формирования дренажно-сбросных вод и методика прогнозирования их в бассейне р. Сырдарьи// Регулирование водно-солевого режима на орошаемых полях. - Ташкент: САННИИРИ, 1986. - С.114-123.

Г.В.Добролюбинская, В.С.Прохоренко
(Управление водного хозяйства "Сырдарья")

МЕСТНЫЕ ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БАССЕЙНА СЫРДАРЬИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АСУБ

В условиях нарастающего дефицита воды огромное значение приобретают вопросы водохозяйственного планирования и вододеления. На современном уровне вопросы вододеления в бассейне в масштабе республик, областей и районов решает специально созданная рабочая группа ММВХ СССР. В 1988 г. будет одана в промышленную эксплуатацию подсистема "Водные ресурсы" АСУ бассейном Сырдарьи, призванная обеспечить службу планирования и управления водохозяйственным комплексом бассейна информацией о текущем и прогнозном состоянии располагаемых водных ресурсов по их составляющим.

Решение вопроса комплексного использования водных ресурсов бассейна р.Сырдарьи при создании АСУБ и управления ими осуществляется только для ствола реки и притоков Нарын, Карадарья, Чирчик. Все другие малые притоки и сая первого порядка, не доносящие свои воды до Сырдарьи и Чирчика, не подключены к АСУ бассейном. В техническом проекте (Средазгипропроект, 1977) они отнесены к "местным водным ресурсам".

Анализ планов водопользования областных управлений водного хозяйства выявил отсутствие достаточно полного учета местных источников, тогда как фактически сток их ныне полностью используется в народном хозяйстве. На базе местных источников (Сох, Ахангаран, Гавасай и других) орошается около 820 тыс.га (1986 г.) земель бассейна (таблица).

Решая вопросы вододеления, подсистема "Планирование ВХ" АСУБ Сырдарьи учитывает наличие всех местных водных ресурсов, сокращая объем водоподачи из основного ствола реки на подвешенные к ним земли.

В настоящее время поверхностные, в том числе местные, водные ресурсы изучены достаточно полно (Схема, 1983). По средне-многолетним данным (1910-1980 гг.), объем водных ресурсов Сырдарьи составляет $37,3 \text{ км}^3/\text{год}$, снижаясь в годы 95 %-ной обеспеченности до $25,2 \text{ км}^3$.

Водные ресурсы ствола реки, подключенные к АСУБ Сырдарьи, составляют 71 % от суммарных ресурсов бассейна, в том числе

сток Нарына - 40 %, Карадарьи - II % и Чирчика - 20 %. Сток этих рек регулируется водохранилищами: Токтогульским (многолетнего регулирования), Андижанским, Чарвакским и Кайраккумским (сезонного регулирования).

Т а б л и ц а

Среднемноголетние расходы воды местных источников в пределах территориальных управлений бассейна р.Сырдарьи, их количество и охват гидрологическими прогнозами

Территориальные управления	Средний многолетний сток, $\text{м}^3/\text{с}$	Площадь орошаемых земель, тыс.га	Количество малых рек, саев	Количество малых рек, саев в том числе охваченных гидрологическими прогнозами
Учкурганское	Учтены в составе поверхностных ресурсов			
Андижанское	207	542	21	10
Ленинабадское	30	85	6	2
Гулистанское	12	40	2	1
Чирчикское	53	153	6	1
Всего	302	820	35	14

Ресурсы местных источников составляют 29 %, или $302 \text{ м}^3/\text{с}$ (по среднемноголетнему стоку) от суммарного стока р.Сырдарьи, в том числе в пределах Андижанского территориального управления (ТУ) - $207 \text{ м}^3/\text{с}$, Чирчикского - 53, Ленинабадского - 30, Гулистанского - $12 \text{ м}^3/\text{с}$ (см.таблицу).

Сток малых рек и саев Учкурганского ТУ учтен в составе поверхностных ресурсов, так как все притоки Нарына (левый и правый р. Карасу и др.) являются антропогенно ненарушенными, формирующими водные ресурсы ствола реки.

Из 35 наиболее крупных притоков р.Сырдарьи, отнесенных к разряду местных источников, лишь для 14 поступают гидрологические прогнозы из УГКС УзССР. Причина - отсутствие средств связи и необходимого оборудования (телефоны, телетайпы и др.) на многих гидропостях УГКС, фиксирующих сток малых рек и саев (Акбура, Алабука, Аксу и др.). Ряд малых рек и временно действующих саев не охвачен гидрометрическими измерениями (саи Аштсамгарского массива, междуречья Чирчика и Ахангарана).

Задача подсистемы "Водные ресурсы" заключалась в разработке сверхдолгосрочных (I год), средних (вегетация, невегетация, квартал, месяц) и оперативных (декада) прогнозов.

Нами сделана попытка разработать методику сверхдолгосрочного прогнозирования (5 лет) на базе типовой программы. При установлении цикличности в колебаниях стока, в парных корреляциях со сдвижкой в I-20 лет обнаружены низкие значения коэффициентов корреляции (r) между фактическими и прогнозируемыми величинами, равные $0 \pm 0,3$.

Надежность прогнозов возросла ($r = 0,6-0,76$) при использовании в качестве аргументов относительных величин суммы осадков за предшествующий зимний период (показатель накопления влаги) и температуры воздуха (показатель расхода влаги). Работы в этом направлении продолжаются.

Для составления прогнозов заблаговременностью I год ($Q_{\text{год}}$) решались аналитические уравнения вида:

$$Q_{\text{год}} = A \cdot Q_{\text{вег}} + B, \quad (1)$$

где $Q_{\text{вег}}$ - средний за вегетацию расход воды, по прогнозу УГКС УзССР;

A, B - коррелятивные коэффициенты.

Для рек, не охваченных гидрологическими прогнозами, отнеслись реки-аналоги и рассчитывались зависимости вида:

$$Q_{\text{год}} = A(Q_{\text{вег}})_{\text{аналог}} + B, \quad (2)$$

где $(Q_{\text{вег}})_{\text{аналог}}$ - средний за вегетацию расход реки-аналога, по прогнозу УГКС.

Теснота зависимостей типа (1), решенных для 14 малых рек бассейна Сырдарьи, составляла $r = 0,92 - 0,98$; типа (2), решенных для 21 реки - в диапазоне $0,83 < r < 0,91$.

Краткосрочные (на декаду) прогнозы задавались процентным внутригодовым распределением стока для определения среднегодовых расходов, отнесенных к различным группам обеспеченности (I-10, II-20 ... 91-99 %) каждой малой реки. Для саев со слабоизученным стоком (эпизодические измерения) внутригодовое распределение задавалось по рекам-аналогам.

Разработанные алгоритмы для прогнозов среднегодовых расходов местных источников заложены в программное обеспечение АСУБ Сырдарьи.



В.Ч.Железных,
Ю.Х.Рысбеков
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

О РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ ДАННЫХ ПО УРОЖАЙНОСТИ ХЛОПЧАТНИКА В ЛИЗИМЕТРАХ

Лизиметры как значительно уменьшенная модель сельскохозяйственного массива нашли широкое применение в практике водобалансовых исследований. Размеры поверхности лизиметров, используемых для изучения водного баланса орошаемого поля, колеблются от 0,04 до 6,2 м² (исключение – 6 лизиметров НИСТО САНИИРИ и 2 – объединения "Узбекгидрогеология" на территории ЦОМС в Голодной и, площадь 25 м²); особенно распространены лизиметры с площадью 1,44 м² [1;2].

Вопрос об оптимальной площади лизиметров, используемых для изучения суммарного испарения с сельскохозяйственных полей, является дискуссионным; для хлопчатника, например, различными исследователями считаются достаточными размеры поперечного сечения от 0,2 до 4,5 м² [1-3;6]. По справедливому мнению А.С.Субботина, оптимальной следует считать минимальную площадь лизиметра, позволяющую получать достоверные данные [5].

Наличие зазоров между растениями в лизиметрах и на смежном поле, частый контакт наблюдателя с прибором приводят к нарушению теплового, светового, воздушного режимов произрастания растений. В частности, суммарное испарение повышается на 10-20 % [4]. Исследования, проведенные на лизиметрическом комплексе научно-исследовательской станции техники орошения, показывают, что наличие пограничного пространства существенно сказывается также на накоплении и темпах созревания урожая.

В табл. I представлены в динамике количественные показатели накопления урожая по рядам в лизиметрах 5 и 6. Площадь лизиметров – 25 м², средневегетационный уровень грунтовых вод 1,1-1,2 м. Воздушный коридор между растениями первого ряда лизиметров (хвостовая сторона) и поля составил 2 м, а между растениями поля и расположенными по остальной части периметра лизиметров – 0,6-0,8 м, то есть в пределах ширины междурядий.

Накопление плодоземелентов у растений первых рядов лизиметров 5 и 6 происходило при лучшем использовании энергии солнечных ду-

чей: каждый куст хлопчатника имел в среднем 14,3 и 13,7 коробочек, то есть на 5,2 и 3,8 больше, чем остальные растения. Начиная со второго ряда, влияние воздушного зазора между хлопчатником крайних рядов лизиметров и поля на накопление коробочек практически незаметно. Слабая тенденция к увеличению числа коробочек на одном кусте наблюдается при переходе к последнему (девятому) ряду и объясняется влиянием воздушного коридора между лизиметрами (при междурядьях 0,6 м).

Т а б л и ц а I
Динамика накопления урожая по рядам (1979 г.)

Показатели	Номер ряда									По ли-зимет-ру	Без перво-го ря-да
	I	2	3	4	5	6	7	8	9		
Лизиметр 5 (ширина междурядий 0,6 м)											
Растения, шт.	4I	38	40	37	36	32	33	34	39	330	289
Коробочки, шт.:											
всего	588	353	362	323	327	284	299	304	369	3209	262I
в среднем											
на один куст	14,3	9,3	9,1	8,7	9,1	8,8	9,1	8,9	9,5	9,7	9,1
Лизиметр 6 (ширина междурядий 0,9 м)											
Растения, шт.	5I	48	44	45	48	39				275	224
Коробочки, шт.:											
всего	699	494	46I	424	443	399				2920	222I
в среднем											
на один куст	13,7	10,3	10,5	9,4	9,2	10,2				10,6	9,9

Разница в количестве полноценных коробочек у растений лизиметров 5 и 6 с учетом первого ряда и без него составила 0,6-0,7 %; аналогичны показатели первого ряда и по лизиметру без него: они, как показано выше, разнились на 57 и 38 %. Подобно рассмотренному, влияние воздушного зазора на темпы созревания урожая хлопка-сырца. В лизиметре 5 на начало октября раскрылось 45 % коробочек от общего их числа, в первом ряду – 59 %, при исключении растений первого ряда – 41 %; для лизиметра 6 эти показатели оказались равными, соответственно, 18, 30 и 16 %.

Хотя растения, находящиеся в более благоприятных условиях теплового и светового режимов, накапливают на 40-60 % коробочек

больше, чем остальные, и темпы созревания урожая на 15-20 % выше, осреднение по лизиметру снижает эти цифры, соответственно, до 6-7 и 2-4 %. Очевидно, что снижение величины систематической ошибки влияния воздушного зазора на урожайность хлопчатника и на темпы раскрытия коробочек вызвано большим сечением лизиметров НИСТО. В этом нетрудно убедиться при сравнении среднего числа коробочек на одном кусте первого и первых двух, трех и последующих рядов лизиметров, то есть при последовательном отсекании площадей в возрастающем порядке (табл.2).

Т а б л и ц а 2

	Р я д ы								
	I	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	I-8	I-9
Лизиметр 5									
Отсекаемые площади, м ²	2,0	5,0	8,0	11,0	14,0	17,0	20,0	23,0	25,0
Растения, шт.	41	79	119	156	192	224	257	291	330
Коробочки, шт.:									
всего	588	941	1303	1626	1953	2237	2536	2840	3200
на один куст	14,3	11,9	10,9	10,4	10,2	10,0	9,9	9,8	9,7
Лизиметр 6									
Отсекаемые площади, м ²	3,5	8,0	12,5	17,0	21,5	25,0			
Растения, шт.	51	99	143	188	236	275			
Коробочки, шт.:									
всего	699	1193	1654	2078	2521	2920			
на один куст	13,7	12,1	11,6	11,1	10,7	10,6			

Применение лизиметров малого сечения и несоблюдение условий фона приводит к катастрофическому повышению (с точки зрения достоверности данных) урожайности хлопчатника.

Если к началу ноября в лизиметрах 5 и 6 биологическая урожайность оказалась равной 80 ц/га, то в лизиметре площадью 1,44 м² (УГВ - 1 м), расположенном на открытом месте, она составила 136 ц/га. Каждое растение (всего их в лизиметре было 22) накопило в среднем 18,8, а отдельные кусты - до 30-35 коробочек.

Влечет ли увеличение урожая хлопчатника к дополнительным

тратам воды? Для ответа на этот вопрос в 1982 г. был заложен опыт в двух лизиметрах квадратного сечения площадью по 1,44 м².

Уровень грунтовых вод в лизиметрах - 1-1,2 м. Со второй декады сентября шла естественная сработка УГВ. Вегетационные поливы не проводились; растения развивались нормально за счет субиригации. В каждом лизиметре размещалось 20 растений. Один лизиметр (вариант А) был окружен защитным (посевы хлопчатника) поясом с минимальной шириной 2 м, второй (вариант Б) располагался на открытом месте. Основные результаты эксперимента отражены в табл.3.

Т а б л и ц а 3

Показатели	Вариант	
	А	Б
Суммарное испарение за период 4.V-I.X, мм	1098	1264
Коробочек на один куст, шт.	13,9	20,4
Урожай хлопка-сырца на начало ноября, кг	0,92	1,81
Урожай хлопка-сырца на начало ноября, ц/га	64	126
Биологический урожай, кг	1,33	2,08
Биологический урожай, ц/га	92	144

Величина суммарного испарения за балансовый период в варианте Б составила 1264 мм, что на 15 % больше, чем в варианте А. Разница же в объемах транспирации (потребление влаги собственно хлопчатником) в рассматриваемых вариантах уменьшится, если учесть, что лизиметр в варианте А был более затенен (защитный пояс). При одинаковой густоте стояния хлопчатника (около 140 тыс. на гектар) в варианте Б растения имели на 47 % коробочек больше. Урожай хлопка-сырца в варианте Б превышал таковой в варианте А почти в 2, а биологический - в 1,6 раза. Таким образом, прибавка урожая не сопровождается пропорциональным увеличением расхода воды хлопчатником и является, в основном, следствием лучшего использования растениями тепла и света.

Наличие воздушных коридоров, образуемых смежными растениями лизиметра и фона, размерами, превышающими ширину междурядий, приводит к резкому увеличению количества плодоеlementов и заметно ускоряет созревание урожая. При меньшей ширине воздушного зазора влияние его на накопление и темпы созревания коробочек несущественно. При осреднении для больших лизиметров (площадь 25 м²) суммарная ошибка влияния воздушных проходов (трех по 0,6-0,8 м

и одного - 2 м) на урожайность хлопчатника составляет 10%.

Использование количественных показателей урожая и темпов его созревания в лизиметрах малого сечения возможно при расположении их внутри хлопкового поля; в противном случае систематическая ошибка влияния воздушных зазоров на указанные выходные данные будет исключительно велика и подлежит обязательной оценке для корректировки и получения достоверных результатов.

Список использованной литературы

1. Алимов М.С. Опыт и методика оценки элементов баланса грунтовых вод орошаемых территорий Узбекистана. - Ташкент: ФАН, 1979. - 136 с.
2. Ганиев К.Г. Испарение и инфильтрационное питание грунтовых вод. Ташкент: Фан, 1979. - 212 с.
3. Материалы Межведомственного совещания по проблеме изучения и регулирования испарения с водной поверхности и почвы. - Валдай, 1964. - 488 с.
4. Рогоцкий В.В. Теоретическая оценка влияния воздушных зазоров на точность измерения суммарного испарения взвешиваемыми испарителями и лизиметрами // Труды ин-та /Гос.гидрологический ин-т. - 1975. - Вып.224. - С.21-32.
5. Субботин А.С. Обзор лизиметров и основные требования к их конструкции // Труды ин-та /Гос.гидролог.ин-т. - 1975. - Вып.92. - С.3-48.
6. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. - Л.: Гидрометеоздат, 1968. - 246 с.

Н.А. Мусатов

(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ФИЗИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОГНОЗА ГОДОВОГО СТОКА р. ЗАРАФШАН

Речной сток является интегральной характеристикой взаимодействия многих геофизических факторов на больших территориях (температуры поверхности океана, атмосферного давления, приземной температуры воздуха и др.), а также физико-географических условий бассейна (географического положения, ландшафта, раститель-

ности и др.).

При прогнозировании гидрометеорологических элементов наиболее часто используются уравнения множественной регрессии. Для прогноза крупномасштабных образований с большой заблаговременностью область сбора предикторов, как правило, должна охватывать все полушарие или большую часть его. Обычно в качестве предикторов используются индикаторы или факторы, характеризующие крупномасштабные процессы: ледовитость северных морей (Норвежского, Баренцева, Белого и др.), и индексы атмосферной циркуляции, температуру поверхности океана и суши, давление [2,3,4,5].

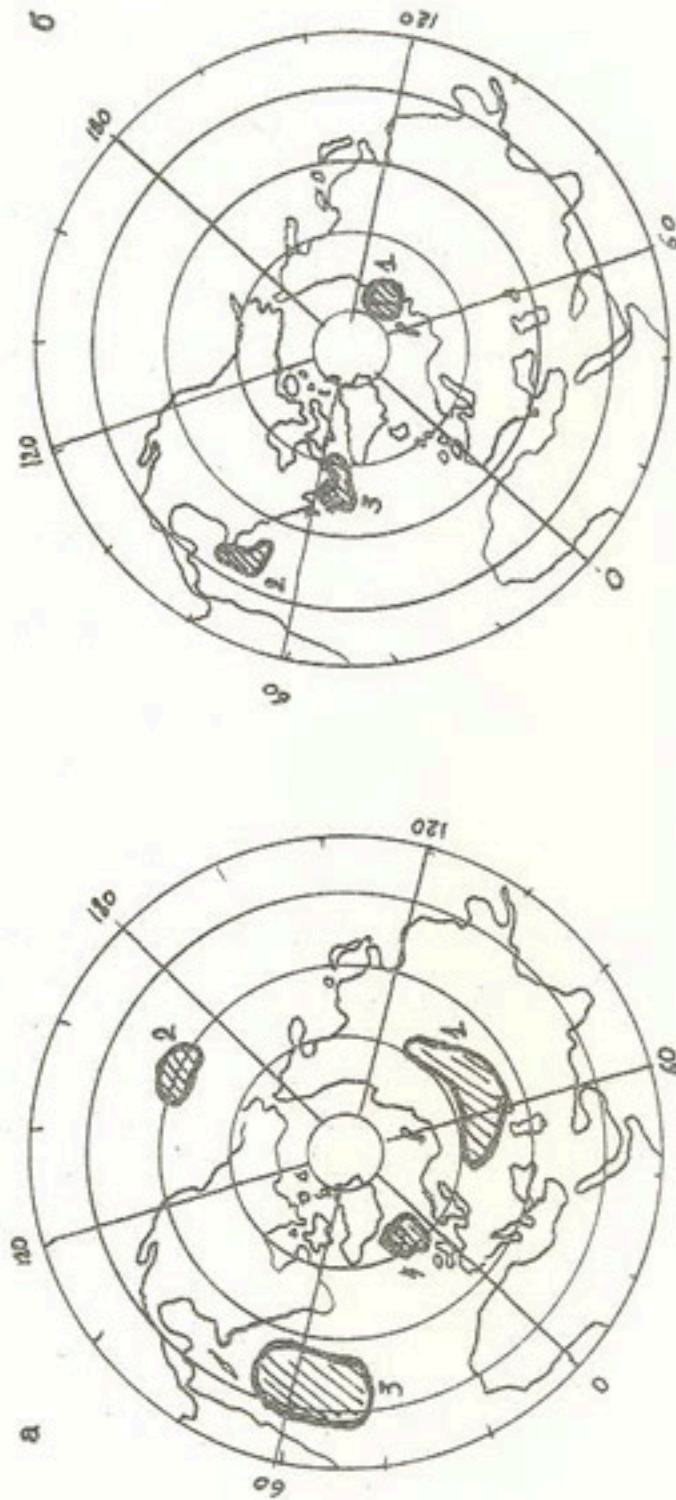
За исходную информацию для прогноза годового стока р.Зарафшан принимались месячные аномалии приземной температуры и давления воздуха в узлах регулярной сетки северного полушария с шагом 5° по широте и 10° по долготе [1].

Для устранения влияния локальных факторов производили скользящее осреднение по трехмесячным периодам: январь-март, февраль-апрель, март-май, апрель-июнь, май-июль, июль-август, июль-сентябрь, август-октябрь. Ноябрь и декабрь (период, необходимый для сбора, обработки и представления информации по температуре и давлению в северном полушарии) во внимание не принимались.

Информативная группа предикторов по температуре и давлению определялась методом "просеивания", т.е. для дальнейшего анализа выбирались те предикторы, которые имели наиболее высокий модуль коэффициента корреляции с предиктантом. На рисунке приведено пространственное распределение парных коэффициентов корреляции, модуль которых выше 0,4. Информативные предикторы, сгруппированные в отдельные области и имеющие одинаковые сдвиги во времени, осреднялись по пространству. Полученные реализации были использованы при вычислении уравнений множественной регрессии для прогноза годового стока р.Зарафшан.

Расчетное уравнение выбирали поэтапно: составляли несколько уравнений для прогноза, вычисляли прогнозы и проделывали различные комбинации осреднения прогнозов; последние подвергались проверке на независимом материале.

Расчетным уравнением (или группой) являлось то, для которого число оправдавшихся на независимом материале прогнозов (или прогнозов, полученных в результате осреднения по нескольким уравнениям) было наилучшим. Прогноз считался оправдавшимся, если



— $R > 0.4$

Распределение коэффициентов корреляции между стоком р. Зарейшан и приземным давлением (а) и температурой (б).

Таблица I

Вид уравнения	Длина выборки		R_{ca}	R_{sup}	R_{inf}
	: обуча- щая	: прове- лочная			
$Q_1 = 0,132 T_3^{(10)} - 0,325 T_2^{(10)} + 0,148 D_4^{(6)} + 155$	27	12	0,84	0,93	0,66
$Q_2 = -0,103 T_3^{(10)} - 0,25 D_2^{(5)} + 0,397 D_1^{(5)} + 157$	31	12	0,82	0,91	0,65
$Q_3 = -0,106 T_1^{(9)} - 0,17 D_3^{(9)} + 0,124 D_4^{(6)} + 156$	33	12	0,75	0,87	0,54

Примечания. $T_j^{(i)}$; $D_j^{(i)}$ — средние по пространству температура и давление;
 j — номер осредняемой области (рис. I);
 i — величина сдвига относительно января месяца прогнозируемого года, выраженная в месяцах.

Проверка прогнозов на независимом материале, м³/с

Сред- нее прогно- зов по уравне- ниям	1961:1962:1963:1964:1965:1966:1967:1968:1969	1970	1971	1972	1973:1974	Оправ- дане- мость, %							
I	-19	17	-5	-1	-32	23	-10	11	3	-31	79	5	50
2	-5	-5	-7	-4	-56	-11	-5	-9	4	-33	14	-68	75
3	-25	-15	5	-2	-	-	1	5	6	-30	59	-8	67
I,2	-12	6	-6	-3	-44	6	-7	1	4	-32	47	31	67
I,3	21	12	-6	-2	-	-	-5	8	5	-31	69	-2	70
2,3	-14	0	7	-3	-	-	-2	-2	5	-31	37	38	70
I,2,3	-15	6	-6	-2	-	-	-5	2	5	-31	51	-23	70

модуль его ошибки был меньше или равен $0,674 \sigma$ (σ - с.к.о. прогнозируемого ряда; для р.Зарафшан $0,674 \sigma = 15 \text{ м}^3/\text{с}$).

Вид уравнений и основные статистические характеристики приведены в табл. 1; проверка прогнозов на независимом материале - в табл. 2.

Анализ проверки прогнозов на независимом материале показал, что их осреднение приводит к лучшим результатам. Прогнозы, полученные по отдельным уравнениям, могут существенно отличаться от фактических (79; -56; -68).

Выбранные информативные области согласуются с центрами действия атмосферы (районы Ньюфаундленда, Исландии, Алеутских островов, Сибири, Казахстана, Таймыра).

Список использованной литературы

1. Аристова Л.Н. и др. Банк данных "Синоптическая метеорология". - М.: Гидрометеиздат, 1987. - 170 с.
2. Багров Н.А. и др. Долгосрочные метеорологические прогнозы. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 247 с.
3. Вопросы сезонных прогнозов погоды/ под ред. Н.М.Захаровой. - Тр.Гидрометцентра СССР, 1987. Вып.287. - 136 с.
4. Методы долгосрочных прогнозов погоды/ под ред. Н.И.Зверева и др. - Тр. Гидрометцентра СССР, 1987. Вып.293. - 184 с.
5. Пагава С.Т. и др. Основы синоптического метода сезонных прогнозов погоды. - Л.: Гидрометеиздат, 1966. - 362 с.

Х.А.Курбанов

К ВОПРОСУ ТУРБУЛЕНТНОСТИ РУСЛОВОГО ПОТОКА

(САНИИФИ им. В.Д.Журина)

Движение воды в гидротехнической практике почти всегда носит турбулентный характер. Турбулентное течение, будучи наиболее сложной формой движения жидкости, трудно поддается как теоретическому, так и экспериментальному исследованию, хотя изучение его является одной из важнейших задач теории руслового процесса.

В последнее время установлено, что турбулентный поток представляет собой совокупность вихревых образований, которые взаимодействуют между собой и оказывают влияние на ограничивающую его поверхность (русло). В свою очередь русло (размываемое) оказывает влияние на структуру потока, т.е. они составляют единую систему "поток-русло".

Изучению кинематической структуры турбулентного потока посвящены работы как отечественных, так и зарубежных авторов: М.А. Велликанова [1], В.М. Минского [2], Б.А. Фидмана [3], Д.И. Гринвальда [4], И.К. Никитина [5], А.Б. Клавена [6], Ж. Конт-Белло [7] и многих других.

С помощью скользящей фотосъемки А.Б. Клавеном [6] обнаружена совокупность структурных образований, имеющих в турбулентном потоке. Согласно его данным, наиболее крупные вихри с поперечными размерами, соизмеряемыми с глубиной потока, имеют сложную внутреннюю структуру, заполненную мелкими вихревыми образованиями. Эти крупные структурные образования характеризуются наибольшими значениями орбитальной скорости, низкой частотой, относительно большой устойчивостью и являются наиболее энергонесущими вихрями. Форма этих вихрей близка к эллипсу. Именно с крупномасштабными вихревыми элементами связаны максимальные значения мгновенных продольных и вертикальных составляющих скорости и они определяют характер распределения осредненных и пульсационных составляющих скорости.

Отметим, что большинство исследований [1,2,3,5,6,7] проводилось на прямоугольных гидравлических лотках в условиях неподвижного дна. Поэтому важное значение имеет изучение турбулентности потока в пространственном и деформированном русле. Однако данные, полученные в этом направлении, крайне скромны. Объясняется это рядом трудностей: сложностью структуры турбулентного потока, недостаточной надежностью приборов, используемых в натурных условиях и т.д.

Ниже приводятся результаты исследований структуры турбулентного потока на крупномасштабной экспериментальной установке длиной 220 м, шириной 10 м, высотой стенки 1,2 м, с расходом воды от 100 до 700 л/с. В качестве размываемого материала использован песок со средним диаметром $d_{cp} = 0,2$ мм (исследование выполнено в отделе русел САННИРИ под руководством чл.-корр. ВАСХНИЛ А.М. Мухамедова).

К методике исследований [9] можно добавить следующее: уклоны водной поверхности измеряли с помощью шпигел-масштаба с точностью до 0,1 мм, установленного в мерных створах по длине модели.

Опыты проводили в руслах с параболическим поперечным сечением как с гладко-зернистой шероховатостью $\frac{V}{V_0} = 1,0$, так и с грядовой формой дна. Грядовая шероховатость получена при относительной скорости $\frac{V}{V_0} = 1,1-1,3$. Причем во всех опытах наблюдался равномерный режим и опыты проводились круглосуточно (без остановки) до стабилизации основных параметров потока и русла.

Кинематические характеристики измеряли с помощью микровертушки (диаметр лопасти $d_n = 5-6$ мм) конструкции САННИРИ с электронным счетчиком, имеющим выход на светолучевой осциллограф марки Н043.1. На каждой вертикали, которые назначались с шагом 0,5 м в основной части ширины русла и 0,1-0,15 м - у уреза воды скорости течения (с продольной составляющей пульсации) измеряли в точках с интервалом 2-5 см в основной толще потока и 0,5-1 см вблизи дна с расчетом 10-20 точек на вертикали в зависимости от глубины потока.

При оценке степени турбулентности обычно пользуются отношением среднеквадратического отклонения пульсаций к какой-либо характерной скорости (динамическая, средняя в точке, средняя по вертикали и т.д.). Нами в качестве такой скорости принята средняя по вертикали и составлены графики распределения интенсивности турбулентности по глубине потока на различных вертикалях по ширине русла (рис. 1, 2, 3).

Из анализа этих графиков (рис. 1, а, 2, а, 3, а) видно, что интенсивность турбулентности по мере удаления от дна увеличивается. Достигнув на некотором расстоянии от дна δ локального максимума, она начинает уменьшаться, но с приближением к поверхности опять возрастает. Расстояние от дна до локального максимума совпадает с расстоянием δ , впервые введенным И.К. Никитиным [5] и называемым толщиной пограничного слоя. По его данным, эта точка совпадает также с максимумом в графике $\frac{u'v'}{V_*} = f(\eta)$. Подобный характер распределения интенсивности турбулентности по глубине потока отмечали многие авторы [2,5,7,8,9].

Анализ аналогичных графиков на других вертикалях, расположенных по ширине русла (рис. 1б, в, 2б, в, 3б, в), показал, что распределение интенсивности турбулентности продольной составляющей

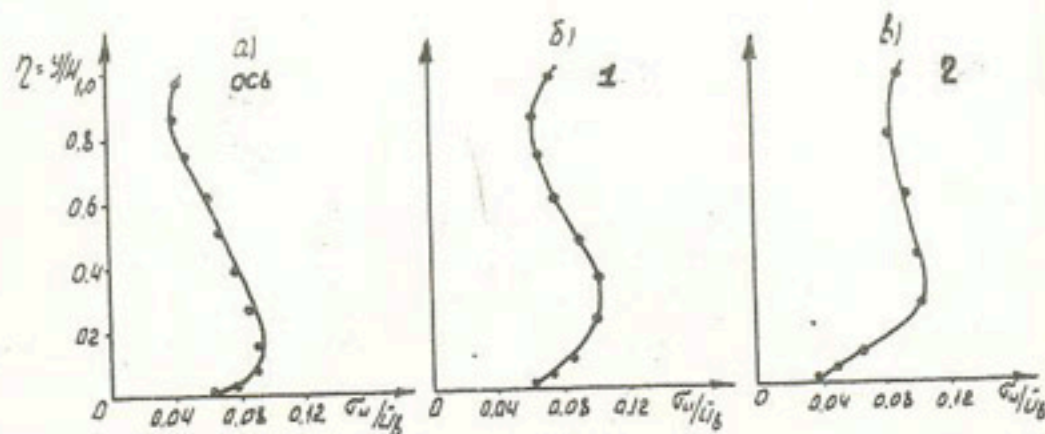


Рис.1. Графики распределения значений интенсивности турбулентности ($\zeta_u/\bar{u}_b$) по глубине потока при $U/U_0 = 1,1$ в опыте I ($H_{cp} = 0,30$ м, $\beta_{cp} = 20$, $H_{m0} = 0,413$ м).

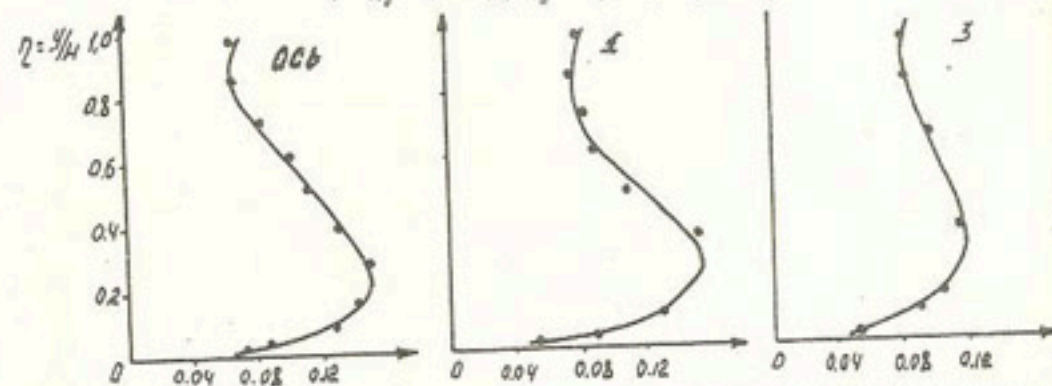


Рис.2. Графики распределения значений интенсивности турбулентности ($\zeta_u/\bar{u}_b$) по глубине потока при $U/U_0 = 1,1$ в опыте 2 ($H_{cp} = 0,30$ м, $\beta_{cp} = 20$, $H_{m0} = 0,427$ м).

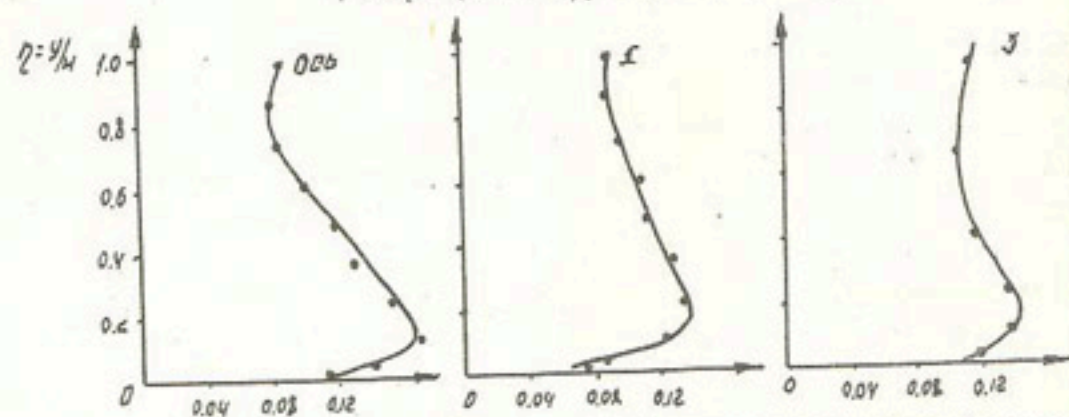


Рис.3. Графики распределения значений интенсивности турбулентности (продольной составляющей $\zeta_u/\bar{u}_b$) по глубине потока при U/U_{crit} и грядовой форме дна в конце опыта 2.

скорости по глубине потока с удалением от оси к урезам более выравнено и отношение y/H , соответствующее локальному максимуму, к урезам увеличивается.

Кроме того, по данным измерений (графиков) подсчитаны средние значения интенсивности турбулентности на вертикалях и построены графики распределения осредненных значений интенсивности турбулентности по ширине русла (рис.4а,б). Как видно из рисунков, распределение осредненных значений интенсивности турбулентности на вертикалях имеет аналогичный характер с распределением ее по глубине потока, т.е. по мере удаления от уреза интенсивность турбулентности увеличивается и, достигнув на некотором расстоянии от уреза локального максимума, начинает уменьшаться, но с приближением к оси снова возрастает. Характерно, что отношение расстояния от уреза до локального максимума к половине ширины $\frac{2\Delta}{B}$ колеблется в таких же пределах, как и отношение $\frac{\delta}{H}$, т.е. от 0,1 до 0,3.

На основе этих графиков были подсчитаны значения средней по сечению интенсивности турбулентности $K = (\frac{\zeta_u}{\bar{u}_b})_{ср.с.}$ продольной составляющей скорости и построен график зависимости степени деформации B/B_0 от интенсивности турбулентности K , т.е. $\frac{B}{B_0} = f(K)$ для опытов первой серии с одинаковыми начальными условиями: $\beta_{cp} = B/H_{cp} = const = 20$, $\frac{V}{V_0} = const = 1,1$, $H_{cp} = 0,15; 0,225; 0,30$ м и $d_{cp} = 0,2$ мм (рис.5).

Анализ этого графика показывает, что при прочих равных условиях большая деформация малых песчаных каналов обусловливается повышенной турбулентностью потока по сравнению с крупным каналом.

Отсюда следует выводы:

распределение интенсивности турбулентности продольной составляющей скорости по глубине потока от оси к урезам более выравнено и отношение y/H , соответствующее локальному максимуму, к урезам увеличивается;

распределение осредненных значений интенсивности турбулентности на вертикалях по ширине русла имеет аналогичный характер с распределением ее по глубине потока;

отношение расстояния от уреза до локального максимума (в плановом распределении) к половине ширины $\frac{2\Delta}{B}$ находится в таких же пределах, как и $\frac{\delta}{H}$, т.е. от 0,1 до 0,3;

чем больше интенсивность турбулентности, тем больше степень деформации русла.

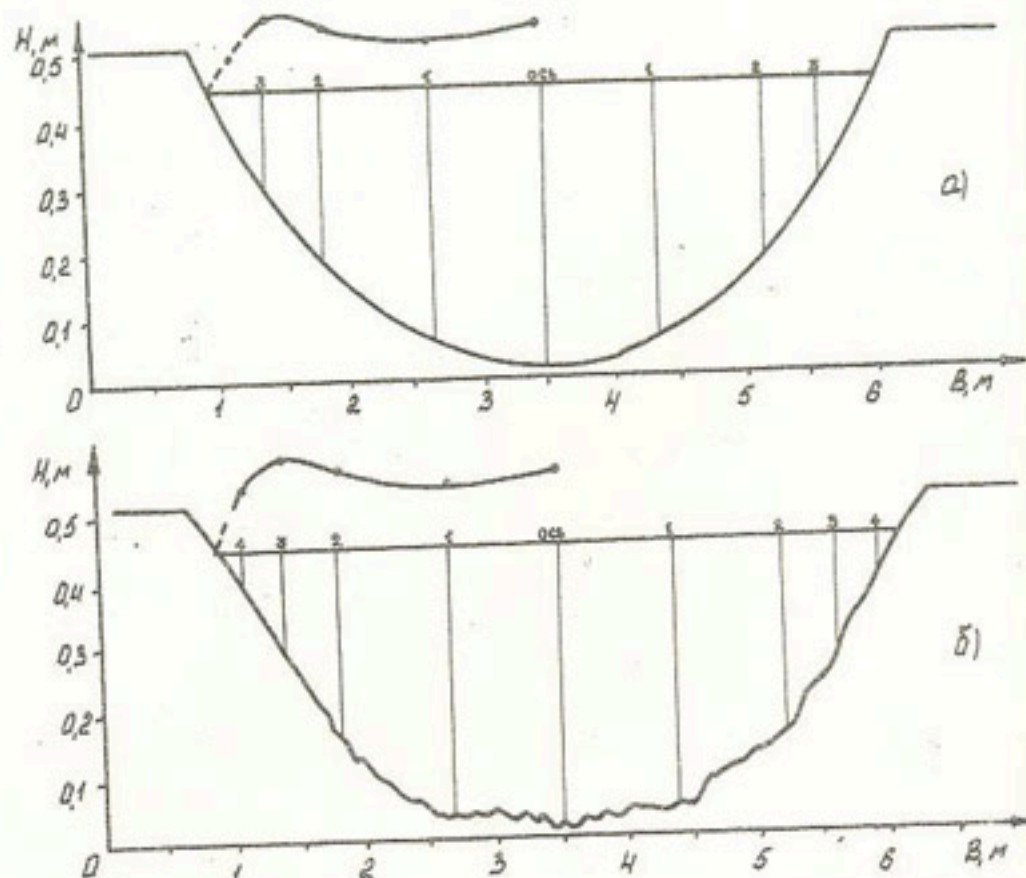


Рис.4. Распределение осредненных на вертикалях значений интенсивности турбулентности по ширине русла статически (а) и динамически (б) устойчивого сечения в опытах I и 2.

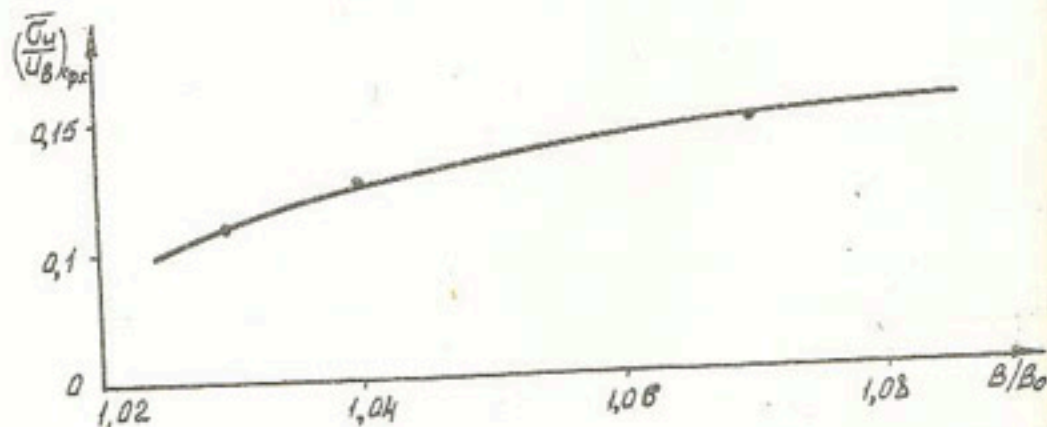


Рис.5. График зависимости степени деформации русла от интенсивности турбулентности потока.

Список использованной литературы

1. Великанов М.А. Динамика русловых потоков. - М.-Л.: 1936. - 224 с.
2. Минский Е.М. Турбулентность руслового потока. - М.: Гидрометеиздат, 1952. - 164 с.
3. Фидман Б.А. Основные результаты экспериментального изучения структуры турбулентных потоков// Проблемы русловых процессов. - Л.: Гидрометеиздат, 1953. - С.138-150.
4. Гринвальд Д.И. Турбулентность русловых потоков. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 166 с.
5. Никитин И.К. Сложные турбулентные течения и процессы переноса. - Киев: Наукова думка, 1980. - 237 с.
6. Клавен А.Б. Исследование структуры турбулентного потока// Труды/ИТИ, 1966, вып.136. - С.76-100.
7. Конт-Белло Ж. Турбулентное течение в канале с параллельными стенками. - М.: Мир, 1969. - 176 с.
8. Кнороз В.С. Влияние грядовой формы дна на характеристики турбулентности безнапорных водных потоков. - М.: Энергия, 1965, - С.142-169.
9. Курбанов Х.А. Некоторые результаты исследования турбулентных характеристик потока на крупномасштабных моделях песчаных каналов// Тезисы докл.республ.науч.конф., посвященной 60-летию ИКСМ Узбекистана. - Ташкент, 1985. - С.89-90.

А.Х.Садыков,

Л.Х.Ирмухамедова

(САННИРИ им. В.Д.Журина)

ПРОГНОЗ ДЕФОРМАЦИИ НЕУКРЕПЛЕННЫХ ОТКОСОВ НИЗКОНАПОРНЫХ ПЛОТИН, СЛОЖЕННЫХ ИЗ НЕСВЯЗНЫХ ГРУНТОВ

Прогноз деформации неукрепленных откосов подпорных земляных сооружений или берегов водохранилищ имеет большое практическое значение /1/. При этом задача сводится к определению двух основных параметров; объема размыва откоса или берега ΔW и ширины полосы размыва L_p .

На основании данных исследований получены уравнение и график для определения коэффициента откоса из несвязного грунта после воздействия на откос ветровых волн /2/. На основании этого

графика и принятой расчетной схемы размыва откоса ветровыми волнами (рис.1) нами предлагается график для определения объема размыва земляного сооружения или берега из несвязного грунта (рис.2). С помощью данного графика можно определить объем размыва I м длины сооружения ветровыми волнами за расчетный период

ΔW при известных параметрах m_y , E_i , d_p . Здесь m_y - коэффициент устойчивого откоса для данного грунта; определяется по графику Б.А.Пышкина [1] в зависимости от высоты волны; E_i - энергия волн за расчетный период, приходящаяся на I м длины сооружения, $\frac{Q_{ж}}{M}$; d_p - максимальная глубина размыва откоса, м

$$d_p = \frac{\lambda}{4\pi} \ln(B + \sqrt{B^2 + 1}), \quad (I)$$

где

$$B = \frac{\pi g h^2}{4 \lambda V_{н.г.}}$$

h , λ - высота и длина ветровых волн, м;

$V_{н.г.}$ - допустимая неразмывающая скорость для данного грунта,

Зависимость (I) уточняет формулу, рекомендованную в [3].

Согласно расчетной схеме (см.рис.1) определили ширину полосы размыва сооружения или берега, сложенного из несвязного грунта. При размыве сооружения в пределах откоса ширину полосы размыва определяют по зависимости

$$L_p = \left(d_p \frac{m_k - m_n}{m_n - m_o} + h_{ушп} \frac{m_k - m_o}{m_n - m_o} \right) m_n, \quad (2)$$

где m_o - коэффициент естественного откоса для данного грунта;

m_n - коэффициент начального откоса;

m_k - коэффициент откоса после воздействия ветровых волн за расчетный период; определяется по графику [2].

При размыве сооружения в пределах гребня сооружения, когда $m_k > m_r$, ширину полосы размыва находят по зависимости

$$L'_p = d_p (m'_k - m_n) + H_{н.б.} m_o + h_{ушп} (m'_k - m_o), \quad (3)$$

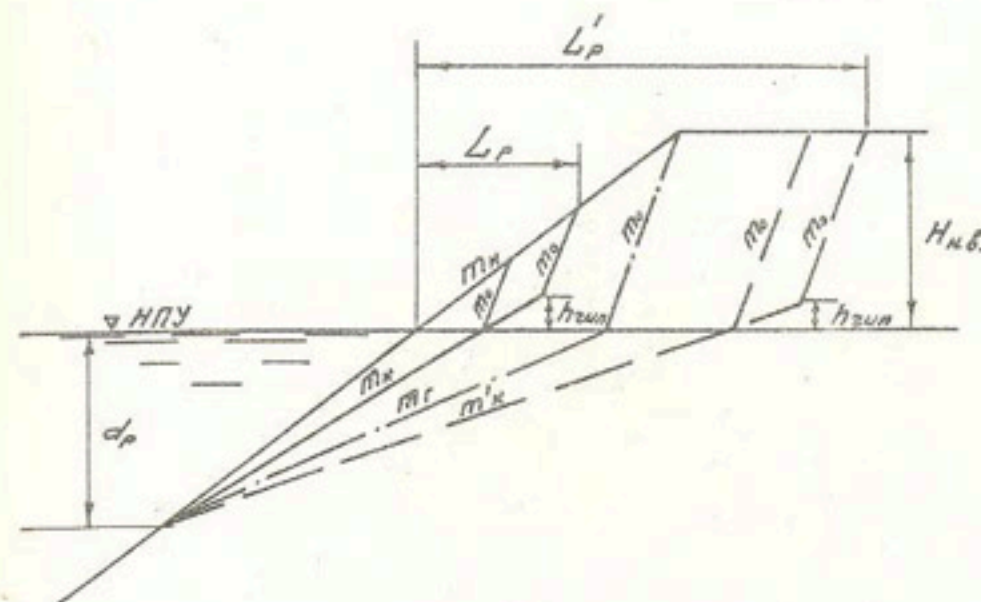


Рис.1. Расчетная схема размыва откоса из несвязного грунта ветровыми волнами при постоянном уровне воды.

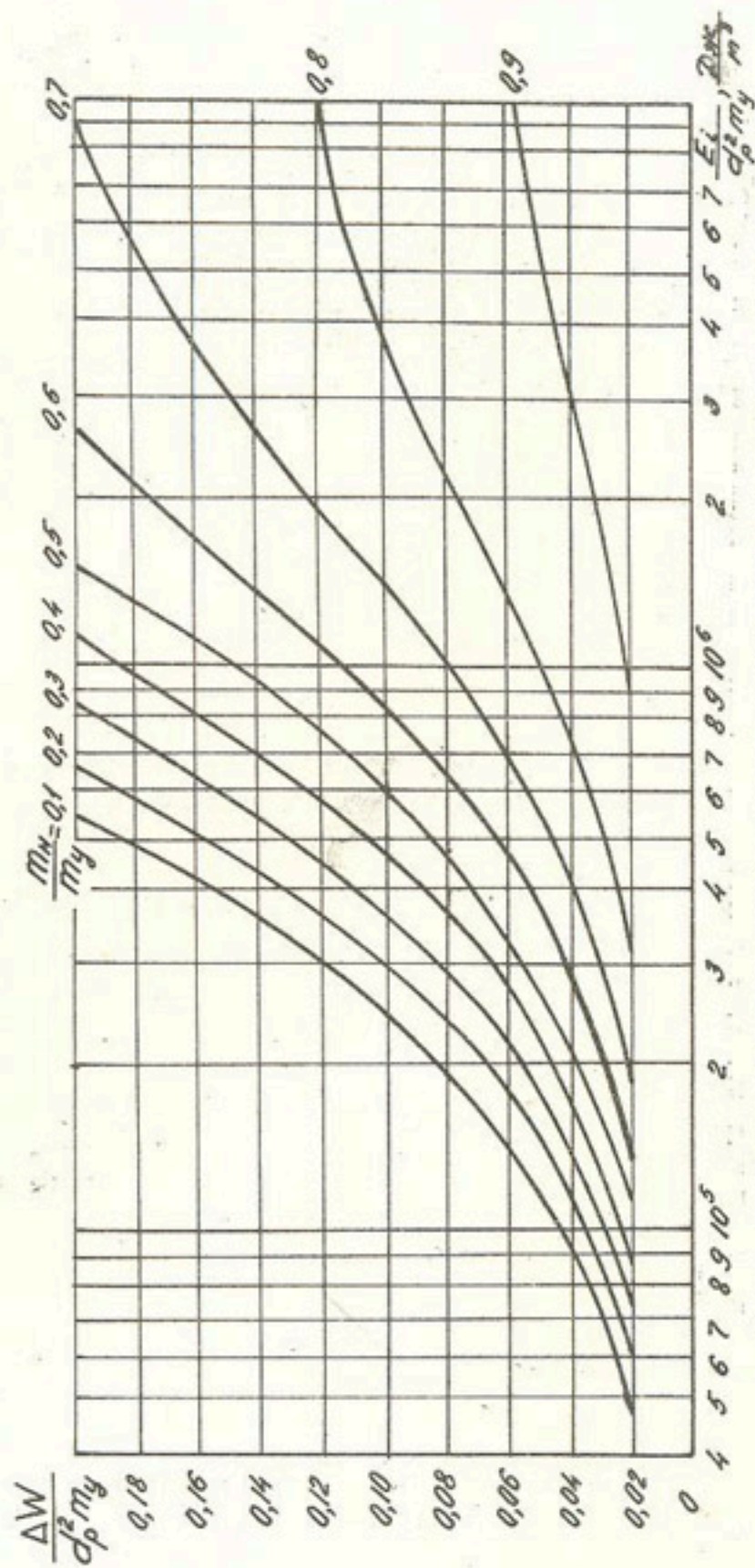


Рис. 2. График для определения зависимости объема разрыва дамбы из несвязного грунта от суммарной энергии волн и начального коэффициента откоса.

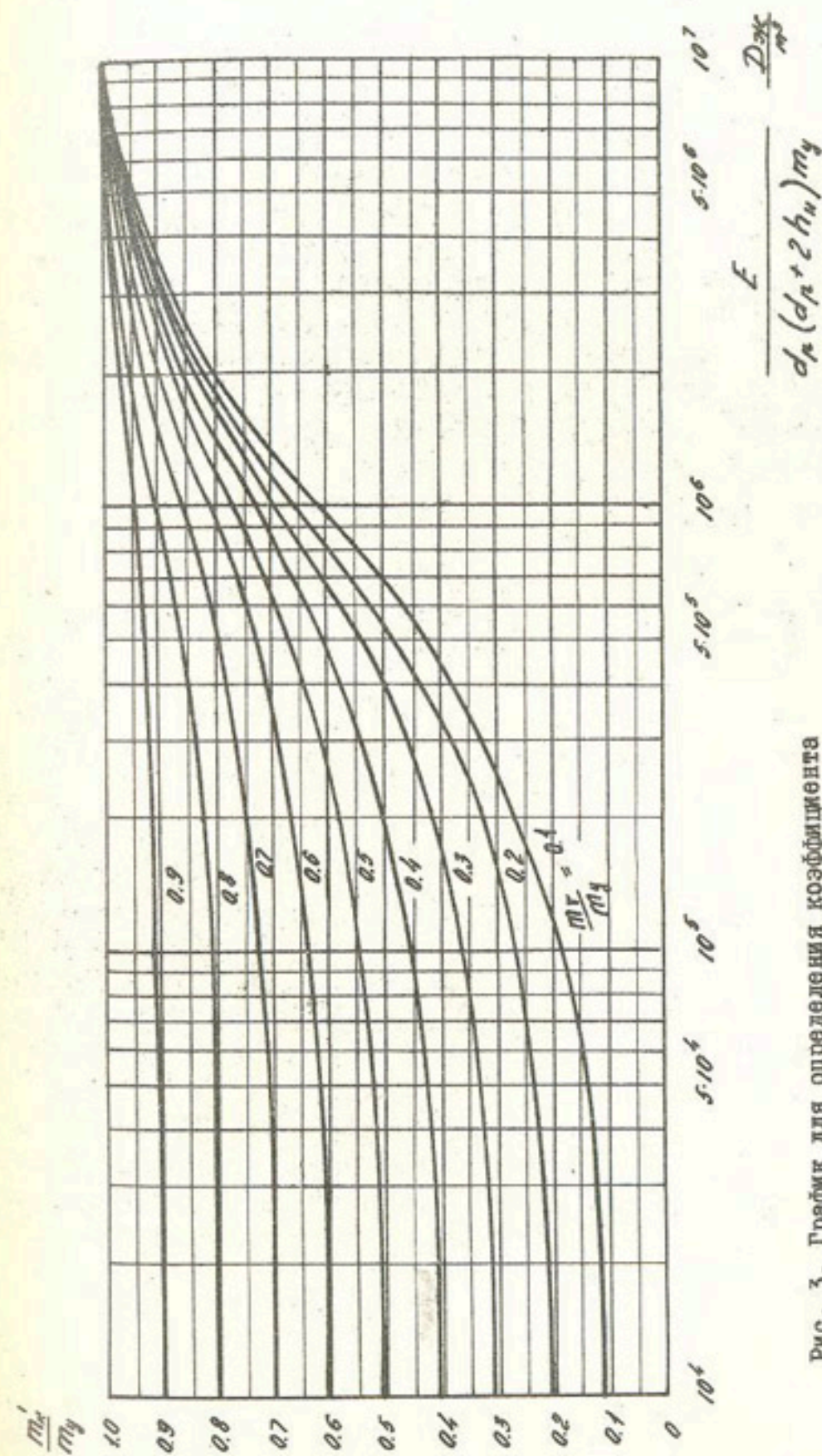


Рис. 3. График для определения коэффициента откоса m'_k из несвязного грунта.

где $H_{н.б.}$ — высота надводной части земляного сооружения, м;
 $h_{вол}$ — высота наката волн на откос, м; определяется по СНиП 2.06.07-82;
 m'_k — коэффициент откоса после воздействия ветровых волн за расчетный период, когда размыв происходит в пределах гребня сооружения.

Для определения m'_k нами предлагается график (рис.3).

Очевидно, по прогнозу деформации откоса следует предварительно определить, на каком участке сооружения будет происходить размыв в расчетный период. Для этого необходимо установить значение "граничного" коэффициента откоса m_r . Согласно расчетной схеме (см.рис.1)

$$m_r = m_n + \frac{H_{н.б.}}{d_p} (m_n - m_o). \quad (4)$$

Предлагаемые зависимости и графики позволяют определить параметры переформирования неукрепленных откосов или берегов из несвязных грунтов при постоянном уровне воды в водоеме. Они использованы при составлении "Указаний по проектированию волноустойчивых откосов дамб рыбоводных прудов" и "Типового проекта дамб рыбоводных прудов", утвержденных Минрыбхозом СССР.

Список использованной литературы

1. Пыткин Б.А. Динамика берегов водохранилищ. — Киев: Наукова думка, 1973. — 412 с.
2. Садиков А.Х., Ирмухамедова Л.Х. Прогноз деформации берегов малых водоемов и низконапорных плотин из несвязных грунтов при воздействии ветровых волн // Известия АН УзССР. Серия техн.наук. — 1987. — № 3. — С.46-48.
3. Садыков А.Х., Белесков Б.И., Закурдаев А.К. Прогноз деформации откосов низконапорных дамб из слабых грунтов при воздействии ветровых волн // Развитие исследований в области русловой гидротехники в Средней Азии. — Ташкент, 1984. — С.107-111.

Н.М.Салихов
 (САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ЗАЩИТНО-ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В ФЕРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ^{*)}

Интенсификация работ по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель в Ферганской области связана со строительством закрытого горизонтального дренажа. Применение в качестве фильтров рулонных защитно-фильтрующих материалов (ЗФМ) из минеральных и синтетических волокон, производимых из отходов местной химической промышленности, позволяли повысить индустриализацию строительства закрытого дренажа. Однако отсутствие достаточно надежных расчетных методов по подбору искусственных фильтрующих материалов тормозит этот процесс.

Объясняется это большим разнообразием агрегатного состава защищаемых грунтов и использованием искусственных материалов, предназначенных для других отраслей народного хозяйства.

Оценка пригодности того или иного фильтрового материала для различных категорий грунтов производится, как правило, экспериментально. В связи с этим нам необходимо было решить вопрос о применении искусственных материалов в качестве фильтров при строительстве закрытого горизонтального дренажа в Ферганской области.

Исследования проводили в лабораторных условиях на фильтрационных приборах типа Дарси. В качестве фильтра использовали рулонный искусственный материал (ТУ-УзССР-201-80), выпускаемый навоийской экспериментальной фабрикой. Грунты для опытов отбирали на объектах строительства горизонтального дренажа в Алтынарском и Раштанском районах Ферганской области.

По классификации Н.А.Качинского исследуемые грунты относятся к тяжелым суглинкам. Основные характерные частицы и коэффициент неоднородности η составляют: для грунтов (к/з "Москва") $d_{10} = 0,0012$ мм; $d_{50} = 0,014$ мм; $d_{60} = 0,025$ мм и $\eta = 20,83$; для грунтов (к/з "Пахтаабад") $d_{10} = 0,00048$; $d_{50} = 0,0075$; $d_{60} = 0,015$ и $\eta = 31,25$ и для грунтов (к/з "Раштан"), соответственно, 0,0007; 0,0065; 0,013 и $\eta = 19,11$.

^{*)} Работа выполнена под руководством Г.Р.Климовой, канд.техн.наук.

Число пластичности, равное 10–15, свидетельствовало о достаточной устойчивости грунтов при воздействии на них фильтрационного потока грунтовых вод. При проведении исследований соблюдались следующие условия. На перфорированную пластинку фильтрационного прибора монтировали фрагмент фильтра. Засыпали грунт влажностью 10–12 % и объемной массой 1,2–1,3 г/см³, что характерно для грунта обратной засыпки дренажных траншей. Для предотвращения размыва грунта сверху насыпали песчано-гравийную смесь. Высота образца грунта принималась 20 см. После загрузки производили подпитку, заполняли прибор водой, подключали пьезометры. Затем при постоянном напоре воду пропускали через систему грунт-фильтр.

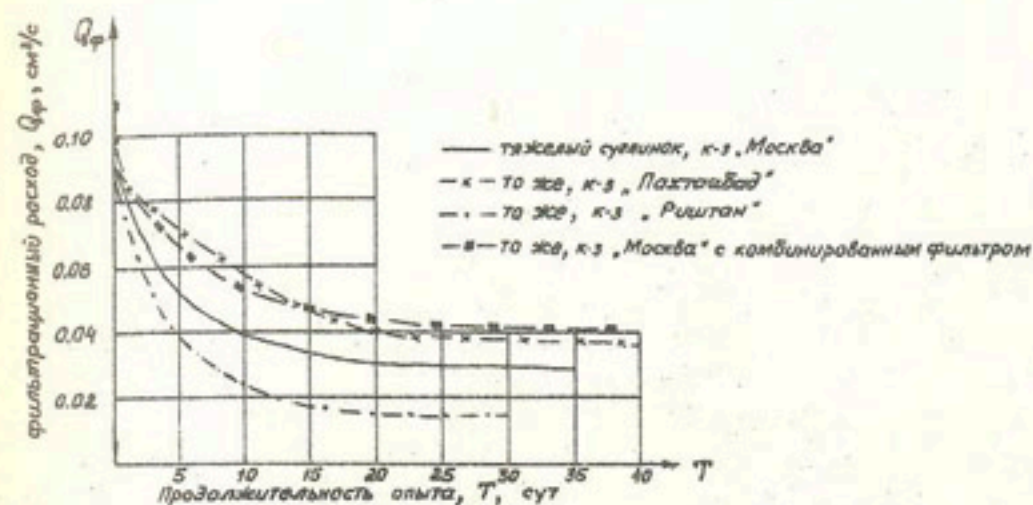
Во время опытов фиксировали фильтрационный расход, температуру воды, распределение напоров в контактной зоне и послойно в грунте. Опыты продолжались 30–50 сут. и прекращались при стабилизации напоров, а также фильтрационного расхода. После опытов определяли вес вынесенных в отстойник прибора суффозионных частиц и вес колыматирующих частиц в образце фильтра.

В начале опытов значения фильтрационного расхода для всех вариантов составили 0,091–0,093 см³/с. За счет консолидации грунта фильтрационный расход снизился до 0,036–0,015 см³/с и, соответственно, уменьшился коэффициент фильтрации дренируемого грунта. Так, в колхозе "Риштан" коэффициент фильтрации снизился в 7,3 раза, в колхозе "Москва" – в 2,89; в колхозе "Пахтабад" – в 3,25 раза. При этом установившийся коэффициент фильтрации дренируемого грунта во всех хозяйствах составил 0,038 – 0,040 м/сут.

Отметим, что для всех вариантов фильтрационные расходы стабилизировались через 20–25 сут (рисунок).

Как показали результаты проведенных исследований, при фильтрации в различных грунтах через нетканное полотно (ТУ-УзССР – 201-80) в контактной зоне фильтр-грунт потери напора очень незначительны – 0,1–0,4 см. Оценку и сопоставление водоприемной способности искусственного ЗФМ в опытах проводили по величинам приведенного расхода. Значения приведенного расхода получены примерно одни и те же ($\frac{Q}{K} = 0,078–0,70$), что позволило сделать заключение об идентичности водоприемной способности защитно-фильтрующих материалов.

Визуальный осмотр и расчеты показали, что при фильтрации



Динамика фильтрационных расходов ЗФМ (ТУ-УзССР-201-80) с комбинированным фильтром по вариантам опыта.

через дренируемый грунт, представленный по механическому составу тяжелым суглинком с наличием шохового горизонта в зоне заложения дренажа (к/з "Москва"), произошла не только колыматация фильтра, но и наблюдался максимальный вынос суффозионных частиц через фильтр. Суммарный удельный показатель фильтрационных деформаций (колыматации – 0,060 и суффозии – 0,148 г/см²) для данного грунта равнялся 0,208 г/см². Суффозионный вынос частиц отмечался и в опытах с грунтом (к/з "Риштан"), величина которого составила 0,135 г/см², а в опытах с грунтом (к/з "Пахтабад") колыматация фильтра была незначительной – 0,022 г/см².

Отсюда можно сделать вывод, что фильтрационные деформации в контактной зоне наиболее интенсивно происходят в грунтах, коэффициент неоднородности которых составляет 19,11 – 20,85.

Для обеспечения защиты связных грунтов (на примере грунтов, отобранных в к/з "Москва") изучали вопросы применения комбинированного фильтра, то есть дополнительной обсыпкой искусственных ЗФМ местным некондиционным сыпучим материалом. В этих целях использовали песчаный песок толщиной 5 см.

При применении комбинированного фильтра в данном опыте величина фильтрационного расхода и коэффициента фильтрации системы при установившемся режиме фильтрации составила 0,041 см³/с и 0,05 м/сут. Причем в опытах с комбинированным фильтром величина удельных показателей фильтрационных деформаций снизилась

в 2,85 раза по сравнению с теми опытами, когда применяли ЗФМ из нитронного полотна.

Таким образом, дополнительная обсыпка искусственного ЗФМ несвязным грунтом позволила не только увеличить водоприемную способность фильтра, но и исключить суффозионный вынос.

В то же время следует отметить, что процесс переформирования контактного слоя завершается довольно быстро (через 20-80 сут). Поэтому можно сделать заключение о возможности использования искусственных ЗФМ (ТУ-УзССР-201-80) в конструкции закрытого дренажа при дренировании связных грунтов.

Обобщая результаты опытно-фильтрационных исследований на фильтрационных приборах типа Дарси по оценке пригодности ЗФМ для суглинистых грунтов, отобранных в зоне заложения дренажа в колхозах "Москва", "Пахтаабад" и "Риштан", подчеркнем их различие в выборе конструкций водоприемной части дрен. Учитывая, что в начальный период фильтрации полотно, выпускаемое навоийской экспериментальной фабрикой, не обеспечивает фильтрационную устойчивость связных грунтов (к/з "Москва" и "Риштан") с коэффициентом неоднородности $\eta \leq 20$, рекомендуется строительство дрен из пластмассовых гофрированных труб с комбинированным фильтром. В колхозе "Пахтаабад" целесообразнее применять конструкцию дрен с обмоткой ЗФМ (ТУ-УзССР-201-80).

Одновременно следует учитывать глубину залегания грунтовых вод, от которой зависит способ строительства закрытого горизонтального дренажа.

А.Г.Галустян
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ВОДОПРИЕМНОЙ СПОСОБНОСТИ ДРЕН С ИСКУССТВЕННЫМИ ЗАЩИТНО-ФИЛЬТРУЮЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ (ЗФМ) ^{х)}

При строительстве закрытых дрен узкотраншейными дренажниками в некоторых случаях происходит выклинивание в траншею грунтовых вод. При смешивании с грунтом обратной засыпки они образуют суспензии различной концентрации, которые, попадая на поверхность искусственных фильтров, могут экранировать фильтр и увеличивать фильтрационное сопротивление дрены.

В лабораторных условиях на фильтрационных приборах типа Дарси изучалось формирование контактной зоны при фильтрации суспензий различной концентрации через искусственные ЗФМ. Установлено, что при фильтрации суспензии с концентрацией 0,01 (отношение массы сухого грунта к массе чистой воды) происходит проникновение частиц грунта в толщу фильтрового материала, а также вынос их в отстойник прибора. На поверхности фильтра образуется незначительный слой осадка. При фильтрации суспензии с концентрацией 1 на поверхности фильтра образуется значительный слой наилка без проникновения частиц в толщу фильтра и выноса их в отстойник. И в том, и в другом случае отмечаются высокое фильтрационное сопротивление системы фильтр-наилок и снижение фильтрационного расхода. Проницаемость фрагмента фильтр-наилок в обоих случаях была одинаково низкой - 0,026-0,029 м/сут, то есть происходило экранирование дрены.

Для оценки влияния экранирующего воздействия грунта обратной засыпки на работоспособность конструкции дрены из пластмассовых труб с искусственными ЗФМ и выработки средств повышения ее водоприемной способности проведена серия экспериментов методом ЭГДА на плоских моделях и физическое моделирование на прямоугольном грунтовом лотке. Моделировалась работа подрусловой дрены из пластмассовых труб диаметром 125 мм с фильтром из искусственных ЗФМ толщиной 4 мм.

Варианты исследуемых конструкций приведены на рис. 1, а

^{х)} Работа выполнена под руководством канд.техн.наук
Н.И.Горошкова.

основные результаты моделирования представлены в табл. I и на рис. 2, 3, 4.

Как показали результаты экспериментов, при укладке дренажных труб с искусственными ЗФМ на дно узкой траншеи ($\delta \leq 0,3$ м) и при однозначных коэффициентах фильтрации дренируемого грунта и грунта обратной засыпки ($K_1 = K_2$) (рис. I, вариант I) фиксируется максимальный приток к дрене (100 %), потери напора в придренной зоне не превышают 20 % (рис. 2а).

Снижение фильтрационных свойств грунта обратной засыпки приводит к возрастанию потерь напора в придренной зоне и существенному снижению расхода. Так, при соотношении $K_1/K_2 = 2$ потери напора в придренной зоне составляют 30 % (рис. 2 б), а фильтрационный расход — лишь 85 % от максимального (табл. I). Дальнейшее снижение коэффициента фильтрации грунта обратной засыпки ($K_1/K_2 > 10$) ведет к потерям напора в придренной зоне до 60 % (рис. 2 в) и снижению стока до 38 % от максимального.

Одним из способов увеличения водоприемной способности дрен при узкотраншейном способе строительства является применение комбинированных фильтров (сочетание искусственных ЗФМ с местными рассыпными материалами). Как видно из табл. I, при соотношении коэффициентов фильтрации дренируемого грунта и грунта обратной засыпки $K_1/K_2 = 2$ комбинированный фильтр, устраиваемый по схеме, приведенной на рис. I (вариант II), позволяет за счет увеличения водоприемного контура и площади контакта с грунтом ненарушенной структуры на 35 % повысить расход дрены.

Увеличить площадь контакта дренажной конструкции с грунтом ненарушенной структуры можно путем укладки дренажной трубы, обернутой искусственным ЗФМ, в специальный желоб, вырезаемый на дне траншеи (рис. I, вариант III).

Согласно нашим проработкам, эффективность данной конструкции водоприемной части дрен проявляется при соотношениях $K_1/K_2 > 10$ (увеличение притока в 1,56 раз, потери напора в придренной зоне — 30 %). При $K_1/K_2 \approx 2$ увеличение притока незначительное (5 %) и усилить эффективность дрены в этом случае можно за счет использования элементов обсыпки (рис. I, вариант IV).

Экранирование дрен грунтом обратной засыпки может сопровождаться кольматацией искусственных ЗФМ. Для изучения этих процессов во взаимодействии начаты опыты на прямоугольном

Таблица I

Результаты моделирования на интеграторе ЭЦМ

Вариант опыта	Коэффициент фильтрации грунта в лотке : $K_1, \text{м/сут}$	$\Delta u = \frac{\Delta u}{\Delta y}$; : В/м	$\Delta u = \rho \cdot K$; : Ом.м	$\frac{\Delta u}{A \cdot \text{сут}}$; : м ²	γ ; : м ² /сут	γ ; : Q = γ / K_1 ; Q/Q _{max} , %
I ^a , $K_1 = K_2$	0,3	20	1230	0,016	0,00322	0,198 100
I ^b , $K_1/K_2 \approx 2$	0,3	20	16800	0,0012	0,000202	0,169 85
I ^c , $K_1/K_2 > 10$	0,3	20	1230	0,016	0,00122	0,075 38
II, $K_1/K_2 > 2$, $K_3/K_1 > 10$	0,3	20	16800	0,0012	0,00027	0,229 115
III ^a , $K_2 = 0$	0,3	20	1230	0,0163	0,00183	0,113 58
III ^b , $K_2 \approx 2$	0,3	20	16800	0,0012	0,000209	0,176 89
III ^c , $K_1/K_2 > 10$	0,3	20	1230	0,0163	0,00191	0,117 59
IV, $K_1/K_2 \approx 2$, $K_3/K_1 > 10$	0,3	20	16800	0,0012	0,00029	0,244 123

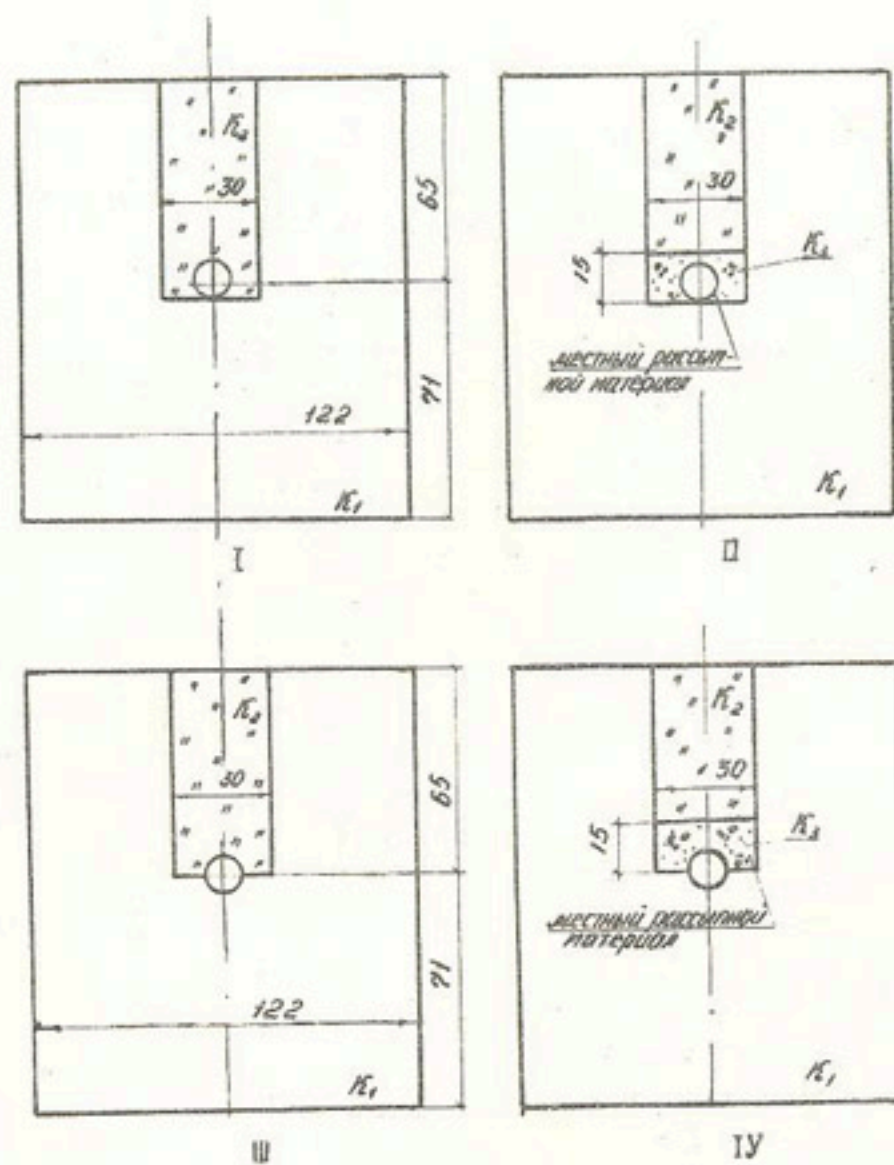


Рис. I. Варианты исследуемых конструкций.

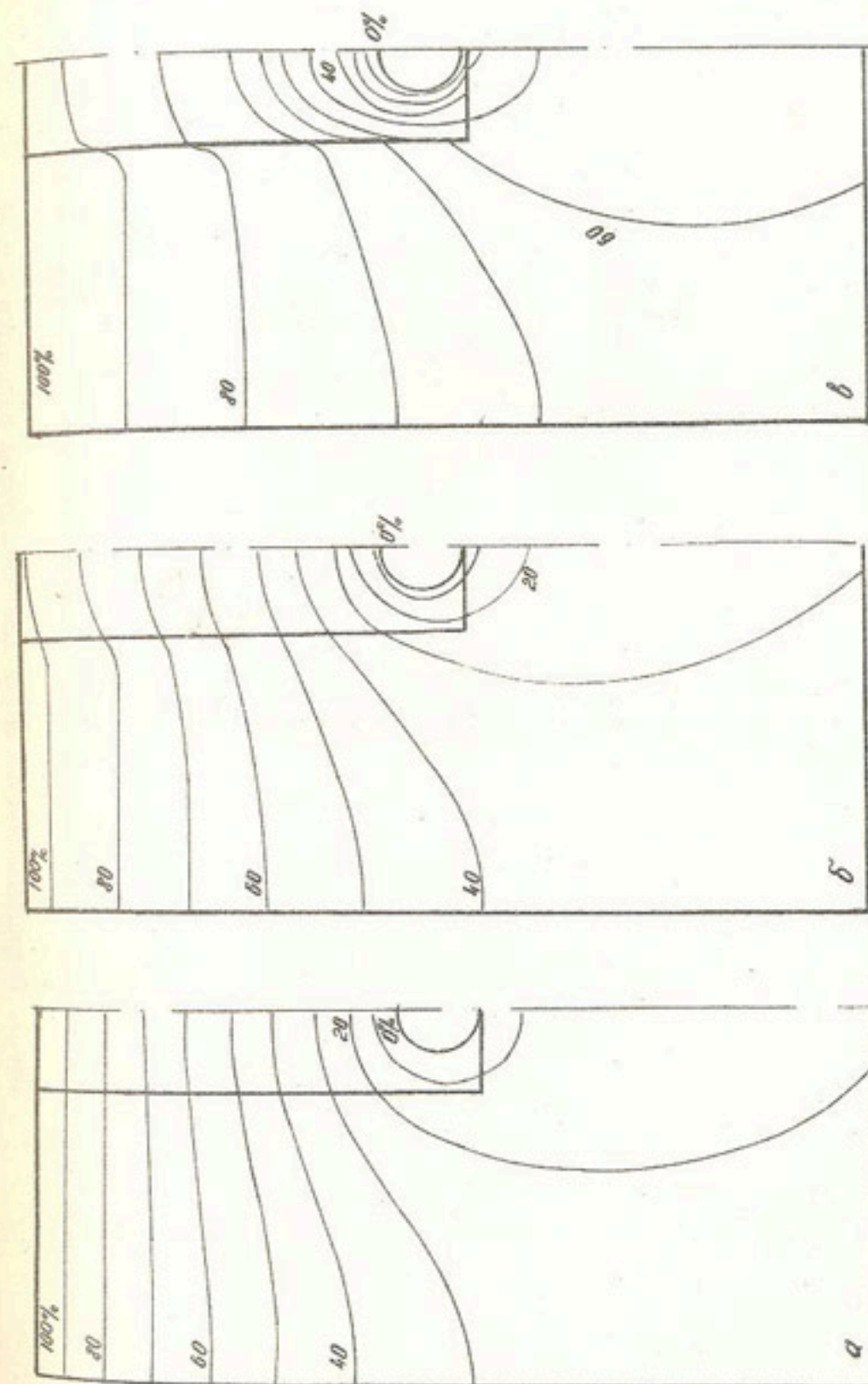


Рис. 2. Гидродинамические сетки для конструкций варианта I.

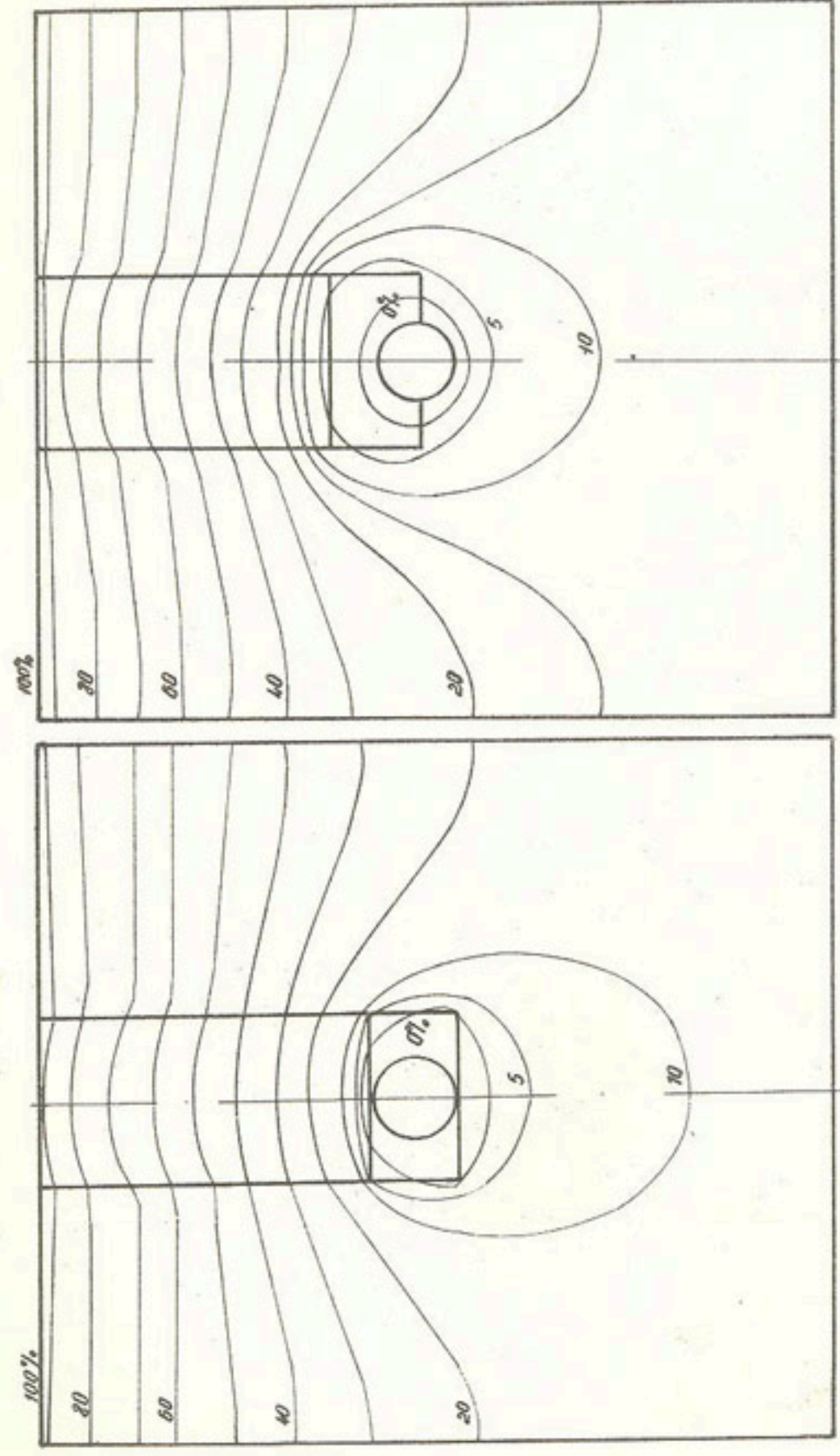


Рис.3. Гидродинамические сетки для конструкций вариантов II и IX

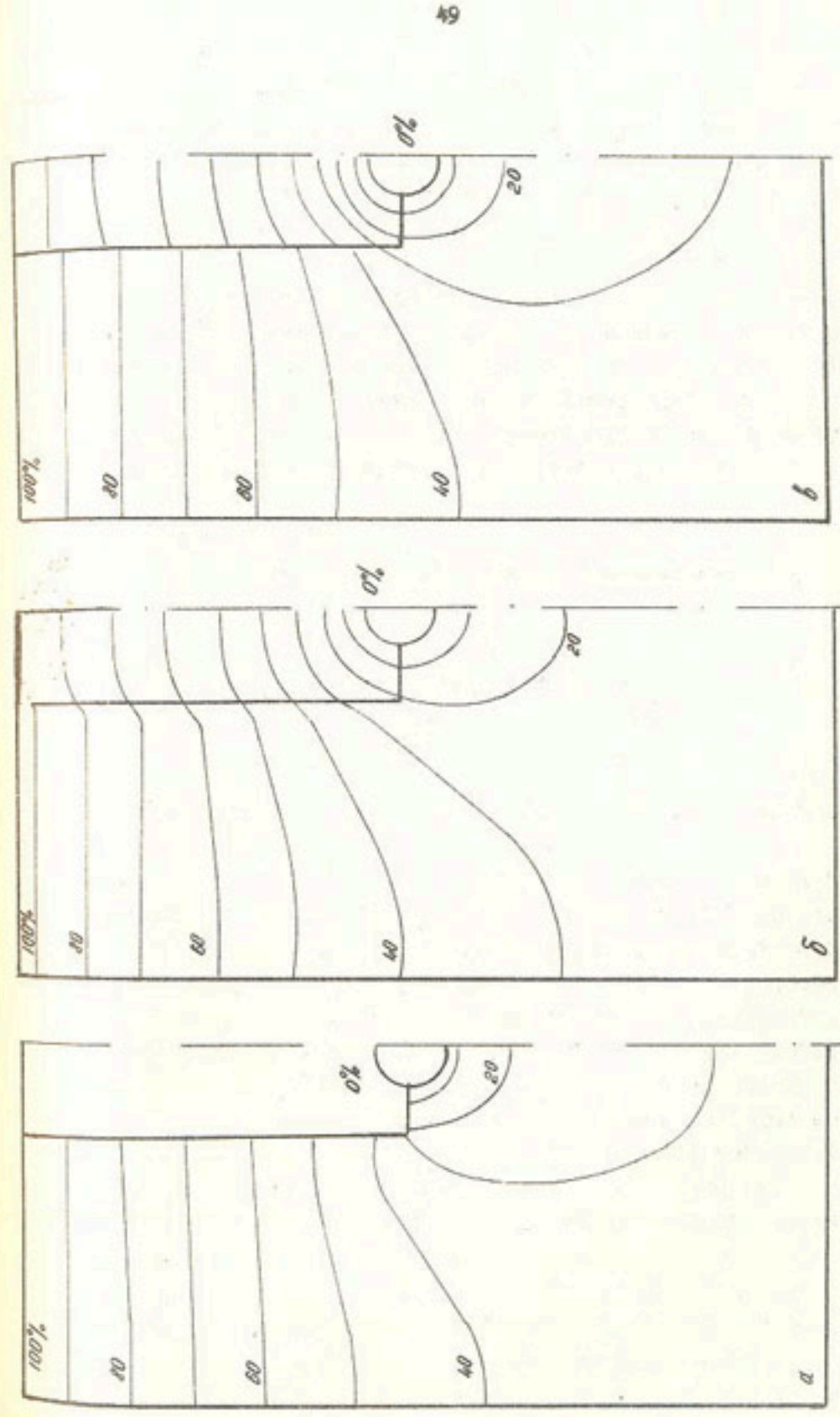


Рис.4. Гидродинамические сетки для конструкций варианта III.

фильтрационном лотке. Лоток размером 122 x 80 x 150 см имеет глухие боковые стенки. Передняя стенка выполнена из прозрачного пластика и имеет отверстия для монтажа дренажной трубы, в задней стенке выполнены отверстия для подключения пьезометров, конструкция и схема расположения которых приведены на рис.5.

Пьезометры с помощью гибких шлангов подключались к измерительному шиту. Пьезометрические показания фиксировались одновременно с замером фильтрационного расхода 2 раза в сутки. Для загрузки лотка использовался грунт, доставленный с объекта строительства закрытого дренажа в совхозе 1^а Голодной степи. Гранулометрический состав грунта приведен в табл.2.

Таблица 2
Гранулометрический состав опытного грунта

Диаметр частец, мм	>0,25	0,25- 0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,001
Фракция, % от веса сухой почвы	1,58	0,59	10,35	49,6	17,88	8,08	11,92

Загрузка грунта осуществлялась послойно, с уплотнением каждого слоя до объемной массы 1,4 т/м³. После предварительной замочки в грунте прокладывалась траншея шириной 0,3м, на дне которой устраивался полукруглый желоб с радиусом, соответствующим наружному радиусу дрены (полиэтиленовая гофрированная труба с искусственным ЗМ - полотном Навойской экспериментальной фабрики ТУ-УзССР 2 201-88). Траншея заполнялась грунтом повышенной влажности.

Изменения фильтрационного расхода в процессе опыта показаны на рис.6. На основе пьезометрических наблюдений строились гидродинамические сетки фильтрации воды в лотке (рис.7), с помощью которых определялось значение коэффициента фильтрации грунта, что позволяло перейти к непосредственному расчету фильтрационных сопротивлений конструкции. Расчеты проводились для периода установившейся фильтрации в лотке при соотношении коэффициентов фильтрации грунта в лотке и грунта обратной засыпки траншеи $K_1/K_2 \approx 2,5$.

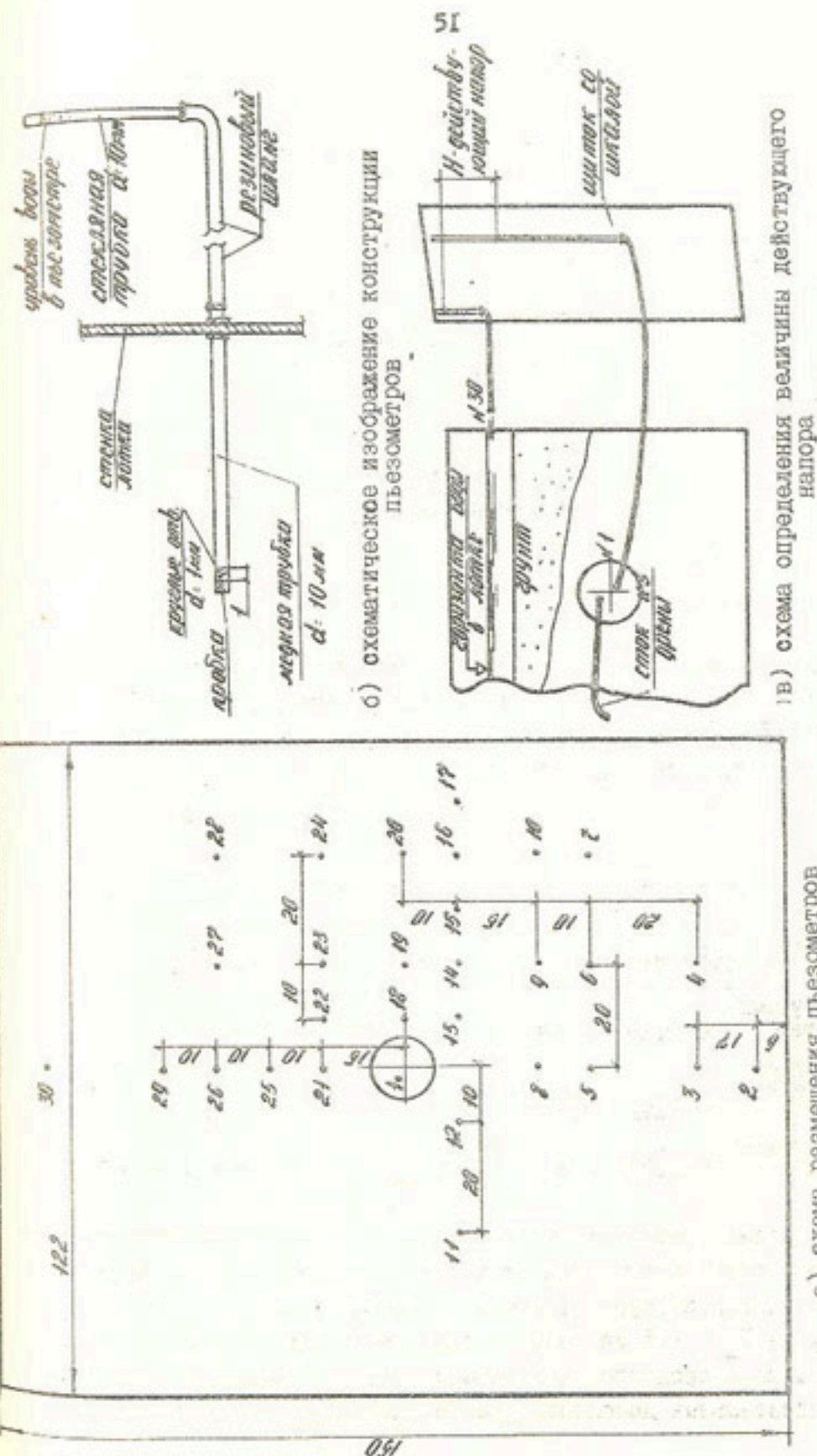


Рис.5. Конструкции и схема расположения пьезометров.

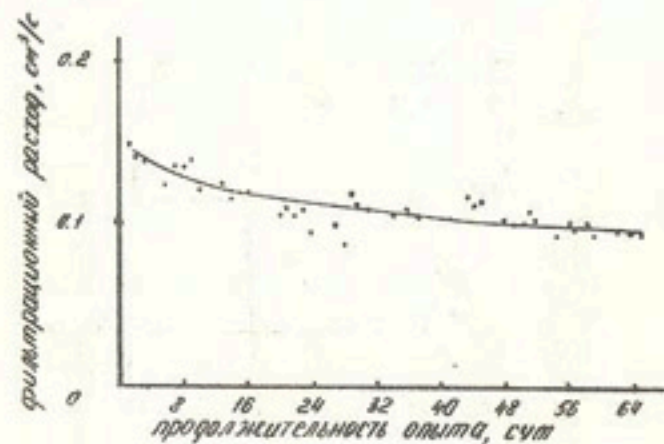


Рис. 6. Динамика фильтрационного расхода.

Значение теоретического фильтрационного сопротивления Φ_0 определяли по формуле В.В.Ведерникова в интерпретации Б.И.Аравина и С.Н.Нумерова / 3 / и по результатам моделирования на интеграторе ЭГДА (табл.3).

Т а б л и ц а 3

Способ получения	Q м³/сут	H м	K_1 м/сут	K_2 м/сут	Φ	Φ_0	Φ_d	$\frac{q}{q_m}$
В прямоуголь- ном лотке	0,0119	0,476	0,033	0,013	1,317			
По формуле В.В.Ведерни- кова	0,0229	0,476	0,033	0,013		0,685	0,632	0,52
На интеграторе ЭГДА	0,0193	0,5	0,033	0,015		0,854	0,463	0,62

Результаты расчетов (табл.3) показали, что при заполнении траншеи грунтом повышенной влажности и соотношении коэффициентов фильтрации грунта в лотке и грунта обратной засыпки траншеи $K_1/K_2 \approx 2,5$ за счет экранирования дрены грунтом обратной засыпки и процессов колюматации искусственных ЗСМ происходят значительные дополнительные сопротивления. Однако коэффи-

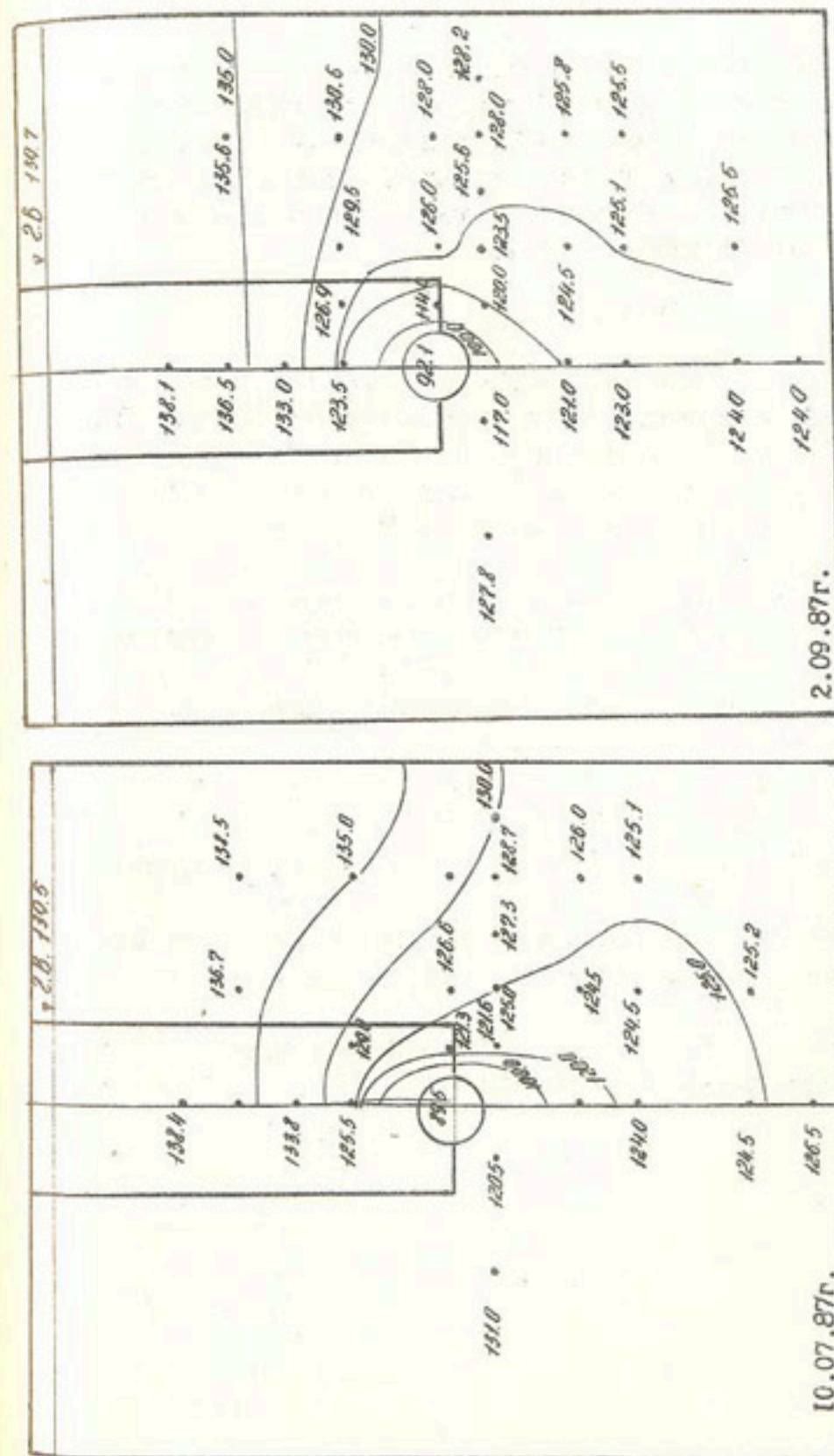


Рис. 7. Гидродинамические сетки движения фильтрационного потока в опытах на прямоугольных лотках.

цент водоприемной способности дрены, полученный для условий данного опыта при $H = 0,5$ м, в 2 раза превышает аналогичный показатель, определенный непосредственно по результатам натурных наблюдений на ОПУ в Голодной степи за работоспособностью дрены Д-4, водоприемная часть которой полностью уложена в переувлажненные грунты.

Выводы

1. Водоприемная способность конструкций дрен из пластмассовых труб с рулонными ЗФМ во многом зависит от характера и состояния грунта обратной засыпки. При строительстве в переувлажненных грунтах рекомендуется устройство комбинированных фильтров, сочетающих рулонные ЗФМ и местные мелкозернистые рассыпные материалы.

2. При соотношении коэффициентов фильтрации грунтов естественного сложения и обратной засыпки более 10 эффективным средством повышения водоприемной способности дрен с рулонным ЗФМ является укладка их в специальное подциркульное ложе, устраиваемое на дне дренажной траншеи.

Список использованной литературы

1. Дукнер Л., Шестаков В.М. Моделирование геофильтрации. - М.: Недра, 1976. - 407 с.
2. Фильчиков П.Ф., Панчишин В.И. Интеграторы ЭЦА, моделирование потенциальных полей на электропроводной бумаге. - Киев: 1961. - 171 с.
3. Аравия В.И., Нумеров С.Н. Фильтрационные расчеты гидротехнических сооружений. - М.-Л.: Госстройиздат, 1955.

Н. Гаипназаров
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОТКАЗОВ ОТКРЫТОЙ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ В ЗОНЕ СТАРОГО ОРОШЕНИЯ СЫРДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Работоспособность дренажных систем — это состояние системы, при котором она в данный момент времени отвечает всем требованиям, установленным для нее в отношении только основных параметров, характеризующих нормальное выполнение заданных функций / I /.

Как показывает практика, работоспособность дренажной сети зависит от многих организационно-технических, природных и хозяйственно-экономических факторов: качества проекта и строительных работ; производственного назначения системы; насыщенности сооружений на ней; организации и качества технической эксплуатации систем; технологии полива и др.

На практике довольно сложно установить, по какой из перечисленных причин произошел отказ, то есть надежность систем представляет собой характеристику, которую невозможно измерить. Однако ее можно оценить на основании опыта эксплуатации с помощью методов математической статистики и теории вероятности.

На основе методов, изложенных в работах /1,2,3,4/, определены фактические частота мехочистки и интенсивность заиления КДС, а также наиболее вероятные, то есть математические вероятные значения заиления в разных гидрогеологических-почвенных условиях.

Натурные исследования, а также обобщение материалов САНИИРИ и Узгипроводхоза позволили выполнить типизацию почвенно-грунтовых профилей с целью исследования устойчивости откосов КДС (табл. I). При этом исходили из того, что устойчивость откосов КДС увеличивается с утяжелением мехсостава почвенно-грунтовых профилей и ростом содержания гипса /5/.

Для анализа практической частоты очистки и интенсивности заиления КДС в различных типах почвенно-грунтовых профилей

выполнена статистическая обработка полученных данных о механистике межхозяйственной коллекторно-дренажной сети и интенсивности заиления по многолетним (1966-1986 гг) материалам Областной гидрогеолого-мелиоративной экспедиции и проектной группы Сырдарьинского ОПУХ.

Т а б л и ц а I

Результаты районирования старой зоны орошения Сырдарьинской области по характеристикам почвенно-грунтовых профилей в слое 0-5 м

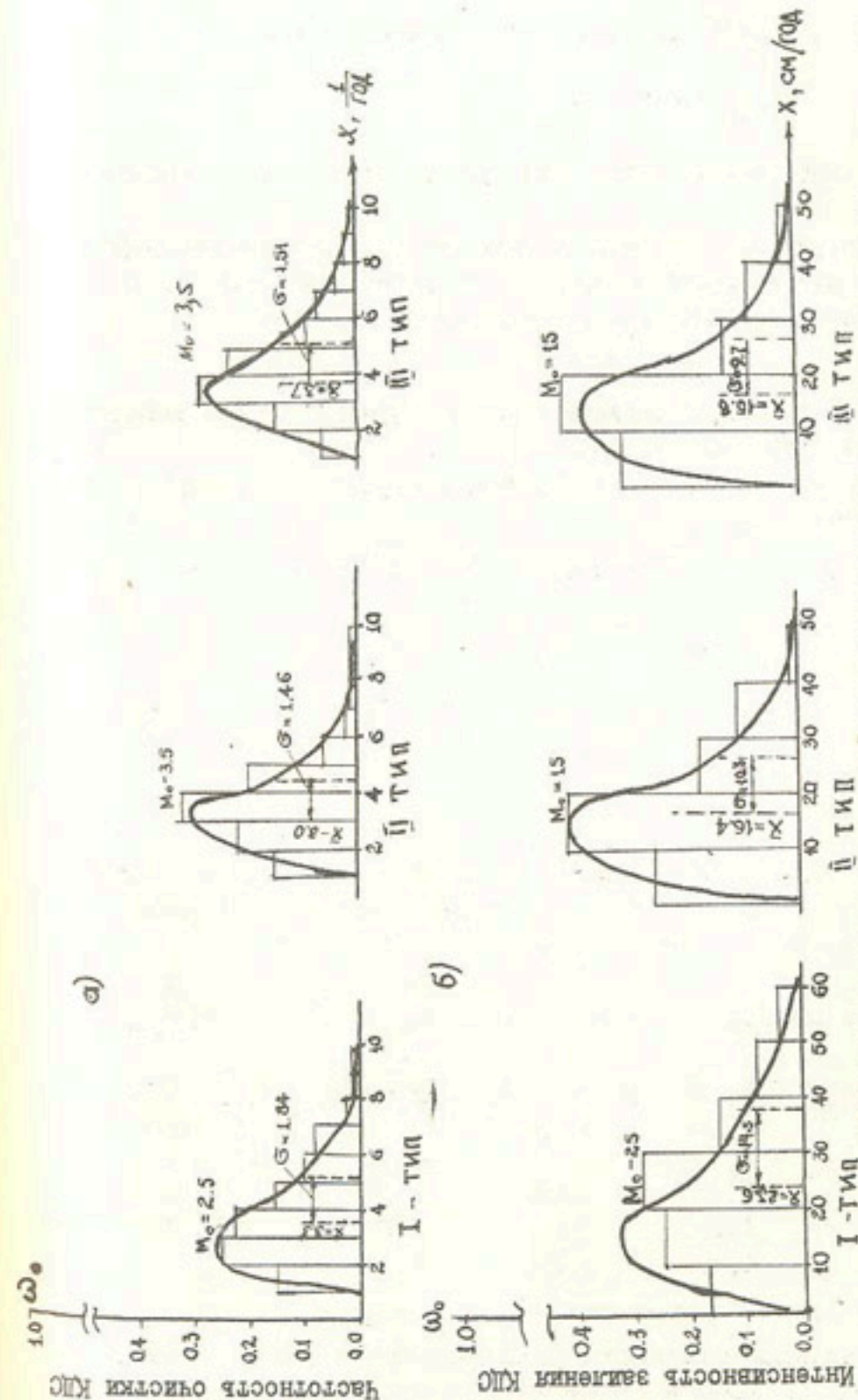
Почвенно-грунтовые: профили	Р а й о н					Итого
	Баян- ский	Вороши- ловский	Гулис- танский	Комсомоль- ский	Сырдарь- инский	
Слоистое строение, облегчающееся книзу	-	11746 ^{х)}	6384	450	12300	30882
	-	-	317	90	395	820
Супеси тяжелые, суглинки легкие	27335	14087	6682	8623	18274	76001
	655	409	168	301	420	1953
Суглинки средние	3590	4414	7875	9274	1381	26536
	216	110	323	324	24	1009
Суглинки средние слабогипсованные	-	-	2390	268	-	2658
	-	-	96	9	-	105
Суглинки средние гипсованные	456	280	1841	3732	-	6308
	26	8	36	131	-	201
Всего:	31381	30527	25172	22349	31955	141384
	897	853	713	783	842	4088

х) в числителе - в гектарах;
в знаменателе - в километрах.

В IV, V типах почвенно-грунтовых профилей из-за отсутствия данных статистическую обработку не производили.

Результаты статистических расчетов представлены в графической форме (рисунок).

Полученное эмпирическое распределение частот очистки и заиления КДС наилучшим образом аппроксимируется теоретическим логарифмически-нормальным законом распределения, что подтверждается критериями согласия ДЖИРИ и приближенного равенства логарифмов медианы фактического распределения со среднеарифметической.



Аппроксимация эмпирических распределений частотности очистки (а) и интенсивности заиления (б) открытой КДС теоретическими в зоне старого орошения Сырдарьинской области при различных почвогрунтах профилей.

Усманов Ш.А.
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕЗАИЛЯЮЩИХ СКОРОСТЕЙ В ЗАКРЫТЫХ ДРЕНАХ^{х)}

Закрытый горизонтальный дренаж – самый распространенный в настоящее время тип искусственного дренажа. Правильно запроектированный и качественно построенный закрытый горизонтальный дренаж нормально функционирует длительный период без существенных эксплуатационных затрат на ремонт, очистку и восстановление.

Как показывают практика и специальные исследования, основной причиной снижения эффективности закрытых дрен является их заиление – частичная или полная закупорка полости труб. Целый ряд факторов обуславливает заиление дренажа: большие градиенты фильтрационного потока вблизи дрен, отсутствие или неправильный подбор фильтров и некачественное строительство, небрежная укладка фильтров, а также неправильный расчет уклона, от которого зависит скорость движения воды в дренах. Уклон дренажной линии следует подбирать с таким условием, чтобы он обеспечивал минимально допустимую незаиляющую скорость.

Незаиляющей или критической $V_{кр}$ скоростью принято называть наименьшую среднюю скорость течения, при которой содержащиеся в воде взвешенные наносы почвогрунта не выпадают из потока. Изучением критической скорости как в открытых каналах, так и в закрытых (оросительных и дренажных) трубопроводах занимались многие авторы.

Однако до сих пор универсальной формулы для определения незаиляющей скорости нет. В каждом конкретном случае получают эмпирическую зависимость, применимую только для данного случая, и поэтому значения скоростей по формулам разных авторов варьируют в значительных пределах и только иногда дают относительно близкие результаты [1,2,3,4].

В практике проектирования канализационных сетей применяются формулы Н.Ф.Феодорова, Н.А.Масленникова, А.М.Морнуниса и Курганова, подчиняемых зависимости Е.А.Замарина [5]

$$V_n = a \sqrt[n]{R}, \text{ м/с,}$$

х) Работа выполнена под руководством канд.г.-м.наук В.Г.Насонова.

где a – эмпирический коэффициент;
 R – гидравлический радиус, м.

Обследования и вскрытие закрытых дрен разных конструкций в Голодной степи, в Хорезмском ОПХ (НПО САНИИРИ) показали, что дренаи из пластмассовых гофрированных труб с волокнистыми фильтрами практически не заиляются. Имеющееся незначительное количество наилок из мелких частиц со средневзвешенными диаметрами 0,02–0,07 мм относились по механическому составу (по классификации А.Н.Качинского) в основном к пылевым или крупнопылеватым грунтам, осевшим в гофрах труб на 2–4 мм. Однако это не оказало существенного влияния на работоспособность закрытых дрен.

Дренаи из керамических труб были заилены более крупными частицами ($d_{ср.взв} = 0,06 - 0,25$ мм), и следовательно, вероятность попадания частиц диаметром более 0,1 мм здесь выше (о чем свидетельствует высокий коэффициент корреляции $r = 0,85$, рис.1а), чем в дренах из пластмассовых труб с искусственными и комбинированными фильтрами (рис.1б).

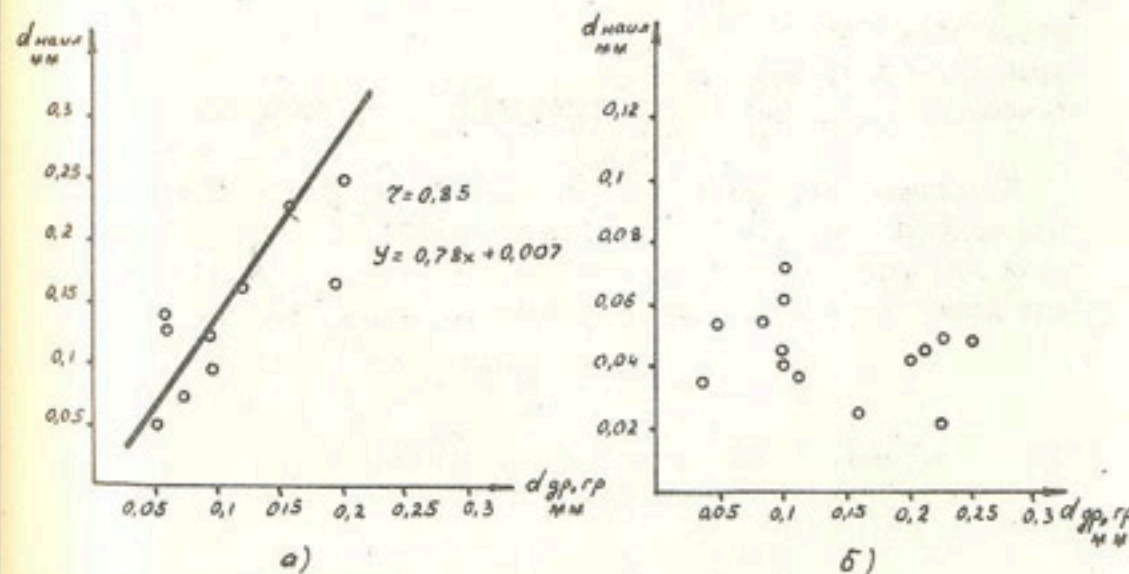


Рис.1. График зависимости средневзвешенного диаметра частиц наилок от средневзвешенного диаметра частиц дренажного грунта: а – для керамических дрен; б – для пластмассовых дрен с искусственным и комбинированным фильтром.

Результаты статистических характеристик диаметров частиц наилок приведены в табл. I.

Т а б л и ц а

Статистические характеристики диаметров частиц наилок

Показатели	Керамические дренажные гофрированные пластмассовые трубы	Керамические дренажные гофрированные пластмассовые трубы
Средняя арифметическая $\bar{X}$, мм	0,084	0,05
Дисперсия S^2	0,00075	0,00032
Стандартное отклонение S	0,0274	0,018
Коэффициент вариации V , %	32,65	36
Ошибка средней $S_{\bar{X}}$	0,00708	0,0041
Доверительный интервал 0,01 % уровня значимости $\chi \pm t_{0,01} \cdot S_{\bar{X}}$	0,084 $\pm$ 0,029	0,05 $\pm$ 0,017

По данным натурных исследований, нами совместно с И.А.Заксом была получена зависимость критической скорости от гидравлической крупности частиц наилок и коэффициента Шези (рис. 2), который учитывает диаметр и материал дренажной трубы $V_{кр} = f(W, C)$

$$V_{кр} = W^{0.661} \cdot C^{0.538}, \text{ м/с.}$$

где W — гидравлическая крупность, м/с;
 C — коэффициент Шези, определяемый по формуле

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6};$$

n — шероховатость труб;

$R = \frac{d}{4}$ — гидравлический радиус, м;

d — диаметр труб, м.

Зная диаметр трубы D , предположим, что она заполнена до предела, т.е. степень заполнения (h/d) в ней максимально

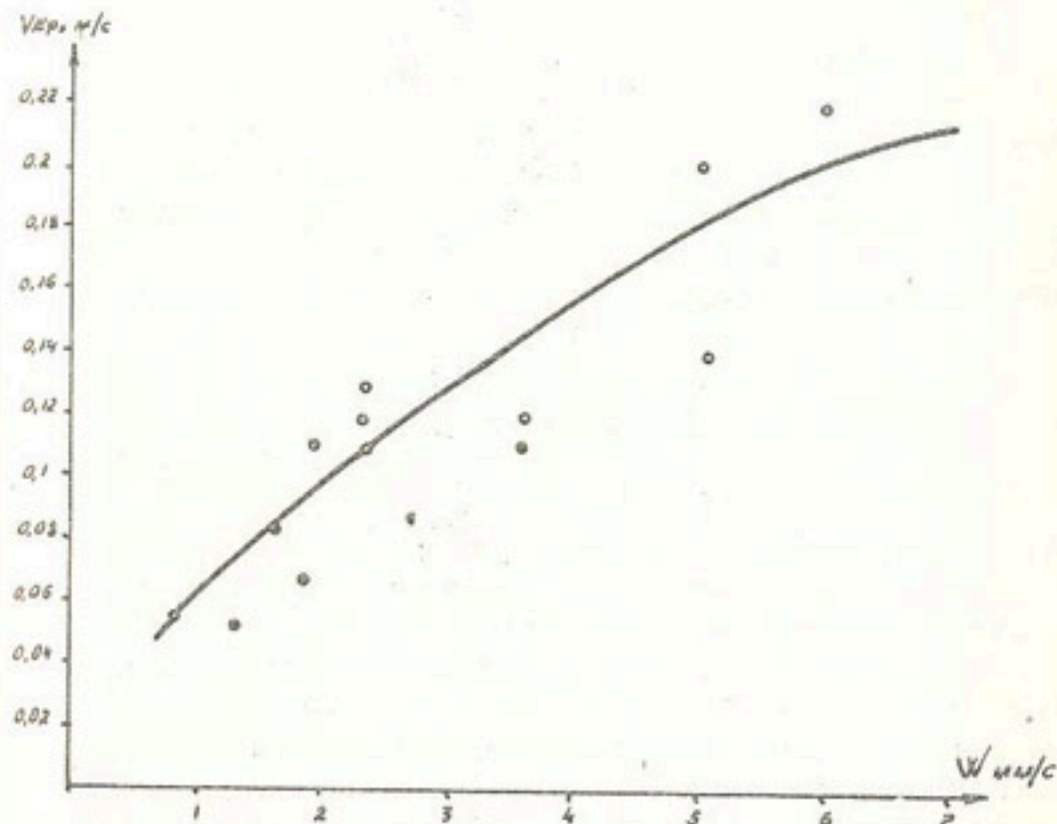


Рис. 2. График зависимости $V_{кр}$ от гидравлической крупности W :
 о — для керамических дренажей; * — для пластмассовых дренажей.

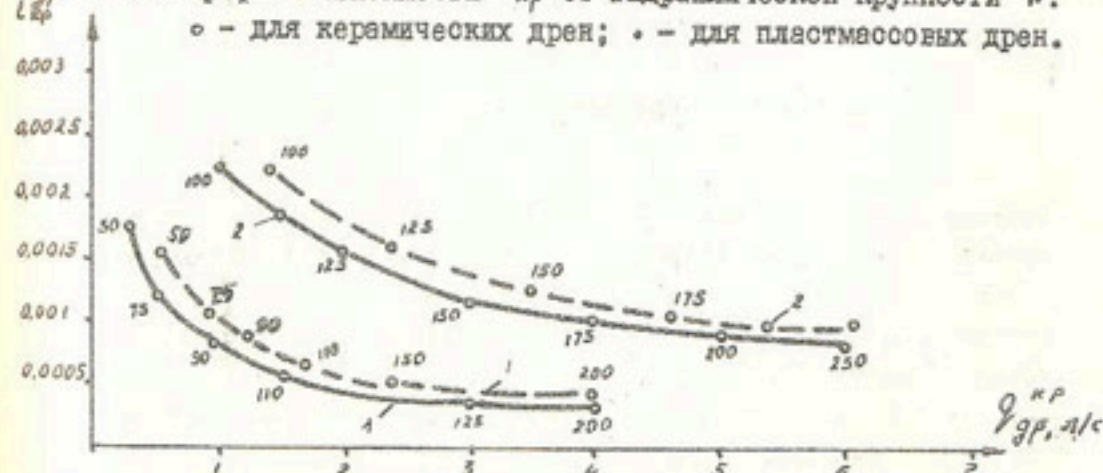


Рис. 3. График зависимости $i_{кр}$ от $q_{др}$ при $W = 3,0$ мм/с (1 — пластмассовый дренаж с искусственным или комбинированным фильтром) и 8,0 мм/с (2 — керамический дренаж) (числа у линий — диаметры труб).

— для расчетного наполнения ($h/d = 0,6-0,8$);
 - - - для полного наполнения.

допустимая $(\frac{h}{d}) = (\frac{h}{d})_{max}; 0,6 \leq (\frac{h}{d}) \leq 1$. При этих условиях найдем расход воды Q , пропускаемый с критической скоростью $V_{кр}$, и соответствующий уклон $i_{кр}$. Получим триаду чисел $d, Q, i_{кр}$, которые для некоторого ассортимента труб образуют предельную зависимость (рис.3). Эту зависимость $i_{кр}$ от Q можно представить в виде

$$i_{кр} = \frac{473,06 W^{1,7}}{C^2 \sqrt{Q}},$$

где Q — расход дрена, м³/с.

Отсюда следует вывод, что в дренах из керамических труб с гравийно-песчаной обсыпкой за критическую скорость (при $Q^{max} = 1-2$ л/с) можно принять 0,2-0,3 м/с, которой соответствуют незаиляющие уклоны 0,001-0,003. Для дрена из гофрированных пластмассовых труб с искусственным или комбинированным фильтром величина критической скорости может быть меньше, чем принятые в практике проектирования закрытых горизонтальных дрена 0,1 - 0,15 м/с и соответствующие им уклоны дренажной линии 0,0006-0,001.

Список использованной литературы

1. Зюликов Г.М. О критических скоростях в трубопроводах закрытой оросительной сети// Вестник сельскохозяйственной науки, 1959. - № 8.
2. Мурашко А.И., Сапожников Е.Г. Защита дренажа от заиления. - Минск: Урожай, 1978.
3. Алеханд К.Ф. Исследование движения воды и наносов в дренах и заиление дрена: Дис.... канд. техн. наук. - Тарту, 1965. - 163 с.
4. Ржига Й. Эксплуатация трубчатых дренажных систем. - М.: Колос, 1968.
5. Феодоров Н.Ф. Новые исследования и гидравлические расчеты канализационных сетей. М.-Л.: Стройиздат, 1964.

О.Н.Тихонова

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

О КОЭФФИЦИЕНТЕ ШЕРОХОВАТОСТИ В КАНАЛАХ С МАШИНЫМ ВОДОПОДЪЕМОМ

При проектировании подводящих каналов с машинным водоподъемом важно рассчитать гидравлическое сопротивление потока, величина которого непосредственно влияет на его пропускную и транспортирующую способность, а также на гидравлические элементы канала. Для определения величины коэффициента Шези C существует ряд формул [7], однако применение каждой из них ограничено пределами тех опытов, на которых она основана.

В практических расчетах для каналов с машинным водоподъемом обычно пользуются величинами, рассчитанными по формулам Маннинга, Н.Н.Павловского и Г.В.Железнякова, выведенным для равномерных режимов рек и каналов, протекающих в естественных условиях.

Рассмотрим возможность применения различных гидроморфометрических связей между элементами руслового потока и расчетных формул для коэффициента сопротивления C или λ для расчета подводящих каналов с машинным водоподъемом на примере подводящего участка Карпинского магистрального канала (КМК).

Основные характеристики канала даны в работах [5,6]. Коэффициент шероховатости n , входящий в анализируемые формулы, не может быть непосредственно измерен в русле, а его назначение по данным таблиц, составленных для различных категорий рек и каналов, носит элемент субъективности.

Значения n обычно определяют на основе данных измерений по формулам для расчета Шези, допуская при этом ошибки, присущие той или иной формуле.

Для подтверждения отмеченного приводим данные расчетных значений n для подводящей части КМК (по Маннингу $n = 0,018 \pm 0,07$, по Павловскому $n = 0,0176 \pm 0,040$, по Железнякову $n = 0,0175 \pm 0,095$).

Расхождения в значениях коэффициента шероховатости объясняются тем, что формулы типа $C = f(n, R)$, $C = f(n, H_{cp})$, $C = f(\Delta H_{cp})$ не отражают особенностей гидравлического режима в каналах с машинным водоподъемом.

Подводящий участок КМК работает при подпорном режиме, образуемым первой насосной станцией (средний уклон дна $J_g = 0,09 \pm 0,11\%$, уклон водной поверхности $J = 0,01 \pm 0,06\%$), что ведет к снижению скоростей в нем. Водозабор в КМК бесплотинный, без головного регулятора. Поэтому уровень в канале определяется уровнем р.Амударья в головной части канала. Уклон водной поверхности канала зависит от его состояния и числа работающих агрегатов: с увеличением числа работающих агрегатов уклоны водной поверхности увеличиваются.

Пропускаемый подводящим участком КМК расход определяется гидрографом водопотребления и конструктивными особенностями первой насосной станции (максимальное число работающих агрегатов определяется уровнем р.Амударья у точки водозабора /8/), а не пропускной способностью канала. Часто канал работает недогруженным до пропускной способности. Отношение измеренных расходов воды Q к расходам, рассчитанным для равномерного режима Q_p , изменяется от 0,280 до 1,592:

$$Q_p = C_p \omega \sqrt{RJ}, \quad (I)$$

где C_p — коэффициент гидравлического сопротивления, вычисленный по формуле Г.В.Железнякова для проектного коэффициента шероховатости ($n = 0,0225$); ω, R, J — соответственно площадь поперечного сечения, гидравлический радиус, уклон водной поверхности потока.

Случай, когда $Q/Q_p > 1$, можно объяснить либо неправильным выбором расчетного коэффициента шероховатости n , либо значительным увеличением пропускной способности канала за счет подсосывания воды из р.Амударья насосной станцией.

При одних и тех же геометрических параметрах канала (уровней воды, средней глубине, площади поперечного сечения) пропускаемый в канале расход может изменяться от $Q = 240 \text{ м}^3/\text{с}$ (при включении всех шести насосных агрегатов) до $Q = 0$ (при полном отключении насосной станции). Соответственно коэффициент Шези C примет значения $C = C_0$ (при работе всех насосных агрегатов) и $C = 0$ (при отключении насосной станции). Коэффициенты шероховатости, вычисленные по формулам типа $C = f(n, R)$, будут изменяться от $n = n_0$ до $n = +\infty$

(т.к. R — величина гидравлического радиуса — конечное число), что не соответствует действительности.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

вычисленные большие значения коэффициента шероховатости n объясняются недогруженностью потока до пропускной способности канала;

при определении "истинных" значений коэффициента шероховатости n в каналах с машинным водоподъемом нельзя применять формулы Маннинга, Павловского, Железнякова и другие типа

$C = f(n, R)$, так как они получены для равномерного потока.

"Истинные" значения коэффициента шероховатости необходимо определять косвенным путем, по данным гидравлических материалов измеренных расходов воды. С этой целью рассчитываются значения скоростных коэффициентов Шези C (как $C = \frac{V}{\sqrt{RJ}}$) с последующим решением уравнения прямолинейной регрессии показательного вида И.Н.Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R^J. \quad (2)$$

Для изучения закономерностей изменения гидравлических сопротивлений в русле канала были проведены специальные натурные исследования. По трем створам канала, расположенным на расстояниях 5,2 км (ПК 42), 6,8 км (ПК 64) от головной части водозабора КМК и 1,4 км (ПК 190) от первой насосной станции, было обработано 63 измеренных расхода воды в диапазоне изменения гидравлических параметров: $V = 0,17 \pm 0,73 \text{ м/с}$; $H_{cp} = 1,7 \pm 5,25 \text{ м}$; $J = 0,01 \pm 0,06\%$; $Q = 47,3 \pm 233 \text{ м}^3/\text{с}$.

Анализ графиков зависимости $C = f(R)$ (рис. I) по створам подтверждает сделанные ранее выводы. Во всех створах отсутствовала тесная зависимость C от R ; на поле точек отмечалась некоторая тенденция к обратной связи. Причем нижняя граница соответствовала случаю работы двух-трех насосных агрегатов, верхняя — работе пяти-шести насосных агрегатов.

Такой вид графика объясняется следующим: при работе определенного числа насосных агрегатов (например, трех) расход в канале $Q = 120 \text{ м}^3/\text{с}$; в сечении устанавливается скорость потока $V = V_f$, коэффициент Шези $C = C_f$. При повышении уров-

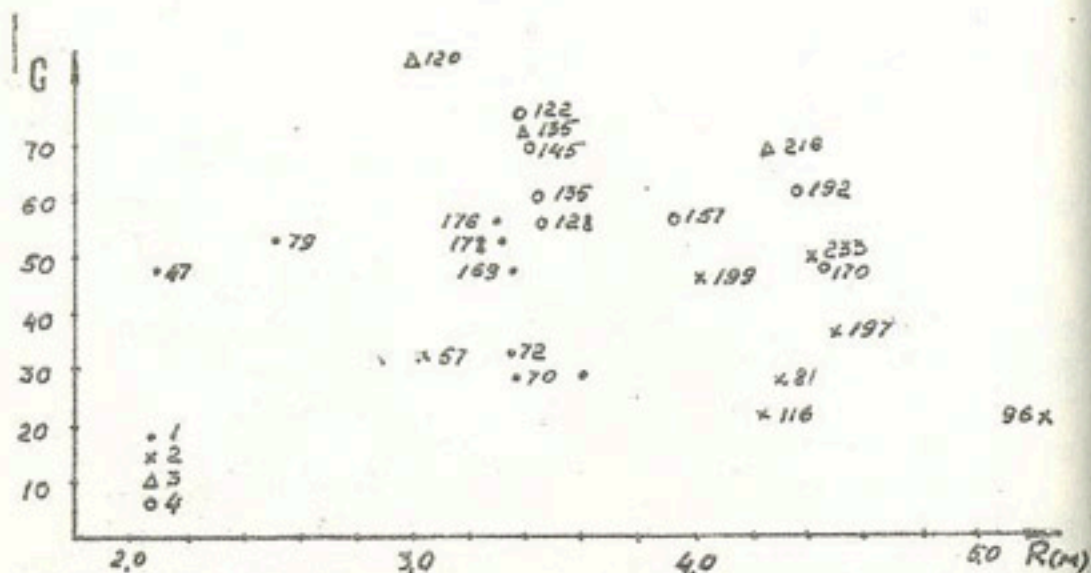


Рис. 1. График зависимости $C=f(R)$ для створа ПК 42: Измеренные данные: 1 - за 1976 г.; 2 - 1977 г.; 3 - 1983 г.; 4 - 1984 г. (цифры указывают измеренный расход).

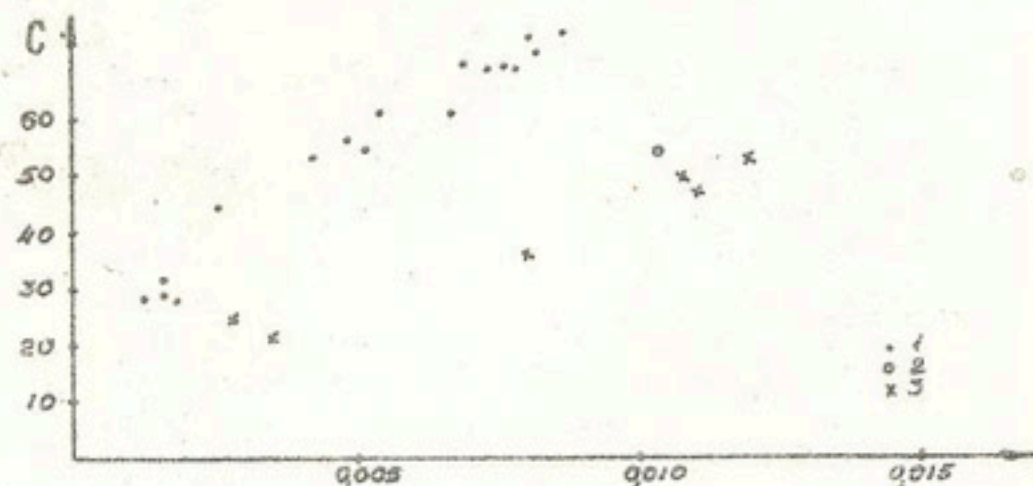


Рис. 2. График зависимости $C=f(Fr)$ для створа ПК 42: 1 - режим заиливания; 2 - критический режим; 3 - режим размыва.

ня воды в сечении (при подъеме уровня в р. Амударья) скорость потока падает, соответственно уменьшается коэффициент Шези

$C_2 < C_1$, то есть обратная зависимость $C=f(R)$ объясняется увеличением недогруженности потока до пропускной способности канала.

Для определения "истинных" значений коэффициента шероховатости n необходимо решать уравнение для случая работы одного-шести насосных агрегатов. Методики определения "истинных" значений коэффициентов шероховатости для случая обратной зависимости $C=f(R)$ пока не существует.

Для определения гидравлических сопротивлений русел Г.В. Грешанин [1,2] предложил функциональную зависимость

$$\frac{C}{\sqrt{g}} = f(Fr, \frac{h}{B}, \frac{d}{h}). \quad (3)$$

При этом полагая, что к руслам, сложенным из мелких частиц, применимо более простое уравнение

$$\frac{C}{\sqrt{g}} = f(Fr, \frac{h}{B}). \quad (4)$$

Для учета влияния неравномерности режима потока за счет подпора, образуемого насосной станцией, предлагаем в формулу (4) ввести параметр w/w_p :

$$C = K_i \left[(Fr)^{n_i} \left(\frac{R}{B} \right)^{n_2} \left(\frac{w}{w_p} \right)^{n_3} \right], \quad (5)$$

где

K_i - коэффициент;

n_i - показатель степени параметров коэффициента сопротивления; $i = 1, 2, 3$;

B - ширина потока;

R - величина гидравлического радиуса;

Fr - число Фруда;

w_p - площадь сечения, которую занял бы поток при равномерном режиме, когда уклон дна равен уклону водной поверхности;

w - площадь сечения, занимаемая потоком в натуральных условиях при переменном режиме.

Построенные графики зависимости $C=f(Fr)$ по измеренным расходам показали тесную связь между коэффициентом гидравлического сопротивления C и числом Фруда Fr . В каждом створе

наметились три кривые по типу режима потока в отношении критерия взвешивания. Для створа (ПК 42), где интенсивность русловых процессов наибольшая, три кривые наиболее ярко выражены (рис.2).

Статистическая обработка данных методом прямолинейной множественной корреляции с использованием стандартной программы, разработанной для реализации на ЭВМ БЭСМ-4М, позволила по зависимости (5) определить показатели степени n_i , коэффициент

K_i , коэффициент корреляции Z_{xy} при различных режимах (таблица).

Т а б л и ц а

Режим потока в отношении взвешивания	K_i	n_1	n_2	n_3	Z_{xy}
Зайление	77,1	0,004	0,096	- 0,978	0,999
Критический режим	52,7	0,297	-0,397	0,086	0,943
Размыв	74,6	0,050	0,037	- 0,764	0,985

В дальнейших исследованиях необходимо определить влияние работы земснарядов на величину коэффициента Шези C , так как при очистке подводящего участка канала земснарядами создается дополнительное сопротивление в виде неровностей дна.

Список использованной литературы

1. Гришанин К.В. Основы речной гидравлики//Речная гидравлика и русловые процессы. - М., 1975. - 41. С.3-24.
2. Гришанин К.В. Динамика русловых потоков. Л.:Гидрометеиздат, 1979. - 312 с.
3. Железняков Г.В. Теория гидрометрии. - Л.:Гидрометеиздат, 1976. - 342 с.
4. Зудина Н.И., Прохоренко С.И. Об особенностях гидравлических сопротивлений в руслах блуждающих рек//Труды IV Всесоюзного гидрологического съезда. - 1976. Т.II. С.272-279.
5. Мухамедов Я.С. Регулирование русла и режима наносов Амударьи у бесплотинных водозаборов руслорегулировочными сооружениями// Развитие исследований в области русловой гидротехники в Средней Азии. - Ташкент: САНИИРИ, 1984. С.53-61.

6. Тихонова О.Н., Мухамедов Я.С. Распределение скорости движения и мутности по глубине на подводящем участке Каршинского магистрального канала//Развитие исследований в области русловой гидротехники в Средней Азии. - Ташкент: 1984. - С.86-90.
7. Тахиров С. Гидравлические сопротивления в каналах с гравелисто-песчаными руслами: Дис....канд.техн.наук. - Ташкент, 1985. - 21с.
8. Усманов Р.А., Поляков С.А., Ахъябаев А.М. Оценка обеспеченности КМК в условиях действия технологических ограничений по водозабору //Сб.научн.тр./Среднеаз.НИИирригации. - Вып.171. - 1984. - С.45-53.

Г.Давранов, А.А.Юсупов
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАИЛЕНИЯ СЕЛЕВОДОХРАНИЛИЩ

Интенсивность заиления селеводохранилищ зависит от водности реки, насыщенности потока наносами, продольного профиля и плановых размеров чаши селеводохранилища, размеров и места расположения водопропускных отверстий плотины, режима их работы и других факторов.

Многолетний опыт эксплуатации водохранилищ, а также натурные исследования многих авторов (Е.К.Рабкова, Р.Г.Вафин, С.Э.Эзиев, Х.А.Исмаилов и другие) [2] показали, что процесс заиления малых водоемов, построенных на селевых потоках, протекает намного быстрее. Это объясняется тем, что селевые потоки транспортируют огромное количество наносов (30-500 кг/м³), большая часть которых из-за быстрого накопления водохранилищ интенсивно аккумулируется непосредственно в его чаше [1].

С целью изучения в лабораторных условиях процесса заиления селеводохранилищ нами были проведены опыты применительно к условиям Чартакского водохранилища.

Твердый сток селевого потока на р.Чартаксай состоит в основном из взвешенных наносов, поступающих с водосбора. Доля донных наносов составляет 5-10 % от общего веса твердого стока.

Анализ литературных данных показал, что вопросы влияния

расположения водопропускных отверстий на процесс заиления изучены недостаточно. С целью изучения этого вопроса нами проведены специальные исследования.

Лабораторные исследования проводились на стеклянном гидравлическом лотке размером 0,5х0,5х40 м, оборудованном приемным баком и аванкамерой. Расход подаваемой в лоток воды измерялся мерным треугольным водосливом. Уклон свободной поверхности потока и дна, толщину отложений определяли нивелированием и мерными иглами. Контроль за уровнем воды и отметкой дна производился по длине модели через 0,5–2,0 м. Подача наносов осуществлялась дозатором непрерывного действия, который был установлен на подводящем участке русла. Пробны на мутность потока взяты с помощью сифонной трубки. Скорость определяли с помощью микровертушки и поплавков. В конце лотка был устроен плоский щит с двумя прямоугольными водоприемными отверстиями.

При моделировании Чартаковского водохранилища были соблюдены следующие условия подобия:

динамического

$$Fz = idem;$$

геометрического

$$i = idem, R/d = idem;$$

весового содержания наносов

$$\rho = idem, \gamma = idem;$$

сопротивления

$$\lambda = idem;$$

подвижности частиц

$$V/V_H = idem; w/V = idem.$$

Внешние наносы были смоделированы по их гидравлической крупности [3].

На плоской модели проведены две серии опытов. Дно русла в каждом опыте формировалось при расчетном расходе потока Q и мутности потока ρ .

В первой серии опытов отметка порога водоприемного отверстия совпадала с отметкой горизонта мертвого объема (рис.1), а во второй серии – с отметкой дна (рис.2).

Опыты проводились при постоянных значениях $Q = 2,6$ л/с;
 $\rho = 100$ г/л; $i = 0,00806$; $h = 1,2-1,5$ см;
 $V = 0,4-0,44$ м/с.

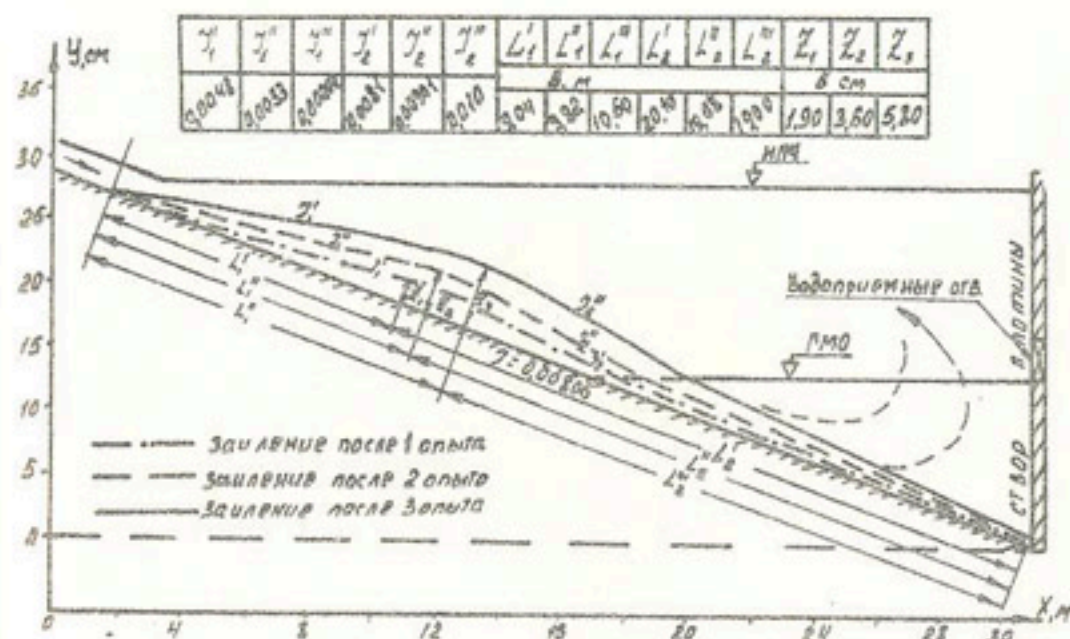


Рис.1. Продольный профиль отложений (I серия опытов).

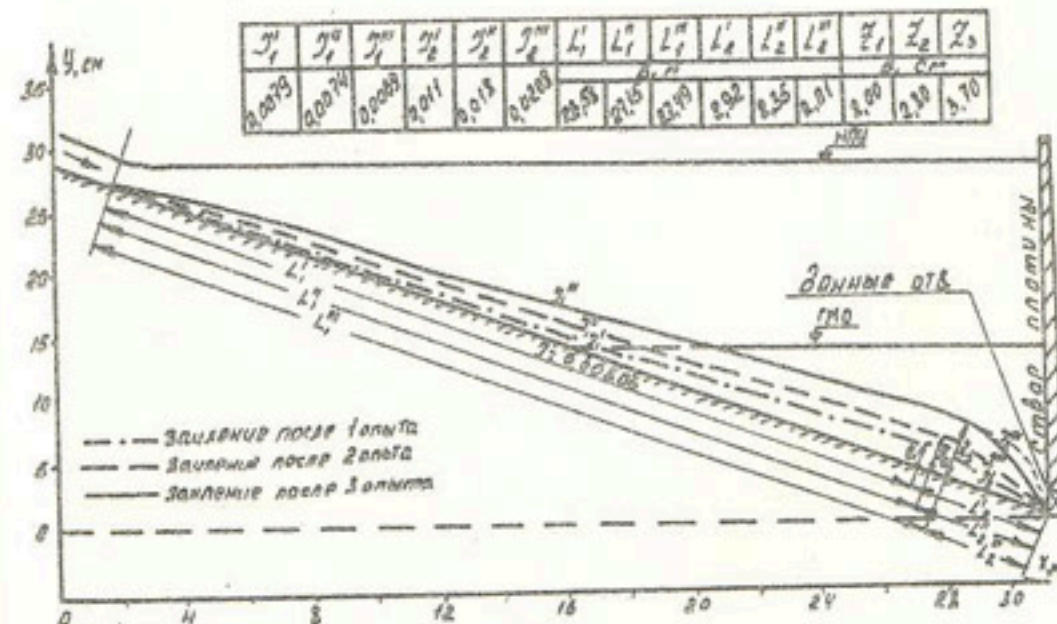


Рис.2. Продольный профиль отложений (II серия опытов).

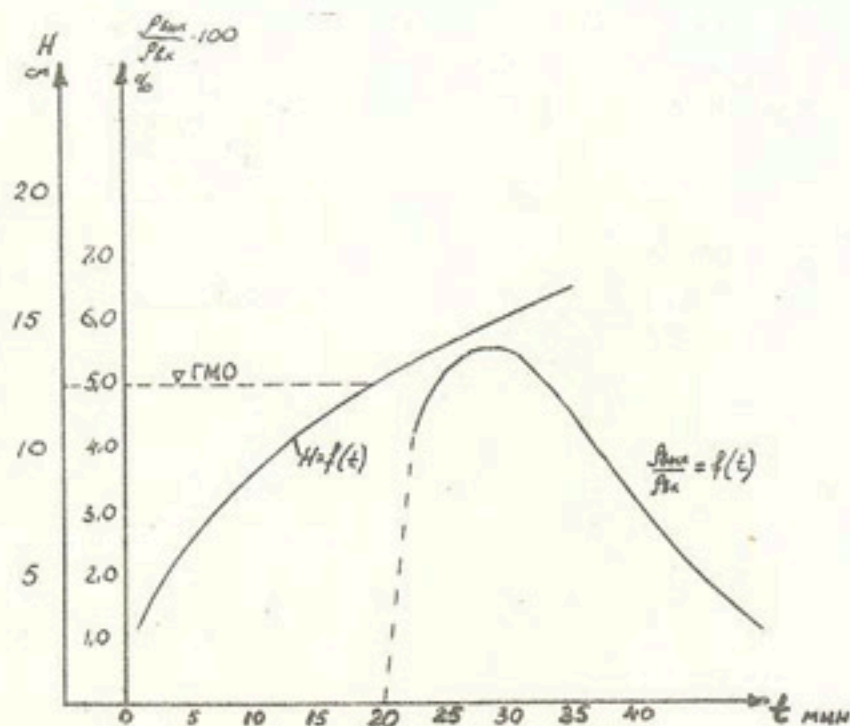


Рис.3. Графики $h=f(t)$ и $\frac{P_{вх}}{P_{вх}} \cdot 100 = f(t)$.

Визуальные наблюдения через стеклянные стенки лотка в процессе опытов первой серии показали, что поступающий селевой поток быстро наполняет мертвый объем селеводохранилища. Благодаря большой скорости ($v = 40-44$ см/с) и турбулентности селевого потока в начальный период опытов перед гидравлическим щитом образовалось мутное озеро. С возрастанием глубины в верхнем бьефе поток переходит от бурного к спокойному состоянию, после чего по всей длине подпорной зоны начинается процесс заиления.

На участке выклинивания кривой подпора происходит интенсивное осаждение крупных фракций взвешенных наносов.

Мельчайшие частицы ($d < 0,005$ мм) некоторое время находятся в подпорной зоне во взвешенном состоянии и лишь небольшая часть их сбрасывается через водоприемные отверстия в нижний бьеф.

По данным измерений мутности потока в нижнем бьефе и глубины наполнения чаши селеводохранилища построены графики

$$h = f(t) \text{ и } \frac{P_{вх}}{P_{вх}} \cdot 100 = f(t) \quad (\text{рис.3}).$$

Из графика $\frac{P_{вх}}{P_{вх}} \cdot 100 = f(t)$ видно, что в начале работы водоприемных отверстий мутность сбрасываемого потока в течение некоторого времени увеличивается, а с повышением уровня воды в верхнем бьефе — постепенно уменьшается.

Объясняется это тем, что в начале работы водоприемных отверстий в нижний бьеф сбрасывается поток, вовлекаемый из мутного озера. С еще большим возрастанием глубины длина подпорной зоны соответственно увеличивается, осаждение частиц происходит в достаточном удалении от плотины и в зону мертвого объема поступает более осветленный поток. Кроме того, происходит осаждение взвешенных частиц и в зоне мертвого объема за счет уменьшения турбулентности и возрастания глубины.

В процессе опытов первой серии через каждые 30 мин измерялись отметки рельефа дна и свободной поверхности потока. По данным измерений оставлен продольный профиль чаши водохранилища (см.рис.1). Опыты второй серии проводились с донными отверстиями. Наблюдения показали, что процесс заиления подпертого бьефа существенно отличается от процесса заиления, наблюдаемого в опытах первой серии.

В момент приближения селевого потока к плотине селехранилища часть стока вытекала из донного отверстия, вовлекая донные и взвешенные частицы. В начале наполнения верхнего бьефа перед гидравлическим щитом наблюдалась аналогичная первой серии картина. Благодаря большой насыщенности селевого потока взвешенными наносами в верхнем бьефе образовалось плотное течение, с которым большая часть взвешенных наносов активно транспортировалась в мертвый объем. Кроме того, в верхних слоях перед плотиной наблюдалось обратное течение и мельчайшие фракции взвешенных наносов переносились этим течением в верхние участки подпертого бьефа. Более или менее равномерное распределение мельчайших фракций взвешенных наносов по длине подпертого участка объясняется наличием этого обратного тока.

Как видно из рис.1 и 2, при расположении порога водовыпуска на отметке ГМО около 80-85 % от объема заиления находится в пределах полезного объема, а при наличии донных отверстий большая часть (60-65 %) наносов оседает в пределах зоны мертвого объема.

Сопоставление полученных продольных профилей чаши после каждой серии опытов позволяет сделать следующие выводы.

1. На процесс заилиenia селехранилища оказывает влияние расположение порога водоприемных отверстий плотины.

2. Наличие глубоких донных отверстий в плотине создает благоприятные условия для транспортирования большей части взвешенных наносов в зону мертвого объема и частичного их сброса в нижний бьеф, а также позволяет использовать воды мертвого объема в период вегетации.

Список использованной литературы

1. Леви И.И. Заилиение водохранилищ, сооружаемых на реках, переносящих мелкую взвесь // Известия ВНИИГ им.Веденеева. - 1960. - Т.65. - С.3-21.
2. Вафин Р.Г. Исследование гидрографов селей р.Чартаксай (Сыр-Дарья)// Доклады X Всесоюзной конференции по селевым потокам и горным русловым процессам. - Ереван, 1968. - С.117-119.
3. Пикалов Ф.И. Моделирование и подбор состава взвешенных и донных наносов при гидравлических исследованиях потоков // Гидротехника и мелиорация. - 1952. - № 10. - С.37-47.
4. Леви И.И. Динамика русловых потоков. - М.: Госэнергоиздат. - 1957. - 250с.

М.Р.Икрамова, Н.Р.Рахматов
(ТИИИМСХ)

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКА С ДАМБАМИ РАЗЛИЧНОЙ ПЛАНОВОЙ ФОРМЫ*

Устройство глухих поперечных берегозащитных сооружений нарушает бытовой режим потока и русла. При этом образуются три области, гидравлические характеристики которых существенно отличаются друг от друга: подпора, сжатия, растекания /1,2/.

У головы шпоры наблюдаются значительные местные размыты, в результате чего происходит общий размыв русла за створом стеснения.

Исследованием работы глухих прямых шпор занимались многие

* Работа выполнена под руководством кандидатов технических наук Х.А.Ирмухамедова и М.Р.Бакиева.

ученные. Подробный анализ результатов исследований приведен в трудах К.Т.Артамонова, С.Т.Алтунина, Н.Ф.Данелии, Г.Н.Абрамовича, А.М.Михалева, К.Ш.Шарапова, М.Р.Бакиева и др.

Основная цель настоящей работы - изучение взаимодействия потока со шпорами Г-образной и серповидной формы в плане.

Для изучения данного вопроса нами были проведены экспериментальные исследования в лаборатории кафедры ГТС ТИИИМСХ. Опыты проводились в лотке размером 1300 x 50 x 90 см, со стеклянными стенками и оштукатуренным дном. Для визуальных наблюдений была нанесена сетка размером 10 x 10 см.

Опыты выполнены при степени стеснения потока

$n = B - b_0 / B = 0,32; 0,25$ и углах установки шпоры $\alpha = 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$.

В процессе опытов продольные и поперечные перепады уровней воды измеряли нивелиром, а скорости течения - микровертушкой конструкции САНИИРИ ЦИСПВ-5.

Моделирование велось по числу Фруда при одинаковых параметрах кинетичности натурального и модельного потоков, т.е. $Fr_n = Fr_m$. Число Фруда принималось в пределах 0,035-0,06.

Для сравнения результатов в равных условиях исследовались обычные прямые шпоры.

На основании экспериментальных исследований были построены профили водной поверхности в безразмерных координатах

$$\Delta h / \Delta h_0 = f(S / b_0), \text{ где } \Delta h = h_i - h_{\text{сж}} -$$

перепад уровней воды между расчетным и сжатым створом;

$$\Delta h_0 = \frac{U_{\text{сж}}^2}{2g} - \text{скоростной напор в сжатом сечении;}$$

S - расстояние от створа отеснения до расчетного створа (рис.1,2).

Для изучения кинематики стесненного потока были построены эпюры местных скоростей и эпюры скоростей в плане (рис.3), а также замерены основные плановые размеры водоворотных зон в верхнем и нижнем бьефах сооружения.

Исследования работы берегозащитных сооружений в лабораторных условиях показали, что уровенный и скоростной режимы стесненного потока в значительной степени зависят от формы сооружения в плане. На рис.1 показано изменение уровенного режима потока при стеснении Г-образной шпорой. Как видно из рисунка, в области подпора возникает слабый поперечный перепад уровня воды, направленный к противоположному берегу. Уровень

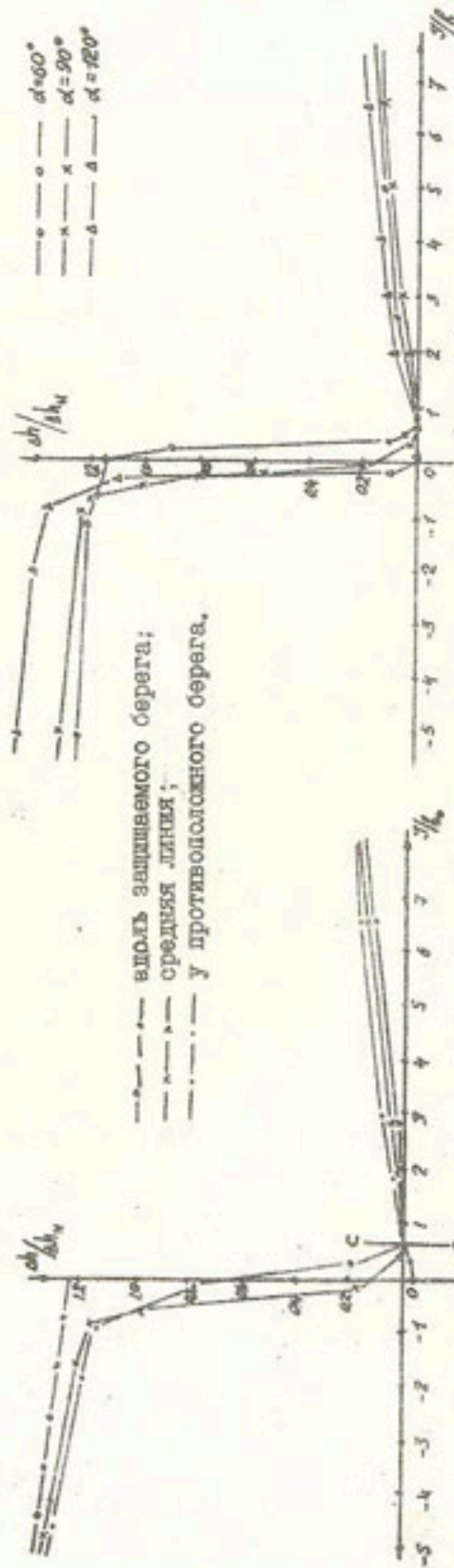


Рис.1. Продольные профили водной поверхности при стеснении потока Г-образной шпорой.

Рис.2. Изменение уровня в зависимости от угла установки шпоры.

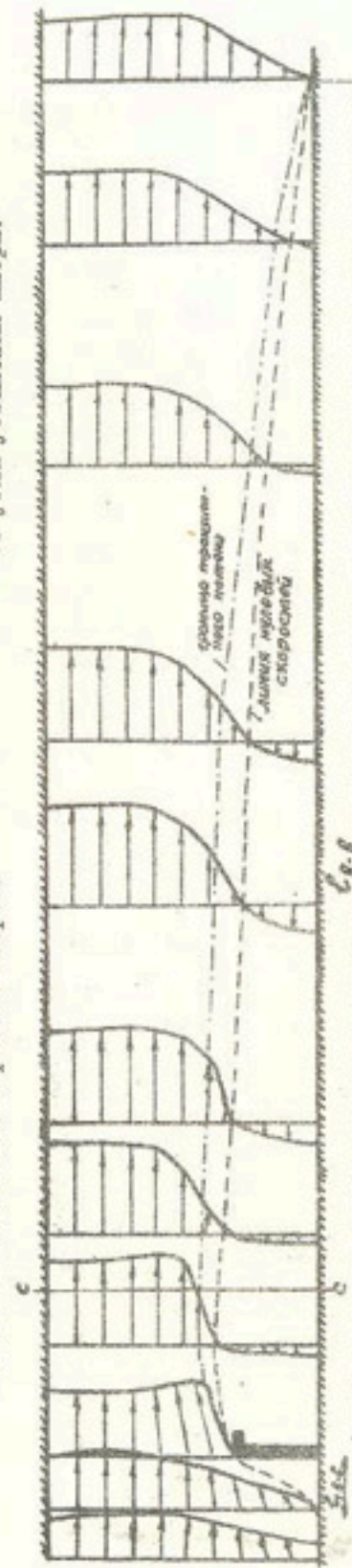


Рис.3. Эпюры скоростей в плане.

вдоль защищаемого берега изменяется следующим образом: непосредственно у шпоры в верхнем бьефе достигает максимума, за шпорой давление сильно падает, горизонт воды на некотором расстоянии держится горизонтально, а затем повышается до бытовых значений. Максимальное значение уровень воды приобретает на некотором расстоянии перед створом стеснения, после чего резко снижается и в сжатом сечении доходит до минимального значения. В области растекания уровень постепенно поднимается. Изменение уровня вдоль противоположного берега происходит аналогично изменению средней линии, но при большем расстоянии от створа стеснения до максимального подпора. Величину подпора и глубину воды в сжатом сечении устанавливают согласно рекомендациям, изложенным в [2].

На основании соименных продольных профилей можно судить о характере изменения перепадов уровней в зависимости от угла установки шпоры (рис.2) и степени стеснения потока. С изменением угла установки α от 60° до 120° расстояние от створа стеснения до сжатого сечения изменяется в пределах $l_{cc} = (0,45 - 0,6) l_0$, а местоположение сжатого сечения, в зависимости от степени стеснения, в пределах $l_{cc} = (0,35 - 0,6) l_0$. Изменение этих характеристик сооружения влияет на местоположение максимального подпора и створа вертикального и планового сжатия.

На изменение уровня влияет также форма шпор в плане.

Анализ эпюры скоростей в плане и продольных профилей водной поверхности позволяет сделать следующие выводы.

1. Плановая форма шпор оказывает влияние на длину водоворота в нижнем бьефе, при этом максимальная длина наблюдается при Г-образной шпоре, а минимальная — при стеснении обычной прямой шпорой.

2. Вдоль боковой грани Г-образной шпоры образуется водоворотная зона, которая способствует большему сжатию потока в плане и предохраняет голову шпоры от размыва.

3. Распределение скоростей в плане более равномерное при сжатии потока серповидной шпорой. Характерное увеличение скорости в голове шпоры в зоне сжатия выражено слабо.

4. Ширина сжатия в плане больше при стеснении Г-образной шпорой. Минимальную ширину сжатия дает серповидная шпора.

5. Поперечный перекося уровня при Г-образной шпоре меньше, чем при стеснении обычной шпорой.

6. Спад уровней ближе к створу стеснения при Г-образной шпоре.

7. Длина сжатого участка больше при стеснении Г-образной шпорой, чем при прямой.

8. За створом стеснения Г-образной шпорой вдоль защищаемого берега на некотором расстоянии поддерживается горизонтальный уровень, что отсутствует при обычной шпоре.

Список использованной литературы

1. Аврора Т.Ф. О растекании потока, стесненного перемычкой за сжатым сечением. - ЛПИ / Ленингр. политех. ин-т. - 1971. - Вып. 312.
2. Ирмухамедов Х.А., Бакиев М.Р. Некоторые результаты лабораторных исследований закономерностей растекания потока у глухих одиночных шпор // Сборник докладов Всесоюзного совещания по водозаборным сооружениям и русловым процессам. - Ташкент, 1974. - С. 209-217.

О.Кадиров

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ОСНОВНЫЕ ПЛАНОВЫЕ РАЗМЕРЫ ПОТОКА В ОБЛАСТИ СЖАТИЯ ЗА КОМБИНИРОВАННОЙ ШПОРОЙ ^{х)}

В целях уменьшения глубины местного размыва у оголовка шпоры часть расхода пропускают через тело сооружения, а корневую часть во избежание обхода сооружения потоком выполняют глухой. Такие сооружения получили название комбинированных шпор.

Экспериментальные исследования, проведенные в лаборатории кафедры "Гидротехнические сооружения" ТИИИМСХ показали, что кинематическая структура потока, деформированного комбинированными сооружениями, сложнее обычной, хотя качественная схема потоков имеет много общего. В потоке различают области подпора, сжатия и растекания.

х) Работа выполнена под руководством канд. техн. наук М.Р.Бакиева.

В данной работе рассматривается область сжатия. В пределах этой области наблюдаются наибольшие поперечные и продольные перепады глубин и скоростей, поэтому теоретически установить основные плановые размеры потока на данном участке очень сложно.

При определении плановых размеров потока используют схему деления потока на гидравлически однородные зоны (рис.1): слабозамушенного ядра, интенсивного турбулентного перемешивания, обратных токов.

Опытные данные показали, что на местоположение сжатого сечения (l_{cc} - расстояние от головы шпоры до сечения С-С) основное влияние оказывают степень стеснения потока Π , угол установки шпоры относительно берега α_w^0 и число Фруда Fr . На рис.2 приведена зависимость изменения относительной длины l_{cc}/b_1 от указанных факторов. Относительное расстояние l_{cc}/b_1 возрастает с увеличением степени стеснения Π , угла установки шпоры α_w^0 и числа Фруда Fr в бытовом состоянии.

В зависимости от соотношения длин сквозной l_c и глухой l_2 части (при общей длине шпоры $l_w = l_c + l_2$) различаются две схемы потока, деформированного комбинированной шпорой.

При $l_c/l_w < 0,5$ образуется одна зона, при $l_c/l_w > 0,5$ - две зоны турбулентного перемешивания: первая - между ядром и зоной спутного течения, вторая - между спутным потоком и водоворотной зоной.

Формируется еще и переходная зона растекания, но для практических расчетов длиной этого участка можно пренебречь.

Для установления основных плановых границ потока на основе анализа экспериментальных данных были получены следующие зависимости.

Для случая I (рис.1а):

граница между слабозамушенным ядром и зоной интенсивного турбулентного перемешивания, луч $O''-y_1$,

$$y_1 = b_0 - (1 - \varepsilon K_1) \left[\frac{x_1}{(l_{cc} - l_c \cos \alpha)} \right]^{1/3} \cdot b_1, \quad (1)$$

где x_1 отсчитывается от головы шпоры (O'');

граница между зоной интенсивного турбулентного перемешивания и зоной обратных токов, луч $O'-y_2$.

$$\bar{y}_2 = 1 - 0,15 (1 - \varepsilon K_1) \left(\frac{x_2}{l_{cc}} \right)^{1/3}, \quad (2)$$

где x_1 отсчитывается от начала сквозной части (O');
ширина зоны интенсивного турбулентного перемешивания между
лучами $O''-y_1$ и $O'-y_2$

$$b = y_2 - y_1 \quad (3)$$

для сечения $C-C$ при $x_1 = l_{cc} - l_c \cos \alpha$ и $x_2 = l_{cc}$
 $b_c = 1 - b_0 + 0,85(1 - \varepsilon K_1)$;

граница между транзитным потоком и водоворотной областью,
луч $O'-y_3$

$$\bar{y}_3 = 1 - (1 - \varepsilon) \left(\frac{x_2}{l_{cc}} \right)^{1/3} \quad (4)$$

Для случая II (рис. I, б):

граница между слабовозмущенным ядром и первой зоной интен-
сивного перемешивания, луч $O''-y_1$

$$y_1 = b_0 - 0,07 x_1 \quad (5)$$

где x_1 — отсчитывается от головы шпору (O'') и изменяется
от нуля до ($l_{cc} - l_c \cos \alpha$);

граница между первой зоной интенсивного турбулентного
перемешивания и спутным потоком, луч $O'-y_4$

$$y_4 = b_0 + 0,05 x_1 \quad (6)$$

ширина первой зоны интенсивного турбулентного перемешива-
ния между лучами $O''-y_1$ и $O'-y_4$

$$b = 0,12 x_1 \quad (7)$$

граница между зоной спутного течения и второй зоной интен-
сивного турбулентного перемешивания, луч $O'-y_5$

$$\bar{y}_5 = 1 - (1 - \varepsilon K_1) \left(\frac{x_2}{l_{cc}} \right)^{1/3} \quad (8)$$

граница между второй зоной интенсивного турбулентного пере-
мешивания и зоной обратных токов определяется по (2), луч
 $O'-y_2$;

ширина второй зоны интенсивного турбулентного перемешива-
ния, между лучами $O'-y_5$ и $O'-y_2$

$$\bar{b}' = \bar{y}_2 - \bar{y}_5 = 0,85(1 - \varepsilon K_1) \left(\frac{x_2}{l_{cc}} \right)^{1/3} \quad (9)$$

граница между транзитным потоком и водоворотной областью,
определяется по формуле (4).

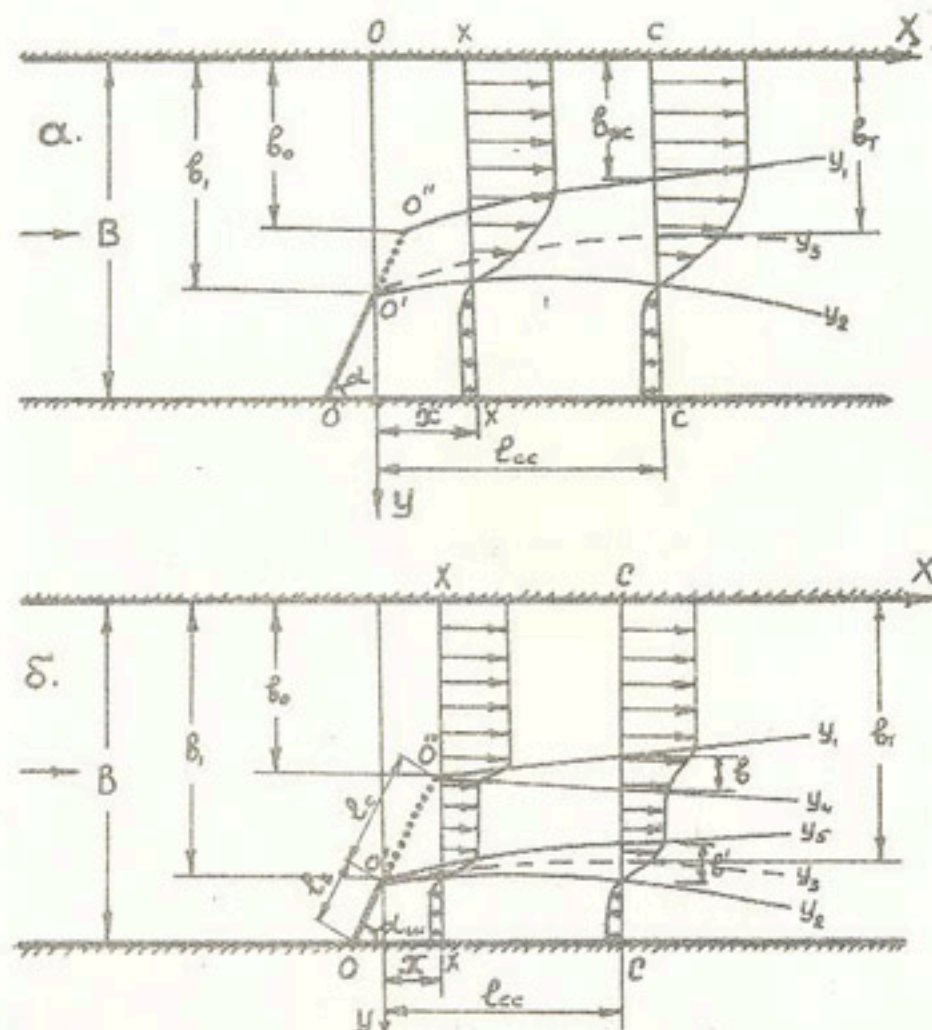


Рис. I. Общая схема потока в области сжатия.

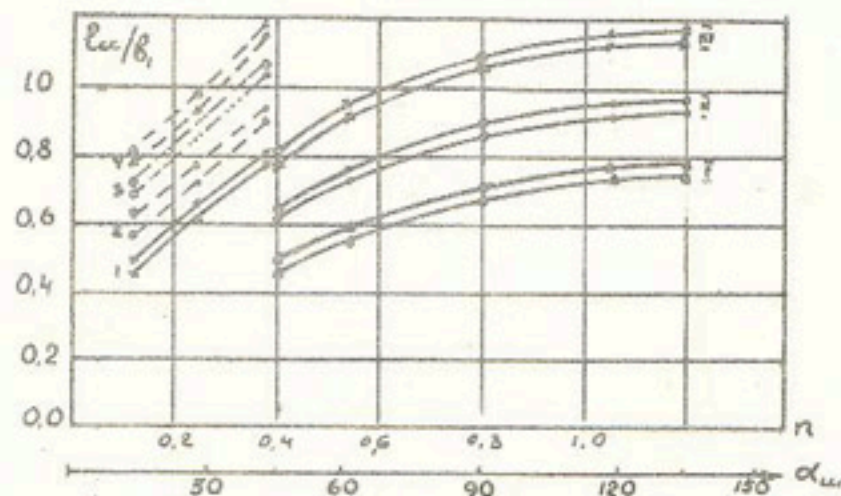
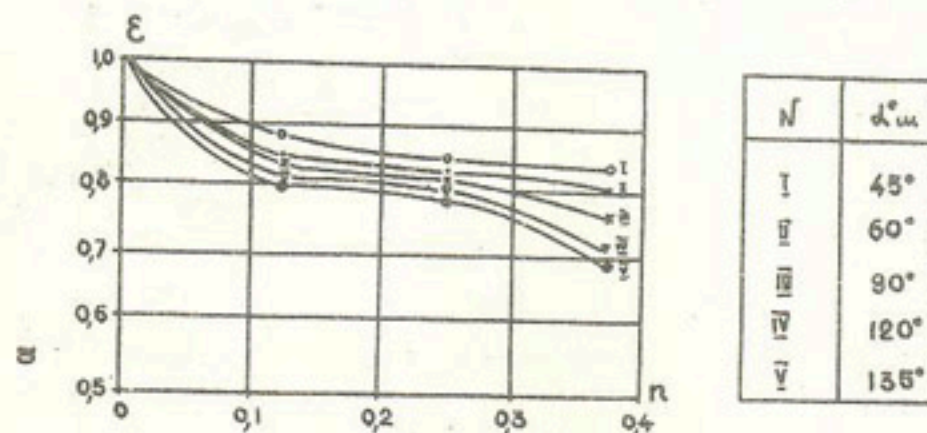
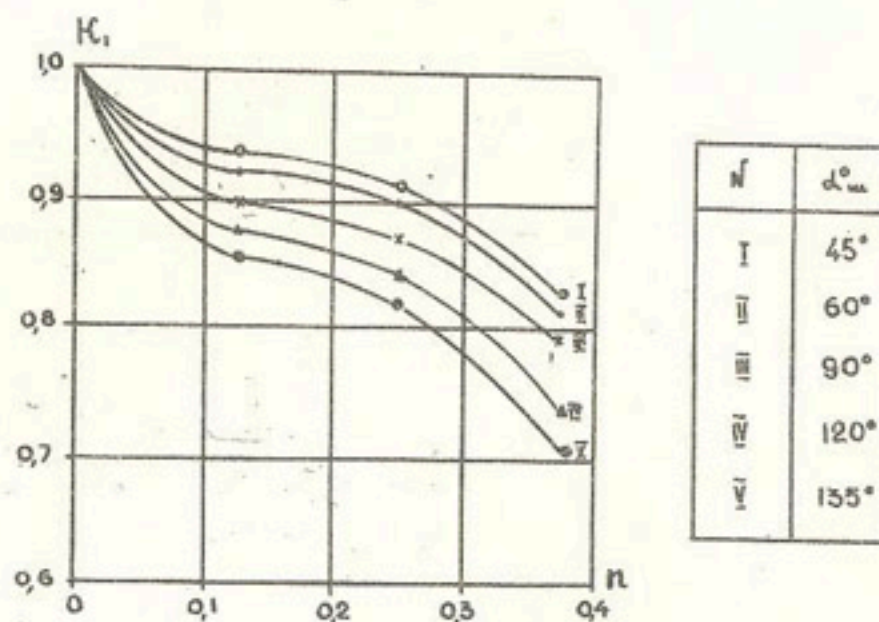


Рис. 2. Графики зависимостей $l_{cc}/b_1 = f(n)$
 $l_{cc}/b_1 = f(\alpha_w)$.

Рис.3. График зависимости $\varepsilon = f(n, \alpha)$.Рис.4. График зависимости $K_1 = f(n, \alpha)$.

В зависимостях (I-9) обозначены:

$\bar{y}_1 = y_1/b_1$ y_1 - ордината границы между слабовозмущенным ядром и зоной интенсивного турбулентного перемешивания;

$\bar{y}_2 = y_2/b_1$ y_2 - ордината границы между зоной интенсивного турбулентного перемешивания и зоной обратных токов;

$\bar{y}_3 = y_3/b_1$ y_3 - ордината границы между транзитным потоком и водоворотной областью;

$\bar{b} = b/b_1$ b - ширина зоны интенсивного турбулентного перемешивания;

$\varepsilon = b_r/b_1$ - коэффициент сжатия;

$K_1 = b_{ж}/b_r$ - относительная ширина в сжатом сечении;

$$b_1 = b_0 + l_c \sin \alpha^\circ;$$

b_r - ширина транзитного потока;

y_1 - ордината границы между слабовозмущенным ядром и первой зоной интенсивного турбулентного перемешивания;

y_4 - ордината границы между первой зоной интенсивного турбулентного перемешивания и зоной слутного течения;

$\bar{y}_5 = y_5/b_1$ y_5 - ордината границы между зоной слутного течения и второй зоной интенсивного турбулентного перемешивания;

Входящие в зависимости (I-9) величины ε, K_1 установлены экспериментальным путем и приведены на рис.3,4 в виде соответствующих графиков. Как видно из рисунков, коэффициент сжатия ε уменьшается с увеличением степени стеснения потока n и угла установки шпоры α_w° . Относительная ширина ядра K_1 возрастает с уменьшением степени стеснения потока n и угла установки шпоры α_w° (рис.4).

И.В.Тимошенко
(САННИИРМ им.В.Д.Журина)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОТОКА НА РАЗМЫВАЕМОЙ МОДЕЛИ

Взаимодействие потока и русла зависит от свойств и структуры среды, в которой происходит процесс. Основное свойство жидкой среды — турбулентный характер движения [3]. Под турбулентностью понимается совокупность колебательных движений различных частот, возникающих в потоке.

Скорость в турбулентном потоке рассматривается как стационарный случайный процесс, а осциллограмма, полученная в точке потока, — как реализация случайного процесса. Турбулентность оценивается следующими статистико-вероятностными характеристиками: математическим ожиданием, среднеквадратичным отклонением, корреляционной функцией, интенсивностью турбулентности, масштабом турбулентных образований /1,3,4,5/.

Стационарность процесса выявляется при подсчете математического ожидания продольной составляющей скорости $\bar{U}$ и ее дисперсии σ_u^2 . Пульсация продольной составляющей скорости оценивается среднеквадратичным отклонением $\sigma_u = \sqrt{\overline{u'^2}}$. Интенсивность турбулентности выражается как $\frac{\sigma_u}{\bar{U}} = \frac{\sqrt{\overline{u'^2}}}{\bar{U}}$ и представляет собой отношение квадрата скорости пульсации к средней скорости. Запись пульсации скоростей в описываемых ниже опытах проводилась в течение $T_0 = 300$ с, так как при большем периоде осреднения величины статистических характеристик мало отличались от вычисленных при $T_0 > 300$ с.

На размываемой русловой модели были выполнены опыты по выявлению взаимосвязей турбулентных характеристик и гидравлических параметров русла: h_0 , θ_0 , i , m . Опыты проводились на русловой площадке в бетонном лотке длиной 30 м, шириной 3,5 м и высотой бортов 0,6 м, заполненном мелкопесчаным однородным грунтом с диаметром частиц $d_{cp} = 0,2$ мм. В песчаном грунте выкладывалось русло трапециевидального сечения с шириной по верху $B = 2,5$ м, шириной по дну канала $\theta_0 = 0,9$ м, заложением откоса $m = 4$, глубиной воды $h_0 = 0,2$ м и уклоном $i = 0,006$. Расход воды определялся при помощи трапециевидального водослива.

При постоянных, отмеченных выше, параметрах производился расчет h_{cp} , $U_{cp} = 1,1 U_0$ и Q , где U_0 —

неразмывающая скорость грунта, значение которой установлено опытным путем по методике В.С.Кнороза для песка диаметром $d_{cp} = 0,2$ мм при различных h .

Началу опытов соответствовал режим течения воды, близкий к равномерному.

Измерения средних скоростей на модели производились микровертушкой ЦИСПВ-5М с горизонтальной осью вращения турбинки диаметром 5 мм. Диапазон изменения средней скорости при проведении опытов составил 12–35 см/с. В контрольном створе скорости измерялись на 7 вертикалях через каждые 6 часов. Все замеры в опытах проводились через 1,5 часа после стабилизации движения потока и включали замеры уклонов водной поверхности, ширины уреза воды в контрольном створе, температуры воды, местной скорости в точке с записью пульсации продольной составляющей скорости U_u в этой же точке. Запись пульсации скорости производилась на шлейфовый осциллограф Н-045, а впоследствии на самописец Н-338/Ш.

Опыты дали возможность проследить за началом и развитием деформации аллювиального русла — статической, переходной и динамической форм устойчивости.

В опыте I наблюдалось равномерное движение потока в русле правильной трапециевидальной формы. Предельно устойчивое состояние русла модели устанавливалось визуально. Скорости соответствовали предельно неразмывающим для данной глубины. На дне потока происходил отрыв только отдельных частиц грунта; массового перемещения наносов не наблюдалось; полностью отсутствовали другие донные деформации. Окончанием опыта считалось установление стабильности показаний всех гидравлических параметров. Каждый последующий опыт являлся продолжением предыдущего.

В опыте 2 осуществлялось постепенное наращивание расхода и увеличение скорости до появления массовой подвижки грунта, слагающего ложе потока, после чего увеличение расхода прекращалось. В качестве характеристик гряд использовалось понятие крутизны, то есть отношение высоты h_{cp} к длине l_{cp} , движение характеризовалось скоростью их перемещения $\frac{h_{cp}}{l_{cp}}$.

Плоские гряды, крутизна которых составила $\frac{h_{cp}}{l_{cp}} = 0,02-0,08$, сформировались сразу в начале опыта. Деформации сопровождались образованием конуса, покрытого сверху грядами. Длина конуса постепенно увеличивалась, но не превышала 2 м.

В начальной части его наблюдались плоские гряды, а в концовой, по классификации Н.С. Знаменской [2], — рифели, крутизна которых достигала $\frac{h_{gr}}{L_{gr}} = 0,08-0,14$. От плоских гряд они отличаются большей областью водоворотной зоны подвала. По дну гряды двигались параллельно потоку. В месте сопряжения откоса и дна канала гребни гряд составили угол с продольной осью потока примерно 35° . В этом опыте наблюдалась переходная форма, при которой мелкие донные образования подготавливали поток к транспорту всех частиц донных отложений.

В опыте 3 поток находился в стадии динамической продольной устойчивости. При этом в русле происходил транспорт определенного количества донных наносов в виде крупных рифелей и гряд и сохранялось совмещение геометрической и динамической осей потока. При отношении $\frac{v}{v_c} > 1$ на дне лотка, сложенного мелкопесчаным размываемым грунтом, оформились гряды такой формы, при обтекании которых поток создавал непрерывную цепь вихреобразований. Отношение $\frac{h_{gr}}{L_{gr}}$ достигло значений $0,14-0,23$ и характеризовало крупные гряды [2]. Скорость перемещения гряд в контрольном створе составила $C_r = 1,73$ м/сут.

Во всех опытах осуществлялась запись пульсации продольной составляющей скорости. Осциллограмма исследуемого участка в стрекне потока на глубине $0,6H$ и на поверхности не имела больших сгустков и разряжений мгновенных скоростей и носила стабильный характер. По обработанному пятиминутному участку, видно, что стабилизация параметров происходила уже через 2-3 минуты с момента начала записи. Запись пульсации придонной составляющей скорости имела менее стабильный характер.

На рис. I показаны изменения интенсивности турбулентности в точке $0,6H$, находящейся в стрекне потока. В опыте I интенсивность турбулентности значительно меньше, чем в опытах 2 и 3, так как это состояние соответствует стадии предельного равновесия потока, то есть в это время происходят отрыв только отдельных частиц грунта. В опыте 2 интенсивность турбулентности увеличивается вместе с ростом скоростей и гряд. В опыте 3 — достигает максимального значения и отличается стабильным характером в течение всего времени записи. На рис. I приведены участки наблюдений с периодом осреднения $T_s = 300$ с. Увеличение интенсивности турбулентности, происходящее в направлении от поверхности ко дну, наблюдалось во всех опытах.

Для выявления внутренней структуры турбулентности потока

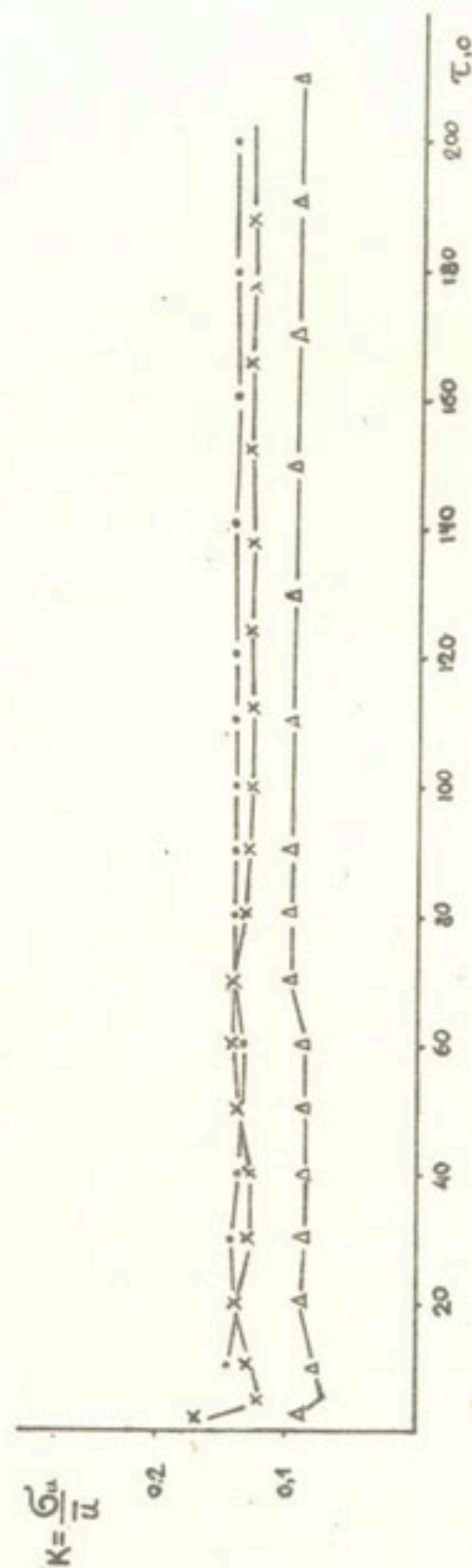


Рис. I. Изменение интенсивности турбулентности в контрольном створе на глубине $0,6H$ в стрекне потока: ———— опыт 1; - - - - - опыт 2; — x — опыт 3.

используем нормированную корреляционную функцию

$$R_u(\tau) = \frac{U'(t) \cdot U'(t+\tau)}{\sigma_u^2},$$

где σ_u^2 — дисперсия продольной составляющей скорости.

Исследования показали, что корреляционная функция имеет вид затухающей кривой для точки 0,6Н стрелы потока. На участке, граничащем с откосом, и в придонной области функция имеет более сложный и случайный характер. На рис. 2 приведены корреляционные функции в точке 0,6Н и в придонной области с периодом осреднения $T_s = 300$ с. Наличие области отрицательных значений корреляционной кривой говорит о возникающих в потоке пульсациях с низкими частотами, что соответствует крупномасштабным возмущениям, которые участвуют в образовании плановой формы размываемого русла и его поперечного сечения.

Интенсивность турбулентности и число Рейнольдса находятся в следующей зависимости: при больших числах Re интенсивность стабилизируется и кривая не меняется, а при малых значениях Re и приближении к источнику возмущения в потоке интенсивность увеличивается.

В опыте 2 число $Re = 0,019 \times 10^6$ и интенсивность турбулентности $\frac{\sigma_u}{u}$ в трех точках на вертикали соответственно составляет 0,15; 0,14; 0,067 (таблица).

Масштаб турбулентности выражает характерный размер турбулентных образований, возникающих в потоке. В опытах 1 и 2 размеры продольного масштаба турбулентности составили 3Н, а в опыте 3 уже 4,4Н. В придонной области масштаб турбулентности уменьшается, что можно также проследить по поведению корреляционной функции. Рост масштаба турбулентности происходит от дна к поверхности. С увеличением расстояния от дна время нулевой корреляции увеличивается (рис. 2).

Распределение среднеквадратичных отклонений, измеренных в долях динамической скорости, по проведенным опытам (см. таблицу) показывает, что отношение $\frac{\sigma_u}{u}$ достигает минимума у поверхности воды и максимума на глубине 0,6Н. Значительное влияние на интенсивность турбулентности оказывает относительная шероховатость русла модели. В опыте 1 при $\frac{d_{cp}}{h} = 0,0022$ $\frac{\sigma_u}{u} = 0,83$, а в опыте 2 при $\frac{d_{cp}}{h} = 0,00226$ $\frac{\sigma_u}{u} = 1,35$. По мере роста интенсивности турбулентности от опыта 1 при $\frac{\sigma_u}{u} = 0,09$ до опыта 3 при $\frac{\sigma_u}{u} = 0,13$ наблюдается увеличение

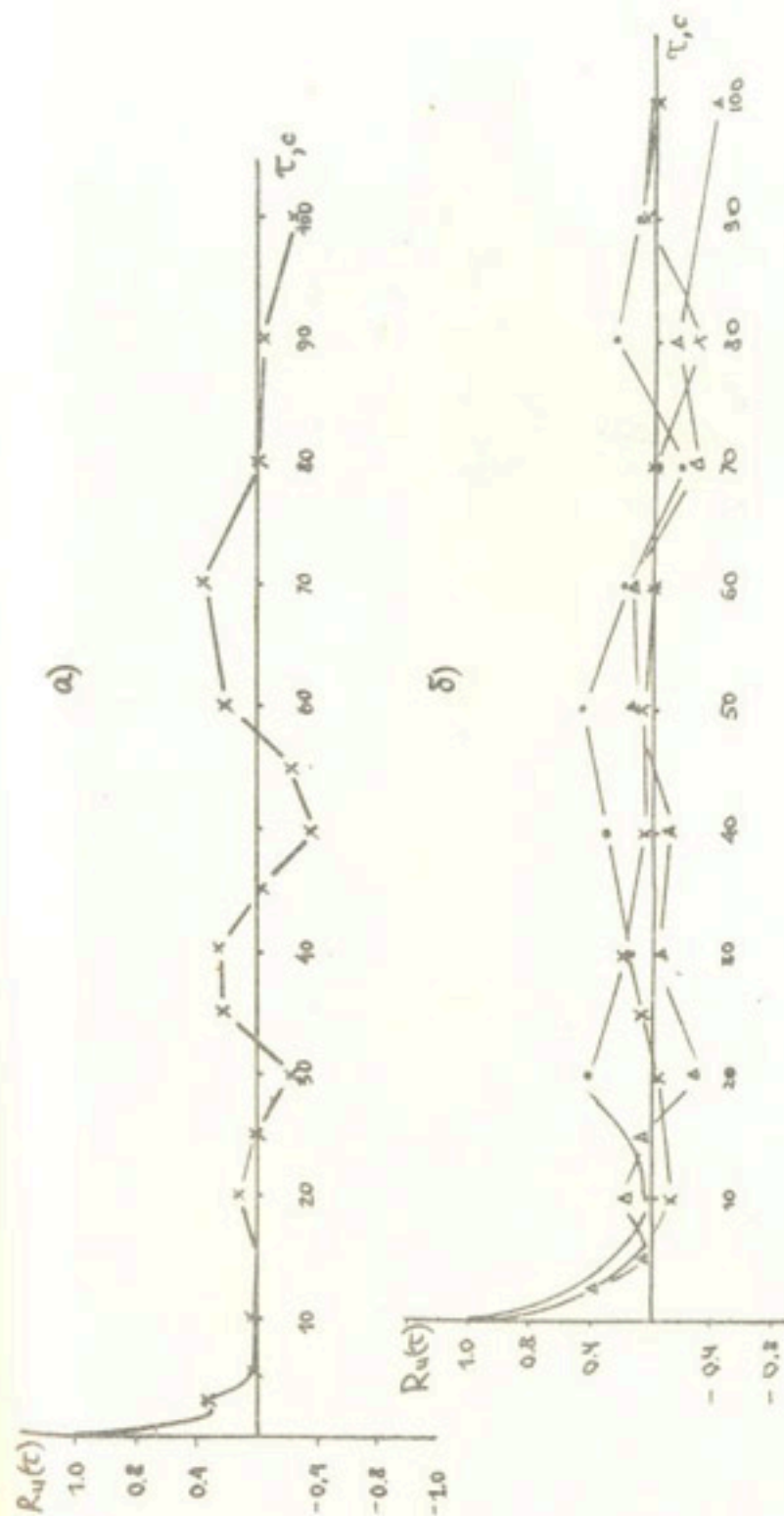


Рис. 2. Корреляционная функция $R_u(\tau)$: а) для точки 0,6Н; б) для точки 0,6Н.

—Δ— опыт 1; —х— опыт 2; —х— опыт 3.

Осредненные значения интенсивности турбулентности в стрекне потока

Опыт : Точка : на верти- : кали :	h_{cp} : см :	$\bar{u}$: см/с :	$\bar{b}_u$: см ² /с :	$\bar{b}_u = \sqrt{\bar{u}^2}$: см/с :	$K = \frac{\bar{b}_u}{\bar{u}}$	$K_* = \frac{\bar{b}_u}{q_{hi}}$
I 0,6H	8,9	22	3,6	1,9	0,09	0,83
II ДНО 0,6H пов.	8,7	17	7,7	2,8	0,15	1,19
		13	10,0	3,17	0,14	1,35
		27	3,3	1,81	0,067	0,79
III 0,6H	9,15	22	8,7	2,9	0,13	1,16

значений гидравлических сопротивлений от 0,0218 до 0,0267.

Таким образом, гидравлические элементы открытых потоков в легкоразмываемых руслах с развитой турбулентной структурой связаны с характеристиками турбулентности, а режим движения потока относится к переходной области, то есть гидравлические сопротивления зависят от числа Рейнольдса.

Список использованной литературы

1. Гринвальд Д.И. Турбулентность русловых потоков. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 166 с.
2. Знаменская Н.С. Грядовое движение наносов. - Л.: Гидрометеиздат, 1968.
3. Клавен А.Б., Копалиани З.Д. Лабораторные исследования кинематической структуры турбулентного потока с сильно шероховатым дном. Труды ГИ/Гос.гидрогеологич.ин-т. - 1973. - Вып.168. - С.49-67.
4. Кузьминов Ю.М. Мелиоративные каналы в легкоразмываемых грунтах. - М.: Колос, 1977. - 194 с.
5. Кузьминов Ю.М., Иваненко Ю.Г. К вопросу о структуре турбулентного потока в руслах статического и динамического равновесия // Сб. науч. тр. / Среднеаз. НИИ ирригации. - 1968. - Вып. II4. - С.92-109.

Кучкаров М.М., Шереметовский А.А.,
Давранов Г., Буранов А.
(СНИИРИ им. В.Д.Журина)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАИЛЕНИЯ ГОЛОВНОГО ВОДОЗАБОРА АМУБУХАРСКОГО КАНАЛА

Большая насыщенность воды р.Амударьи взвешенными и влекомыми (донными) наносами способствует блужданию много рукавного русла по широкой пойме, что сильно затрудняет бесплотинный водозабор.

Подача воды в Амубухарский машинный канал (АБМК) осуществляется многоголовным способом, основная функция которого заключается в том, чтобы обеспечить орошаемые площади требуемыми расходами воды в период межени и паводков, когда амплитуда колебания уровня воды достигает трех метров.

Вода из реки в Амубухарский канал подается в основном по трем водозаборным каналам (рис.1). В меженный период — по водозаборному каналу № 1 длиной 10–12 км; в период отхода основного русла реки к противоположному берегу его длина достигает 14 км и более.

Во время летних паводков подача воды осуществляется через водозаборный канал № 3 длиной 4,5–5 км, а на спаде паводка — через канал № 2 длиной 6–7 км. В период эксплуатации в канал вместе с водой поступает большое количество взвешенных и влекомых (донных) наносов, которые, отлагаясь в русле канала, уменьшают его живое сечение.

Для обеспечения пропуска запланированного расхода воды к головному сооружению Амубухарского канала, а также поддержания определенного живого сечения в течение года, и особенно в периоды подъема и спада паводков, служба эксплуатации вынуждена проводить на входном участке, а также по длине канала очистные работы. При годовом объеме забираемой воды в канал (5 км^3) объем очистных работ достигает 15–16 млн.м³, а нередко и 18 млн.м³.

Определение общих объемов, поступающих и отложившихся наносов по участкам от входа до головного сооружения АБМК, предлагает большой научно-практический интерес. Это способствует правильному планированию очистных и руслорегулировочных работ от входа из реки до головного сооружения АБМК.

Для решения поставленной задачи нами в течение ряда лет на р.Амударье и водозаборных каналах АБМК проводились следующие опыты:

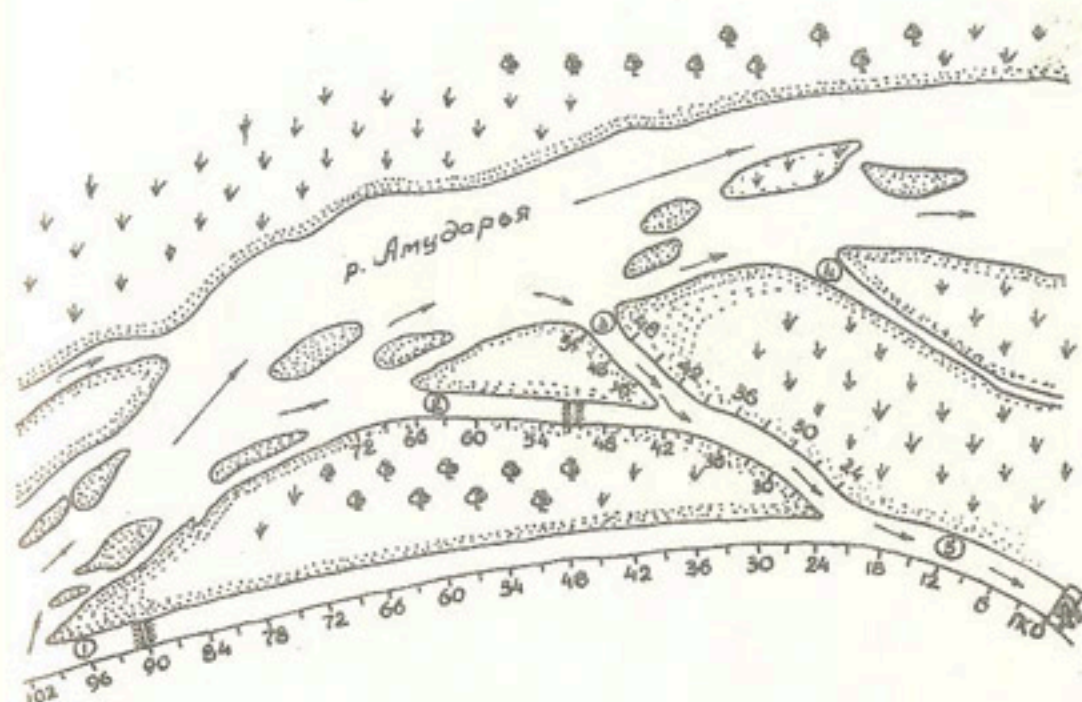


Рис. 1. План головного участка Амубухарского канала:

1 — водозабор № 1; 2 — водозабор № 2; 3 — водозабор № 3; 4 — канал Шых-Бытик; 5 — отстойник; 6 — головное сооружение Амубухарского канала.

измерение скорости течения и мутности воды на реке и по длине водозаборных каналов;

ежедневные двухразовые отборы проб мутности и наблюдения за уровнем воды;

промеры глубин по оси и в характерных створах канала и р.Амударьи;

измерение параметров размыва входного участка, действующего водозаборного канала и реки;

многократные отборы проб донных отложений по длине водозаборного канала и р.Амударьи.

Исследования показали, что заиление входных участков трех водозаборных каналов происходит за счет отложений влекомых (донных) наносов и продуктов размыва берега канала. Причем заиление

за счет взвешенных наносов наблюдалось в основном в концевой части канала, представляющей головной отстойник.

Очистку канала от наносных отложений осуществляли до проектной отметки, где глубина разработки составила 4-5 м, а ширина - 60 - 80 м. В период активной вегетации и при непрерывной работе земснарядов слой отложившихся наносов на входном участке может достигнуть 2-3 м, а в некоторых случаях (при размыве самого канала) он заливается полностью. В этих случаях вода подается по другим, заранее подготовленным водозаборным каналам.

Высота отложения наносов в головном отстойнике составила 0,8-1,2 м. По материалам натурных измерений получен график изменения скорости течения и мутности воды по водозаборному каналу № 2 (рис.2), характеризующий уменьшение этих величин в направлении головного сооружения. Кривые описываются следующим уравнением:

$$\rho = 2,8 - 0,2 L \quad , \text{ кг/м}^3; \quad v = 1,0 - 0,08 L \quad , \text{ м/с},$$

где L - расстояние от входа до створа, км.

Для водозаборного канала № 3 получены две системы кривых, характеризующих изменение мутности потока (рис.3).

$$\rho_1 = \frac{4,0}{L^{0,4}} \quad , \text{ кг/м}^3 \text{ (для подъема паводка),}$$

$$\rho_2 = \frac{2,2}{L^{0,4}} \quad , \text{ кг/м}^3 \text{ (для спада паводка и в межень).}$$

Изменение скорости течения воды описывается эмпирической зависимостью

$$v = \frac{0,6}{L^{0,4}}$$

Формированию отложений наносов в каналах способствуют также взвешенные фракции наносов.

Величину отложения взвешенных наносов, или осветление потока η по длине трех водозаборных каналов находили по зависимости

$$\eta = \frac{\rho_{\text{вх}} - \rho}{\rho_{\text{вх}}},$$

где $\rho_{\text{вх}}$ и ρ_i - мутность потока на входе и на последующих i - створах, расположенных по длине водозаборных каналов.

Осветление потока η по длине каналов в паводковый период составило 30, в межень - 70 %, т. е. в среднем 50 %. Остальные взвешенные наносы вместе с потоком транспортировались

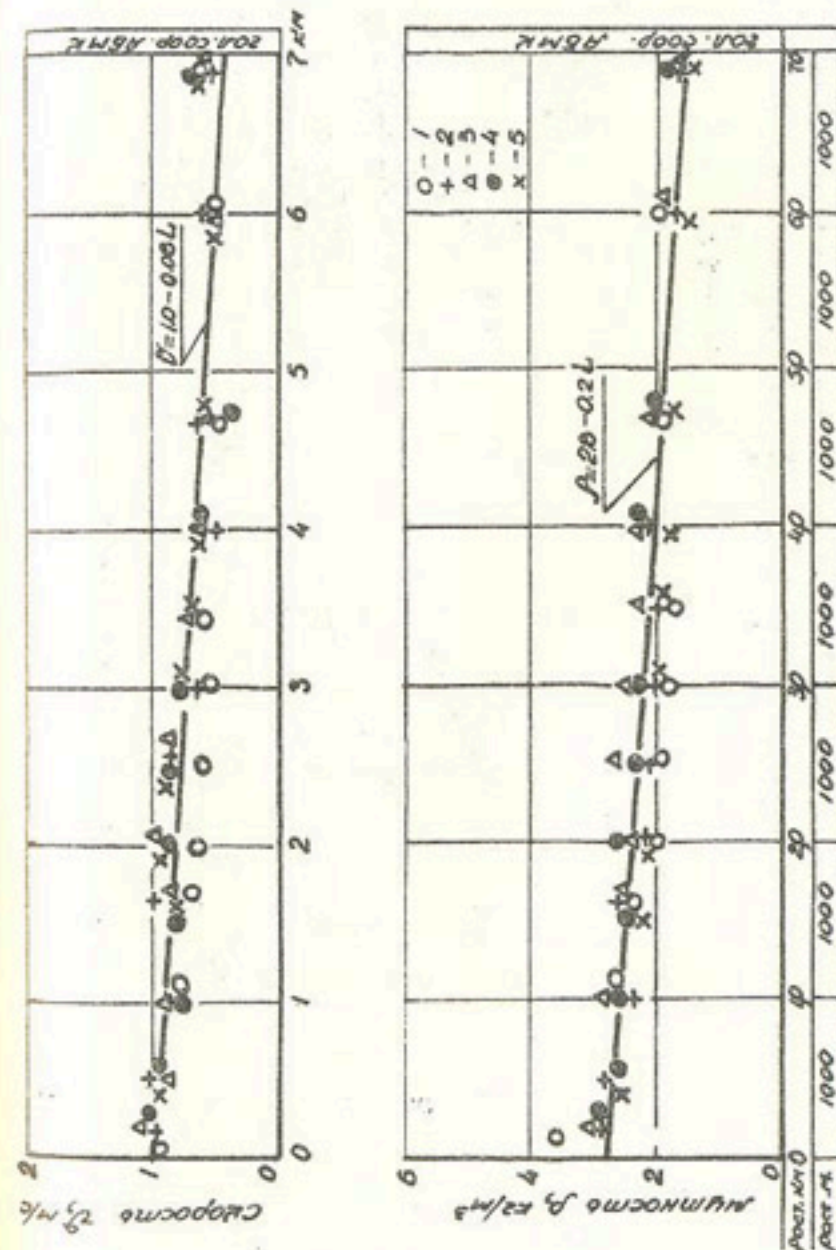


Рис.2. Графики изменения средней скорости и мутности потока по длине водозаборного канала № 2 АЗМК: 1 - I.07; 2 - 17.07; 3 - 25.07; 4 - I.08; 5 - 15.08.

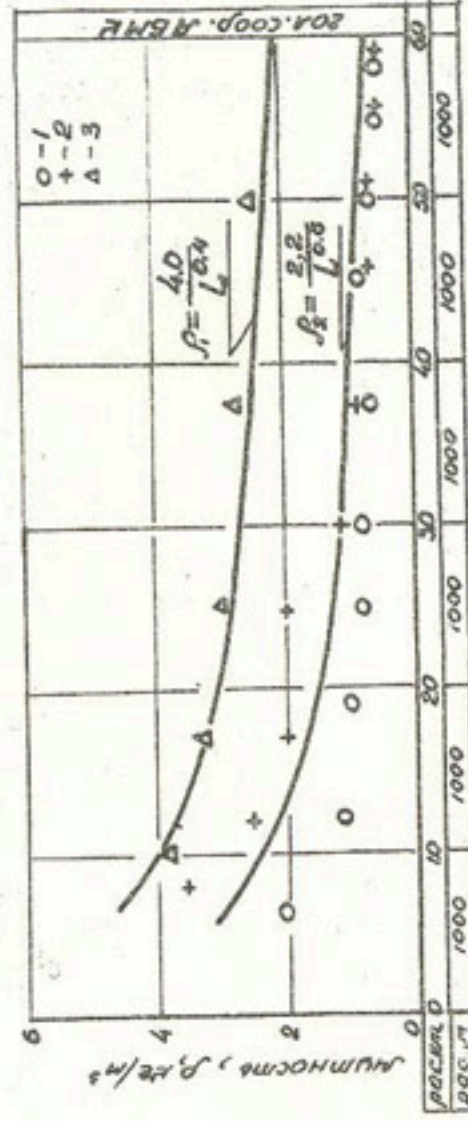
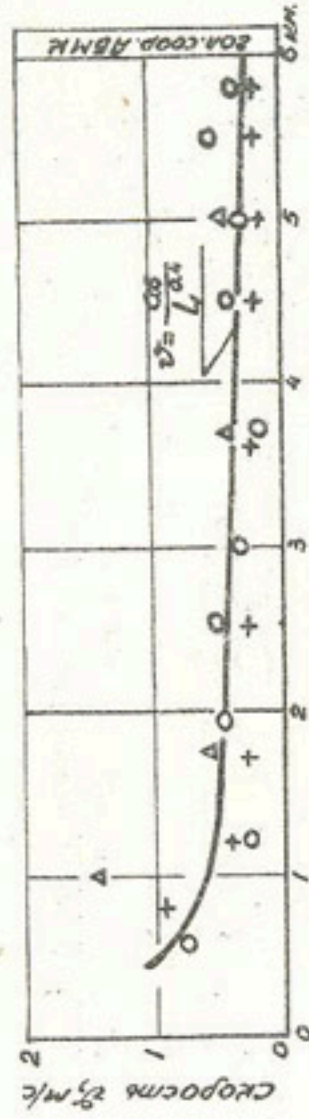


Рис. 3. График изменения средней скорости и мутности потока по длине водозаборного канала № 3 АБМК:
1 - 22-23.06; 2 - 20-21.04; 3 - 30.05.

в нижний бьеф Головного сооружения АБМК.

Полученные нами зависимости - приближительны; по мере накопления материалов они уточняются с учетом водности и уровня режима р.Амударьи.

Результаты исследований были использованы при выполнении очистных и руслорегулирующих работ на головном участке Амубухарского канала. Путем оперативного маневрирования земснарядами и их сосредоточения на входных участках была обеспечена безаварийная подача воды в систему Амубухарского канала в маловодном 1986 г.

А.Д.Дабылов
(САНИРИ им.В.Д.Журина)

ВЗАИМОСВЯЗЬ "СКОРОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ЧЕКАХ - УРОЖАЙНОСТЬ РИСА"

Для получения высоких урожаев риса необходимы благоприятные почвенно-экологические условия. Например, на хорошо мелиорированном опытном участке ВНИИриса за четыре года (1981-1984) средняя урожайность составила 7,8 т/га / 1 /, а на одной из карт новый сорт риса дал рекордную урожайность - 12,2 т/га. По данным Международного научно-исследовательского института риса, при четырех урожаях этой культуры в год суммарная максимальная урожайность достигла 25 т/га / 2 /, в то время как в 1981 г. средняя урожайность риса во всем мире составила лишь 2,9 т/га, в развитых странах - 5,3, в развивающихся - 2,8, в странах с наивысшими урожаями (КНДР) - 6,1 т/га.

Исследуя взаимосвязь урожайности риса с агрометеорологическими условиями, Х.М.Абдуллаев установил / 3 /, что статистический максимум урожайности риса по Узбекистану составляет 5,6 т/га. Этот показатель наименьший в Ферганской области - 2,6 т/га и наибольший в Хорезмской - 6,7 т/га, в Каракалпакской АССР он составил 5,4 т/га. В 1986 г. средняя урожайность риса по Узбекской ССР составила 3,33 т/га, в ККАССР - 2,85 т/га / 4 /. Резервы повышения урожайности риса в республике имеются, и довольно значительные.

Главные факторы, определяющие высокую урожайность риса и других сельскохозяйственных культур, - водно-солевой и воздушный режимы, условия минерального питания, тепловой режим почвы, воды и приземного слоя воздуха, освещенность посевов. Установлено, что при неблагоприятном водновоздушном режиме почв под рисом (при прочих оптимальных условиях) урожайность риса из-за накопления в почве токсинов и недостатка кислорода уменьшается. Это положение подтверждается данными, приведенными в работе / 5 /. Авторы данной работы прослеживают зависимость урожайности риса от длительности его бессменного выращивания. В первый год средняя урожайность риса на площади 525 га составила 49,2 ц/га, на втором, третьем и четвертом году снизилась до 30,9, 23,8 и 22,3 ц/га. На пятом году поля были

оставлены под пар и ничем не засеивались, на шестом и седьмом снова были засеяны рисом, урожайность которого после пара резко возросла и достигла на шестом году 44,6, на седьмом - 41,4 ц/га.

Прогрессирующее снижение урожайности сельскохозяйственных культур при их бессменном выращивании физиологи объясняют накоплением в почве токсических выделений растений и почвенных микроорганизмов / 6,7 /, а также кислородным голоданием риса / 5,8 /, особенно в начальные фазы его развития. Н.М.Эмануэль и Г.Е.Зайков / 9 / считают, что токсичность почв рисовых систем определяется совокупным, а чаще раздельным проявлением засоленности, щелочности, кислотности, сульфатности, избытком органических веществ, отравляющим действием соединений железа, алюминия, бора.

Многие исследователи в нашей стране и за рубежом установили: если на рисовых картах поддерживается определенная скорость нисходящей вертикальной фильтрации, то негативные для риса почвенно-экологические процессы заметно уменьшаются или полностью исключаются, и при высоком уровне агротехники можно получать стабильно высокие урожаи много лет подряд. Причем, для конкретных почвенных условий существует своя биологически оптимальная скорость вертикальной фильтрации, при которой достигается наибольшая урожайность риса. При скоростях фильтрации меньше оптимальной или превышающих ее урожайность снижается. В первом случае из почвы вместе с фильтрующейся водой удаляются почвенные токсины, улучшается кислородный режим и отчасти обновляется почвенный раствор. Во втором - слишком высокие скорости вертикальной фильтрации приводят к удалению из корневой зоны элементов минерального питания, поэтому они вредны для растений.

На рис.1 показана зависимость урожайности риса от скорости вертикальной фильтрации по обобщенным данным, полученным на рисовых системах Японии / 10 /. Как видно из рисунка, в левой части кривой 2 с ростом скорости фильтрации от нуля до 0,017 м/сут урожайность риса возрастает от 6,4 до 7,5 т/га. В правой, нисходящей, части кривой с ростом скоростей фильтрации от 0,017 до 0,103 м/сут урожайность уменьшается от 7,5 до 4,31 т/га. По этой кривой, биологически оптимальной скорости нисходящей вертикальной фильтрации, равной 0,017 м/сут, при данных почвенных условиях соответствует урожайность 7,5 т/га.

Относительную урожайность риса предлагаем рассчитывать по формуле

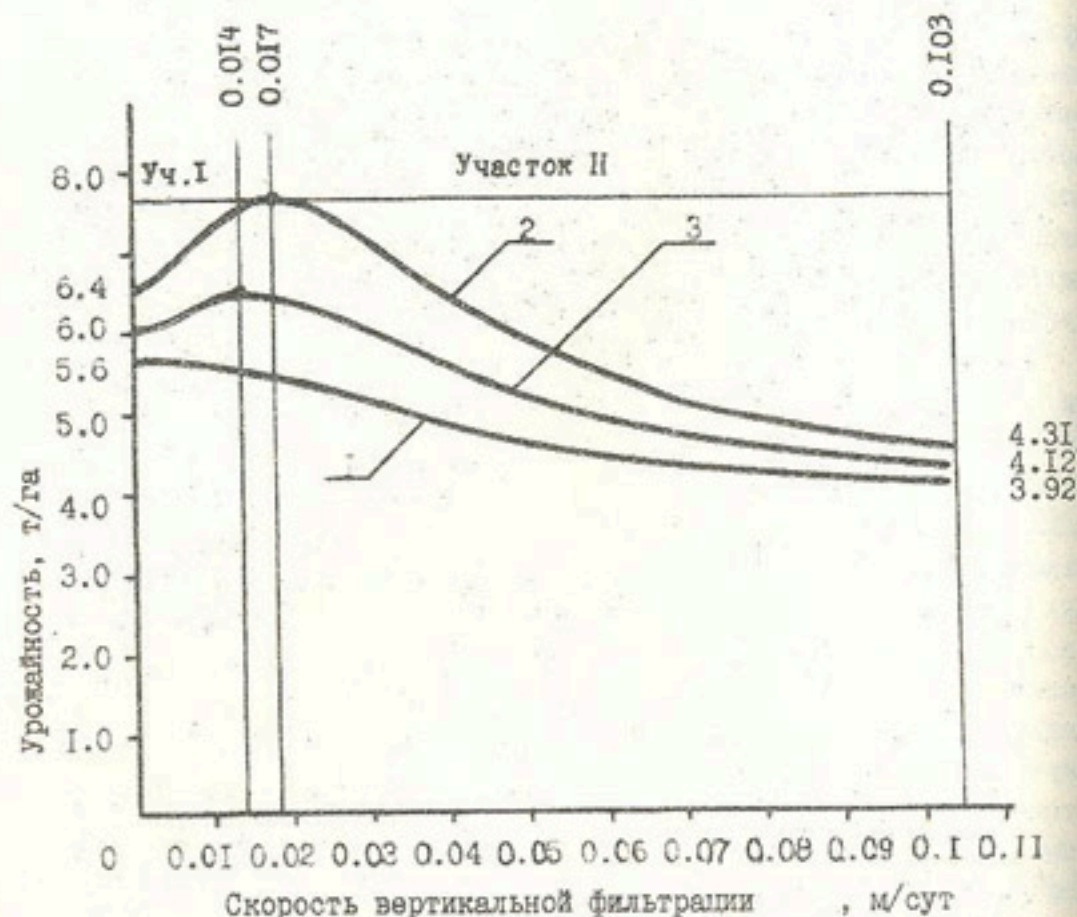


Рис. I. Зависимость урожайности риса от скорости вертикальной фильтрации (по данным /10/):

- 1 - кривая, ограничивающая поле скоростей снизу;
- 2 - кривая, ограничивающая поле скоростей сверху;
- 3 - осредненная кривая.

$$\bar{U} = U/U_{opt}, \quad (1)$$

где $\bar{U}$ - относительная урожайность в долях от оптимальной;
 U - урожайность при текущем значении вертикальной фильтрации, отличающейся от оптимальной или равной ей, ц/га, т/га;
 U_{opt} - урожайность при биологически оптимальном значении вертикальной скорости фильтрации, ц/га, т/га.

На участке I, где с ростом скоростей вертикальной фильтрации растет и урожайность риса, для расчета относительной урожайности можно использовать видоизмененную нами зависимость В.В.Шабанова /11,12/

$$\bar{U} = A + B \exp\left(-\frac{\bar{\varphi}^2}{2}\right), \quad (2)$$

где A и B - эмпирические коэффициенты;

$$\bar{\varphi} = \frac{3(V_{opt} - V)}{V_{opt} - V_{пред}} \quad - \text{нормированное значение}$$

фактора жизни при текущей скорости фильтрации V в интервале от $V_{пред}$ до V_{opt} ;

V_{opt} , $V_{пред}$ - биологически оптимальное и предельное значения скорости фильтрации.

На участке II при скоростях фильтрации, превышающих биологически оптимальную, урожайность уменьшается. Для этого случая можно рекомендовать зависимость

$$\bar{U} = 1 - C[1 - \exp\left(-\frac{\bar{\varphi}^2}{2}\right)], \quad (3)$$

где C - эмпирический коэффициент;

$$\bar{\varphi} = \frac{3(V - V_{opt})}{V_{пред} - V_{opt}} \quad \text{Здесь } V_{пред} \text{ по величине}$$

не превышает установившуюся скорость вертикальной фильтрации в почвогрунтах при градиенте напора, равном 1; текущая скорость фильтрации V изменяется от V_{opt} до $V_{пред}$.

Кривая I на рис. I, ограничивающая поле скоростей снизу, имеет только участок II. Для нее на основе формулы (3) подобрана следующая эмпирическая зависимость:

$$\bar{U} = 1 - 0.304[1 - \exp\left(-\frac{\bar{\varphi}^2}{2}\right)],$$

$$\text{где } \bar{\varphi} = \frac{3(\bar{v} - v_{\text{огт}})}{v_{\text{пред}} - v_{\text{огт}}} = \frac{3(\bar{v} - 0,0)}{0,103 - 0,0} = 29,1 \bar{v}.$$

$$\text{Отсюда } \bar{U} = 1 - 0,304[1 - \exp(-423,4 \cdot \bar{v}^2)],$$

здесь $0 \leq \bar{v} \leq 0,103$ м/сут.

По кривой I (см.рис.1), максимальная урожайность, равная 5,6 т/га ($\bar{U} = 1$), соответствует скорости фильтрации 0,0 м/сутки, а наименьшая урожайность, равная 3,92 т/га ($\bar{U} = 0,7$), получена при скорости фильтрации 0,103 м/сут.

Для кривой 2, ограничивающей "поле скоростей" сверху, на участке I, где урожайность увеличивается с ростом скоростей, на основе формулы (2) подобрана следующая эмпирическая зависимость:

$$\bar{U} = 0,853 + 0,147 \exp\left(-\frac{\bar{\varphi}^2}{2}\right),$$

$$\text{где } \bar{\varphi} = \frac{3(v_{\text{огт}} - \bar{v})}{v_{\text{огт}} - v_{\text{пред}}} = \frac{3(0,017 - \bar{v})}{0,017 - 0,0} = 176,4(0,017 - \bar{v}).$$

$$\text{Отсюда } \bar{U} = 0,853 + 0,147 \exp[-15500(0,017 - \bar{v})^2],$$

здесь $0 \leq \bar{v} \leq 0,017$ м/сут. При $v_{\text{пред}} = 0,0$ м/сут $\bar{U} = 0,855$. При $v_{\text{огт}} = 0,017$ м/сут $\bar{U} = 1,0$, $\bar{v} = 7,5$ т/га.

Для той же кривой на участке II, где урожайность уменьшается с ростом скорости вертикальной фильтрации,

$$\bar{U} = 1,0 - 0,43[1 - \exp(-\frac{\bar{\varphi}^2}{2})],$$

$$\text{где } \bar{\varphi} = \frac{3(\bar{v} - v_{\text{огт}})}{v_{\text{пред}} - v_{\text{огт}}} = \frac{3(\bar{v} - 0,017)}{0,0103 - 0,017} = 34,9(\bar{v} - 0,017).$$

$$\text{Отсюда } \bar{U} = 1 - 0,43[1 - \exp[-609(\bar{v} - 0,017)^2]].$$

Здесь $0,017 \leq \bar{v} \leq 0,103$ м/сут. При $v_{\text{огт}} = 0,017$ м/сут

$\bar{U} = 1,0$, $\bar{v} = 7,5$ т/га. При $v_{\text{пред}} = 0,103$ м/сут $\bar{U} = 0,575$, $\bar{v} = 4,31$ т/га.

Кривая 3 (см.рис.1) является осредненной. Для этой кривой на участке I, где урожайность увеличивается с ростом скорости вертикальной фильтрации, получено эмпирическое уравнение

$$\bar{U} = 0,936 + 0,064 \cdot \exp[-22898(0,014 - \bar{v})^2],$$

здесь $0 \leq \bar{v} \leq 0,014$ м/сут. При $v_{\text{пред}} = 0,0$ м/сут $\bar{U} = 0,937$, $\bar{v} = 6,0$ т/га. При $v_{\text{огт}} = 0,014$ м/сут $\bar{U} = 1,0$, $\bar{v} = 6,4$ т/га.

На участке II кривой 3, где урожайность уменьшается с ростом скорости вертикальной фильтрации, имеем

$$\bar{U} = 1 - 0,36[1 - \exp[-568(\bar{v} - 0,014)^2]]$$

Здесь $0,014 \leq \bar{v} \leq 0,103$ м/сут. При $v_{\text{огт}} = 0,014$ м/сут $\bar{U} = 1,0$, $\bar{v} = 6,4$ т/га. При $v_{\text{пред}} = 0,103$ м/сут $\bar{U} = 0,644$, $\bar{v} = 4,12$ т/га.

Обобщение большого числа опубликованных экспериментальных данных / 10,15 - 18 и др. / показывает, что чем легче по механическому составу почвы, тем больше биологически оптимальная скорость нисходящей вертикальной фильтрации (таблица). Нижний предел вертикальной фильтрации практически равен нулю, верхний - ограничен коэффициентами фильтрации почвогрунтов.

Нижнему пределу вертикальной фильтрации соответствует относительная урожайность риса 0,3 - 0,93 (рис.2). При верхнем пределе относительная урожайность риса находится в более узких границах: 0,5-0,85 (рис.2). И в том, и в другом случае меньшая урожайность соответствует более длительному бесменному возделыванию риса.

Особого внимания заслуживает укороченный промывной режим почв рисового чека, эффективность которого в определенных почвенно-экологических условиях весьма высокая. Результаты производственных опытов, проведенных Е.Б.Величко и В.Г.Гараниным /19/ в колхозе им.В.И.Ленина Краснодарского края, показали следующее.

В условиях непрерывного в течение вегетации риса подпора картового сброса урожайность составила 37,7 ц/га, в режиме непрерывного оттока - 38,1 ц/га, а в режиме работы "отток-подпор" была значительно выше и в среднем за три года экспериментов составила 49,9 ц/га. Отточный промывной режим почв на

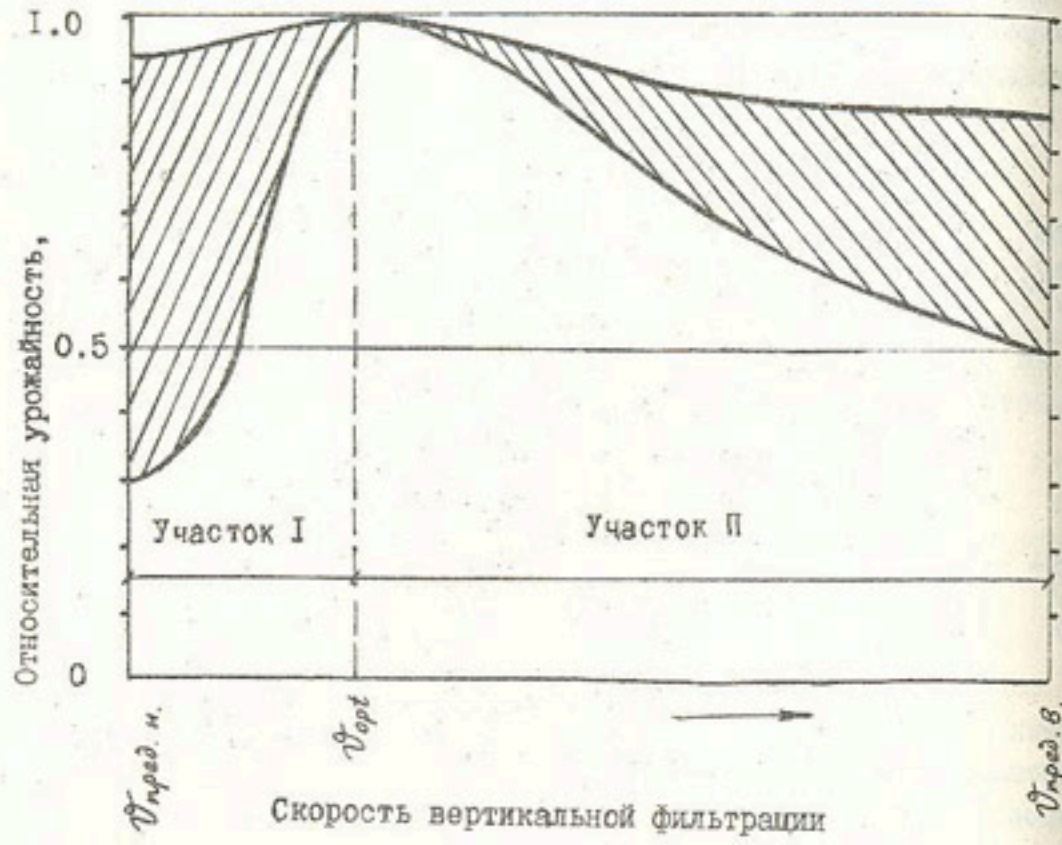


Рис. 2. Взаимосвязь относительной урожайности риса со скоростью вертикальной фильтрации в чеках:

$V_{пред.н.}$, $V_{пред.в.}$ — нижний и верхний пределы скоростей фильтрации;

$V_{опт.}$ — биологически оптимальная скорость вертикальной фильтрации, которая находится по таблице.

(на участке I эмпирическая зависимость подбирается по формуле (2), на участке II — по формуле (3)).

Таблица

Биологически оптимальные и предельные значения скоростей вертикальной фильтрации в рисовых чеках в зависимости от почвогрунтов

Почвогрунты		Биологически оптимальные : Предельные значения скоростей : значения скоростей верти: вертикальной фильтрации, мм/сут : кальной фильтрации, мм/сут			
по классификации : по классификации Среднезигипровод- : Н.Т.Лактаева [14] хлопка [13]	:	пределы : изменения	: среднее : значение	: нижний предел	: верхний предел
Песчаные	Сильноводопрони- цаемые (А)	10-40	14	0,0	360
Супесчаные	Повышенной водо- проницаемости(Б)	6-16	9	0,0	192
Легко- и средне- суглинистые	Средневодопрони- цаемые (В)	3-8	5	0,0	108
Тяжелосуглинист- ые	Пониженной водо- проницаемости(Г)	2-5	3	0,0	60
Глинистые	Слабоводопроница- емые (Д)	1-4	2	0,0	36

рисовых системах рекомендуется поддерживать от посева до кущения, то есть в течение 35-45 суток, в остальное время вегетации (55-65 суток) более целесообразно соблюдать подпорный режим работы картвых сбросов. При таком режиме работы дренажно-сбросной сети повышается урожайность риса и экономится оросительная вода.

Высокую жизнестойкость и продуктивность риса при отточном подпорном режиме работы картвых сбросов Е.Б.Величко и В.Г.Гаранин объясняют тем, что с началом кущения из зародышевого корня риса формируется 140-180 придаточных корешков с развитой воздухоносной тканью и, начиная с этой фазы развития, рис как биологическая система переходит на режим "самообеспечения" кислородом своей корневой системы. Следовательно, с этого момента (с фазы кущения) отпадает надобность в промывном режиме почв рисовой карты.

В ы в о д ы

1. Для получения высоких урожаев риса необходимо обеспечить оптимальный промывной режим почв. Биологически оптимальные и предельные значения скоростей вертикальной фильтрации для риса зависят от почвогрунтов (см.таблицу).

2. Промывной режим почв на рисовых чеках целесообразно поддерживать от посева до кущения. От кущения до молочной спелости риса рекомендуется подпорный режим работы дренажно-сбросной сети.

3. Предложенные нами эмпирические зависимости (2-3) позволяют рассчитывать урожайность риса в широком интервале скоростей фильтрации и для различных почвогрунтов.

4. Имея экспериментальные данные об урожаях и данные наблюдений за фактическими скоростями вертикальной фильтрации, а также используя наши зависимости, можно построить карту урожайности рисовых полей с учетом почвенных условий, оптимизировать параметры рисовых систем и их эксплуатацию, определить биологические и экономические оптимальные оросительные нормы.

Список использованной литературы

1. Попов В.А. Закрытый дренаж на рисовых системах // Гидротехника и мелиорация. - 1985. - № II. - С.33-34.
2. Кук Дж.В. Факторы, лимитирующие урожай, и их взаимодействие в системах земледелия // Вестник сельскохозяйственной науки. - 1987. - №6. - С.124-130.
3. Абдуллаев Х.М. Агрометеорологические условия и урожайность риса в Узбекистане // Труды САННИ Госкомгидромета. - Вып.169, 1983. - С.3-12.
4. Народное хозяйство Узбекской ССР за 70 лет Советской власти. Юбилейный статистический ежегодник. Ташкент, Узбекистан, 1987. - С.106.
5. Величко Е.Б., Поляков Ю.Н., Амелин В.П. Экономия воды при возделывании риса. Краснодар, 1985. - 175с.
6. Иванов В.П. Растительные выделения и их значение в жизни фитоценозов. - М.: Наука, 1973. - 296 с.
7. Аллелопатическое почвоутомление / А.М.Гродзинский, Г.П.Богдан, Э.А.Головкин и др. - Киев: Наукова думка, 1979. - 248 с.
8. Величко Е.Б., Шумаков Б.Б. Технология получения высоких урожаев риса. - М.: Колос, 1984. - 84 с.
9. Эмануэль Н.М., Зайков Г.Е. Химия и пища. М., Наука, 1986. - 174 с.
10. Фукуда Х., Цуцуми Х. Орошение риса в Японии. Пер.с англ. Под ред. В.Б.Зайцева. М., 1976. - 98 с.
11. Шабанов В.В. Биоклиматическое обоснование мелиорации. - Л.: Гидрометеоиздат, 1973. - 166 с.
12. Шабанов В.В. Влагообеспеченность яровой пшеницы и ее расчет. - Л.: Гидрометеоиздат, 1981. - 142 с.
13. Решетов Г.Г., Шредер В.Р., Трунова Т.А. Расчет оросительных норм хлопчатника // Гидротехника и мелиорация. - 1978. - № 4. - С.64-69.
14. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. - М.: Колос, 1978. - 176 с.
15. Олейник А.Я., Жовтоног Н.И. Эффективность дренажа на рисовых оросительных системах // Мелиорация и водное хозяйство Киев, 1983. - С.38-43.
16. Рау А.Г. Действие вертикального дренажа на рисовых системах // Гидротехника и мелиорация - 1985. - № 3. - С.17-21.

17. Джумабеков А.А., Тулебаева Г.А. Влияние минерализации поливной воды и вертикальной фильтрации на продуктивность риса // Совершенствование мелиоративного улучшения орошаемых земель в Казахстане / САНИИРИ, КазНИИВХ. - Ташкент, 1982. - С.39-44.
18. Сапаров П.С. Мелиоративная эффективность закрытого дренажа на рисовых оросительных системах // Сб. науч. тр. / Среднеаз.НИИ ирригации. - 1984. - Вып.172. - С.129-138.
19. Величко Е.Б., Гаранин В.Г. Влияние режима работы дренажно-сборной сети на урожай риса. Повышение продуктивности рисовых полей - М.: Наука, 1985. - С.31-34.

И.Э.Самарина

Г.Н.Курочкина

(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК ПАВ С СУЛЬФАТОСТОЙКИМИ ЦЕМЕНТАМИ

Ранними исследованиями установлена высокая эффективность пластифицирующих добавок С-1 Уз и ПШ в бетонных смесях, с помощью которых были получены литые смеси, а при сокращении водоцементного отношения - бетоны с улучшенными физико-техническими характеристиками / 1,2/ в результате изменения структуры цементного камня. В свою очередь регулирование структурообразования цемента связано с процессами растворения, гидратации и коллоидации вяжущего. Это диктует необходимость дальнейшего изучения влияния выбранных добавок на цементные системы как на ранних стадиях взаимодействия, так и в последующие сроки структурообразования.

Исследования проводили на сульфатостойком шлакопортландцементе ПО "Ахангаранцемент" М-400 и сульфатостойком портландцементе Кувасайского цементного комбината М-400. В целях установления поверхностной активности добавок определяли величину снижения поверхностного натяжения воды путем введения ПАВ различной концентрации (рис.1).

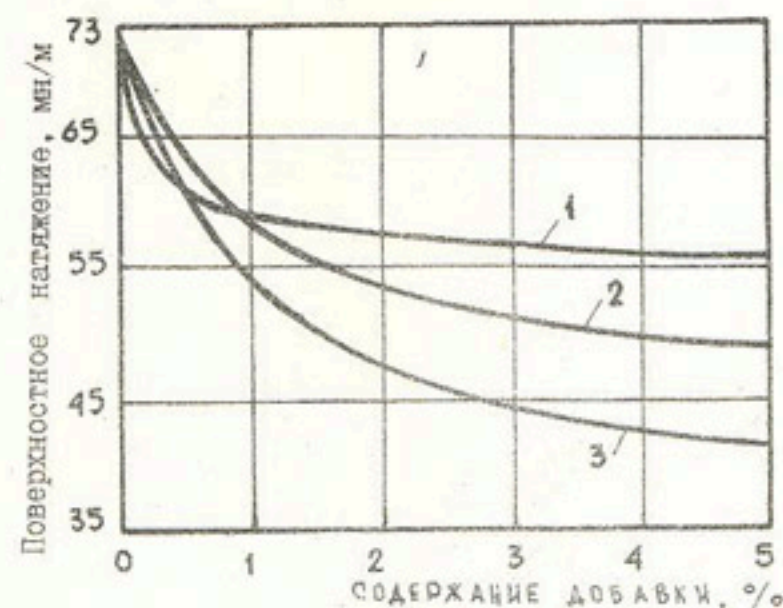


Рис. 1. Поверхностное натяжение водных растворов добавок:
1 - С-1 Уз; 2 - ПШ; 3 - СЛБ.

По сравнению с сульфанолами и СДБ, снижающим поверхностное натяжение воды на 25–30 мН/м, пластификатор С-І Уз снижает σ_{H_2O} на 5–15, а пластификатор ПШ – на 20–25 мН/м. Это обстоятельство благоприятно сказывается на прочностных характеристиках бетона, так как пористость за счет воздухововлечения не увеличивается более чем на 2–4 %.

Таким образом, исследуемые ПАВ, снижающие поверхностное натяжение воды, согласно классической теории, способны диспергировать гетерогенные системы.

При изучении пептизирующей способности ПАВ установлено, что в суспензиях без добавок цементные частицы как бы склеены в комки. При введении С-І Уз и ПШ не наблюдается скопления крупных частиц, мелкие же равномерно распределяются в пробе. Диспергирующее действие С-І Уз проявляется при дозировке 0,015% от массы цемента, ПШ – при 0,1 %. С увеличением концентрации добавок эффект дефлокуляции цементных частиц усиливается.

Как показали опыты по изучению кинетики оседания разбавленных цементно-водных суспензий, в суспензиях без добавки за счет флокуляции происходит быстрое оседание твердых частиц (рис.2). Введение добавок 0,01–0,15 % С-І Уз и ПШ 0,1–0,4 %

ПШ стабилизирует систему, увеличивает время оседания частиц и образования осадка, который в пробе имеет более плотную упаковку и характеризует в дальнейшем повышенную плотность и прочность цементного камня.

Стабилизирующее действие исследуемых ПАВ, обусловленное адсорбционным характером взаимодействия их с цементом, подтвердили полученные результаты. На рис.3. представлены кривые зависимости адсорбции от степени концентрации добавок. Концентрация водных растворов ПАВ 0,05–2,0 % соответствует 0,1–4,0 % содержанию добавок от массы цемента, и кривая имеет вид изотермы адсорбции Ленгмюра.

При определении адсорбции пластификаторов С-І Уз и ПШ на поверхности клинкерных мономинералов было обнаружено, что более интенсивно добавки адсорбируются на алуминатной составляющей C_3A , с наименьшей – на $\beta-C_2S$. Такой избирательный характер действия свидетельствует о том, что ПАВ адсорбируется не только на безводном C_3A , но и на зародышах гидроалюминатов, которые быстро образуются в растворе, увеличивая поверхность твердой фазы.

Зависимость величины адсорбции исследуемых ПАВ от времени

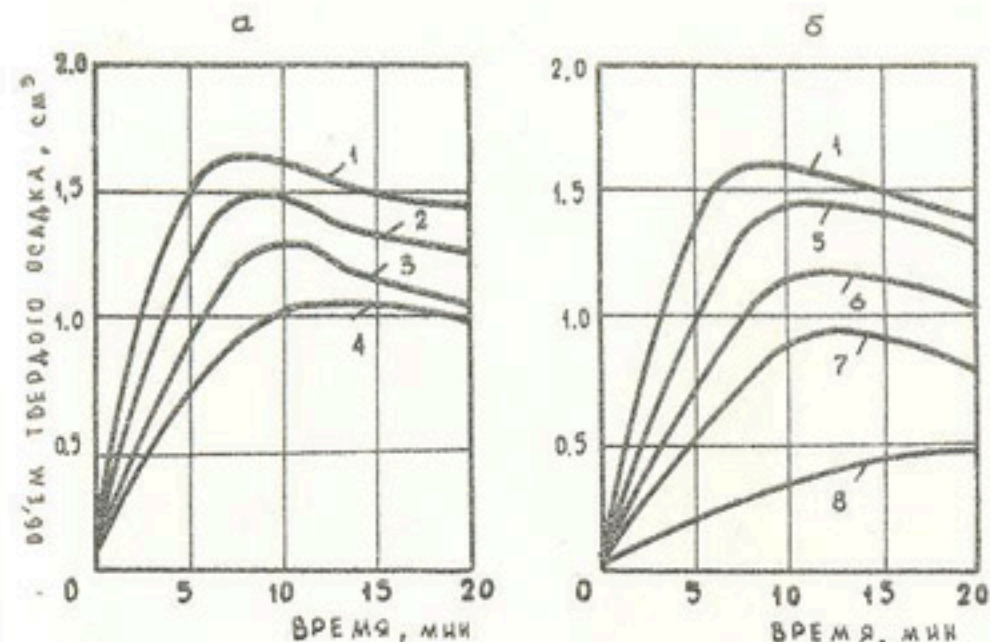


Рис.2. Кинетика оседания седиментационного осадка цементных суспензий:

а – С-І Уз; б – ПШ; 1–0; 2–0,01 %; 3 – 0,09; 4– 0,15 %; 5 – 0,1; 6 – 0,3 %; 7 – 0,5 %; 8 – 1,0 %.

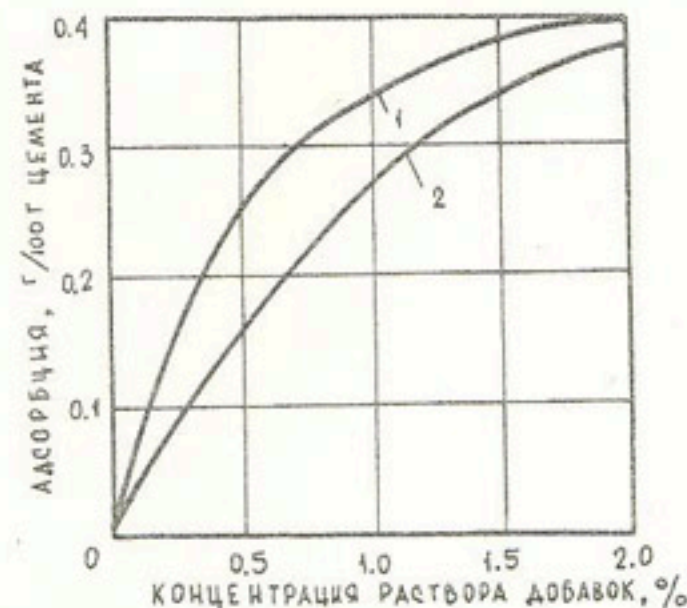


Рис. 3. Зависимость адсорбции от вида и количества добавки: 1 – С-І Уз; 2 – ПШ.

контакта их с твердой фазой характеризуется двумя периодами: первый обусловлен ее ростом при введении С-І Уз до 2 ч и ІІІ – до 3,5 ч. В этот период процесс гидратации затормаживается, т.е. зерна цемента "закрываются" молекулярными пленками ПАВ – вода. В дальнейшем, за счет непрерывного процесса гидролиза и гидратации, образования гидросиликатов кальция, эта пленка разрывается, что служит началом второго периода. Отметим, что пластификатор С-І Уз быстрее адсорбируется на зернах цемента и, следовательно, быстрее заканчивается процесс гидратации, чем при добавке ІІІ.

Таким образом, исследования показали, что повышение однородности бетонной смеси связано с диспергирующей и стабилизирующей способностью добавок С-І Уз и ІІІ и что механизм пластификации исследуемых ПАВ обусловлен адсорбционным характером взаимодействия добавок с цементом.

Список использованной литературы

1. Абрамова Р.С., Гриценко Т.К., Самарина И.Э. Добавка С-І Уз для литых бетонов // Информ.лист. о научно-техническом достижении. – № 84 – І47. – Ташкент: УзНИИТИ, 1984. – 2 с.
2. Самарина И.Э., Ботвина Л.М., Абрамова Р.С. Применение тонкомолотых металлургических шлаков для получения высокоэффективного пластификатора бетонной смеси // Информ.лист. о научно-техническом достижении. – № 86-І7. – Ташкент: УзНИИТИ, 1986. – 2 с.

В.Я.Захаров
(САННИИИ им. В.Д.Журина)

РАЗРАБОТКА КОРРОЗИОННО-СТОЙКОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА С ДОБАВКАМИ ДЛЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

При существующих темпах освоения новых земель к 2000 г. в Узбекистане предполагается увеличить орошаемую площадь до 5,0-5,5 млн.га. Из имеющихся 3,8 млн.га поливной пашни почти половина в различной степени засолена, а вновь осваиваемые земли в основном характеризуются средней и сильной степенью засоления с преобладанием сульфатов натрия, магния и кальция. Причем содержание последнего нередко достигает до 50 %. Для предотвращения засоления и удаления избыточного содержания солей строится коллекторно-дренажная сеть, протяженность которой в среднем по республике превышает 28,3 м/га.

Учитывая масштабы строительства и условия эксплуатации конструкции КДС, остро стоит проблема разработки новых эффективных коррозионно-стойких материалов, не требующих специальной защиты в сильноагрессивных средах.

Определенный интерес в этом плане представляют бетоны на основе жидкого стекла (БЖС), которые традиционно используются как кислотостойкие материалы в технике защиты от коррозии. Однако, несмотря на низкую стоимость связующегося и доступность сырья для их изготовления, они не нашли широкого применения в практике гидромелиоративного строительства в условиях сильной минерализации почв и грунтовых вод из-за своей относительно невысокой прочности, низкой водонепроницаемости и водостойкости. В то же время эти недостатки можно устранить, модифицируя БЖС различными добавками.

Для определения оптимального количества введения добавок в состав БЖС использовали метод математического планирования эксперимента. Обработывали результаты на ЭЕМ-ЕС-І035.

Исследованиями был установлен нелинейный характер зависимостей выходных параметров от количества вводимых добавок,

* Работа выполнена под руководством докт.техн.наук
И.Е.Путляева.

поэтому планирование эксперимента проводили по рототабельному плану второго порядка.

Значения переменных приведены в табл.1, а матрица планирования и результаты эксперимента - в табл.2.

Т а б л и ц а 1

Пределы варьирования исследуемых факторов

Компоненты: Факторы		Средний уровень	Шаг варьирования	Значения уровней переменных				
		уровень	к	: -1,414 : -1 : 0 : 1 : 1,414				
Ацетон	X_1	4	2,8	0	1,2	4	6,8	8
МЛФС	X_2	4	2,8	0	1,2	4	6,8	8

Т а б л и ц а 2

Матрица планирования и результаты эксперимента

План кодированных переменных		План натуральных переменных		Результаты эксперимента	
X_1	X_2	X_1 - расход ацетона от массы жидкого стекла, %	X_2 - расход МЛФС от массы жидкого стекла, %	Y_1 - прочность на сжатие, МПа	Y_2 - коэффициент стойкости
-	-	1,2	1,2	49	0,700
-	-	6,8	1,2	66	0,840
-	-	1,2	6,8	58	0,840
-1,414	0	0	4	46	0,750
+1,414	0	8	4	62	0,885
0	-1,414	4	0	63	0,750
0	-1,414	4	8	68	0,888
0	0	4	4	65	0,820
0	0	4	4	64	0,830
0	0	4	4	67	0,810
0	0	4	4	66	0,815
0	0	4	4	63	0,815

Факторами для построения уравнений приняты: содержания ацетона (X_1) и МЛФС (X_2) в процентах от массы жидкого стекла. В качестве параметров оптимизации исследовали проч-

ность на сжатие (Y_1) и коэффициент стойкости в растворе солей (Y_2). Прочность Y_1 определяли после прогрева образцов в течение 24 ч при температуре 110°C, а коэффициент стойкости - после 180 сут выдерживания образцов в растворе солей. Состав раствора моделировали с учетом максимального содержания солей в сильноминерализованных водах.

При расчете матрицы планирования получены регрессионные уравнения

$$Y_1 = 65,000 + 5,829X_1 + 1,884X_2 - 2,500X_1X_2 - 5,564X_1^2 + 0,188X_2^2;$$

$$Y_2 = 0,820 + 0,048X_1 + 0,047X_2 - 0,023X_1X_2 - 0,001X_1^2 - 0,002X_2^2.$$

Проверка уравнений по критериям Стьюдента и Фишера показала, что полученные уравнения регрессии адекватно описывают ход эксперимента и реально отражают изменение прочности и коэффициента стойкости в растворе солей в зависимости от количества вводимых добавок. По уравнениям регрессии были построены изолинии Y_1 и Y_2 (рис.1).

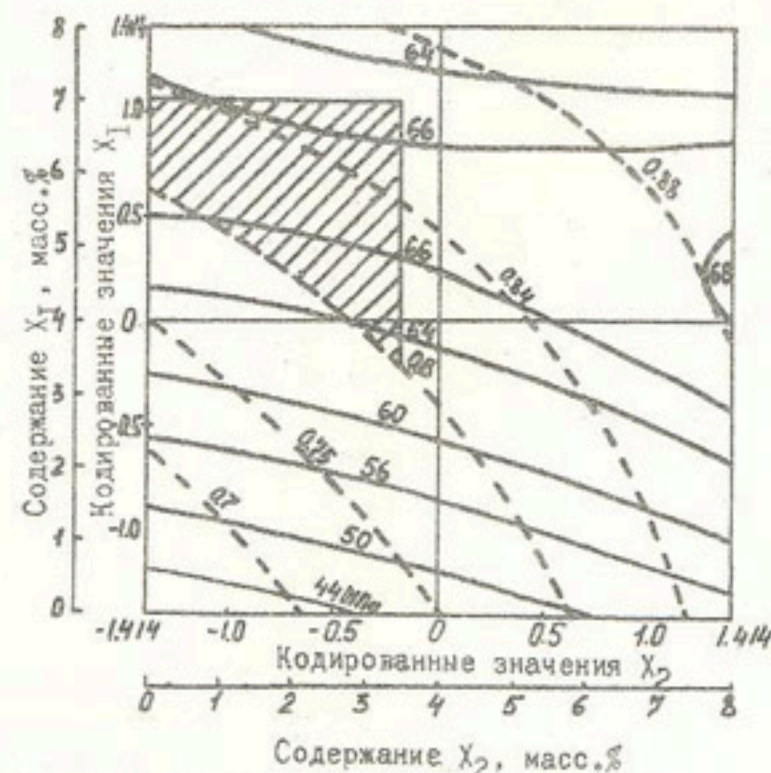


Рис.1. Совмещенные изолинии прочности и коэффициента стойкости коррозионно-стойких бетонов на основе жидкого стекла в зависимости от содержания ацетона (X_1) и МЛФС (X_2):

— прочность на сжатие; --- коэффициент стойкости ($K_{ст}$).

Как видно из рис. I, добавка МЛФС увеличивает прочность на сжатие и коэффициент стойкости в растворе солей БЖС в пределах всего изучаемого факторного пространства. Своего максимального значения 55 МПа и 0,85 они достигают при 8 %-ном ее содержании.

Максимального значения коэффициент стойкости в растворе солей (0,85) БЖС достигает при введении 8 % ацетона и прочности на сжатие 66 МПа при содержании ацетона от 5,5 до 7,3 %.

Заштрихованная часть (рис. I) представляет собой оптимальную область применения добавок: количество ацетона в этой области составляет 3,4-7, а МЛФС - 0-3 % от массы жидкого стекла. Нижний предел содержания добавок ограничивается изолинией коэффициента стойкости в растворе солей (0,80). Ниже этой величины бетон считается нестойким к данной агрессивной среде. Верхний предел содержания ацетона в БЖС ограничен 7 %. Более высокое содержание ацетона повышает вязкость системы жидкое стекло-ацетон. В результате время приготовления смеси увеличивается, а ее удобоукладываемость снижается, что ведет к снижению прочности бетона.

При совместном введении добавок МЛФС и ацетона их оптимальное соотношение составляет 1:2, что ограничивает верхний предел содержания МЛФС в составе БЖС 3,5 %. Добавки в составе БЖС позволяют получать коррозионно-стойкие бетоны с коэффициентом стойкости в растворе солей 0,8-0,86, при прочности на сжатие - 63-66 МПа.

Отметим, что эти добавки, снижая внутреннее напряжение в период структурообразования, создают мелкодисперсную однородную структуру с замкнутыми порами, т.е. повышают их водонепроницаемость: добавка ацетона - до W 0,5-0,8 МПа, а добавка МЛФС - до W 0,3-0,6 МПа.

Таким образом, добавки ацетона и МЛФС позволяют получать коррозионно-стойкие марки бетона на основе жидкого стекла с высокими показателями прочности и водонепроницаемости, которые могут найти широкое применение в конструкциях КЖС для гидромелиоративного строительства в условиях воздействия сильноагрессивных сред.

Н.Х. Мавлянов
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

КАРБАМИДНЫЕ ПОЛИМЕРБЕТОНЫ С АКТИВИРОВАННЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ *

Проблема повышения долговечности конструкций, подверженных воздействию агрессивных сред, остается актуальной на сегодняшний день. Существуют разные способы повышения их долговечности, одним из которых является изготовление конструкций из полимербетона.

В САНИИРИ разработаны полимербетоны с активированными наполнителями*. Карбамидные полимербетоны с традиционными наполнителями имеют ряд недостатков: полимероемкость и неэкономичность (андезит), низкая прочность (графит, кварц), химическая нестойкость (профирит и др.).

Для карбамидных связующих традиционным наполнителем является андезит. Эффективным способом расширения ассортимента наполнителей для карбамидных полимербетонов является активация поверхности кварцевых и кварцсодержащих наполнителей путем введения водорастворимых полимеров.

Для получения качественного полимербетона существуют различные методы активации поверхности кварцевых наполнителей - физико-химические, химические и механические. В большинстве случаев активация наполнителей осуществляется при их получении путем совместного измельчения с модифицирующими добавками в струйных мельницах.

В качестве компонентов полимербетона использовали карбамидо-формальдегидную смолу КФ-Ж (ГОСТ 14231-78), отвердитель - солянокислый анилин (ГОСТ 5822-78), гранитный щебень (ГОСТ 8267-75), фосфогипс и водомаслорастворимый полимер.

Активацию поверхности кварцевого наполнителя и фосфогипса производили следующим образом: предварительно высушенный фосфогипс и кварцевый наполнитель крупностью 0,14-1,25 мм помещали в шаровую мельницу, затем эти компоненты вводили в 0,2-0,4%-ный водорастворимый полимер и размалывали до образования порошка дисперсностью 0,25-0,30 м²/г.

В результате такой обработки улучшается контактная зона между полимером и наполнителем. Присутствие водорастворимо-

* Под руководством докт. техн. наук В.И.Соломатова.

го полимера в структуре способствует возникновению адсорбционных связей на границах раздела фаз: вместе со связующим она образует структурированную дисперсную систему, выполняющую в полимерных композициях роль вяжущего материала.

Методика приготовления карбамидных полимербетонов соответствует инструкции СН 525-80.

К основным структурообразующим факторам полимербетона относятся степень наполнения (п/н) и дисперсность (S) наполнителя. Варьируя этими факторами, можно получить полимербетон требуемой подвижности, прочности и водостойкости.

Проведенные исследования показали, что пластичность смеси, ее удобоукладываемость увеличивается с повышением соотношения п/н. Однако при отверждении полимерного связующего с высоким содержанием полимера за счет объемной усадки снижаются физико-механические свойства полимербетона. Так, наиболее прочностными показатели были при п/н 0,4-0,5 и дисперсности 0,25-0,30 м²/г с применением водорастворимого полимера.

Отсюда можно сделать следующие технико-экономические расчеты: стоимость 1 тонны традиционного наполнителя (андезита) 30-33 руб., а предлагаемого кварцсодержащего наполнителя - 10-15 руб.

Основные физико-технические свойства карбамидного полимербетона с активированными наполнителями приведены в таблице.

Т а б л и ц а

Показатели свойств	Состав	
	: карбамидный поли-:	: мербетон с актив-: контрольный
	: вированным напол-:	: нителем
	:	:
Объемная масса, кг/м ³	2200-2300	2200-2300
Прочность		
при сжатии, МПа	75-80	50-55
при растяжении, МПа	4,0-6,0	3,0-4,0

Продолж. табл.

Показатели свойств	Состав	
	: карбамидный поли-:	: мербетон с актив-: контрольный
	: вированным напол-:	: нителем
	:	:
Удобоукладываемость, сек	40-45	80-90
Коэффициент стойкости в воде	0,78-0,8	0,60-0,65
в 10%-ном H ₂ SO ₄	0,74-0,78	0,68-0,70
в 10%-ном NaOH	0,72-0,74	0,60-0,66

Таким образом, анализ физико-технических свойств карбамидных полимербетонов показал, что активированные наполнители по сравнению с традиционными повышают подвижность полимербетонной смеси на 30-40%, прочность при сжатии - на 20-25, коэффициент водо- и химической стойкости - на 12-18 %.

Список использованной литературы

1. Соломатов В.И. Технология полимербетонов и армополимербетонных изделий. - М.: Стройиздат, 1984. - 140 с.
2. Ратинов В.Б., Иванов Ф.М. Химия в строительстве. - М.: Стройиздат, - 1977. - 300 с.
3. Самыгов Н.А., Джалилов А.Т., Исмаилов А.А. и др. Карбамидные полимербетоны с активированными наполнителями // Сб. труд./ТашПИ. - 1984. - С.67-70.

И.И.Дабов
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

АЛГОРИТМ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДААННОЙ ПОДАЧИ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ПО АГРЕГАТАМ

Режимы насосной станции определяются совокупностью режимов насосных агрегатов. Поэтому представляется целесообразным рассматривать крупную мелиоративную насосную станцию как объект управления в виде сложной системы взаимосвязанных элементов. Мелиоративная насосная станция функционирует в составе оросительной системы и должна удовлетворять некоторым "системным" требованиям, ограничивающим множество возможных режимов эксплуатации в некоторой замкнутой области.

Для вывода математической модели, определяющей наиболее экономичный режим, рассмотрим основное уравнение насоса в установившемся режиме [1]

$$H_i(q_i, \varphi_i) - \Delta Z - K_i q_i^2 = 0, \quad (I)$$

где $H_i(q_i, \varphi_i)$ - полный напор насоса;
 q_i - расход каждого агрегата;
 φ_i - угол разворота лопастей управляющих органов каждого насоса;
 K_i - суммарный коэффициент сопротивления напорного трубопровода;
 ΔZ - геометрическая высота качания насосной станции.

Для большинства крупных станций, имеющих сифонный водовыпуск, геометрическая высота определяется по формуле

$$\Delta Z = h_{\text{отв}}(Q) - h_{\text{подв}}(Q), \quad (2)$$

где $h_{\text{отв}}(Q)$ - уровень в отводящем канале;
 $h_{\text{подв}}(Q)$ - уровень в подводящем канале.

Расход в канале зависит от расхода насосной станции и описывается выражением

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i. \quad (4)$$

Полный напор насоса определяется по каталожным характеристикам или по результатам натурных испытаний, которые можно представить аппроксимирующим полиномом

$$H_i(q_i, \varphi_i) = a_{1i} q_i^2 + a_{2i} q_i + a_{3i} q_i \varphi_i + a_{4i} \varphi_i^2 + a_{5i} \varphi_i + a_{6i} \quad (5)$$

В таком же виде можно представить КПД каждого насосного агрегата:

$$\eta_i(q_i, \varphi_i) = b_{1i} q_i^2 + b_{2i} q_i H_i + b_{3i} q_i + b_{4i} H_i^2 + b_{5i} H_i \quad (6)$$

Для нахождения коэффициентов используем метод наименьших квадратов, а диапазон изменения исходных данных, в целях уменьшения погрешностей аппроксимации, примем соответствующим фактическому режиму эксплуатации насосов, что позволит получить абсолютную погрешность по напору не более 0,05 м на краях диапазона.

Таким образом, задача оптимального распределения на агрегатах заданного расхода насосной станции представляет собой задачу параметрической оптимизации. Она сводится к выбору вектора подач насосных агрегатов $\vec{Q}^*$, доставляющего минимум функции вида

$$W = K \int_{t_1}^{t_2} \sum_{i=1}^n \frac{q_i H_i}{\eta_i} dt \Rightarrow \min \quad (7)$$

в допустимой области изменения режимов эксплуатации насосной станции в составе оросительной сети.

Здесь W - затраты на потребляемую электрическую энергию;

K - переводной коэффициент.

С учетом (I)-(4) ограничения имеют следующий вид:

$$H_i(q_i, \varphi_i) - h_{\text{отв}}(Q) + h_{\text{подв}}(Q) - K_i q_i^2 = 0 \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n q_i - Q_c = 0 \quad (9)$$

$$q_{i*} \leq q_i \leq q_i^* \quad (10)$$

$$\varphi_{i*} \leq \varphi_i \leq \varphi_i^*, \quad (11)$$

где $Q_c(t)$ - заданный по плану-графику водоподдачи расход насосной станции.

Величины $h_{нд}(Q_c)$ и $h_{дд}(Q_c)$ задаются оросительной системой из условия поддержания оптимальных гидравлических режимов в подводящем и отводящем каналах.

Для дальнейших расчетов примем $\Phi = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n)$ и преобразуем подынтегральную функцию, разрешив ее относительно φ_i . Таким образом мы упростим исходную задачу, не изменяя ее технологической сути:

$$W = \kappa \int_{t_1}^{t_2} \sum_{i=1}^n F_i(a_{1i}, a_{2i}, \dots, a_{6i}, b_{1i}, b_{2i}, \dots, b_{6i}, \varphi_i, \kappa_i, h_{нд}, h_{дд}) dt. \quad (12)$$

Расход каждого агрегата определяется из совместного решения выражений (8) и (5), а по полученному расходу из выражения (5) вычисляется напор каждого агрегата.

Эти преобразования выражения целевой функции позволяют перейти к вектору управляющих воздействий в качестве независимых переменных и исключить ограничения (8) и (10).

Анализ преобразованной целевой функции (12) и ограничений позволяет сделать вывод о принадлежности поставленной задачи к классу нелинейных с неизвестным заранее характером гиперповерхности в n -мерном пространстве параметров. В таких случаях детерминированные методы поиска, как правило, оказываются неэффективными, так как очередной шаг однозначно определяется информацией, поступающей или накопленной к моменту принятия решения. Однако априорной информации не всегда достаточно, чтобы определить рациональное направление движения к экстремуму. Накопление информации может оказаться чрезмерно дорогостоящим. В таких ситуациях, как и при соответствующих ситуациях в теории игр с неполной информацией, представляется целесообразным использовать для подготовки решения случайный механизм с подобранными определенным образом статистическими характеристиками.

В [2] приводится оценка необходимого числа выбранных случайным образом ячеек для обеспечения заданной вероятности при заданной доле наиболее перспективных ячеек. Существенное сокращение вычислений целевой функции, а следовательно и времени расчета, можно получить введением в метод случайного поиска элемента самообучения или адаптации, предложенного в [3].

Начальная точка поиска $\Phi_0 \in D$ определяется процедурой Монте-Карло. При этом проверяется соблюдение ограничений (9), (11) при нарушении которых находится новая точка Φ .

Из Φ_0 делается m проб

$$\Phi_1 = \Phi_0 + \Gamma \Xi_j,$$

где $\Gamma = [\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n]$ — диагональная матрица, элементы которой определяют модуль шага по каждой координате:

$$\Xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n) \text{ — случайный вектор;}$$

$$\xi_i \text{ — случайные числа, равномерно распределенные на отрезке } [-1, +1].$$

Из этих проб выбирается наилучшая $\Phi_1 = \Phi_0 + \Gamma \Xi^*$, которая дает целевой функции наибольшее уменьшение. Для выбора дальнейшего направления спуска включается система адаптации.

Относительно вектора $\Phi_2 = \Phi_1 + \Gamma \Xi^* \in D$ производится m_1 испытаний $\Phi_2 + \Gamma \Xi_j^1$,

$$\text{где } \Xi_j^1 = (\xi_1^1, \dots, \xi_n^1) \text{ — случайный вектор;}$$

$$\xi_i^1 \text{ — случайные числа, нормально распределенные относительно нуля с дисперсией } \sigma_i.$$

Из m_1 проб выбирается наилучшая $\Phi_3 = \Phi_2 + \Gamma \Xi^{1*}$. Далее относительно вектора $\Phi_3 + \Gamma \Xi^{1*}$ производится m_2 нормально распределенных испытаний и т.д.

Дисперсия $\sigma = (\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n)$ меняется в зависимости от скорости изменения функции $W(\varphi_i)$ и определяется следующими рекуррентными выражениями:

$$\sigma^{i+1} = \begin{cases} 0,5\sigma^i & \text{если } \Delta W^{i-1} > \Delta W^i; \\ 2\sigma^i & \text{если } \Delta W^{i-1} \leq \Delta W^i; \\ \rho & \text{если } \sigma^{i+1} \geq \rho; \\ \Omega & \text{если } i=1 \vee \Delta W^i > 0. \end{cases}$$

Здесь i — номер шага.

$\Delta W^i, \Delta W^{i-1}$ — приращения функции соответственно за i и $i-1$ шаги;

$\rho = (\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n)$ — вектор, ограничивающий дисперсию сверху, $\rho_i = \text{const}$;

$\Omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ — начальное значение дисперсии.

Если очередная серия m , нормально распределенных испытаний не приведет к уменьшению $W(\varphi_i)$, то снова происходит переход к выбору направления спуска с помощью m равномерно распределенных испытаний и т.д.

Если несколько серий равномерно распределенных испытаний не дадут изменения целевой функции, то шаг уменьшается в два раза, после чего проводятся новые серии испытаний. Уточнение координат локального минимума производится до выполнения условия

$$\Delta W^* < \psi.$$

На каждом шаге не только проверяется принадлежность выбранной точки допустимой области, но и выбирается направление следующего шага, которое не приводит к нарушениям ограничений (9) и (II). В противном случае генерируется другое направление движения.

Описанный алгоритм решения указанной задачи предполагает точное представление исходных функций (5), (6). Однако на практике исходная информация носит приближенный характер. Это обстоятельство требует проверки полученного решения на устойчивость или, что то же самое, проверки полученной задачи на корректность в том смысле, что малые возмущения целевой функции не оказывают сильного влияния на решение.

Из-за сложности описания целевой функции представляется затруднительным теоретически оценить устойчивость полученной задачи, но практически при введении в целевую функцию вероятностных оценок погрешностей исходных данных и погрешностей операций достаточно просто определять корректность задачи.

Для малых погрешностей результат можно представить как функцию вида

$$W_\varepsilon = f(W) + E,$$

где E — относительная погрешность.

Тогда устойчивость решения полученной приближенной задачи будет гарантирована, согласно /4/, при соблюдении условия

$$\lim_{\varepsilon_i \rightarrow 0} \sup_{\varphi_i \in D} \|\Phi_\varepsilon^* - \Phi_\varepsilon\|.$$

Для любого $\delta > 0$ найдется $\varepsilon_0 > 0$, при котором для $\varepsilon \in (0, \varepsilon_0)$ и $\varphi_i \in D$ будет выполняться условие

$$\|\Phi_\varepsilon^* - \Phi^*\| \leq \delta$$

Многочисленными расчетами на ЭВМ при выбранных случайным образом E показана хорошая устойчивость метода решения на тестовом примере для случая идентичных характеристик насосных агрегатов.

Оптимальным решением при этом является равномерное распределение подачи по агрегатам.

Анализ натуральных наблюдений и экспериментальных исследований позволяет выявить отличия условий эксплуатации однотипных агрегатов в рамках одной станции, приводящие к неодинаковому износу и, следовательно, неодинаковому изменению исходных характеристик. В таких условиях определение наиболее экономичных режимов производится диспетчером интуитивно и зависит от его квалификации / 5 /.

Включение указанной задачи в состав автоматизированной системы диспетчерского управления позволяет более обоснованно подойти к выбору ее эксплуатационных режимов.

Для примера приведены результаты расчетов для станций Карпинского магистрального канала, оснащенных насосами типа ОП-10-260 и приводными электродвигателями типа ВДС-375/130-24, при заданной подаче насосной станции $Q_c = 210 \text{ м}^3/\text{с}$

При режиме равномерной загрузки агрегатов

$$\varphi_1 \quad \varphi_2 \quad \varphi_3 \quad \varphi_4 \quad \varphi_5 \quad \varphi_6 \\ -4,8^\circ \quad -4,8^\circ \quad -4,8^\circ \quad -4,8^\circ \quad -4,8^\circ \quad -4,8^\circ$$

затраты на электроэнергию за час составляют

$$W = 529,75 \text{ руб.}$$

При режиме оптимальной загрузки агрегатов

$$\varphi_1 \quad \varphi_2 \quad \varphi_3 \quad \varphi_4 \quad \varphi_5 \quad \varphi_6 \\ -5,5 \quad -4,0 \quad -3,0 \quad -4,3 \quad -5,6 \quad -5,2$$

$$W = 520,74 \text{ руб.}$$

Список использованной литературы

1. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. — М.: Стройиздат, 1986. — 320 с.
2. Шуп Т. Решение инженерных задач на ЭВМ. — М:Мир, 1982 — 238с.

3. Пискорский Л.Ф. Алгоритмы ПП2 и ПП3 глобальной оптимизации многопараметрических функций методом случайного поиска в Сб. Вопросы вычислительной и прикладной математики .Вып 20.1973. С.38-43.
4. Карманов В.Г. Математическое программирование. - М.: Наука, 1980. - 256 с.
5. Опыт эксплуатации Каршинского магистрального канала с каскадом насосных станций. Ред.Переверзев С.К.,Ташкент, 1987, 188 с.

С.И.Гуткин, А.Азимов
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Как известно, современные мелиоративные системы имеют разветвленную сеть и большое число водопользователей, расположенных на обширной территории. Визуальный контроль за состоянием технологического оборудования и ручное управление агрегатами не могут обеспечить достаточной надежности и экономичности работы насосных станций. Автоматическое управление насосными станциями имеет значительные преимущества:

- повышает бесперебойность, четкость и надежность работы, так как автоматическая аппаратура быстро реагирует на изменение режима работы станции;

- снижает эксплуатационные расходы - вследствие уменьшения числа обслуживающего персонала;

- увеличивает срок службы оборудования и приборов - благодаря своевременному выключению агрегатов при возникающих неполадках в их работе;

- дает возможность сосредоточить управление несколькими автоматизированными насосными станциями в одном пункте, что дает возможность делать систему более гибкой и надежной.

Одно из мероприятий по автоматизации насосных станций - создание автоматической системы пуска насосных агрегатов, что обусловлено необходимостью сокращения ручного труда, надежной работы насосного агрегата и предупреждения выхода его из строя.

Анализ существующих электрических схем насосных агрегатов и в целом насосных станций показывает, что схемы предусматривают два режима работ: ручной и автоматический.

Автоматизация насосного агрегата обеспечивает выполнение следующего вида работ:

- пуск и остановку насоса как со щита управления, так и по командам станционных устройств автоматики;

- аварийную остановку насоса при срабатывании электрических и механических защит;

- предупредительную и аварийную сигнализацию, а также формирование аварийного сигнала для передачи его с помощью кабельной

связи к шкафу управления.

Во время пуска масляного выключателя (при его заводке) наблюдаются случаи его срабатывания — происходит самозапуск насосного агрегата. Это приводит, как правило, к разрушению технологического оборудования насосной станции, и появляется вероятность возникновения несчастных случаев.

В схемах не предусмотрена зависимость пуска насосов от уровня воды в нижнем бьефе аванкамеры, т.е. не исключена возможность одновременного пуска нескольких насосов. Это может привести к выходу из строя ранее работающих насосных агрегатов вследствие кавитации, что, соответственно, ведет к поломке движущихся частей.

Кроме того, при существующих системах запуска насосных агрегатов наблюдаются большие затраты ручного труда, невозможность создания социально обоснованных норм труда. Возникает необходимость разработки новой, более совершенной системы автоматического пуска насосного агрегата с учетом приведенных выше замечаний.

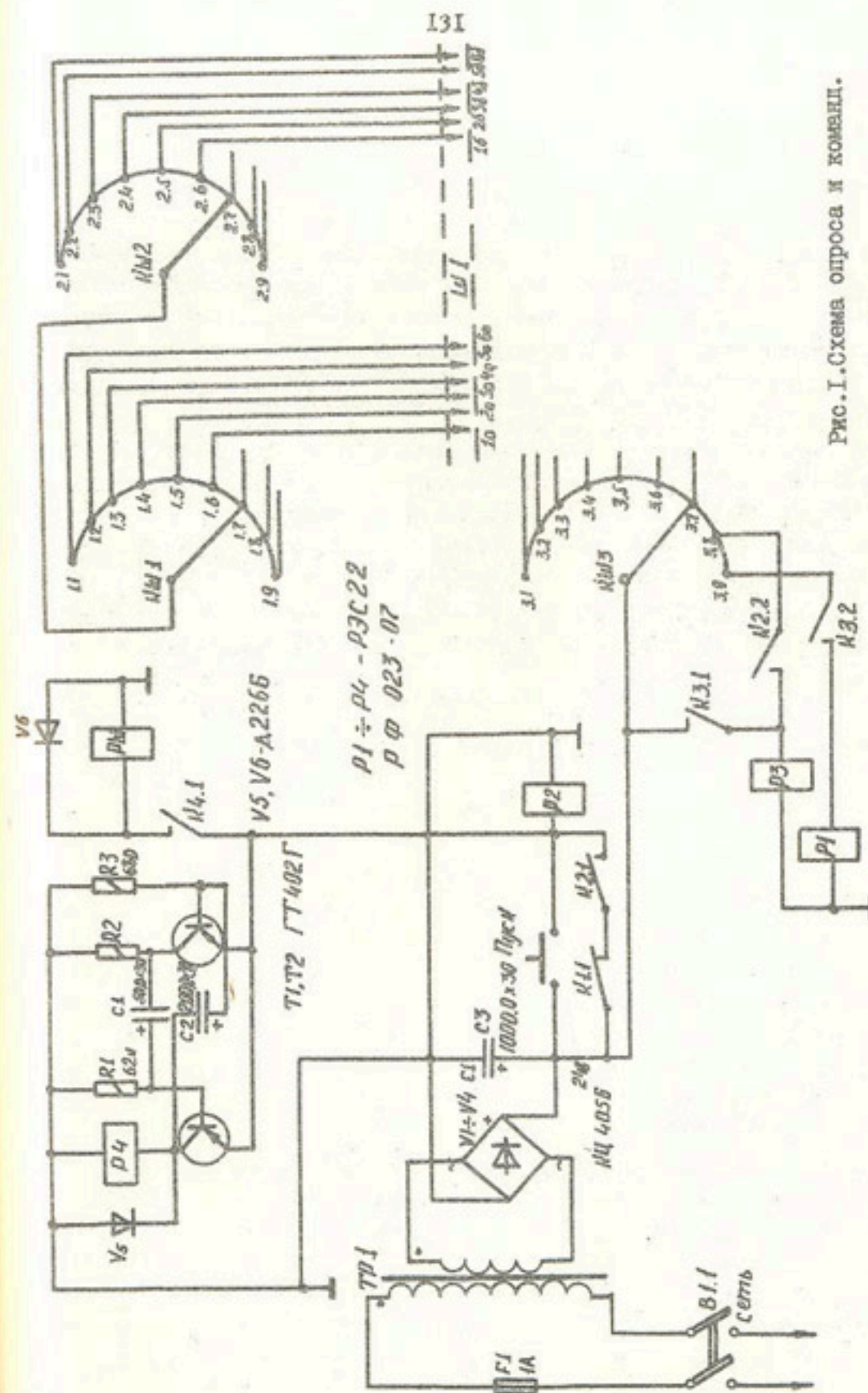
2. Функциональное назначение разработанной системы автоматического пуска насосного агрегата — сокращение ручного труда, обеспечение надежности и предотвращение выхода насоса из строя. Решение этих задач и обуславливают заложенные в разработанную систему функциональные возможности.

Автоматизация пуска насосного агрегата по предлагаемой системе включает в себя:

- управление и контролирование всасывающей и напорной задвижек;
- контролирование и управление затворами;
- контролирование уровня воды в нижнем бьефе;
- контроль за температурой статора двигателя;
- управление и контролирование масляного выключателя.

Данная система, позволяющая выполнить все поставленные задачи, состоит из двух взаимосвязанных схем: схемы опроса и команд и схемы сбора информации; каждая из них выполняет конкретные заданные функции.

Схема опроса и команд (рис. I) позволяет управлять работой исполнительных механизмов системы управления насосным агрегатом. Функции командного органа здесь выполняет шаговый искатель. При поочередном замыкании контактов подключаются соответствующие обмотки магнитных пускателей, которые устанавливают исполнительные



механизмы в рабочее положение.

Порядок опроса и команд состоит из следующих этапов: подача питания на обмотку магнитного пускателя, открывающего всасывающую задвижку; подача питания на магнитный пускатель напорной задвижки - обеспечивается ее закрытие; подача команды (через магнитный пускатель) на открытие затвора; включение магнитного пускателя на заводку механизма масляного выключателя. После опроса и подачи команд всем исполнительным механизмам осуществляется остановка командного органа и перевод его в режим для осуществления повторного цикла.

Схема сбора информации выполняет функции по контролю положений рабочих органов исполнительных механизмов. Схема позволяет контролировать положения всасывающей и напорной задвижек, а также затвора; уровень воды в нижнем бьефе авенкамеры; температуру статора; положение масляного выключателя.

Схема контроля содержит блок реле, который дублирует положение концевых выключателей исполнительных механизмов. Концевые выключатели подключают соответствующие обмотки реле, анализирующие состояние контролируемого механизма с сигнализацией. Одна из групп контактов реле подключена последовательно в цепь питания обмотки реле разрешения на пуск насосного агрегата. При удовлетворительном положении всех исполнительных механизмов дается разрешение на пуск насоса.

Разработанная схема позволяет предупредить и недопустить пуск насосного агрегата при нахождении одного из исполнительных механизмов в неудовлетворительном для нормальной работы насоса состоянии с опознаванием его на световом табло. Система позволяет осуществить функции контроля, управления, опроса и пуска насосного агрегата с одного пульта управления.

3. Описание системы пуска насосного агрегата. Как указывалось выше, предлагаемая система состоит из двух взаимосвязанных электрических схем: опроса и команд (рис.1), а также сбора информации (рис.2).

Схема опроса и команд состоит из следующих функциональных узлов: генератора импульсов, блока опроса и команд, системы пуска и остановки, блока питания.

Генератор импульсов, выполненный на транзисторах Т1 и Т2, формирует прямоугольные импульсы частотой 0,3-0,4 Гц амплитудой 12 ÷ 15 В и подает их на обмотку реле Р4, контакты которого

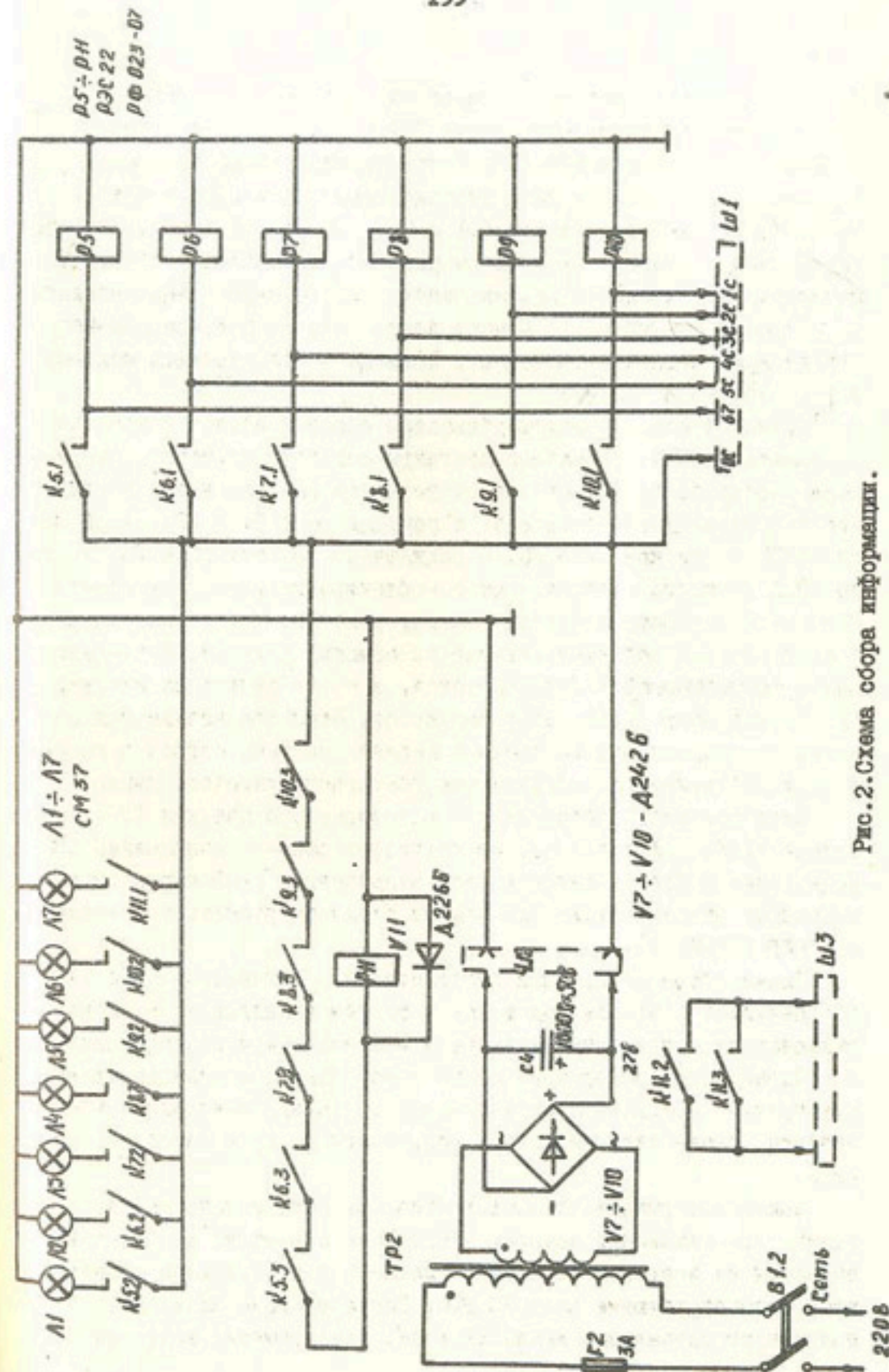


Рис. 2. Схема сбора информации.

К 4.1 подключают обмотку шагового искателя РШ. Питание генератора осуществляется через кнопку "ПУСК", при нажатии которой подключается обмотка реле Р2. Контакты К2.1 блокируют реле Р2 и подключают генератор к шине питания. Якоря шагового искателя КИ1 и КИ2 замыкают контакты 1.1 с 2.1, 1.2 с 2.2 и т.д., которые подключены к разъему Ш1. Выходы разъемов соединены с обмотками магнитных пускателей задвижек, затворов, масляного выключателя.

Опрос и формирование команд заключается в поочередном подключении магнитных пускателей и привода исполнительных механизмов в рабочее положение.

С данной схеме предусматривается опрос и подаются команды шести механизмам. Остальные контакты шагового искателя резервные. После прохождения полного рабочего круга (цикла) якорь в начальное положение устанавливается с помощью реле Р1 и Р3. Якорь искателя КИ3 через контакты К3. 8 подключает обмотку реле Р3, контакты К3.1 которого осуществляют самоблокировку реле, а контакты К 3.2 - к шаговому искателю обмотку реле Р1. При замыкании якоря и контакта 3.9 подается питание на обмотку реле Р3. Нормально замкнутый контакт К 1.1 размыкается, и через снятие блокировки реле Р2 обесточивается генератор импульсов. Этим обеспечивается остановка якоря шагового искателя и перевод системы опроса и команд в "ждущий" режим для обеспечения повторного рабочего цикла.

Блок питания, состоящий из трансформатора питания ТР1, выпрямителя У1-У4 и фильтра С3, обеспечивает рабочее напряжение 24 ± 2 В. Подключается блок питания к сети напряжением 220 В через двухпозиционный тумблер В1.1. Для защиты схемы предусмотрен плавкий предохранитель П1.

Схема сбора информации исполнительных механизмов (рис.2) обеспечивает контроль положения затворов и задвижек, масляного выключателя, уровня нижнего бьефа и температуры статора двигателя.

Схема сбора информации состоит из следующих функциональных узлов: приема информации, сигнализации состояния контролируемого объекта, блока питания, схемы разрешения на пуск насосного агрегата.

Прием информации осуществляется при помощи концевых выключателей, при замыкании которых напряжение с разъема Ш1 (контакт Ос) подается на контакты разъема 1с, 2с, 3с и т.д. При этом подключаются соответствующие реле Р5-Р10. Контакты реле К5.2; К6.2 и т.д. подключают сигнальные лампы Л1 + Л6. Одновременно контакты К5.1

+К10.1 осуществляют самоблокировку обмоток реле Р5-Р10.

Нормально разомкнутые контакты К5.3+К10.3 при замыкании подают напряжение питания на реле Р11, контакты которого К11.1 и К11.2 при замыкании дают разрешение на пуск насосного агрегата. При незамкнутом положении любого концевого выключателя, характеризующего состояние опрашиваемого механизма, цепь К5.3+К10.3 остается незамкнутой и разрешение на пуск насоса не дается.

Блок питания схемы сбора информации состоит из трансформатора напряжения ТР2, выпрямителя У7+У10, фильтра С4. Разъем Ш2 служит для подключения блока питания к схеме; разъем Ш3 - для подключения и вывода сигнала разрешения на пуск насосного агрегата. Диоды У5, У6, У11 служат для предотвращения дребезга контактов реле. Разъемная колодка Ш1 является общей для всех схем.

Конструктивно прибор выполнен в прямоугольном корпусе, внутри которого расположены все схемы.

Итак, применение частичной автоматизации, в частности автоматизации пуска насосного агрегата, позволяет высвободить часть материальных средств. Это связано в основном с сокращением численности эксплуатационного персонала, изменением форм обслуживания путем перехода на прогрессивные формы работы, такие, как бригадная.

Например, предварительные расчеты показывают, что при частичной автоматизации 20 насосных станций и бригадной форме обслуживания экономия годового фонда заработной платы при работе одной бригады составит 322 224 руб.; сокращение эксплуатационного персонала на 20 насосных станциях составит 200 человек.

С.В.Мягков
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОСВЯЗИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ГРУНТОВЫХ ВОД

При решении мелиоративных задач часто на отдельных участках возникает необходимость учета взаимодействия поверхностных и грунтовых вод. Этот процесс имеет сложный характер, обусловленный большим количеством разнообразных параметров. Сюда относятся, в частности, неоднородность строения почвогрунтов в районе выклинивания, асимметрия водоносных пластов речной долины, изменчивость уровней воды в реке во времени и по длине, колебания горизонтов грунтовых вод и т.д.

Один из главных параметров, определяющих это взаимодействие, — отметки уровней грунтовых вод и воды в реке, влияющие как на интенсивность движения, так и направление потока [1], т.е. фильтрацию из реки или выклинивание грунтовых вод.

Представив участок реки в виде линейного оператора [2], запишем для него уравнение водного баланса:

$$\frac{dW_j}{dt} = Q_{j-1} - Q_j + Q_j^r + R_j \quad (1)$$

$$\text{при } R_j = P_j + Q_j^{cs} - Q_j^s + (x_j - E_j) \cdot F_j,$$

где W_j — количество воды в j -том участке;
 Q_{j-1}, Q_j — расходы воды, выходящие из $j-1$ и j -того участков соответственно;
 Q_j^r — взаимодействие с грунтовыми водами, м³/с;
 P_j — боковой поверхностный приток;
 Q_j^{cs} — поверхностный сброс в реку на j -том участке;
 Q_j^s — водозабор из j -того участка;
 x_j, E_j — интенсивность осадков и испарения с водной поверхности;
 F_j — площадь водного зеркала.

Принимая участок реки призматическим, можем записать выражение для объема воды на j -том участке:

$$W_j = \frac{L_j}{2} (\omega_{j-1} + \omega_j), \quad (2)$$

в котором ω_{j-1}, ω_j — площади поперечного сечения на границах участка;

L_j — протяженность участка.

Для определения расхода воды воспользуемся известной формулой Шези:

$$Q_j = \omega_j c \sqrt{\frac{\omega_j}{x_j} J_j}, \quad (3)$$

где c — коэффициент Шези;
 x_j — смоченный периметр потока;
 J_j — уклон водной поверхности.

В рассматриваемом случае уклон водной поверхности можно выразить так:

$$J_j = \frac{h_{j-1} - h_j + Z_{j-1} - Z_j}{L_j}. \quad (3a)$$

Здесь h_{j-1}, h_j — глубина потока в $j-1$ и j -том створах;

Z_{j-1}, Z_j — отметка дна в $j-1$ и j -том створах.

В качестве основной для живого сечения потока примем форму трапеции, для которой

$$\left. \begin{aligned} \omega_j &= b_j h_j \left(1 + \frac{h_j}{b_j} \operatorname{ctg} \beta_j \right) \\ x_j &= b_j + 2h_j / \sin \beta_j \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где b_j — ширина русла по дну;
 β_j — угол откоса берегов русла реки.

Для широких русел ($b_j \gg h_j$), которыми являются большинство рек, определяя параметры, воспользуемся средней шириной потока — $\bar{B}_j$, полагая в общем случае

$\bar{B}_j = \varphi_j h_j$ (φ_j - некоторый коэффициент пропорциональности).
Тогда

$$\left. \begin{aligned} \omega_j &= \bar{B}_j \cdot h_j \\ \chi_j &= \bar{B}_j + 2h_j \end{aligned} \right\} \text{или} \left. \begin{aligned} \omega_j &= \varphi_j h_j^2 \\ \chi_j &= (2 + \varphi_j) h_j \end{aligned} \right\} \quad (4a)$$

Подставив выражение для уклона водной поверхности (3a) в формулу Шези (3), получим:

$$Q_j = \omega_j c \sqrt{\frac{\omega_j (h_{j-1} - h_j + \bar{Z}_{j-1} - \bar{Z}_j)}{\chi_j L_j}}$$

В полученную формулу подставим систему (4a); тогда для определения расхода в j -том створе будем иметь:

$$Q_j = \varphi_j^{\frac{3}{2}} c \frac{h_j^{\frac{5}{2}}}{\sqrt{(2 + \varphi_j) L_j}} \sqrt{h_{j-1} - h_j + \bar{Z}_{j-1} - \bar{Z}_j}, \quad (5)$$

а для объема воды на участке (2) -

$$W_j = \frac{L_j}{2} (\varphi_j h_j^2 + \varphi_{j-1} h_{j-1}^2). \quad (6)$$

Полученные выражения (5) и (6) подставим в уравнение (1), полагая $\varphi_{j-1} \approx \varphi_j$:

$$\frac{dh_j^4}{dt} = \frac{2c}{L_j^{\frac{1}{2}} \sqrt{2 + \varphi}} (h_{j-1}^{\frac{5}{2}} - h_j^{\frac{5}{2}}) \sqrt{h_{j-1} - h_j + \Delta \bar{Z}_j} + Q_j + h_j \frac{dh_{j-1}^4}{dt}, \quad (7)$$

где $\Delta \bar{Z}_j = \bar{Z}_{j-1} - \bar{Z}_j$ - разница отметок дна верхнего и нижнего створов.

Введем обозначение $h_j^{\frac{4}{3}} = y_j \Rightarrow h_j = y_j^{\frac{3}{4}} \Rightarrow h_j^{\frac{5}{4}} = y_j^{\frac{3}{4}}$,
тогда уравнение (7) примет следующий вид:

$$\frac{dy_j}{dt} = \frac{2c}{L_j^{\frac{1}{2}} \sqrt{2 + \varphi_j}} (y_{j-1}^{\frac{3}{4}} - y_j^{\frac{3}{4}}) \sqrt{y_{j-1}^{\frac{3}{4}} - y_j^{\frac{3}{4}} + \Delta \bar{Z}_j + Q_j + h_j} - \frac{dy_{j-1}}{dt}. \quad (8)$$

При известной динамике уровня воды в верхнем створе по уравнению (8) можно определить динамику уровня на участке реки.

Рассмотрим вертикальное сечение прилегающей к руслу территории (рис.1). Представим зону грунтовых вод, состоящей из конечного числа элементов последовательно соединенных между собой, для каждого из которых средний уровень грунтовых вод можно принять горизонтальным. Для определения средней скорости фильтрационного потока воспользуемся известной формулой Дарси:

$$\bar{v}_r = -K_\varphi \frac{d\bar{Z}_r}{d\ell}, \quad (9)$$

где K_φ - коэффициент фильтрации;
 $\frac{d\bar{Z}_r}{d\ell}$ - градиент напора грунтовых вод;
 $\bar{v}_r$ - средняя скорость потока грунтовых вод.

Для влагообмена между смежными элементами зоны грунтовых вод можем записать:

$$q_i = K_{\alpha_i} \frac{K_{\varphi_i} \Delta \ell_i + K_{\varphi_{i+1}} \Delta \ell_{i+1}}{(\Delta \ell_i + \Delta \ell_{i+1})^2} (\bar{Z}_{i+1}^2 - \bar{Z}_i^2), \quad (10)$$

где K_{α_i} - коэффициент пропорциональности;

- $K_{\phi, i+1}$ - коэффициент фильтрации для i -того и $i+1$ -того элементов;
 $\Delta l_{i, i+1}$ - толщина элементов;
 $Z_{ri, i+1}$ - уровень грунтовых вод в элементах;
 q_i - расход воды между смежными элементами (из i -того в $i+1$ -ый).

Для объема влаги в i -том элементе, учитывая, что поры под уровнем грунтовых вод полностью заняты водой, получим:

$$W_{ri} = Z_{ri} \cdot \Delta l_i (1 - \alpha_i). \quad (II)$$

- Здесь W_{ri} - объем воды в i -том элементе;
 α_i - относительный объем скелета почвогрунтов,
 $\alpha_i = \frac{\Delta V_{ci}}{\Delta V_i}$;
 ΔV_{ci} - объем скелета грунта;
 ΔV_i - полный объем элемента.

Тогда для i -того элемента уравнение водного баланса выглядит следующим образом:

$$\frac{dW_{ri}}{dt} = q_{i-1} - q_i + q_i^a, \quad (12)$$

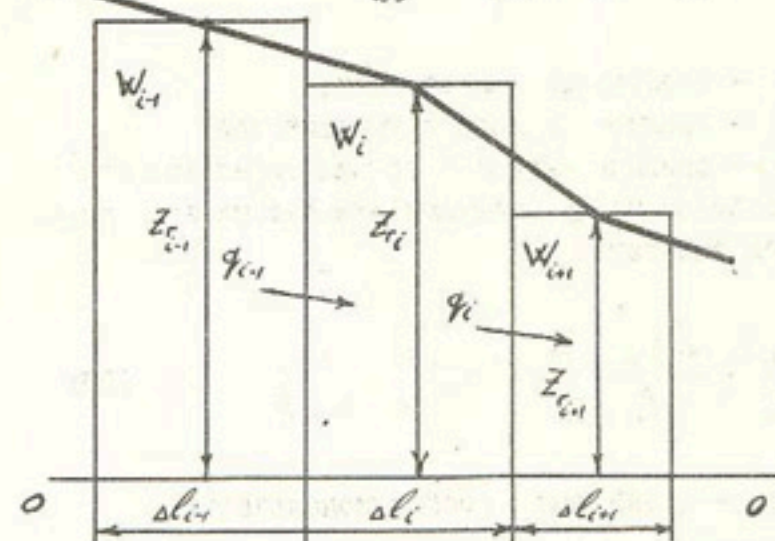


Рис.1. Схема грунтовых вод, представленная в виде последовательности элементов.

где q_i^a - влагообмен грунтовых вод с зоной аэрации.

В общем случае $q_i^a = f(\varphi_i)$, φ_i - влажность зоны аэрации. Функция зависимости потока от влажности зоны аэрации определяется параметрами почвогрунтов. Подробный вид зависимости приведен в [3].

Подставив в уравнение (12) выражения для потока (10) и объема влаги (11), получим формулу для уровня грунтовых вод i -го элемента:

$$\frac{dZ_{ri}}{dt} = \frac{1}{\Delta l_i (1 - \alpha_i)} \left[Z_{ri}^2 (A_i + B_i) + A_i Z_{ri-1}^2 - B_i Z_{ri+1}^2 + q_i^a \right]. \quad (13)$$

Здесь

$$A_i = K_{\phi i-1} \frac{K_{\phi i-1} \Delta l_{i-1} + K_{\phi i} \Delta l_i}{(\Delta l_{i-1} + \Delta l_i)^2},$$

$$B_i = K_{\phi i} \frac{K_{\phi i} \Delta l_i + K_{\phi i+1} \Delta l_{i+1}}{(\Delta l_i + \Delta l_{i+1})^2}.$$

Взаимодействующий поток между рекой и грунтовыми водами на j -том участке можно представить в виде

$$Q_j^r = q_{nj} l_j;$$

в свою очередь, для плоского потока последнего (N -ного) элемента

$$q_{nj} = \frac{2 K_{\phi n} K_{\phi n}}{\Delta l_n} (h_j^2 - Z_{rn}^2)$$

или

$$q_{nj} = \frac{2 K_{\phi n} K_{\phi n}}{\Delta l_n} (y_j - Z_{rn}). \quad (14)$$

По изложенной выше модели были составлены алгоритм и программа расчета выклинивающегося расхода грунтовых вод для рассматриваемого участка реки.

Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений выполняется методом Рунге-Кутты. Для численной проверки модели были использованы данные, полученные в результате полевых исследований на участке р.Ахангалан.

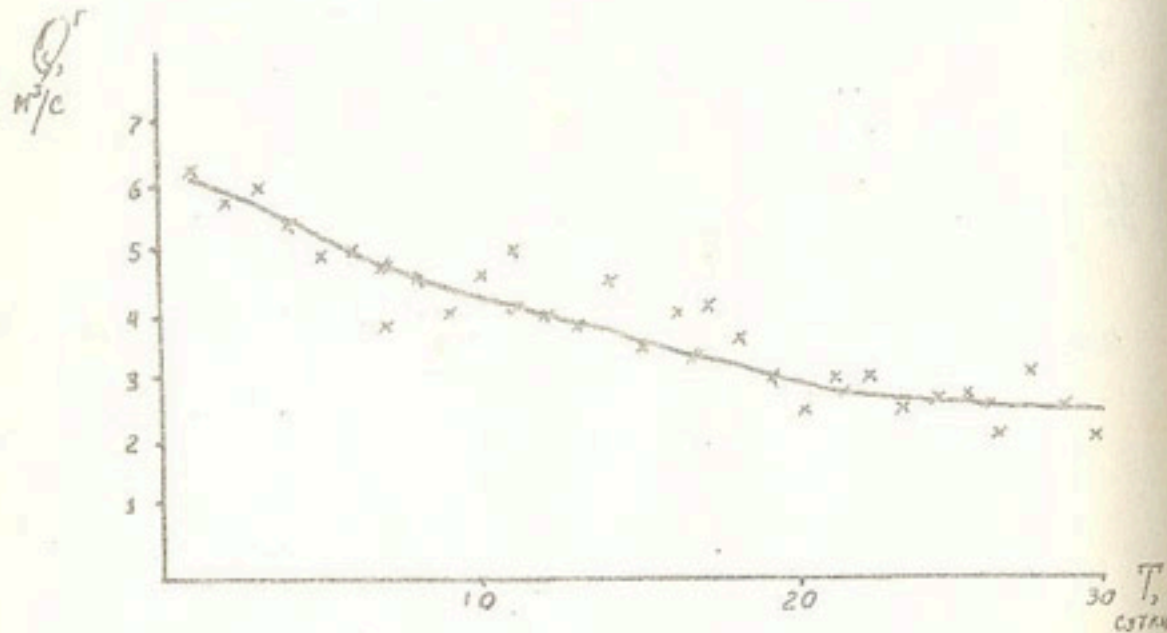


Рис.2. Гидрограф выклинивания грунтовых вод в русло реки на участке р.Ахангалан:

x — фактический;
— — расчетный.

Параметры, используемые в модели, были определены опытным путем по результатам исследований комплексной гидрогеологической экспедиции ТамГУ. На рис.2 приведен гидрограф выклинивающихся расходов воды, полученный методом водного баланса и рассчитанный по модели. Коэффициент пропорциональности определялся методом подбора. На приведенном графике видно, что рассчитанный по модели гидрограф выклинивающихся расходов мало отличается от фактического.

Список использованной литературы

1. Ланге О.К. Гидрогеология. — М.:Высшая школа. 1969. — 365 с.
2. Боровикова Л.Н., Денисов Ю.М., Шенцов И.Д. Общие принципы линейного моделирования трансформации речного стока// Метеорология и гидрология. — М.:Гидрометеоиздат. 1969. — № 3. С.70-78.
3. Денисов Ю.М. Математическая модель переноса влаги, тепла и солей в почвогрунтах. — Метеорология и гидрология. — М.: Гидрометеоиздат, 1978. — № 3. С.71-79.

РЕФЕРАТЫ

к сборнику научных трудов "Пути комплексного совершенствования мелиорации и водного хозяйства

УДК 001.18

К методологии разработки отраслевых научно-технических программ. Авакян И.С., Бостанджогло М.М.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 3-8

В статье указываются методологические подходы к формированию рационально обусловленных отраслевых научно-технических программ.

Библ.5

УДК 626.810:626.824

К вопросу обоснования эффективности подсистемы "Водные ресурсы" АСУБ Сырдарьи. Соколов В.И.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 9-14

Обосновывается эффективность внедрения задач подсистемы "Водные ресурсы" АСУБ Сырдарьи в практику водохозяйственных расчетов за счет повышения информативности о водных ресурсах.

Табл.2. библ.4.

УДК 626.81

Местные водные ресурсы бассейна Сырдарьи для целей АСУБ. Добролинская Г.В., Прохоренко В.С.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 15-17

Авторами разработана методика долгосрочных прогнозов местных источников, согласно которой расход воды за год находится как функция расхода за вегетационный период; выполнена привязка местных ресурсов к водохозяйственным и территориальным управлениям; выведены расчетные уравнения.

Табл. I

УДК 633.511

О репрезентативности данных по урожайности хлопчатника в лизиметрах. Железных В.Ч., Рысбеков Ю.Х.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 18-22

Рассмотрено влияние воздушных зазоров между растениями в лизиметре приборе и поле на суммарное испарение, количество и темпы созревания урожая. Наличие указанного граничного контура систематически завышает общее водопотребление (незначительно), а также, за счет улучшения теплового и светового режимов, показатели накопления биомассы (существенно).

Табл.3, библ.6

УДК 555.16

Физико-статистический метод прогноза годового стока р.Зарафшан. Мусатов Н.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 22-27

Дан прогноз годового стока р.Зарафшан на основе анализа информации по температуре и давлению в узлах регуляторной сетки.

Математической моделью для прогнозирования годового стока реки явилась группа линейных уравнений множественной регрессии. В качестве прогноза принималась величина, полученная в результате осреднения прогнозов, вычисленных по отдельным уравнениям. Информативные предикторы по приземной температуре и давлению воздуха в северном полушарии выбирались методом "просеивания".

Иллюстр. I, табл.2, библ.5.

УДК 532.517.4.001.5

К вопросу турбулентности руслового потока. Курбанов Х.А.
Сборник научных трудов, Ташкент, САННИРИ, 1987, с. 27-33

Автор приводит некоторые результаты исследования турбулентности течения с учетом пространственности русла. Выявлены закономерности распределения интенсивности турбулентности по глубине потока на всех вертикалях по ширине статически и динамически устойчивых русел. По результатам исследований получена графическая зависимость плановой деформации песчаных русел от интенсивности.

Иллюстр.5, библи.9.

УДК 627.8.06

Прогноз деформации неукрепленных откосов низконапорных плотин, сложенных из несвязных грунтов. Садыков А.Х., Ирмухамедова Л.Х.

Сборник научных трудов, Ташкент, САННИРИ, 1987, с. 33-38

Рассматривается вопрос проектирования неукрепленных откосов низконапорных плотин и дамб, способных противостоять воздействию ветровых волн. На основании лабораторных исследований получена зависимость, позволяющая прогнозировать заложение откоса из несвязного грунта в зависимости от суммарной энергии волн, воздействующих на откос. Построен график, упрощающий выполнение прогноза.

Иллюстр.3, библи.3.

УДК 626.862.4

Применение искусственных защитно-фильтрующих материалов при строительстве закрытого горизонтального дренажа в Ферганской области. Салихов Н.М.

Сборник научных трудов, Ташкент, САННИРИ, 1987, с. 39-42

Рассматривается вопрос о возможности использования искусственных защитно-фильтрующих материалов для защиты закрытых горизонтальных дрен от заиливания, а также их механизированного строительства узкокрайнейными дренажукладчиками в различных дренаруемых грунтах.

Иллюстр. I

УДК 626.862.94

К вопросу повышения водоприемной способности дрен с искусственными защитно-фильтрующими материалами (ЗФМ). Галустян А.Г.
Сборник научных трудов, Ташкент, САННИРИ, 1987, с. 43-54

На основании натурных исследований, методов электрического и физического моделирования даны конкретные рекомендации по повышению водоприемной способности дрен с искусственными ЗФМ для различных грунтовых условий.

Иллюстр.7, табл.3, библи.3

УДК 626.862.4

Исследование закономерности отказов открытой коллекторно-дренажной сети в зоне старого орошения Сырдарьинской области. Гаипназаров Н.

Сборник научных трудов, Ташкент, САННИРИ, 1987, с. 55-59

На основании проведенных лабораторных исследований дана оценка работоспособности дренажных систем с помощью методов математической статистики и теории вероятности.

Иллюстр. I, табл. 3, библи.5

УДК 626.862.91

К вопросу определения незаияющих скоростей в закрытых дренах. Усманов Ш.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 60-64

В статье рассматриваются вопросы заияния трубчатых линий дрен в зависимости от конструкции водоприемной части. На основании натурных исследований установлена зависимость незаияющей скорости воды в дренах от гидравлической крупности частиц наилка. Найдена предельная зависимость критического уклона от расхода дрен.

Иллюстр.3, табл.1, библи.5

УДК 626.833

О коэффициенте шероховатости в каналах с машинным водоподъемом. Тихонова О.Н.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 65-71

В статье анализируется возможность применения существующих морфометрических зависимостей для определения коэффициента Шези в каналах с машинным водоподъемом. Автором предлагается зависимость для определения коэффициента Шези в каналах с машинным водоподъемом (на примере Каршинского магистрального канала) с учетом режима потока в отношении взвешивания наносов.

Иллюстр.2, табл.1, библи.8

УДК 627.8.03.7

Некоторые результаты лабораторных исследований заияния селеводохранилищ. Давранов Г., Юсупов А.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 71-76

На основании лабораторных исследований выявлено влияние отметки расположения порога водопропускных сооружений на процесс заияния селеводохранилищ.

Иллюстр.3, библи.4

УДК 532.5:627.42

Результаты модельных исследований взаимодействия потока с дамбами различной плановой формы. Икрамова М.Р., Рахматов Н.Р.
Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 76-80

На основании экспериментальных исследований получены данные о характере изменения перепадов уровней и распределения скоростей в плане. Для оценки уровня режима построены профили водной поверхности в безразмерных координатах.

Иллюстр.3, библи.2

УДК 532.5:627.421.1

Основные плановые размеры потока в области сжатия за комбинированной шпорой. Кадиров О.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 80-85

На основании проведенных исследований и теоретического анализа получен ряд зависимостей, позволяющих установить основные плановые размеры растекающего потока в области сжатия, т.е. определены границы транзитного потока, интенсивного турбулентного перемешивания обратных токов и спутного потока и др.

Иллюстр.4

УДК 532.5.001.57

Исследование структуры потока на размываемой модели. Тимошенко И.В.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 86-93

В статье представлены новые опытные данные по характеристикам турбулентности потока в размываемых руслах для различных стадий развития русловых форм. Полученные результаты могут быть использованы при разработке некоторых вопросов моделирования русловых процессов.

Иллюстр.2, табл.1, библи.5

УДК 626.823.45

Результаты исследования заиления головного водозабора Амударьинского канала. Кучкаров М.М., Шереметовский А.А., Давранов Г., Буранов А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 94-99

В работе отражены результаты натурных исследований заиления головного участка Амударьинского водозаборного канала, расположенного в среднем течении Амударьи. На основании анализа и обработки материалов измерений получены графики зависимости изменения средней мутности и скорости течения потока по длине водозаборных каналов № 2 и № 3.

Результаты исследований использованы при выполнении очистных и руслорегулировочных работ в головном участке Амударьинского канала.

Иллюстр. 3.

УДК 633.18.03

Взаимосвязь "скорость вертикальной фильтрации в чеках - урожайность риса". Дабылов А.Д.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 100-110

Для расчета относительной урожайности риса рекомендованы зависимости вида

$$\bar{U} = A + B \exp\left(-\frac{\bar{\varphi}^2}{2}\right),$$

$$\bar{U} = 1 - C \left[1 - \exp\left(-\frac{\bar{\varphi}^2}{2}\right)\right],$$

где $\bar{\varphi}$ - нормированное значение скорости вертикальной фильтрации. Для всех типов почвогрунтов установлены биологически оптимальные и предельные значения скоростей фильтрации. Полученные зависимости и обобщенные показатели рекомендуется использовать при проектировании рисовых систем с оптимальными параметрами гидромелиоративной сети, проведении на них эксплуатационных и организационно-хозяйственных мероприятий.

Табл. I, иллюстр. 2, библи. 19

УДК 666.949.

Взаимодействие пластифицирующих добавок ПАВ с сульфатостойкими цементами. Самарина И.З., Курочкина Г.Н.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. III-III4.

В статье рассмотрено влияние пластифицирующих добавок на цементные системы.

Иллюстр. 3, библи. 2

УДК 666.972

Разработка коррозионно-стойкого бетона на основе жидкого стекла с добавками для гидромелиоративного строительства. Захаров В.Я.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. III5-III8

Рассматриваются результаты исследований по модификации бетона на основе жидкого стекла различными добавками.

Показано влияние этих добавок на коррозионную стойкость бетона.

Табл. 2, иллюстр. I.

УДК 691.53

Карбамидные полимербетоны с активированными наполнителями. Мавлянов Н.Х.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. III9-III1

В статье рассматривается вопрос о влиянии на состав карбамидных связующих активированных наполнителей, представляющих интерес для строительства.

Табл. I, библи. 3

УДК 626.83:681.5

Алгоритмы задачи оптимального распределения заданной подачи насосной станции по агрегатам. Кабов И.И.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 122-128

Режимы насосной станции определяются совокупностью режимов насосных агрегатов. Поэтому представляется целесообразным рассматривать крупную мелиоративную насосную станцию как объект управления в виде сложной системы взаимосвязанных элементов.

Библ.5

УДК 626.83.52

Разработка и исследование технических средств для автоматизации насосных станций. Гуткин С.И., Азимов А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с.129-135

Разработана система автоматического пуска насосного агрегата, позволяющая повысить его надежность, осуществлять контроль, обеспечить автоматический пуск насосного агрегата, сигнализировать о неисправностях.

Иллюстр.2

УДК 556.013

Математическая модель взаимосвязи поверхностных и грунтовых вод. Мягков С.В.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с.136-143

Предложена математическая модель взаимодействия поверхностных и грунтовых вод и один из вариантов ее численного решения.

Иллюстр.2, библ.3

СОДЕРЖАНИЕ

1. Авакян И.С., Бостанджогло М.М. К методологии разработки отраслевых научно-технических программ 3
2. Соколов В.И. К вопросу обоснования эффективности подсистемы "Водные ресурсы" АСУБ Сырдарьи 9
3. Добролинская Г.В., Прохоренко В.С. Местные водные ресурсы бассейна Сырдарьи для целей АСУБ 15
4. Железных В.Ч., Рысбеков Ю.Х. О репрезентативности данных по урожайности хлопчатника в лизиметрах 18
5. Мусатов Н.А. Физико-статистический метод прогноза годового стока р.Зарафшан 22
6. Курбанов Х.А. К вопросу турбулентности руслового потока 27
7. Садыков А.Х., Ирмухамедова Л.Х. Прогноз деформации неукрепленных откосов низконапорных плотин, сложенных из несвязных грунтов 33
8. Салихов Н.М. Применение искусственных защитно-фильтрующих материалов при строительстве закрытого горизонтального дренажа в Ферганской области 39
9. Галустян А.Г. К вопросу повышения водоприемной способности дрена с искусственными защитно-фильтрующими материалами 43
10. Гаипназаров Н. Исследование закономерности отказов открытой коллекторно-дренажной сети в зоне старого орошения Сырдарьинской области 55
11. Усманов Ш.А. К вопросу определения незаияющих скоростей в закрытых дренах 60
12. Тихонова О.Н. О коэффициенте шероховатости в каналах с машинным водоподъемом 65
13. Давранов Г., Юсупов А.А. Некоторые результаты лабораторных исследований заиливания селеводохранилищ 71
14. Икрамова М.Р., Рахматов Н.Р. Результаты модельных исследований взаимодействия потока с дамбами различной плановой формы 76
15. Кадиров О. Основные плановые размеры потока в области сжатия за комбинированной шпорой 80

16. Тимошенко И.В. Исследование структуры потока на разрываемой модели 86
17. Кучкаров М.М., Шереметовский А.А.,
Давранов Г., Буранов А. Результаты исследования
завихления головного водозабора Амударьинского канала 94
18. Давранов А.Д. Взаимосвязь "скорость вертикальной
фильтрации в чеках - урожайность риса" 100
19. Самарина И.Э., Курочкина Г.Н. Взаимодействие
пластифицирующих добавок ПАВ с сульфатостойкими цемен-
тами III
20. Захаров В.Я. Разработка коррозионно-стойкого бетона
на основе жидкого стекла с добавками для гидромелиоратив-
ного строительства 115
21. Мавлянов Н.Х. Карбамидные полимербетоны с активиро-
ванными наполнителями 119
22. Юбов И.И. Алгоритмы задачи оптимального распределения
заданной подачи насосной станции по агрегатам
23. Гуткин С.И., Азимов А.А. Разработка и исследование
технических средств для автоматизации насосных станций . 129
24. Мягков С.В. Математическая модель взаимосвязи поверх-
ностных и грунтовых вод. 136
- Р е ф е р а т ы 144

Св.план 1987 г. (в счет резерва)

Редакторы: Меркина А.С., Яфимова Е.Я.

Техред Попова Р.Ф.

Р 02739 Подписано в печать 16.3.88 Формат бумаги 60х90 1/16 усл.п.л. 7,8.
Уч.-изд.л 5,0 Заказ № 1108 Тираж 400 экз. Цена 0-60 коп.

Картфабрика института "Узгипрозем"

Ташкент, Муками, 182