

И.А. ДОЛГУШЕВ

ПОВЫШЕНИЕ
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ
НАДЕЖНОСТИ
ОРОСИТЕЛЬНЫХ
КАНАЛОВ



И.А. ДОЛГУШЕВ

ПОВЫШЕНИЕ
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ
НАДЕЖНОСТИ
ОРОСИТЕЛЬНЫХ
КАНАЛОВ



МОСКВА «КОЛОС» 1975

631.6

Д 64

УДК 631.672.4

Долгушев И. А.

Д 64 **Повышение эксплуатационной надежности оросительных каналов. М., «Колос», 1975.**

136 с. с ил.

Приведены краткие сведения о понятии надежности, степени влияния растительности на пропускную и транспортирующую способности каналов, меры по предупреждению зарастания и заиления каналов.

Даны приемы установления оптимальных режимов работы малых и средних каналов.

Описаны механические, термические, химические и биологические способы борьбы с зарастанием оросительной и коллекторно-дренажной сети и организационные формы выполнения ремонтных работ.

Д $\frac{40305-194}{035(01)-75}$ 77-75

631.6

ВВЕДЕНИЕ

Развитие общественного производства, рост населения и его благосостояния увеличивают потребности в воде. Ни одна сфера человеческой деятельности не обходится без воды. Вода используется в промышленности как технологическое сырье, вспомогательный материал, в качестве теплоносителя и т. п.

Много воды потребляет сельское хозяйство. На каждый литр молока на животноводческих комплексах затрачивается от 5 до 15 л воды. Для выращивания 1 т хлопка-сырца требуется 3—4 тыс. м^3 воды. Среднее хлопководческое хозяйство расходует 15 млн. м^3 воды в год, или столько же, сколько город с населением в 300 тыс. человек.

Для подачи такого количества воды сельскохозяйственные и промышленные предприятия строят водозаборные сооружения, магистральные и разводящие водоводы и другие устройства. Стоимость их нередко исчисляется десятками миллионов рублей.

Немалое количество воды тратится на бытовые нужды. Уже сейчас в среднем на одного городского жителя расходуется около 130 л воды в сутки.

Общее потребление воды в СССР составляет около 300 млрд. м^3 в год, из них около 130 млрд. м^3 забирается оросительными системами. При транспортировке воды по оросительным системам потери составляют 50—60 млрд. м^3 в год. Величина потерь зависит от содержания каналов, степени их зарастания, заиления и своевременности выполнения эксплуатационных работ. Исследования, проведенные автором под руководством академика ВАСХНИЛ Б. А. Шумакова, показали, что при зарастании каналов их пропускная способность снижается в 5—6 раз и более.

Развитие сети каналов и сооружений оросительных систем требует ежегодного выполнения больших объемов ремонтных работ. Объемы работ по очистке оросительной и коллекторно-дренажной сети в 1973 г. соста-

вили 408,2 млн. м³, оросительных каналов — 266,2 млн. м³.

Больше всего зарастают и заиляются малые и средние каналы, протяженность которых в стране составляет около 400 тыс. км, или 90—91% общей протяженности каналов. Затраты на очистку оросительной сети составляют более 30%, а по отдельным системам 60—70% общих расходов на содержание систем.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О НАДЕЖНОСТИ

Характерная особенность научно-технического прогресса: сложные технические средства, применяемые в радиоэлектронике, автоматике, вычислительной технике, авиации, космонавтике и энергетике, а также в мелиорации, — современные оросительные системы с крупными головными сооружениями, насосными станциями, самоходными дождевальными машинами типа «Фрегат» и каналами в лотках и трубопроводах. Ответственный характер выполняемых заданий обусловил исключительно важное значение надежности этих систем и их элементов. Развернувшееся за последние годы в СССР и зарубежных странах теоретическое и экспериментальное изучение проблемы надежности способствовало быстрому ее формированию. Новая дисциплина, изучающая общие приемы и методы, которых следует придерживаться при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов в целях обеспечения максимальной эффективности их использования, получила название теории надежности. Применяя методы теории вероятности и математической статистики, теория надежности устанавливает закономерности возникновения отказов и восстановления работоспособности системы и ее элементов.

Теория надежности в бóльшей степени разработана в области радиоэлектроники А. И. Бергом, В. И. Сифоровым, Б. В. Гнеденко, Б. Р. Левиным, Г. В. Дружининым, Ш. Л. Бебиашвили и др.

В работах академика ВАСХНИЛ Ц. Е. Мирцхулавы рассмотрены некоторые вопросы надежности гидротехнических сооружений. Ниже приведены основные понятия терминов, применяемых в теории надежности.

Надежность — свойство системы (элемента системы), обусловленное главным образом ее безотказ-

ностью и ремонтпригодностью, обеспечивающее выполнение задания в установленном для системы (элемента) объеме; количественно определяется вероятными характеристиками и параметрами.

В дальнейшем вместо термина «элемент системы» применяется краткая форма «элемент».

Термины «система» и «элемент», применяемые в теории надежности, нельзя смешивать с конкретными и принятыми в других документах терминами, относящимися к вполне определенным техническим понятиям.

Безотказность — свойство системы (элемента) сохранять работоспособность заданное время в определенных условиях эксплуатации; количественно определяется вероятными характеристиками и параметрами.

Ремонтпригодность — свойство системы (элемента), которое заключается в приспособленности ее к обнаружению и устранению отказов, а также к их предупреждению; количественно характеризуется затратами времени и средств на обнаружение, устранение и предупреждение отказов с учетом необходимой квалификации обеспечивающего персонала.

Отказ — полная или частичная утрата работоспособности системы (элемента). Непосредственной причиной отказа могут быть: основная неисправность, неправильные действия обслуживающего персонала и др.

Исправность — состояние системы (элемента), при котором она в данный момент соответствует всем требованиям, установленным для основных и второстепенных параметров системы, характеризующих удобства эксплуатации, внешний вид и т. п.

Работоспособность — состояние системы (элемента), при котором она в данный момент соответствует всем требованиям, установленным для основных параметров системы (элемента).

Неисправность — состояние системы (элемента), при котором она в данный момент не соответствует хотя бы одному из требований, установленных для основных и второстепенных параметров.

Сохранность — свойство системы (элемента) сохранять исправность при заданных условиях хранения.

Стабильность надежности — свойство системы (элемента) сохранять надежность во времени при заданных условиях работы или хранения; количе-

ственно определяется вероятными характеристиками и параметрами.

Различают: «стабильность надежности при работе» и «стабильность надежности при хранении».

Старение системы — процесс постепенного и непрерывного изменения параметров системы, вызываемый действием старения материалов и другими процессами, наличие которых не зависит от режима работы. Аналогично определяется «старение элемента».

Отказы и резервирование. На практике выделяются два типа отказов: внезапные и постепенные. При внезапном отказе система меняет свои параметры мгновенно и перестает выполнять те функции, ради которых она была создана. Постепенные отказы связаны с накоплением износа и старением частей или узлов, из которых состоит система. Примерами внезапных отказов являются обрывы, короткие замыкания и выключение подстанций и насосных станций, а постепенных отказов — деформации русл каналов вследствие размыва, заиления или зарастания их.

Различаются независимый и зависимый отказы. По возможности последующего использования оборудования или устройства после возникновения отказа определяется полный или частичный отказы.

Полный отказ, когда использовать систему (элемент) по назначению невозможно. Частичный, когда остается возможность хотя бы частичного использования системы (элемента) по назначению.

По характеру устранения бывают устойчивые и самоустраняющиеся отказы. Устойчивый отказ устраняется лишь в результате мер, принятых для восстановления работоспособности системы (элемента). Самоустраняющийся отказ, продолжительность действия которого мала по сравнению с продолжительностью работы до следующего отказа (порядка единиц секунд и долей секунд), называется сбоем. Ряд сбоев, следующих друг за другом, называется перемежающимся отказом.

По наличию внешних признаков проявления различают очевидный (явный) и скрытый (неявный) отказы.

При анализе отказов имеет существенное значение выяснение природы происхождения и времени возникновения отказов. По происхождению отказы могут быть естественные и искусственные, вызываемые намеренно. По времени возникновения наблюдаются отказы

при испытаниях, в период приработки (прирабочный отказ), нормальной эксплуатации и в период старения (рис. 1).

В практике выделяют следующие причины возникновения отказов.

1. При проектировании (конструировании): ошибка проектировщика (конструктора); несовершенство методов расчета и конструирования.

Отказы, вызванные этими причинами, относятся к конструкционным. Конструкционный отказ в оросительных каналах может быть вызван неправильным установлением значений неразмывающих скоростей (V), транспортирующей способности потока (q), ширины дамб и заложения откосов каналов и др.

Правильность установления V и q требует особого внимания к определению свойств грунтов ложа канала, механического состава и крупности наносов, а также применения расчетных формул с учетом условий эксплуатации каналов.

2. При строительстве (изготовлении): ошибка при строительстве (изготовлении) — нарушение принятой технологии выполнения работ; несовершенство технологии.

Отказы, возникшие по этой причине, относятся к технологическим. Технологический отказ в оросительных каналах вызывается невыполнением проектных сечений и уклонов. Невыполнение проектных решений при строительстве оросительных каналов, как правило, обуславливается несовершенством применяемой землеройной техники. Примером этого является строительство малых и средних каналов экскаваторами драглайн, а не профильными машинами, обеспечивающими строительство каналов с заданными проектом уклонами и сечениями.

3. При эксплуатации: нарушение правил эксплуатации; внешние воздействия, не свойственные нормальной эксплуатации системы (элемента).

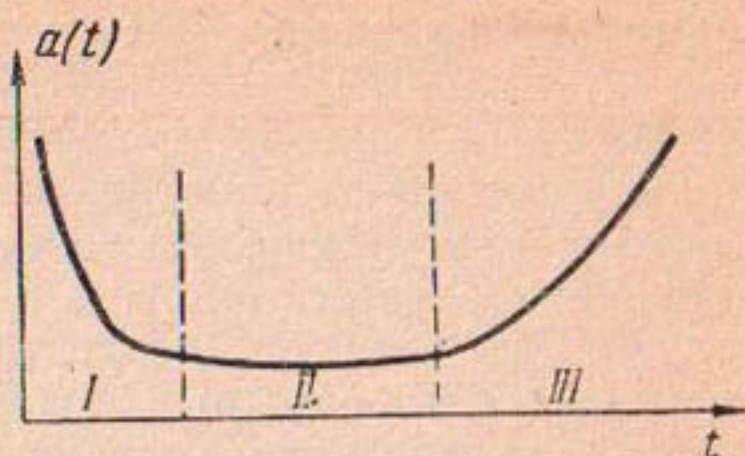


Рис. 1. Интенсивность отказов как функция времени работы системы (элемента):

I — приработка; II — нормальная эксплуатация; III — период старения.

Отказы, вызванные этими причинами, относятся к эксплуатационным отказам. Эксплуатационные отказы возникают при недопустимых расходах и наполнениях каналов, быстрой сработке горизонтов воды, зарастании, заилении, несвоевременном проведении планово-предупредительных ремонтов и др.

Одним из наиболее эффективных способов повышения надежности сложных систем является резервирование, то есть введение в систему «избыточных» элементов.

В мелиорации резервирование на основе теории надежности должно рассматриваться при проектировании каналов, насосных станций, дождевальных установок и т. п.

По отношению к системе различают «общее резервирование», при котором повышение надежности достигается применением резервных систем, и «раздельное резервирование», при котором применяются отдельные резервные элементы. В практике бывает постоянный, автоматический, нагруженный, ненагруженный и облегченный резервы. При этом различают последовательное, параллельное и смешанное соединение систем (элементов).

Основные параметры надежности. В теории надежности различают параметры: наработки, простоев, отказов, коэффициентов надежности и допусков.

Н а р а б о т к а — величина, принятая для измерения продолжительности работы системы (элемента). Она может измеряться единицами времени, числом циклов, количеством продукции и т. п.

В практике рассматривают наработки на отказ (среднее значение наработки между отказами), между отказами (наработка между двумя последовательно возникшими отказами), заданную (заранее установленная наработка, необходимая для выполнения определенного задания) и суммарную наработку одной или нескольких систем (элементов) за определенный период времени.

Коэффициент нагрузки — отношение рабочей нагрузки, действующей на систему (элемент), к ее номинальной (установленной стандартами, инструкциями по эксплуатации и другими соответствующими документами) нагрузке при определенных условиях эксплуатации.

Основные технические требования в теории надежности определяются допусками.

Производственный допуск устанавливается стандартами, техническими нормами, условиями и другими документами для проектирования и строительства системы (элемента).

Ремонтный допуск устанавливается техническими условиями на ремонт и другими соответствующими документами для параметра ремонтируемой системы (элемента).

Эксплуатационный допуск устанавливается инструкциями по эксплуатации и другими соответствующими документами для параметра эксплуатационной системы (элемента).

Под кратностью резервирования понимается отношение числа резервных систем (элементов) к числу основных (работающих) систем (элементов).

Сложность системы характеризуется величиной сложности элемента по тем или иным признакам. В первом приближении показателем сложности может быть, например, число деталей в системе (элементе).

Испытания и примеры расчета надежности. При испытании на надежность применяются понятия.

Испытание на надежность — экспериментальное определение значений параметров надежности по установленной методике с целью оценки их соответствия требованиям технических условий.

Испытание на долговечность — экспериментальное определение значения параметра долговечности невозстанавливаемого элемента по установленной методике с целью оценки соответствия этого параметра требованиям технических условий.

Испытание на сохранность — экспериментальное определение значений параметров сохранности системы (элемента) по установленной методике с целью оценки их соответствия требованиям технических условий.

Количественные критерии надежности. Изучаемое нами оборудование, сооружение или мелiorативный канал могут находиться в состоянии, которое для наглядности можно обозначить X . Множество X всевозможных состояний системы (элемента) называют фазовым пространством. Для примера состояние канала можно характеризовать устойчивым, размываемым,

заиляемым и зарастаемым режимами работы. Работоспособное состояние определяется устойчивым, или стабильным, режимом работы, когда не наблюдается деформации русл, то есть заиление, размыв и зарастание канала. Основными состояниями X -фазового пространства являются исправное и неисправное состояния, которые могут быть выражены различными количественными характеристиками или критериями надежности. Критерии надежности могут быть установлены по допустимым скоростям, соотношениям глубины и ширины потока, числам Фруда и Рейнольдса и другим показателям с учетом изменения режимов работы по времени $X(t)$ и условий эксплуатации системы (элемента).

В общем случае характеристики и критерии надежности можно представить математически от некоторых функционалов, определяемых по исправному режиму работы системы (элемента), $X(t)$. Если $\Phi[X(t)]$ есть некоторый функционал, то величину

$$m\{\Phi[X(t)]\} \quad (1)$$

можно рассматривать как показатель надежности. Пусть A есть одно из множества состояний фазового пространства X , попадание в которое означает потерю работоспособности системы (элемента). Тогда функционал $\Phi[X(t)]$ хотя бы при одном значении $t (0 \leq t \leq T)$ и попадании в состояние A будет равен нулю, если же $X(t)$ не принимает значений A , то $\Phi_1[X(t)] = 1$.

В этом случае вероятность безотказной работы $P(t)$, т. е. вероятность того, что время t_1 от начала работы до первого отказа будет больше некоторой заданной величины t , равна

$$P(t) = P\{t_1 \geq t\} = m_1\{\Phi_1[X(t)]\}. \quad (2)$$

При надлежащем обосновании данными исследований могут быть получены и количественные характеристики или критерии надежности, что приводится нами ниже применительно к установлению устойчивых режимов работы каналов мелиоративных систем.

Вероятность безотказной работы системы за время t в течение испытаний выражается зависимостью:

$$P(t) = \frac{p_n}{p_o} = \frac{p_n}{p_n + p_{отн}}, \quad (3)$$

где $p_{\text{н}}$ и $p_{\text{отк}}$ — количество всех исправных и отказавших элементов;

$p_0 = p_{\text{н}} + p_{\text{отк}}$ — общее число элементов;

$p_{\text{н}} = p_0 - p_{\text{отк}}$ — число элементов, выдержавших испытание.

Вероятность отказов $Q(t)$:

$$Q(t) = \frac{p_{\text{отк}}}{p_0} = \frac{p_{\text{отк}}}{p_{\text{н}} + p_{\text{отк}}}. \quad (4)$$

Для произвольного момента времени t :

$$P + Q = 1. \quad (5)$$

Интенсивность отказа:

$$\lambda = - \frac{p_0}{p_{\text{н}}} \frac{dP}{dt} \text{ или } \lambda = - \frac{dP}{P dt}. \quad (6)$$

Это выражение является наиболее общим для прогноза интенсивности отказа и справедливо для экспоненциальных и неэкспоненциальных законов. Мера надежности — интенсивность отказов. Если отказов нет, система обладает стопроцентной надежностью. В общем случае λ — функция (t) времени. Вероятность исправной работы или надежности уменьшается с увеличением времени t . Таким образом, высокая надежность — это низкая интенсивность отказов. При наступлении износа элемента интенсивность отказов начинает расти и к внезапным отказам добавляются износные.

При определении долговечности системы возникает трудная проблема, так как физический срок службы конструкций имеет тенденцию превышать экономически выгодный срок их использования. Техническое старение (моральный износ) опережает физический износ системы. Моральный износ происходит во всех случаях, когда полезность единицы капитала убывает быстрее, чем при износе вследствие технического прогресса. Несмотря на высокую стоимость нового применения, установка его оказывается выгоднее, чем продолжение эксплуатации старого.

При проектировании системы для достижения требуемого уровня прибегают к резервированию. При последовательном соединении элементов системы общая надежность ее не может быть выше надежности наименьшего элемента, так как вероятность безотказной работы этой системы характеризуется зависимостью:

$$P = p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n, \quad (7)$$

где $p_1, p_2, \dots, p_n$ — вероятность безотказной работы элемента.

Применяя правило умножения для независимых событий, можно вероятность для системы $P(t)$ записать в виде произведения вероятностей безотказной работы из n элементов:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t). \quad (8)$$

Это — простейшая, но очень важная формула. Самое существенное ограничение при ее использовании — предположение о независимости элементов, входящих в нее.

При одинаковой вероятности безотказной работы всех элементов $p(t)$ формула имеет более простой вид:

$$P(t) = p^n(t), \quad (9)$$

иллюстрируется данными (табл. 1) для нескольких значений P и n .

Таблица 1

Надежность системы при последовательном соединении элементов

P	Число элементов в системе			
	10	50	100	1000
0,85	0,196	0,000	0,000	0,000
0,95	0,600	0,077	0,006	0,000
0,99	0,905	0,603	0,363	0,000
0,999	0,990	0,955	0,906	0,366

При заданной надежности элементов увеличение их числа с последовательным соединением резко снижает надежность всей системы. Это повышает требования к надежности каждого отдельно взятого элемента.

Вероятность безотказной работы системы из m параллельно соединенных элементов равна:

$$P(t) = 1 - \prod_{i=1}^m [1 - p_i(t)]. \quad (10)$$

В частном случае, когда надежность всех параллельных элементов этой системы одинакова ($p_u = p$), имеем более простую формулу:

$$P(t) = 1 - [1 - p(t)]^m. \quad (11)$$

При параллельном включении элементов значительно повышается надежность системы (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Надежность системы при параллельном соединении элементов

P	Число элементов в системе		
	2	3	4
0,5	0,750	0,875	0,9375
0,95	0,9975	0,9999	0,99999
0,99	0,9999	0,999999	0,99999999

Надежность элемента, которая должна обеспечить заданную надежность системы параллельных элементов, находится из уравнения:

$$p(t) = 1 - [1 - P_{m1}(t)]^{1/m}. \quad (12)$$

При резервном соединении общая надежность системы выше надежности самого надежного элемента.

Для повышения надежности системы в целом необходимо повышать надежность всех элементов, из которых она состоит.

В системах с постоянным числом (m) параллельных цепей средняя продолжительность простоя уменьшается в n раз, то есть

$$t_n = \frac{1}{m\mu}, \quad (13)$$

где μ — интенсивность восстановления.

Повышение надежности требует, как правило, материальных затрат, связанных с использованием дорогостоящих материалов, соответствующей технологии строительства, специальных механизмов и прочее, что не всегда экономически оправдано. В таких условиях следует добиваться не самой высокой надежности, а надежности оптимальной, дающей максимальную экономическую эффективность.

Решение некоторых практических задач надежности гидромелиоративных систем показано на следующих примерах.

1. Определение оптимальной экономической эффективности. Пусть надежность системы (элемента) характеризуется функционалом $\Phi[X(t), T]$, где T — назна-

ченное время ее использования и $W\{\Phi[X(t), T]\}$ — стоимость системы (элемента) с указанной надежностью. Устранение каждого отказа требует некоторых затрат n_0 . Кроме того, каждый отказ наносит некоторый ущерб n_k , поскольку система (элемент) при этом перестает выполнять те функции, ради которых построена.

Среднее значение основных и эксплуатационных расходов за время T , а также ущерба от простоев равно:

$$C(T) = m + \sum_{k=1}^{V(T)} (n_0 + n_k), \quad (14)$$

где $V(T)$ — число отказов за период работы T . Если за время T система (элемент) произвела продукции на сумму A , то величина $A - C(T)$ будет максимальной.

2. Обоснование организационной структуры эксплуатационной службы мелиоративных систем. В расчете для обоснования надежности организационной структуры эксплуатационной службы оросительных систем должно быть положено соотношение оптимальных (минимальных) затрат на содержание аппарата управления оросительной системы (УОС) с эксплуатационными ремонтно-строительными предприятиями, базами и подразделениями в себестоимости производимой или конечной продукции. При обосновании должны быть рассмотрены вопросы фондовооруженности, фондоотдачи и производительности основных средств эксплуатационной службы с учетом объемов работ в данной системе и возможностей выполнения их существующими ремонтно-строительными организациями и предприятиями. Законченная организационная структура эксплуатационных водохозяйственных организаций должна рассматриваться в границах области, края, автономной и союзной республик. При этом деятельность службы эксплуатации органов мелиорации и водного хозяйства должна строиться на принципах материального и экономического стимулирования социалистических государственных производственных предприятий.

3. Расчет прочности конструкций системы может строиться исходя из оптимальной надежности и минимальных затрат на ее создание и эксплуатацию. При этом рассматривается два предельных состояния конструкции: по прочности и по деформации.

Допустим, задан элемент конструкции, на который действуют эксплуатационные нагрузки R_a . Несущая

способность этой конструкции по прочности R_n и по деформациям R_d .

В общем случае критерием механической надежности элемента конструкции будет вероятность ее безотказной работы, то есть отсутствие обоих предельных состояний:

$$P = (R_n - R_a > 0; R_d - R_a > 0).$$

В этом случае установление вероятности безопасной работы сводится к определению оптимальных значений коэффициентов нагрузки и запаса прочности.

4. Определение долговечности поливных шлангов. Имеются поливные шланги со сроком службы 5 лет. Вероятность того, что они прослужат 10 лет, устанавливается по зависимости

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{10}{5}; \quad P(t \geq 10) = e^{-\frac{1}{\lambda}} = e^{-\frac{10}{5}} = 0,1353.$$

Следовательно, вероятность того, что шланги прослужат 10 лет, составляет 13,53%.

5. Расчет резервных насосов. Для обеспечения полива площадей требуется насосная установка с надежностью 0,9. Имеются насосы с надежностью 0,6.

Для установления количества резервных насосов при надежности станции выше 0,9 используем зависимость:

$$0,90 = 1 - (1 - 0,6)^m; \quad 0,1 = 0,4^m; \quad m \lg 0,4 = \lg 0,1; \quad m = 2,5.$$

Следовательно, для обеспечения надежности выше, чем заданная 0,9, необходимо иметь насосную станцию с двумя-тремя резервными агрегатами.

6. Определение надежности системы. Необходимо найти общую надежность системы, если задана вероятность безотказной работы водозабора $p_v = 0,8$, проводящего канала $p_k = 0,9$, лотковой сети $p_l = 0,75$, поливной техники $p_{пт} = 0,9$.

При последовательном соединении элементов общая надежность системы равна

$$P(t) = p_v \cdot p_k \cdot p_l \cdot p_{пт} = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,9 = 0,486.$$

Надежность этой системы при параллельном двухкритерийном резерве

$$P(t, \frac{1}{m}) = 1 - (1 - R_i)^m = 1 - (1 - 0,486)^2 = 0,74.$$

ХАРАКТЕРИСТИКА И ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, СНИЖАЮЩИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ НАДЕЖНОСТЬ КАНАЛОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Чтобы обеспечить работоспособное состояние оросительной сети, необходимо добиться стабильной пропускной и транспортирующей способности каналов. Стабильность работы сети зависит от многих факторов и требует особого внимания при проектировании, строительстве и эксплуатации оросительной сети и сооружений. Невыполнение необходимых требований и условий приводит к конструкционным, технологическим и эксплуатационным отказам, то есть к снижению пропускной и транспортирующей способности каналов.

Конструкционные факторы. Анализируя проекты каналов Сухая Псарыша, Северный распределитель Терско-Кумских систем, канала «Октябрьская революция», Дзержинской и Наурско-Шелковской систем (Северный Кавказ), видно, что они выполнены в соответствии с техническими указаниями на проектирование оросительных систем, но без учета, что рекомендуемые формулы для определения транспортирующей способности канала и незаиляющих скоростей течения воды, приведенные в технических условиях, выведены для каналов без облицовки незаросших при малой гидравлической крупности взвешенных наносов. Взвешенные наносы рек Северного Кавказа имеют свои особенности. Следовательно, проектные условия значительно отличались от условий, при которых возможно применение рекомендуемых формул, поэтому потребовались дополнительные данные и теоретические обоснования. Построенные без учета этих особенностей каналы заиляются и зарастают.

Данные исследований показывают, что при проектировании и эксплуатации еще неудовлетворительно решается вопрос согласования транспортирующей способности между отдельными участками канала и каналами системы. Например, в Северном распределителе проектом установлены средние скорости при минимальных и нормальных расходах соответственно 0,32 и 0,57 м/с, а в каналах старшего порядка 0,85 и 1,52 м/с. Снижение скоростей в распределителе вызвало интенсивное заиление его. При согласованных скоростных

режимах работы между каналами Баксан-Малка и Сухая Псарыша заиление не наблюдается.

При проектировании необходима проверка транспортирующей способности каналов на минимальный расход.

В условиях эксплуатации каналов с подпорно-перегораживающими сооружениями транспортирующая способность потока должна обеспечиваться промывными режимами, то есть сменой малых расходов (скоростей) большими. Промывные режимы устанавливают с учетом мутности воды и интенсивности выпадения наносов. Командование над поливными участками обеспечивается при помощи открытых (без щитов) перепадов.

Особого внимания заслуживает вопрос соответствия размеров отдельных элементов сечений каналов условиям их эксплуатации. Ширина дамб каналов по верху принимается недопустимо малых размеров.

Для каналов с расходом до $10 \text{ м}^3/\text{с}$ она принимается от 0,5 до 1,5 м, с расходом $10\text{—}50 \text{ м}^3/\text{с}$ — 1,5—2,5 м и для каналов с пропускной способностью от 50 до $100 \text{ м}^3/\text{с}$ — 2,5—3,0 м. При этом ширина экскаваторов и тракторов (по наружным размерам гусениц) превышает эти размеры даже без учета запаса согласно требованиям техники безопасности. Малая ширина дамб каналов по верху и крутое заложение (1:1—1:2) внешних и внутренних откосов не только затрудняет проведение работ по очистке каналов от наносов, но и не позволяет механизировать скашивание и проводить химическую борьбу с растительностью на них. Оросительные каналы в насыпи и полунасыпи, как показали наши исследования, следует выполнять с дамбами практического профиля, что придает им естественную устойчивую форму и обеспечивает прохождение механизмов по дамбам каналов (рис. 2). Уполаживание откосов внедряют в эксплуатационную практику, оно выполнено на каналах Баксан-Малка, Малый левобережный, Терско-Кумекский, Право-Егорлыкский и других каналах Северного Кавказа. Строительство оросительных каналов с уположенными откосами и уширенными за счет этого дамбами позволяет использовать в борьбе с растительностью существующее прицепное оборудование (косилки, грейдеры, дисковые бороны и др.), а также использовать откосы и дамбы каналов под посевы.

Существующие нормы проектирования сечений дамб каналов сложились из условий выполнения строитель-

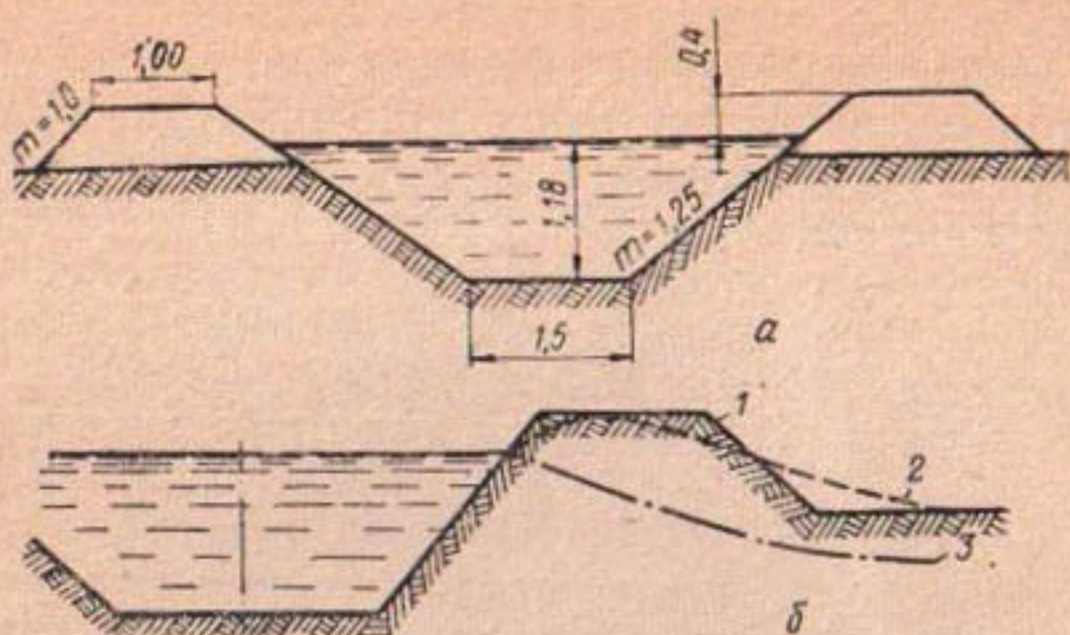


Рис. 2. Сечения каналов:

a — типовое сечение; *б* — с уположенными откосами; 1 — проектные откосы; 2 — уположенные практического профиля откосы; 3 — депрессионная кривая.

ных и эксплуатационных работ вручную. На каналах с уположенными откосами возможно применение современных машин для очистки и окашивания оросительной сети, так как в условиях механизации как никогда требуется хорошая проходимость вдоль каналов.

В конкретных условиях применение уположенных откосов каналов необходимо обосновывать технико-экономическими расчетами с учетом стоимости строительства, коэффициента земельного использования, эксплуатационных затрат на весь срок службы объекта и других особенностей.

Влияние технологии строительства и ремонта каналов на транспортирующую способность потока. В практике мелиоративного строительства, ремонта и очистки каналов от наносов наиболее широко применяются экскаваторы типа драглайн с емкостью ковша 0,25—0,35 и 0,50—0,65 м³.

Технология экскаваторных работ при строительстве и эксплуатации оросительных и других каналов охватывает большой круг вопросов, и полное рассмотрение их не входит в нашу задачу. В данном случае рассматривается лишь вопрос влияния недоборов и переборов при строительстве и очистке каналов на гидравлический режим и транспортирующую способность потока малых и средних каналов в земляном русле.

Очистка оросительной сети экскаваторами в общем объеме занимает большой удельный вес (75—87% об-

щего объема). Например, объем работ по очистке оросительных каналов Терско-Кумских обводнительно-оросительных систем составляет 900—1100 тыс. м³, из которых 800—820 тыс. м³ проводят экскаваторами.

Согласно СНиП Ш-И 3-62 и СНиП Ш-Б 1-62, допустимые отклонения параметров сечений каналов от проектных составляют для отметок дна канала 0—100 мм; для коэффициентов заложения откосов: мокрых +15%, —10%, сухих + не ограничивается, —10%; отклонение уклона дна канала от проектного $\pm 0,0005$ (уменьшение минимальных уклонов дна канала не допускается).

Заданными СНиП условиями предусматривается обеспечение проектных режимов работы каналов. При этом, как правило, коэффициенты шероховатости принимаются равными 0,0225—0,0250, которые, по данным И. И. Агроскина, характеризуются величиной выступов над поверхностью дна и откосов канала 0,4—8,7 мм. Следовательно, установленные отклонения СНиП не удовлетворяют требованиям гидравлики, что и должно учитываться при установлении режимов работы каналов.

Результаты исследований за 1959—1971 гг. показали, что качество экскаваторных работ зависит от сложности рельефа, естественного состояния грунтов по трассе канала, емкости ковша экскаватора, подготовки трассы к земляным работам (разбивки), закрепления ее по оси и бровкам канала, а также от метода контроля за качеством выполняемых работ. Контроль с помощью визирок не позволяет машинисту непосредственно следить за качеством работ. Поэтому следует экскаваторы, работающие на строительстве и очистке каналов, оборудовать уклономерами и глубиномерами и применять метод ведения работ с заданными уклонами, который совершенствуется специалистами ВНИИГиМ с помощью прибора управления лучом (ПУЛ) на каналокопателях (Е. И. Копьев и др).

Выполнение продольного профиля каналов. Отклонения исполнительных отметок дна от проектных влияют на гидравлический режим особенно малых и средних каналов.

В таблице приведена протяженность участков Северного распределителя с отклонениями исполнительных отметок дна от проектных.

Проведенные исследования на каналах в совхозах «Урожайненский» и «Величаевский» Левокумского района, в колхозе «Дружба» Курского района и других хозяйствах Ставропольского края, а также детальное изучение Северного распределителя показывают, что с увеличением емкости ковша от 0,25—0,35 м³ до 0,50—0,65 м³ протяженность участков с переуглублением несколько возрастает.

Таблица 3

Протяженность участков с переуглублениями и недоборами грунта I и II категории

Пикеты участков каналов	Участки с переуглублением		Участки с недоборами	
	м	% к общей длине	м	% к общей длине
ПК0+00—ПК5+50	550	10	—	—
ПК5+50—ПК10+50	—	—	500	10
ПК10+50—ПК52+50	4200	80	—	—
Итого	4750	90	500	10

По данным таблицы 4, протяженность участков с недоборами возрастает по мере повышения категорий грунта. С увеличением емкости ковша возрастает диапазон отклонений исполнительных отметок дна.

Для Северного распределителя, выполняемого экскаватором емкостью ковша 0,65 м³, отклонения исполнительных отметок дна от проектных составили 1,5 м (от +0,5 и до —1,0 м). Качество экскаваторных работ ухудшается при переходе в процессе разработки канала от одной категории грунта к другой. Отклонения возрастают на криволинейных участках и переходе от ровного рельефа к волнистому.

Анализ выполненных продольных профилей каналов, проложенных экскаваторами типа драглайн, без оборудования их глубиномерами и другими приборами для контроля проектных уклонов и размеров сечений каналов выявляет стремление машиниста разрабатывать канал постоянного сечения на всем его протяжении независимо от изменения отметок поверхности земли по трассе. На протяжении 73—75% длины канала отметки дна копируют отметки поверхности земли, вслед-

ствие чего исполнительные отметки дна значительно отклоняются от проектных (рис. 3).

Фактические отклонения исполнительных отметок дна от проектных по длине канала даны в таблице 5.

Фактические отклонения исполнительных отметок дна от проектных значительно превышают отклонения

Таблица 4

Протяженность участка канала с переуглублениями и недоборами в зависимости от емкости ковша экскаватора и категории разрабатываемого грунта

Емкость ковша экскаватора	Категория разрабатываемого грунта	Протяженность участков с переуглублением, % от общей длины	Протяженность участков с недобором грунта, % от общей длины
0,25—0,35	I	88,4	11,6
0,25—0,35	II	70,0	30,0
0,25—0,35	III	50,0	50,0
0,50—0,65	I	90,0	10,0
0,50—0,65	II	80,0	20,0
0,50—0,65	III	58,5	41,5

допустимые СНиП ($-1,0$ м против $0,1$ м). Фактически недоборы доходят до $0,5$ м, что недопустимо СНиП.

Отклонения от проектного уклона дна канала достигают значительных размеров и превышают более чем в 10 раз допустимые СНиП. На 11 участках дно канала выполнено с обратными уклонами. Общая длина участков с обратными уклонами ($0,001—0,0035$) составляет 2300 м, или 60% длины канала. Участки с обратными уклонами разделили канал на отдельные секции — «отстойники», в которых средние скорости течения снизились до $0,17—0,20$ м/с или в $3,0—3,5$ раза против проектных. По длине канала скорость воды изменяется от $0,17$ до $0,71$ м/с (при наполнении водой на $1,18$ м).

Выполнение поперечных сечений каналов. На качество выполнения поперечных сечений каналов в основном влияют рельеф местности, категория разрабатываемого грунта, а также контроль за исполнением. Контрольными нивелировками каналов установлено, что ширина их по верху на повышенных участках трассы меньше проектной, а на пониженных — больше. На участках, где ширина канала по верху значительно

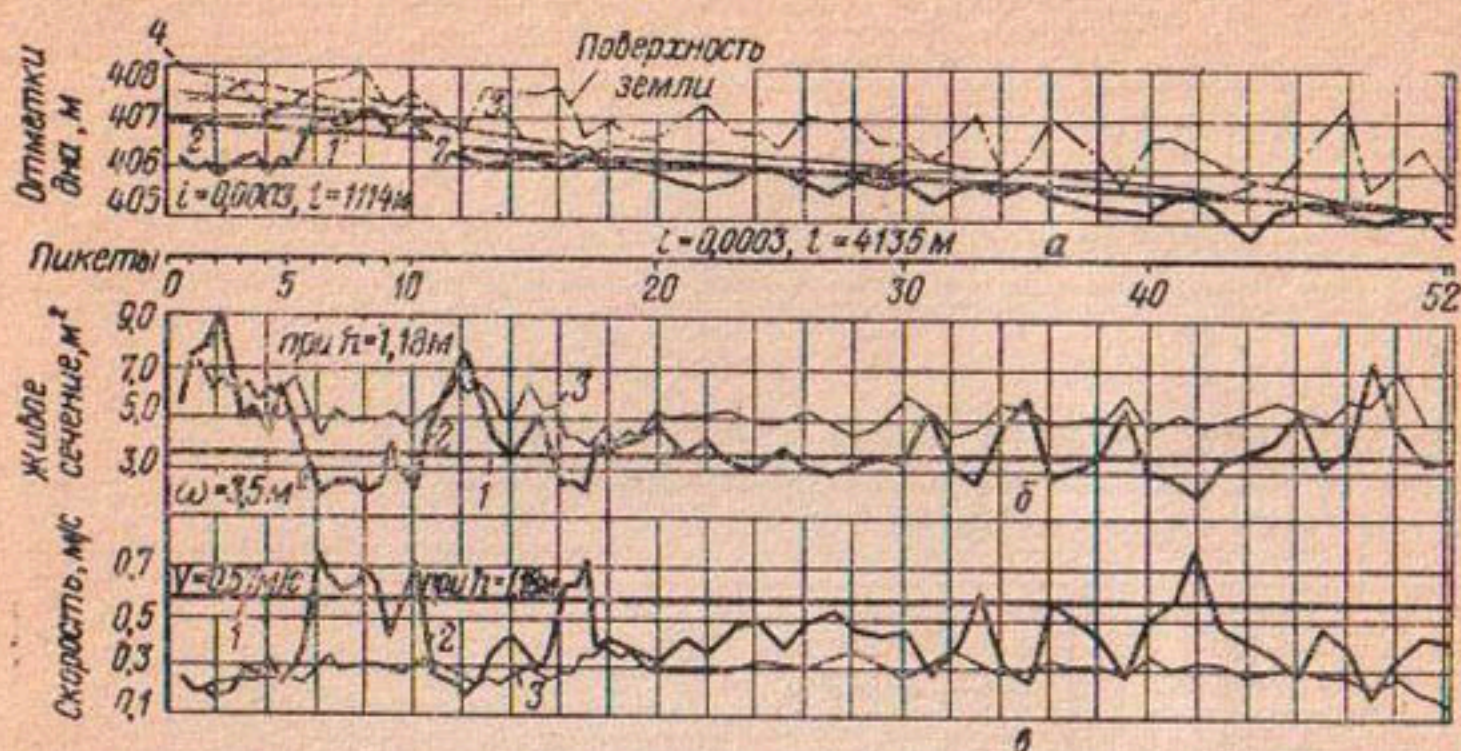


Рис. 3. Северный распределитель:

а — продольный профиль; б — площади живых сечений; в — скорости течения; 1 — проектные; 2 — исполнительные X. 1964 г.; 3 — наблюдаемые в эксплуатации в мае 1967 г. и 4 — 2 августа 1965 г.

больше — откосы положе проектных. Отклонения ширины канала по верху составили $\pm 0,2$ — $3,0$ м от проектной ($4,45$ м). В отдельных категориях грунта увеличение площадей поперечного (живого) сечения канала по сравнению с проектным ($3,5$ м²) составляет 150% (9 м²), а уменьшение — 43% ($2,0$ м²). Исполнение по-

Таблица 5

Величина отклонений исполнительных отметок дна от проектных по длине Северного распределителя

Величина отклонения, м	Количество поперечников с соответствующими величинами отклонения	
	поперечники	%
+ (0,50—0,30)	3	4
+ (0,31—0,10)	5	7
+ (0,11—0,0)	2	3
— (0,0—0,10)	19	26
— (0,11—0,30)	22	31
— (0,31—0,50)	11	15
— (0,51—0,70)	5	7
— (0,71—1,0)	5	7
Итого	72	100

Примечание: (+) недоборы, (—) переборы.

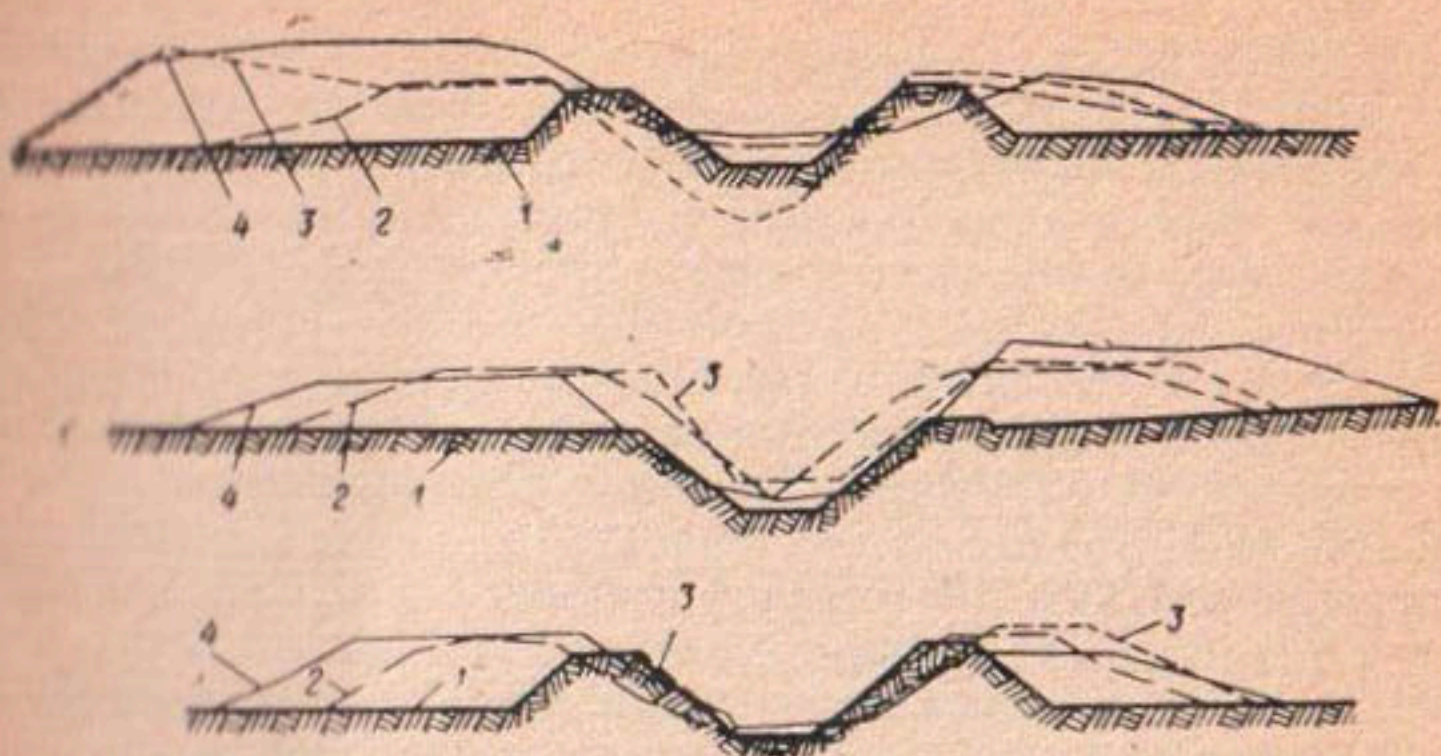


Рис. 4. Поперечные профили Северного распределителя за 1964—1967 гг.:

1 — проектные; 2 — исполненные в июне 1964 г.; 3 — исполнительные (с до-работкой), октябрь 1964 г.; 4 — в эксплуатации, май 1967 г.

перечного сечения Северного распределителя (рис. 4) приведено в таблице 6.

Фактический объем земляных работ, выполненный экскаваторами типа драглайн, превышает проектный, даже при недоборе. Фактическое превышение объема

Таблица 6

Величины отклонений поперечных сечений Северного распределителя

Величина отклонения, м ²	Количество поперечников с соответствующими величинами отклонения	
	поперечники	%
+ (1,6—1,0)	12	16
+ (1,0—0,5)	9	12,5
+ (0,5—0)	6	9
Проектное сечение (3,5 м ²)	3	4
— (0—0,5)	11	15
— (0,5—1,0)	8	11
— (1,0—1,5)	5	7
— (1,5—2,0)	7	10
— (2,0—2,5)	2	3
— (2,5—5,4)	9	12,5
Итого	72	100

Примечание: (+) недобор, (—) перебор.

выемки в рассматриваемом случае равно 22%. Следует отметить, что превышение объема земляных работ по сравнению с проектным не учитывается. Изменение поперечного сечения канала по длине вызывает нарушение гидравлического режима работ, деформацию и заиливание его.

Отмеченные выше отклонения выполнения продольного профиля и поперечных сечений канала существенно сказались на работе Северного распределителя. За время эксплуатации с октября 1964 г. по май 1967 г. произошли значительные деформации его русла. Участки с переборами заилились, а в местах сужений сечения канала произошли размывы. По всей длине увеличилась ширина канала и снизилась транспортирующая способность. За указанный период эксплуатации канала провели четыре очистки от заиливания и три от зарастания тростником (срезание растительности на откосах тростом). Деформации, вызванные потоком воды и механическими очистками, увеличили живое сечение канала в 1,2—2,2 раза, ширину по верху в 1,1—2,1 раза. Деформации сечений Северного распределителя за период эксплуатации приведены в таблице 7.

Таблица 7

Максимальные и минимальные величины деформации сечений Северного распределителя за 1964—1967 гг.

Параметры	Сечение каналов (▽ Г. В. — const)								
	проектное			исполнительное, октябрь 1964 г.			фактическое, май 1967 г.		
	наполнение канала								
	1,18	0,68	0,38	1,18	0,68	0,38	1,18	0,68	0,38
Живое сечение, м ²									
максимальное	3,5	1,6	0,8	9,0	6,2	4,9	7,6	3,8	2,2
минимальное	3,5	1,6	0,8	2,0	0,3	0,1	4,0	1,7	0,8
Ширина по вер- ху, м									
максимальная	4,45	3,2	2,42	7,3	5,7	4,8	9,4	6,9	6,0
минимальная	4,45	3,2	2,42	3,1	1,8	1,0	5,0	3,4	2,4
Смоченный пери- метр, м									
максимальный	5,28	3,68	2,74	7,8	6,4	5,5	9,3	7,5	6,1
минимальный	5,28	3,68	2,74	3,6	1,9	1,1	5,5	3,6	1,8

Проведенные исследования технологии производства работ при строительстве и эксплуатации (ремонт и очистка) малых и средних каналов оросительных сис-

тем показывают наличие серьезных недостатков при выполнении продольного профиля и сечений канала экскаваторами типа драглайн. Повышенная шероховатость, недоборы и переборы по обследованным 63 каналам общей протяженностью свыше 4,0 тыс. км вызывают деформации и заиление каналов. Аналогичные данные получены по 45 каналам кафедрой Организации и механизации гидромелиоративных работ Московского гидромелиоративного института (проф. Н. К. Фенин). Влияние повышенной шероховатости, переборов и недоборов на гидравлический режим и транспортирующую способность потока рассматривается на примере Северного распределителя при сопоставлении данных исполнительных нивелировок и инструментальных измерений, чисел Фруда и Рейнольдса. Результаты исследований показывают, что отклонения исполнительных отметок дна от проектных составляют 1,5 м (от +1,0 м до -0,5 м). Изменение скоростей — от 0,09 до 0,71 м/с и более против проектных 0,57 м/с. Изменение скорости, а отсюда и несущей способности потока вызывает заиление каналов. Участки каналов с завышенными уклонами в результате увеличения скоростей подвергаются размыву. Заиление переуглубленных участков канала вызывает увеличение его ширины по дну, в результате уменьшаются гидравлический радиус, скорость и транспортирующая способность потока. Изменение гидравлического режима Северного распределителя за период исследований приведено в таблице 8.

Средние значения величин, характеризующих транспортирующую способность потока, понижаются с уменьшением наполнения канала. Скорость и транспортирующая способность увеличиваются в сечениях с переборами (ПК2+00) из-за заиления и уменьшения живого сечения. Транспортирующая способность в сечениях с недоборами (ПК8+00) понижается в результате размывов и увеличения сечения канала.

Зависимости средних проектных, исполнительных и наблюдаемых в эксплуатационных условиях скоростей, чисел Фруда и Рейнольдса от наполнения $h_{\text{ср}}$ для Северного распределителя приведены на рисунке 5.

Эксплуатационные факторы. Проведенные в период 1959—1970 гг. исследования показывают, что даже идеально запроектированные и построенные каналы при несоблюдении рациональных эксплуатационных ре-

Гидравлический режим Северного распределителя

Параметры	Сечение канала									
	проектное		исполнительное, октябрь 1964 г.		наполнение канала (γ Г. В. — const)		фактическое, май 1967 г.			
	1,18	0,68	0,38	1,18	0,68	0,38	1,18	0,68	0,38	
Скорость средняя, м/с	0,57	0,49	0,32	0,41	0,28	0,16	0,29	0,23	0,14	
ПК2+00	0,57	0,49	0,32	0,17	0,10	0,04	0,23	0,16	0,09	
ПК8+00	0,57	0,49	0,32	0,71	0,41	—	0,30	0,24	0,14	
Живое сечение, м ²	3,5	1,6	0,8	9,0	6,2	4,9	6,6	3,6	2,1	
ПК2+00	3,5	1,6	0,8	2,1	1,45	0,1	5,0	2,5	1,3	
ПК8+00	2,0	0,78	0,25	1,5	0,59	0,19	1,5	0,59	0,19	
Расход, м ³ /с										
Число Фруда (Fr)										
ПК2+00	0,042	0,049	0,031	0,002	0,0009	0,00016	0,0065	0,0046	0,002	
ПК8+00	0,042	0,049	0,031	0,085	0,027	—	0,0096	0,0107	0,006	
Число Рейнольдса										
(Re · 10 ⁴)										
ПК2+00	38,0	22,0	9,0	20,0	9,7	3,6	18,0	9,5	3,7	
ПК8+00	38,0	22,0	9,0	35,5	9,0	—	24,6	11,8	4,5	

Примечания. 1. ПК2+00 характеризует канал при максимальном переборе.

2. ПК8+00 характеризует канал при максимальном недоборе.

3. Числа Рейнольдса показаны уменьшенными в 10 000 раз; например, на проектные значения при глубине 1,18 м равны 38×10^4 , или 38 000.

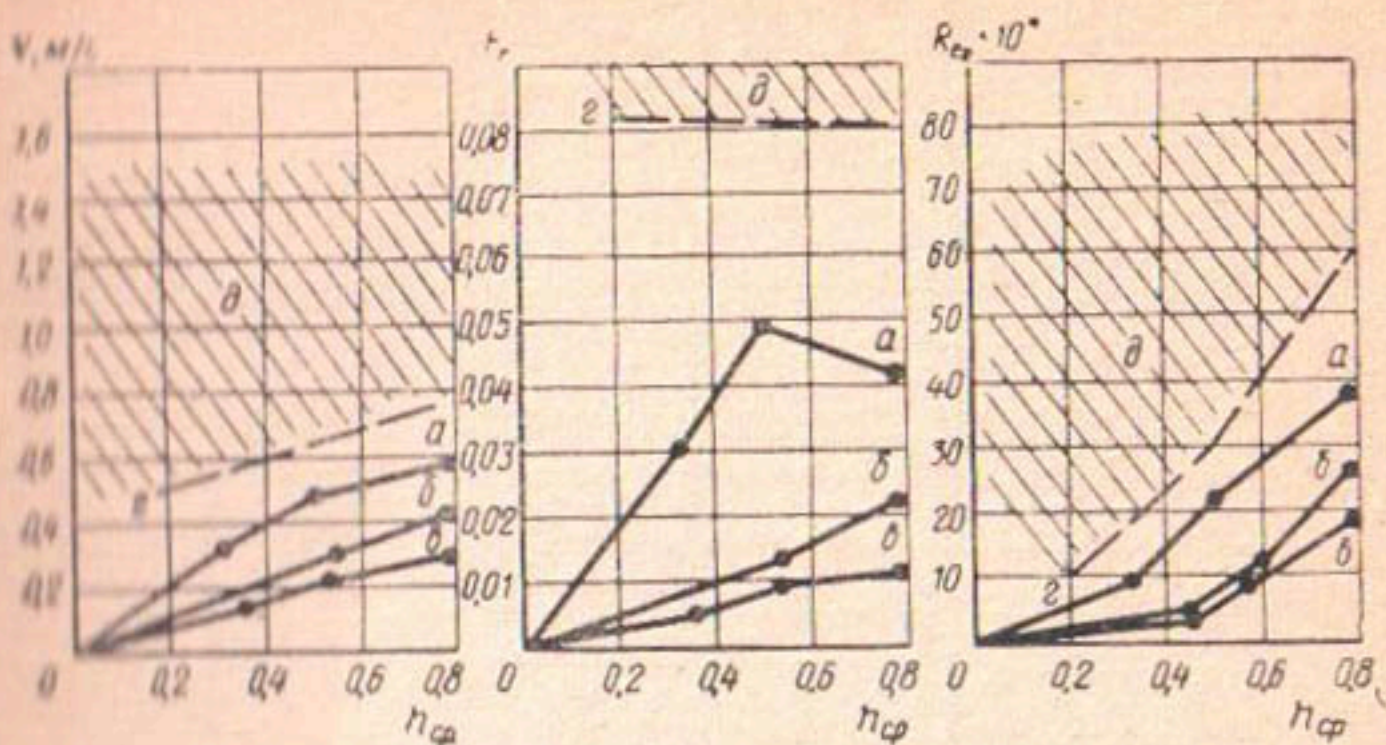


Рис. 5. Значения средних проектных, исполнительных и наблюдаемых в эксплуатации скоростей, чисел Фруда и Рейнольдса для Северного распределителя за 1964—1967 гг.:

а — проектные; б — исполнительные, октябрь 1964 г.; в — наблюдаемые, май 1967 г.; з — примерная граница минимальных значений; д — область незанятых значений.

жимов работы заиляются и зарастают. Заиление происходит быстрее при недостатках в проектировании, строительстве и эксплуатации.

Наглядное представление о режимах работы каналов Терско-Кумских систем дают полученные в натуре средние скорости течения воды при различных наполнениях (табл. 9).

Значения средних скоростей (табл. 9), фактические режимы работы канала Теплушка (табл. 11), Северно-

Таблица 9
Средние скорости воды при различных наполнениях каналов, м/с

Каналы	Средние скорости в каналах при наполнении	
	минимальном	нормальном
Солдатский распределитель	0,16	0,70
Северный распределитель	0,11	0,57
Распределители № 63 и 67	0,15—0,38	0,70—0,85
Советский распределитель	0,42	0,57
Канал Сухая Псарыша	0,70	1,50
Канал Баксан-Малка	0,45	1,10
Канал Малка-Кура	0,40	1,50

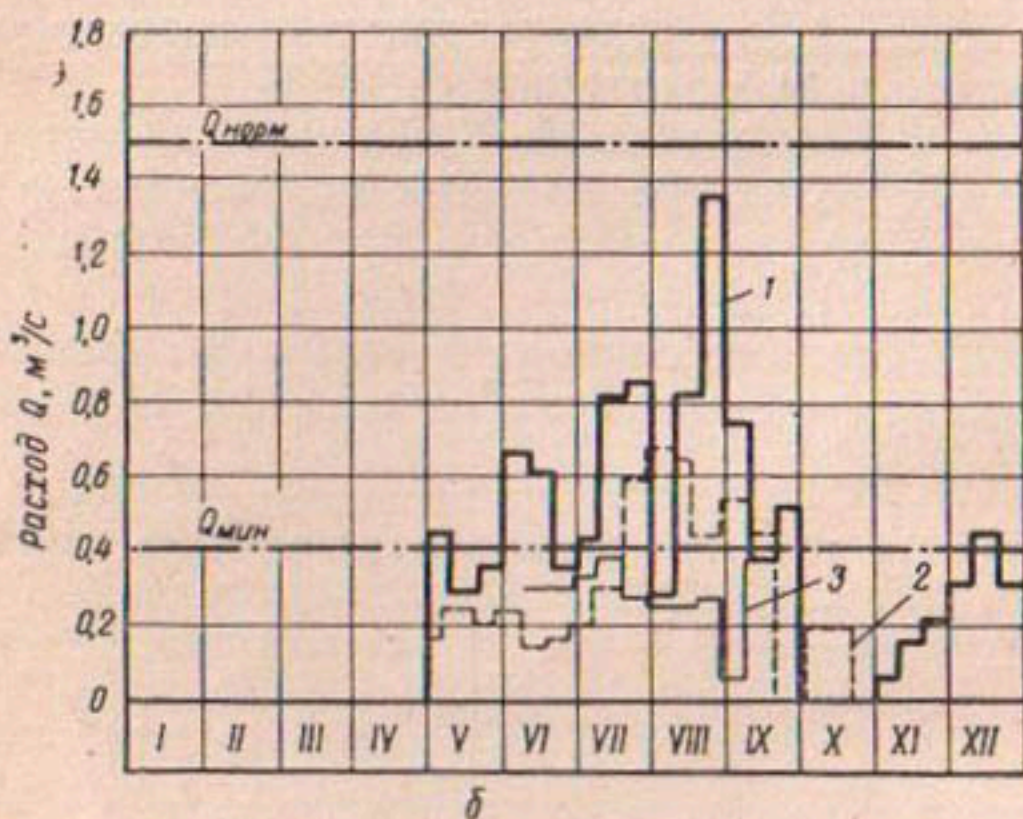
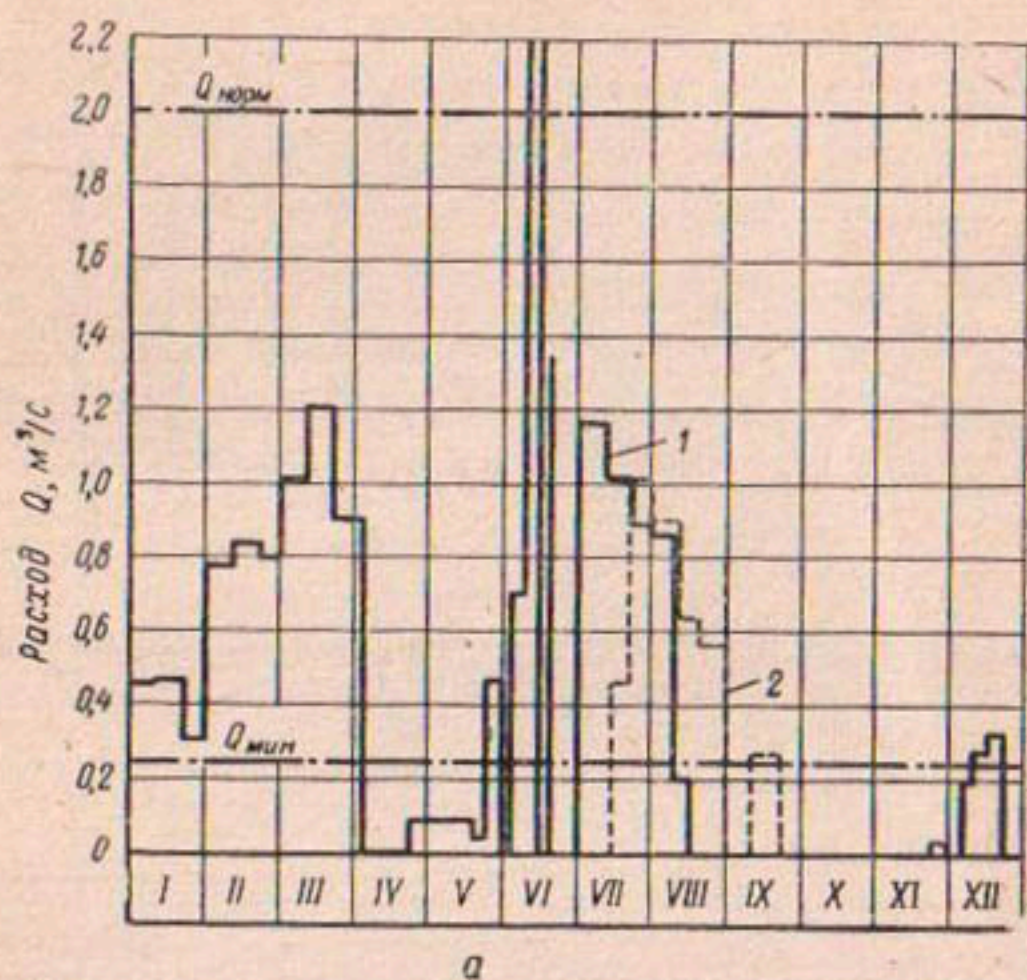


Рис. 6. Фактические режимы работы каналов:
 а — Северный распределитель; б — Солдатский распределитель; 1 — за 1965 г.; 2 — за 1966 г.; 3 — за 1967 г.

го и Солдатского распределителей (рис. 6) и типичный исполнительный продольный профиль канала вида «гребенки» (рис. 3) показывают возможное неработоспособное состояние оросительных каналов при невыполнении правил эксплуатации и технологии ремонтно-строительных работ. Транспортирующая способность потока характеризуется данными по очистке Северного распределителя (табл. 10).

Таблица 10

Данные по очистке Северного распределителя

Показатели	1965 г.	1965 г.
Водозабор, тыс. м ³	11 400,0	3 410,0
в том числе апрель—август	5 540,0	2 990,0
Выполненный объем очистки от заиления, м ³	4 883,0	2 100,0
Объем очистки, кг/м ³	0,86	1,23
То же, апрель—август	1,77	1,62
Средняя годовая мутность воды, кг/м ³	1,0	1,0

Данные по очистке свидетельствуют о полном осветлении воды в канале вследствие недостаточных скоростей для транспортирования взвешенных наносов, так как средняя годовая мутность источника составляет около 1 кг/м³.

Наблюдения показывают, что отложение наносов и развитие растительности в каналах происходят при малых скоростях при продолжительной работе с небольшими наполнениями и расходами воды.

На заиление Северного и Солдатского распределителей оказала влияние также несогласованность транспортирующих способностей их с каналами старшего порядка. Скорости воды в канале старшего порядка Баксан-Малка равны 0,45—1,10 м/с и более, а в канале младшего порядка — Северном распределителе 0,11—0,57 м/с, в канале Малка-Кура — 0,40—1,50 м/с, а в Солдатском распределителе — 0,16—0,70 м/с. Скорости в магистральных каналах Баксан-Малка, Малка-Кура обеспечивают транспортирование более 1,62—1,77 кг/м³ наносов, а в распределителях — в 2—4 раза меньше, что вызывает полное осветление воды, заиление и зарастание их.

Режимы работы канала Теплушка

Месяцы	Декады	Головная незаляемая часть канала						Концевая заляемая часть канала											
		1966 г.			1967 г.			1968 г.			1966 г.			1967 г.			1968 г.		
		Q расход, м³/с	% к норм. расх.	Q	%	Q	%	Q	%	Q	%	Q	%	Q	%	Q	%		
Май	1	0,93	47	0,74	37	0,79	35	0,19	19	0,19	19	0,01/7	1						
	2	0,49	24	0,90	45	1,05	53	0,10/5	10	0,25	25	0,08/4	8						
	3	0,62	31	0,85	43	0,97	48	0,22/1	22	0,21	21	0,01/9	3						
Июнь	1	0,65	32	0,53	26	0,91	45	0,03/7	3	0,09	9	0,09/3	9						
	2	0,38	18	0,64	32	0,71	35	0,19/2	19	0,04/3	4	0,10/3	10						
	3	0,09	4	0,52	26	0,58	29	0,04/6	4	0,08/2	8	0,11	11						
Июль	1	0,44	22	0,72	36	0,61	30	0,20—2	20	0,06/3	6	0,16/2	16						
	2	0,91	46	0,57	28	1,18	59	0,27	28	0,15	15	0,04/3	4						
	3	0,90	45	0,55	27	1,18	59	0,06/2	6	0,10	10	0,04/5	4						
Август	1	0,84	42	0,38	19	0,58	29	0,17/2	17	0,12	12	0,03/3	3						
	2	0,75	37	0,38	19	0,53	26	—	—	0,58/4	58	0,16	16						
	3	0,59	30	0,35	17	0,67	33	0,17/2	17	0,08	8	0,10/3	10						

Примечание. В знаменателе показано количество перерывов работы канала в днях.

Все это еще более усиливается нерациональными режимами работы и недостатками (переборы и недоборы) строительства и очистки распределителей экскаваторами типа драглайн.

Согласованность транспортирующей способности по длине каналов в условиях эксплуатации рассмотрена на примере межхозяйственного канала Теплушка. Недостатки его характерны для каналов многих систем. В результате несогласованности гидравлических и геометрических параметров за время эксплуатации происходит заиление и зарастание каналов, особенно на средних и нижних участках. В таблице II приведены данные о режимах работы верхнего головного и нижнего участка (ПК—124—ПК—130) канала Теплушка. Работа нижней части канала в основном с расходами до 0,2 м³/с, частые перерывы пропуска воды на 3—5 и более дней в декаде и низкие скорости вызывают интенсивное зарастание и заиление этого участка. В то же время головной участок работает без перерывов, с большими расходами и не заиляется, несмотря на то, что уклоны его несколько меньше.

Проведенные исследования режимов работы каналов позволяют сделать выводы, что основным требованием эксплуатации каналов должны быть меры борьбы не со следствием, а с причинами, порождающими зарастание и заиление их.

ПРОПУСКНАЯ И ТРАНСПОРТИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ КАНАЛОВ ПРИ ЗАРАСТАНИИ ИХ РУСЛ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ

Интенсивность зарастания каналов. Наиболее распространенная растительность на каналах оросительных систем — тростник, осока и рогоз, которые создают существенное сопротивление течению воды и требуют применения трудоемких способов борьбы с ними. Интенсивность зарастания и степень влияния растительности на транспортирующую способность каналов слабо изучены.

Вопросы борьбы с зарастанием каналов с развитием мелиоративного строительства, ростом протяженности открытой оросительной и коллекторно-дренажной сети и орошения из водохранилищ осветленной водой с каж-

дым годом возрастают. Так, например, построенные в 1960—1965 гг. магистральные каналы ТМ-1 и ТМ-2 с бетонным покрытием (Таджикская часть Голодной степи), в которые подается осветленная вода из водохранилища, заросшие погруженной растительностью, снижают пропускную способность и не обеспечивают пропуск проектных расходов воды (рис. 7, 8). Заращение открытой коллекторно-дренажной сети происходит особенно быстро, так как эти каналы рассчитывают на пропуск воды с малыми скоростями. Они имеют небольшую глубину и вода в них осветленная, хорошо прогревается. Все это создает благоприятные условия для развития сорной растительности.

Исследованиями, проведенными в 1959—1970 гг. на 12 оросительных каналах, установлено, что открытые незатененные каналы зарастают различными видами растительности. Степень зарастания (густота на единицу площади) в каналах изменяется по длине и по сечению. Степень зарастания каналов показана в таблице 12.

У большинства каналов периодического действия русло зарастает по всему сечению полупогруженной растительностью (тростник, рогоз и др.). Древесная растительность располагается выше уреза воды. Заращение русла канала начинается в расширенной его части, где больше всего снижаются скорости и глубина воды. На заросших участках растительность создает существенное сопротивление движению воды. Откосы и дно каналов в пределах русел при постоянном токе, где скорости обеспечивают транспортирование наносов, как правило, не зарастают.

Приведенные данные исследований по интенсивности зарастания каналов показывают:

живое сечение (русло) не зарастает у каналов с обеспеченной транспортирующей способностью и постоянно работающих в период вегетации;

наиболее интенсивно развивается растительность в мае и июне. Тростник вырастает до 1,9—2,7 м, или 4,5 см в сутки. Выкошенный 21 июня 1968 г. полуметровый тростник к 1 сентября 1968 г. достиг высоты 1,3 (рис. 9, 10). Одно-двукратное окашивание каналов не обеспечивает требуемых условий эксплуатации;

интенсивное развитие растительности и, следовательно, снижение пропускной способности совпадает с

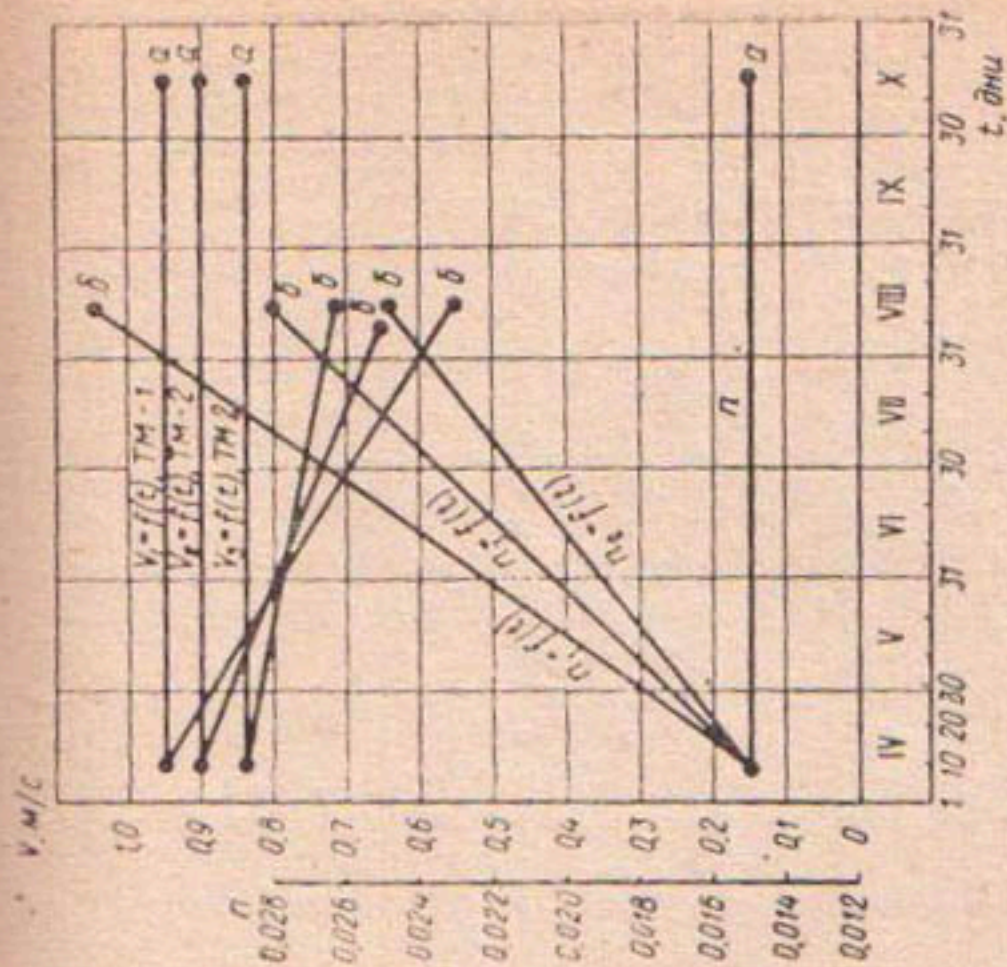
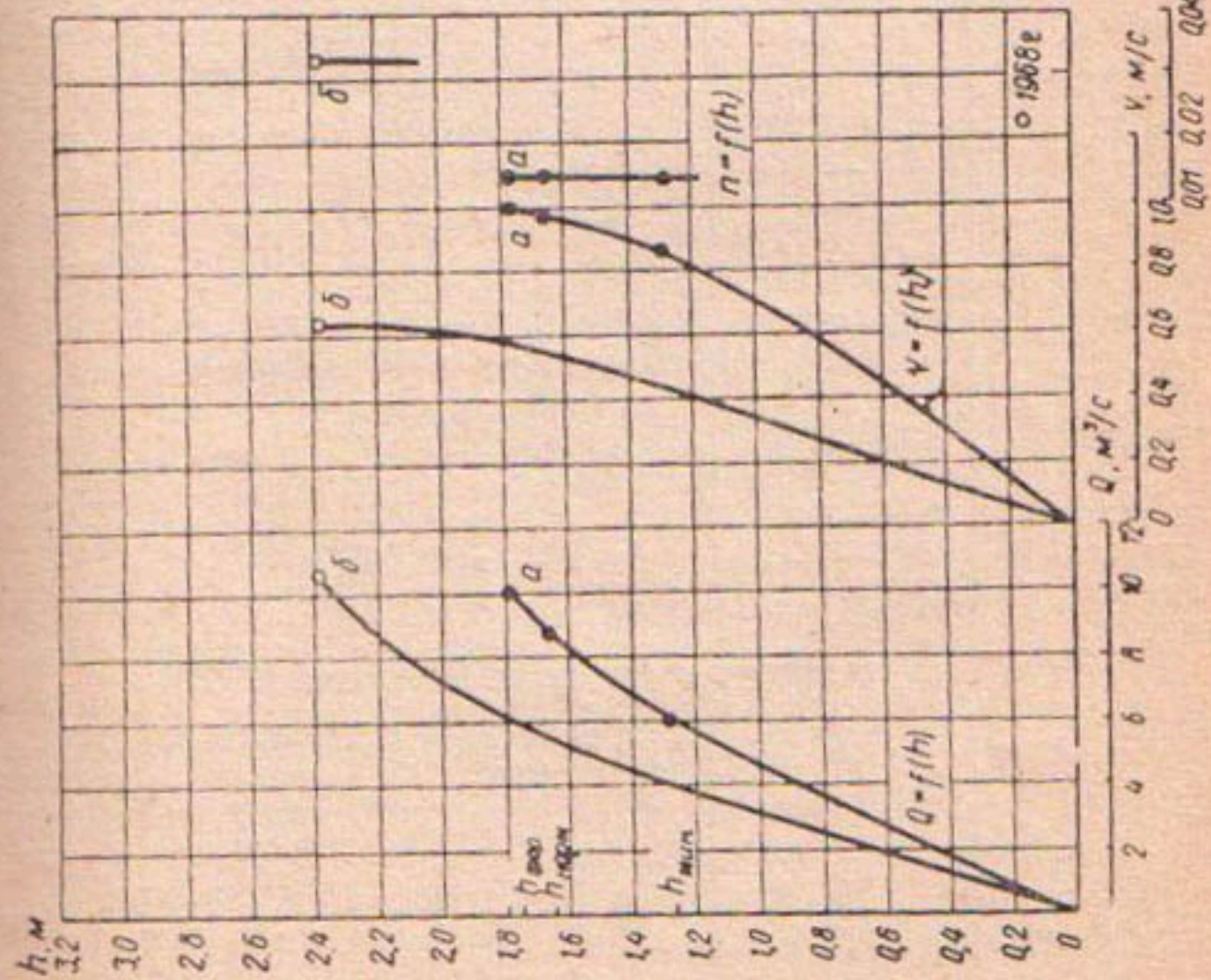


Рис. 7. Пропускная способность, скорости и коэффициенты шероховатости бетонированного канала ТМ-1:

a — проектные; b — наблюдаемые при зарастании русла растительностью (1968 г.).

Рис. 8. Изменение скоростей и коэффициентов шероховатости при зарастании растительностью бетонированных каналов ТМ-1 и ТМ-2 за 1967—1968 гг.: a — проектные; b — наблюдаемые.

Развитие растительности на каналах

Дата наблюдений	Средняя высота растений, м	Характеристика зарастания канала	Состояние и режим работы канала
Канал Подкумок-Юца (1967)			
10 июня	0,35; 0,20*	Зарастает гребень дамбы	Вода подавалась нерегулярно
20 июня	0,50; 0,35	Откосы до уреза воды	То же
7 июля	0,75; 0,50	То же	» »
10 июля	0,85; 0,70	» »	» »
20 июля	1,00; 0,80	» »	» »
1 августа	1,30; 0,90	То же, но откосы зарастают ниже уреза воды	Вода подается с 26 июля
10 августа	1,30; 1,00	То же	То же
20 августа	1,50; 1,15	» »	» »
1 сентября	1,50; 1,20	» »	» »
10 сентября	1,50; 1,20	» »	» »
20 сентября	1,50; 1,20	» »	Вода подается нерегулярно

Северный распределитель (1967)

1 июля	—	Растительности нет Очищен от растительности 1 июля (тросование)	Вода подавалась периодически, очень редко, практически канал не работал
10 июля	—	То же	То же
20 июля	—	» »	Очищен от заиления в конце 1966 г.
30 июля	0,1—0,5	Растительность редкая по берегам и откосам	
10 августа	0,35—0,45	Зарастание увеличивается	
20 августа	0,55—0,9	То же	
30 августа	0,80—1,0	» »	
10 августа	0,80—1,0	» »	

Распределитель колхоза им. Калинина (1968)

4 июня	0,40	Живое сечение не зарастает	Постоянно работал с 26 апреля по 1 сентября с небольшими перерывами
14 июня	0,58	То же	
24 июня	0,65	» »	

Дата обследования	Средняя высота растений, м	Характеристика зарастания канала	Состояние и режим работы канала
3 июля	0,69	Живое сечение не зарастает	Постоянно работал с 24 апреля по 1 сентября с небольшими перерывами
августа	0,72	То же	То же
1 августа	0,75	» »	» »
10 августа	0,75	» »	» »

* Первая цифра показывает высоту растительности в первом створе, вторая — во втором.

Примечание. На канале Подкумок-Юца расход воды до 250 л/с, скорости 0,12—0,33 м/с, густота растений 1200—2000 штук на 1 м². Полученные данные подтверждаются опытами 1968 г.

На Северном распределителе расход воды до 2 м³/с, скорости 0,04—0,71 м/с, густота растений до 2000 штук на 1 м².

Выход распределителя колхоза им. Калинина до 500 л/с, скорости течения 0,50—0,59 м/с.

проведением поливов сельскохозяйственных культур и снижает их плановое выполнение в мае — июле на 40—50%;

зарастание русл каналов повышает коэффициент шероховатости, снижает скорости, пропускную и транспортирующую способности каналов, что вызывает заиление, повышает потери на испарение и фильтрацию, снижает к. п. д. системы.

Коэффициенты шероховатости, пропускная и транспортирующая способность каналов при зарастании их русла растительностью. Зарастание русл растительностью повышает коэффициенты шероховатости, снижает скорости, пропускную и транспортирующую способности канала.

Если растительность не уничтожается, то каналы зарастают и заиляются настолько, что в конце вегетационного периода не пропускают и половины проектного расхода.

По исследованиям ВНИИГиМ, при зарастании шероховатость русла увеличивается с 0,025 до 2,5 и более по шкале Гангилье-Куттера. Исследованиями Г. Н. Петрова установлено, что в малых равнинных реках коэффициент шероховатости — величина непостоянная и меняется в широких пределах; в период межени за-



Рис. 9. Солдатский распределитель, заросший растительностью.

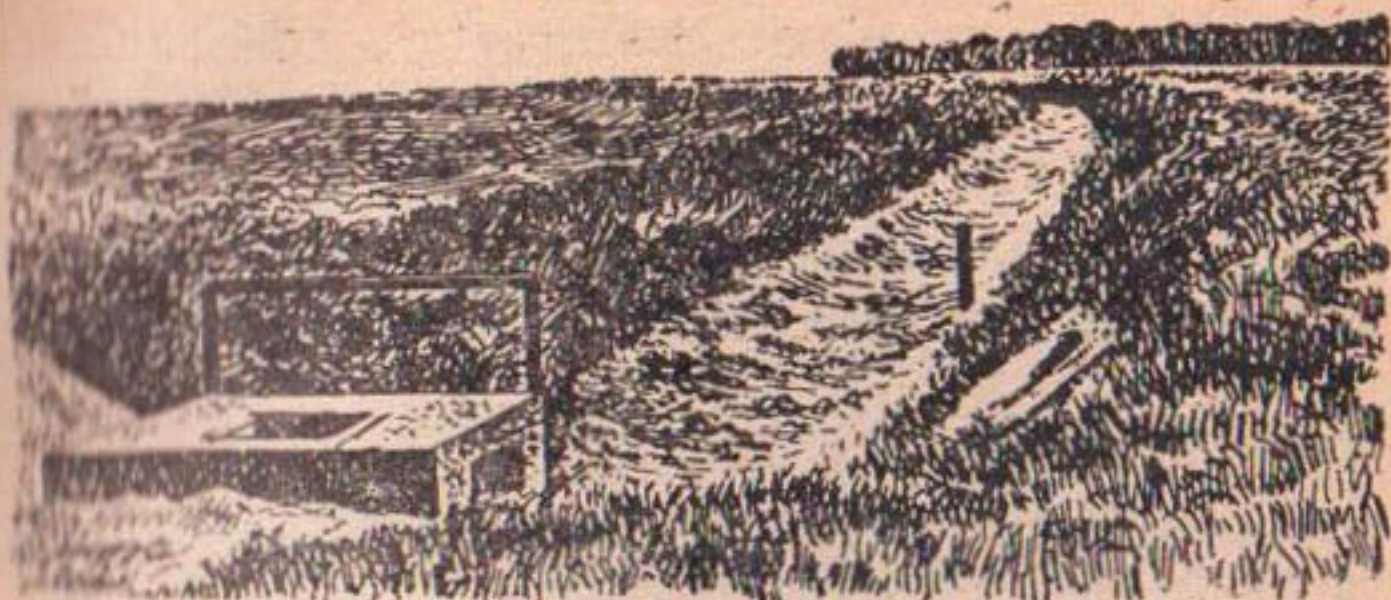
висит от зарастания русла, а не от грунта ложа и глубины потока.

Характеристики сорной растительности, которые бы учитывали величину торможения потока, найти до сих пор не удалось и считается невозможным из-за большого разнообразия видов растительности, степени зарастания русла и других причин, связанных с условиями ее развития.

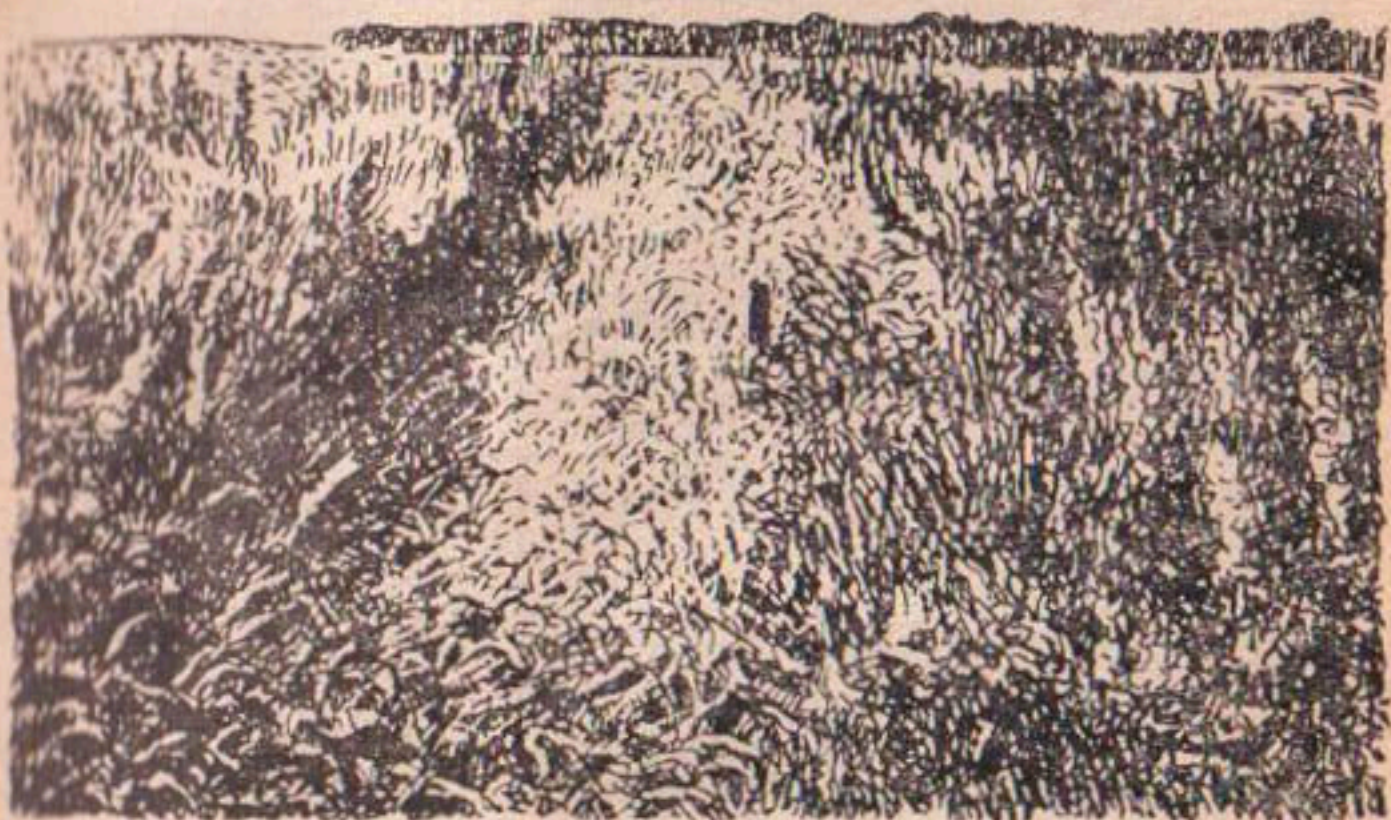
Зарастание вызывает необходимость работы каналов на форсированных режимах (табл. 13).

Влияние растительности на поток не ограничивается только местом расположения ее в русле. Оно распространяется вниз и вверх по течению и проявляется в виде так называемого «вспучивания» горизонтов воды. Это особенно заметно во второй половине вегетационного периода, когда объем растительной массы в русле достигает максимума. Такое явление наблюдалось на Терско-Кумских каналах и каналах ТМ-1 и ТМ-2 Таджикской части Голодной степи (табл. 13).

Учитывая, что превышения горизонтов воды канала старшего порядка над младшими значительно меньше



a



б

Рис. 10. Процесс зарастания. Северный распределитель ПК-52:
a — 15 июня 1967 г.; *б* — 3 октября 1967 г.

величины «вспучивания», каналы оросительных систем не обеспечивают пропуска необходимых расчетных расходов на орошение, в результате происходит недополив сельскохозяйственных культур и снижение урожая.

Коэффициент шероховатости русла зависит от многих факторов: собственно шероховатости русла, формы поперечных сечений, наличия в русле недоборов и переборов при разработке по сравнению с проектной отметкой деревьев, растительности, размывов, наносов и др. Наблюдения показывают, что коэффициент шероховатости изменяется не только по длине русла, но и с из-

менением горизонта воды. Учитывая это, коэффициенты шероховатости и другие гидравлические параметры определяют по фактически замеренным гидрометрическим данным: расходам (Q), площади живого сечения (ω), скорости потока (V), ширины потока по поверхности воды (B), гидравлическим уклонам (i), смоченному периметру (χ), наполнению (h) и др.

Т а б л и ц а 13

Наполнение каналов для пропуска нормальных расходов воды при зарастании их русл, м

Каналы	Наполнение		Превышение
	нормальное	при зарастании	
Канал Подкумок-Юца	0,50	1,10	0,60
Распределитель колхоза «Путь к коммунизму»	0,40	1,00	0,60
Распределитель Солдатский	1,05	1,80	0,75
Распределитель Северный	1,18	1,65	0,47
Распределитель № 63	0,80	1,45	0,65
Распределитель № 67	0,60	1,10	0,50
Бетонированный канал ТМ-1	1,78	2,38	0,60
Бетонированный канал ТМ-2	2,84	3,16	0,32

Данные гидрометрических измерений позволили нам определить изменение коэффициентов шероховатости (n), скоростей, пропускной и транспортирующей способности по 16 каналам Терско-Кумской системы при нормальном, среднем и минимальном наполнении их в разное время года: когда откосы и дно в пределах живого сечения свободны от растительности, в период развития растительности, после окашивания и очистки канала от наносов. Также были определены значения этих величин после строительства и сделано сравнение их с проектными.

Всего было определено около 900 значений коэффициентов шероховатости и соответственно такое же количество характеризующих поток значений чисел Фру-

да, Рейнольдса и других параметров. Расчеты проводились автором на ЭВМ во ВНИИГиМе и на кафедре сельскохозяйственных мелиораций Московского гидро-мелиоративного института.

На основании полученных данных построены графики функциональной зависимости расхода от наполнения канала $Q=f(h)$, скорости от наполнения $V=f(h)$, интенсивности развития растительности $h_{вр}=f(t)$ и изменения скорости течения воды в канале по месяцам вегетационного периода, а также степени зарастания канала $V=f(t)$ при нормальном и минимальном наполнении его. По ряду каналов выявлены зависимости выпадения взвешенных наносов от степени зарастания их растительностью и построены графики $W_{вн}=f(t)$. Графические функциональные зависимости позволили установить влияние растительности на пропускную и транспортирующую способность каналов за вегетационный период (табл. 14). Величина значения $W_{вн}$ установлена замером мутности потока (ρ , кг/м³).

Коэффициенты шероховатости при зарастании каналов в течение вегетационного периода постепенно увеличиваются; это увеличение сопровождается уменьшением скорости течения воды и соответственно пропускной и транспортирующей способностями потока. Пропускная способность канала Подкумок-Юца при зарастании уменьшается вдвое, скорости — в 1,75—2,05 раза, коэффициенты шероховатости возрастают в 1,8—2,25 раза, а выпадение наносов по длине канала 400 м — в 5,8 раза (рис. 11). Пропускная способность распределителя «Путь к коммунизму» Георгиевского района при полном зарастании живого сечения канала и нормальном горизонте воды уменьшилась в 6,7 раза, скорости — в 4,7 раза, а коэффициенты шероховатости увеличились в 5,1 раза (рис. 12). Наибольшая шероховатость отмечается уже к началу вегетационного периода и не восстанавливается до нормальной после очистки и окрашивания. Это видно по данным распределителей «Путь к коммунизму», Солдатский, № 67, где коэффициенты шероховатости достигают 0,087 и более (табл. 14).

Для незарастаемых и незаиляемых русел каналов Сухая Псарыша, Баксан-Малка, Малка-Кура и др. коэффициенты шероховатости были в пределах расчетного значения (рис. 13, 14), $n=0,0225$ (колебания 0,01—0,035). Эти колебания связаны с изменением средней

Влияние растительности на пропускную и транспортирующую способность каналов

Период и состояние канала	Наполнение	Q , m^3/c	V , m/c	n	Выпадение наносов $W_{\text{нп}}$, %
Канал Подкумок-Юца, 1967—1968 гг.					
Начало вегетационного периода; очищен канавокопателем (апрель)	Нормальное	0,200	0,41	0,030	10,0
Заросший — середина вегетационного периода (27 июня)	Минимальное	0,060	0,24	0,048	58,0
	Нормальное	0,100	0,20	0,068	
	Минимальное	0,033	0,13	0,085	
После очистки канавокопателем (27 июля)	Нормальное	0,200	0,41	0,030	10,0
	Минимальное	0,060	0,24	0,048	31—41
Период между очистками	Нормальное	0,108	0,27	0,042	
	Минимальное	0,038	0,17	0,061	
Распределитель колхоза «Путь к коммунизму», 1965—1967 гг.					
После очистки от захламления (май)	Нормальное	0,200	0,65	—	—22,0*
	Минимальное	0,023	0,31	—	—9,0*
Откосы и дно незаросшие (июль)	Нормальное	0,116	0,60	0,014	
	Минимальное	0,014	0,28	0,016	65,0
Полное зарастание живого сечения канала	Нормальное	0,030	0,14	0,072	
	Минимальное	0,005	0,06	0,074	
Солдатский распределитель, 1965—1967 гг.					
Начало вегетационного периода после очистки экскаватором и весеннего удаления растительности вручную	Нормальное	1,45—	0,60—0,70	0,028—0,033	20,0
		1,65			
	Минимальное	0,25—			0,027—0,033
		0,45	0,36—0,45		

Период и состояние канала	Водоизнос м³/с	Водоизнос м³/с	Водоизнос м³/с	Водоизнос м³/с	Водоизнос м³/с
Начало вегетационного периода; третья декада апреля, после осеннего окашивания	Нормальное	1,30—	0,60—	0,046	33,0 (20/VI 1967)
	Минимальное	1,50—	0,65—	0,046	
Максимальное зарастание откосов живого сечения; третья декада июля	Нормальное	0,30—	0,35—	0,060—0,087	44,0 (31/VI II 1967)
	Минимальное	0,35—	0,40—		
	Нормальное	0,30	0,26	0,055—0,084	52,0 (9/IX 1967)
	Минимальное	0,07	0,16	0,060—0,066	
Окошен ниже створа на 570 м в период максимального зарастания откосов живого сечения	Нормальное	0,48	0,28	0,055	
	Минимальное	0,10	0,20		
Распределитель № 67, 1963—1968 гг.					
Зарастание откосов ниже уреза воды	Нормальное	0,45—	0,60—	0,035—	—
	Минимальное	0,50	0,65	0,040	
После окашивания	Нормальное	0,13—	0,33—	0,045	—
		0,15	0,42		
	Нормальное	0,73	0,75—	0,030—	
После очистки экскаватором драглайн	Минимальное	0,23	0,78	0,032	—
	Нормальное		0,50	0,040	
		1,00	0,80—	0,025—	
	Минимальное		0,85	0,035	
		0,40	0,65—	0,025—	
			0,70	0,035	
Таджикские каналы, 1967—1968 гг.					
ТМ-1, гидрост 1					
Проектные значения	Нормальное	8,7	0,95	0,015	—
	Минимальное	6,0	0,87	0,015	

Период и состояние канала	Наполнение	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$V, \text{ м/с}$	n	Выпадение наносов $W_{\text{вн}}, \%$
Проектные значения	ТМ-2, гидрост 1				
	Нормальное	19,44	0,90	0,015	—
	Минимальное	11,70	0,78	0,015	
То же	ТМ-2, гидрост 2				
	Нормальное	14,50	0,84	0,015	—
	Минимальное	9,50	0,74	0,015	
Фактические значения (середина августа, при зарастании погружной растительностью)	ТМ-1, гидрост 1				
	Нормальное	5,30	0,55	0,033	—
	Минимальное	3,70	0,46	0,033	
То же	ТМ-2, гидрост 1				
	Нормальное	14,20	0,64	0,025	—
	Минимальное	8,40	0,50	0,031	
Фактические значения (середина августа, при зарастании погружной растительностью)	ТМ-2, гидрост 2				
	Нормальное	12,00	0,72	0,027	
	Минимальное	7,80	0,59	0,032	

* Повышение мутности потока за счет разрыхления грунта при очистке.

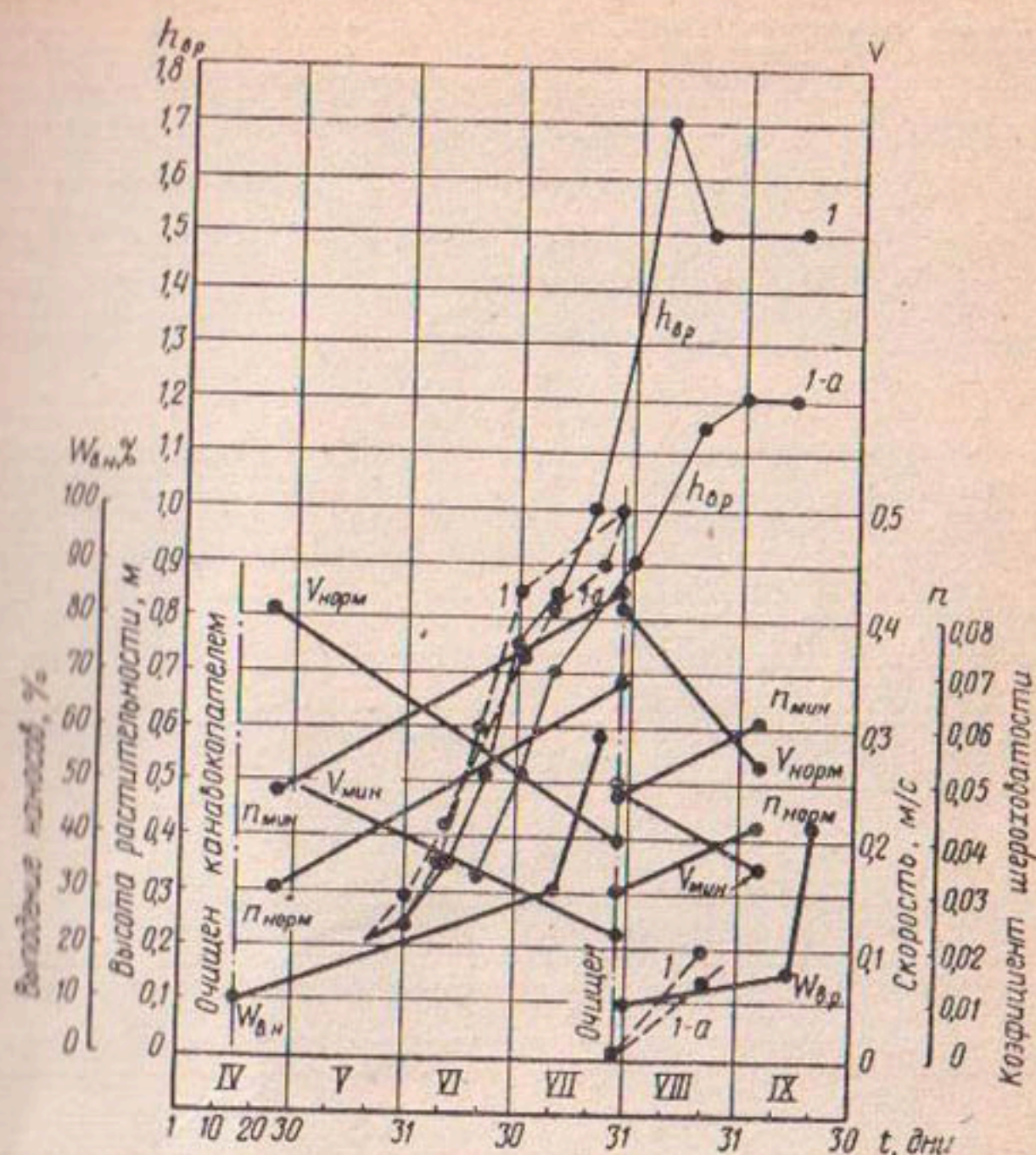


Рис. 11. Коэффициенты шероховатости n , скорости течения V и выпадение наносов $W_{вн}$. Канал Подкумок-Юца при зарастании растительностью (1967—1968 гг.):
 1 — первый створ; 1а — второй створ.

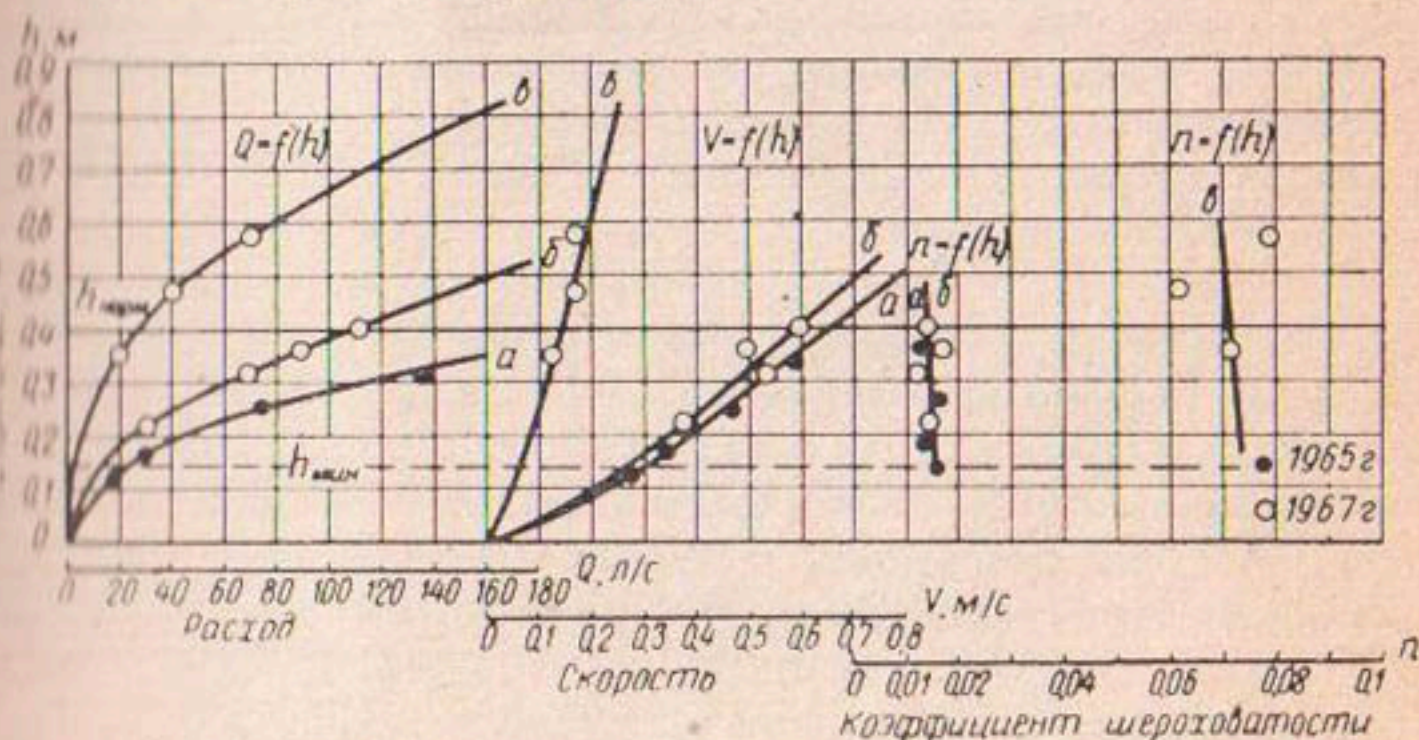


Рис. 12. График зависимости пропускной способности, скоростей и коэффициентов шероховатости от степени зарастания. Хозяйственный распределитель колхоза «Путь к коммунизму», расход до 200 л/с:
 а — после очистки, май 1965 г.; б — после окашивания 1966—1967 гг.; в — заросшие откосы и дно, 21 сентября 1967 г.

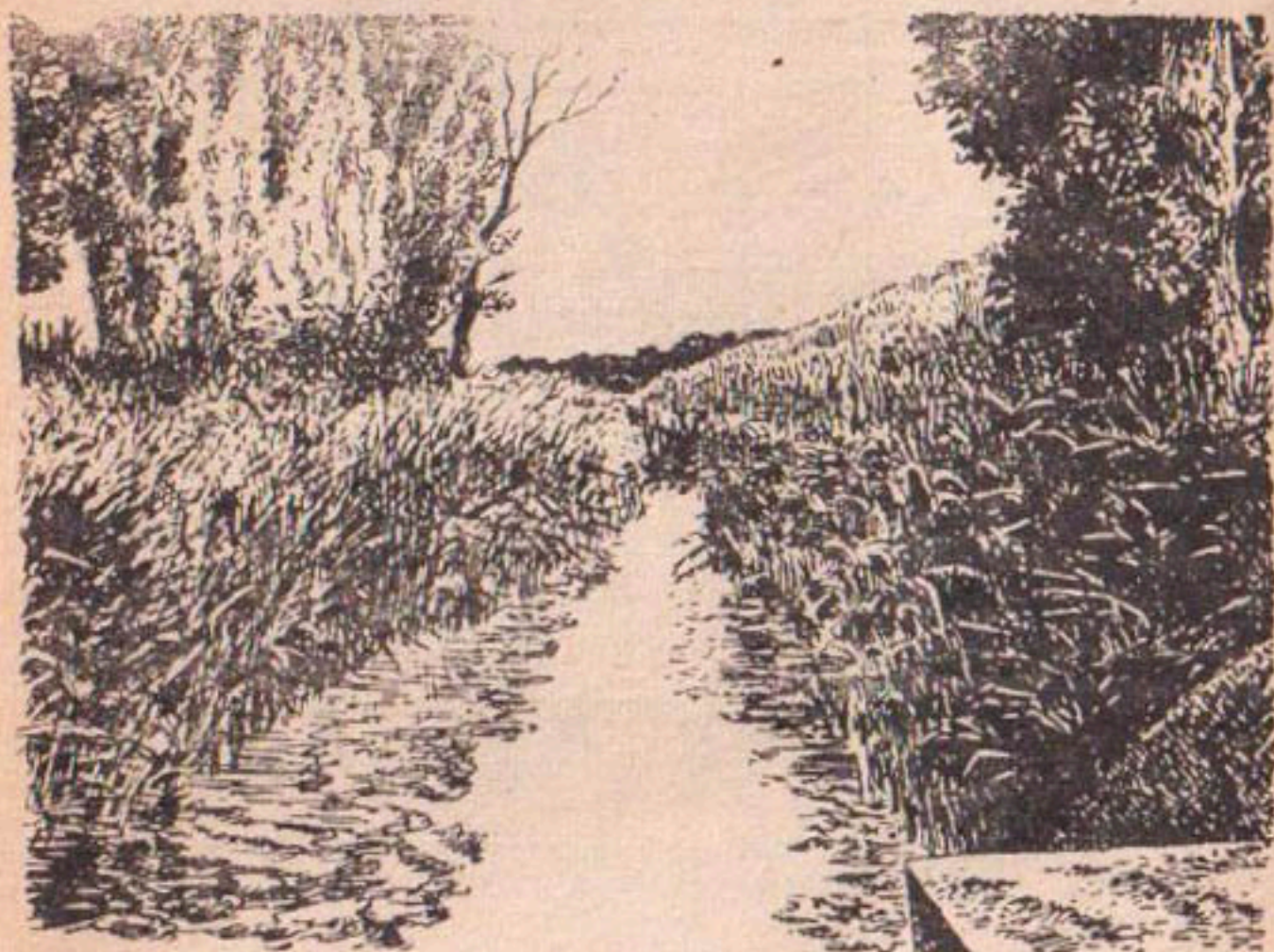


Рис. 13. Состояние каналов, характеризующееся коэффициентами шероховатости:

вверху — канал Баксан-Малка, $n=0,025$; внизу — Солдатский распределитель, $n=0,069$.

глубины наполнения канала, мутности воды, уклонов водной поверхности и др.

В заросших руслах коэффициент шероховатости увеличивается в 1,5—5 раз и составляет 0,07—0,1, поэтому скорости потока в таких руслах равны 0,06—0,15 м/с (канал Подкумок-Юца, распределитель Солдатский, «Путь к коммунизму» и др.). В руслах, где растительность развивалась менее интенсивно (распределители № 63, 67 и др.), скорости также невелики (0,16—0,40 м/с). В руслах, где фактические коэффициенты ше-

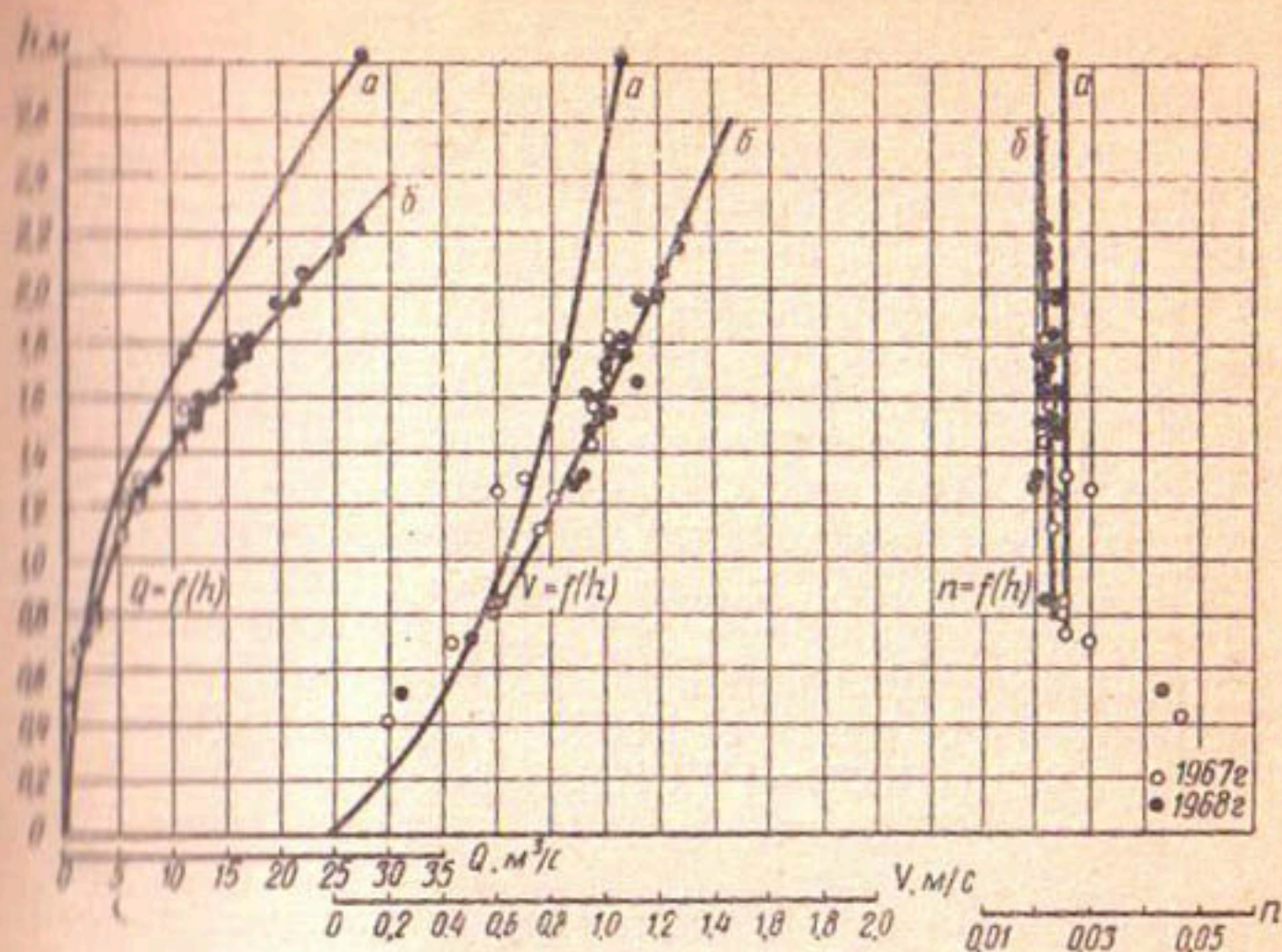


Рис. 14. Зависимости пропускной способности, скоростей и коэффициентов шероховатости. Канал Баксан-Малка, створ 1, расход $28 \text{ м}^3/\text{с}$:

а — проектные; б — фактические за 1967—1968 гг.

роховатости близки к норме, растительность отсутствует, средние скорости течения воды при минимальных расходах канала равны $0,50\text{—}0,70 \text{ м/с}$, и не менее.

Бетонированные каналы (ТМ-1 и ТМ-2), транспортирующие из водохранилища осветленную воду со скоростью $0,9\text{—}0,95 \text{ м/с}$, зарастают погруженной растительностью. При этом коэффициенты шероховатости ($n=0,015$) возрастают в $1,8\text{—}2,2$ раза, уменьшаются скорости в $1,2\text{—}1,9$ раза, а пропускная способность — в $1,21\text{—}1,65$ раза против проектной (рис. 7,8).

Данные исследований показывают, что снижение пропускной способности при зарастании происходит не столько за счет уменьшения поперечного сечения русла, сколько за счет гидравлических сопротивлений, вызываемых растительностью. Поэтому с достаточной для практических расчетов точностью можно принять $\omega = \omega_{\text{зар}}$, и тогда коэффициент зарастания выражается

$$K_{\text{зар}} = \frac{Q_{\text{зар}}}{Q} = \frac{V_{\text{зар}}}{V}. \quad (15)$$

Величина $K_{зар}$ при принятом допущении может характеризовать изменение скорости движения воды под влиянием зарастания. Значения $K_{зар}$ в интенсивно зарастаемых руслах равны 0,15—0,5, пропускная способность и скорости при зарастании уменьшаются в 2—6,6 раза (табл. 14), в незарастаемых и незаиляемых каналах $K_{зар} \geq 1$. Окашивание или очистка отдельных участков заросшего или заиленного канала положительного влияния на пропускную и транспортирующую способность его практически не оказывает. На Солдатском распределителе коэффициент шероховатости после окашивания (21/IX, 1967 г.) на участке протяженностью 570 м в середине канала уменьшился с 0,0608 до 0,0537. Это подтверждается данными исследований на канале Теплушка по створам 47 (ПК0—ПК3), 476 (ПК124—ПК130) и 458 (ПК230—ПК244).

Живое сечение в створе 47 не заиляется и не зарастает. Скорости течения при минимальном и нормальном наполнении 0,6—0,9 м/с, коэффициенты шероховатости 0,015—0,040 (рис. 15). Характерная особенность створа 47 — работа канала на промывных режимах, правильно установленные гидравлические и геометрические параметры канала, обеспечивающие транспортирование взвешенных наносов. При зарастании откосов канала (створы 476 и 458) ниже уреза воды, то есть на 0,5 м ниже горизонта нормального наполнения канала, скорости уменьшаются до 0,10—0,40 м/с, а коэффициенты шероховатости повышаются до 0,08—0,10. Окашивание канала по всей длине снижает коэффициент шероховатости до 0,043—0,050. Коэффициенты шероховатости после очистки канала экскаватором драглайн равны 0,031—0,037. Одна из основных причин, вызывающих зарастание и заиление средней и концевой части канала Теплушка — неувязка по длине гидравлических и геометрических элементов сечений канала.

Средняя часть канала имеет уклоны большие, чем в конце. Фактический режим работы концевой части канала характеризуется крайне низкими расходами и частыми прекращениями подачи воды. Расходы воды на этих участках за 1966—1968 гг. не превышают 20—30% пропускной способности канала, а перерывы подачи воды в каждой декаде 1968 г. составляли 4—9 дней. Крайне низкие расходы и частые перерывы тока воды создают самые благоприятные условия для разви-

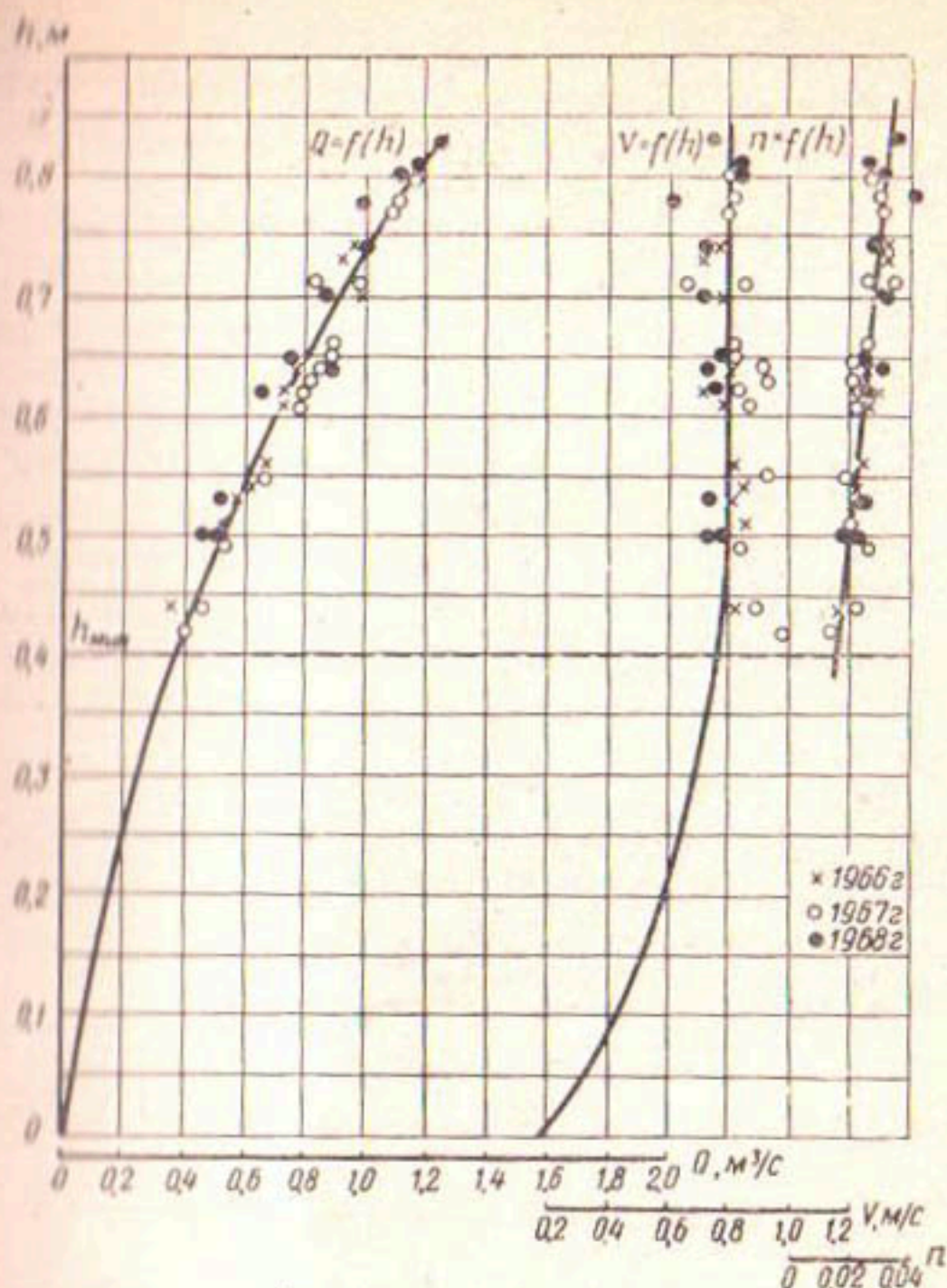


Рис. 15. Зависимости пропускной способности, скоростей и коэффициентов шероховатости. Канал Теплушка, створ 47, расход до $2 \text{ м}^3/\text{с}$.

тия растительности, снижают транспортирующую и пропускную способность каналов.

При окашивании каналов с помощью троса и рельефа (тресование) большая часть грунта, растительности и мусора попадает в поток, что вызывает заиление каналов, так как скорости во всех без исключения каналах не обеспечивают транспортирование грунта с корневой системой срезанных растений. После тресования 1/VIII 1968 г. концевая часть (створ 458) канала Теплушка заилилась на 0,5 м. Тресование снижает транспортирующую способность не только из-за механического расширения живого сечения и снижения скоростей, но и за счет попадания в канал срезанного грунта.

Критерии устойчивых режимов работы каналов
 Проведенными исследованиями выявлено, что нормальные средние скорости незаиляемых и незарастаемых каналов в глинистых грунтах при коэффициентах шероховатости 0,01—0,035 и среднегодовой мутности 0,5—1,0 кг/м³ наблюдаются в пределах 0,50—1,38 м/с и более. Устойчивость режима работы незаиляемых и незарастаемых каналов характеризуется правильно подобранными геометрическими и гидравлическими параметрами, наиболее согласующимися с гидродинамическим состоянием потока, которые рекомендуется выражать критериями значений скоростей, чисел Фруда и Рейнольдса. Значения критериев получены нами по данным полевых исследований и графикам $V_{кр}, Fr, Re_R = f(h_{ср})$ областей (зон), удовлетворяющих условиям незаиления и незарастания каналов Баксан-Малка (рис. 14), Малка-Кура, Теплушка (рис. 15), Сухая Псарыша и др. Математическая обработка и анализ данных устойчивых режимов работы каналов показывают, что наиболее вероятные значения средних скоростей для незаиляемых и незарастаемых каналов с критической мутностью, при коэффициенте зарастания $K_{зар}=1$, средних глубинах потока до 1,5 м, коэффициентах шероховатости 0,01—0,035 и средневзвешенной гидравлической крупности 0,003—0,014 м/с отвечают зависимости:

$$V_{кр} = K_h \cdot h_{ср}^{0,43}, \frac{1}{с} \cdot м. \quad (16)$$

Критические скорости при ненасыщенном состоянии потока рекомендуется определять по зависимости:

$$V = V_{кр} + a, \text{ м/с}, \quad (17)$$

где $K_h = 1 \frac{1}{с}$ — коэффициент скорости; a — величина, изменяющаяся в пределах 0,1—0,6 м/с пропорционально средним глубинам потока; $h_{ср}$ — средняя глубина потока ($h_{ср} = \frac{\omega}{B}$), м; ω — площадь живого сечения потока, м²; B — ширина по поверхности воды, м.

Зависимости (16) и (17) справедливы при геометрических и гидравлических элементах каналов, отвечающих значениям чисел Фруда и Рейнольдса (табл. 15) и значениям коэффициентов шероховатости (табл. 16).

Полученные зависимости (формулы 16, 17, табл. 15) отражают фактически наблюдаемые величины конкрет-

ных (незаиляемых и незарастаемых) условий работы каналов, поэтому они по своей природе имеют взаимосвязь между всеми параметрами, характеризующими транспортирующую способность потока. Эти зависимо-

Таблица 15

Значения чисел Фруда и Рейнольдса для каналов, работающих в незаиляемых и незарастаемых режимах

Значение критериев (h_{cp} , м)	Средняя глубина				
	0,20	0,50	0,80	1,00	1,50
$Re_R \times 10^4$ Максимальная	14,0	56,0	120,0	175	178
Минимальная	8,0	28,0	60,0	86,0	—
Fr Максимальная	0,128	0,27	0,32	0,35	0,35
Минимальная	—	0,07	0,08	0,086	0,126

сти рекомендуются нами для установления критериев скоростей, геометрических и гидравлических элементов сечений и характеристик, наносов, входящих в форму-

Таблица 16

Допустимые значения коэффициента шероховатости

Характеристика каналов	Коэффициент шероховатости
Каналы в земляном русле, для расхода больше $25 \text{ м}^3/\text{с}$:	
в связных и песчаных грунтах	0,02 — 0,0225
в гравелисто-галечниковых грунтах	0,0225 — 0,025
То же, для расхода от 25 до $1 \text{ м}^3/\text{с}$:	
в связных и песчаных грунтах	0,0225 — 0,025
в гравелисто-галечниковых грунтах	0,025 — 0,0275
То же, для пропуска расхода меньше $1 \text{ м}^3/\text{с}$	0,025 — 0,0275
Каналы в земляных руслах постоянной сети периодического действия	0,0275
Временные оросители	0,03
Каналы в скале:	
хорошо обработанная поверхность	0,02—0,025
удовлетворительно обработанная поверхность, без выступов	0,03—0,035
удовлетворительно обработанная поверхность, с выступами	0,04—0,045
Каналы в облицовке:	
бетонная, хорошо отделанная	0,012—0,014
бетонная, грубая	0,015—0,017
сборные железобетонные лотки	0,012—0,015
булыжное мощение	0,02 — 0,025

лы транспортирующей способности, что позволяет качественно улучшить расчеты незаиляемых каналов. Методика установления критериев изложена ниже, где приведены примеры расчета каналов.

МЕРЫ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЗАРАСТАНИЯ И ЗАИЛЕНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Очистка оросительной воды от семян сорной растительности. Борьба с зарастанием и заилением каналов заключается в предупреждении распространения сорной растительности и в создании режима потока, необходимого для транспортирования взвешенных наносов в каналах. При режиме потока, удовлетворяющем транспортированию наносов, семена растений не закрепляются в русле, мутность потока снижает проницаемость света, необходимого для развития растений, что обеспечивает не только борьбу с причинами зарастания каналов, но и с причинами, вызывающими заиление. Решение вопроса очистки оросительной воды от плавающих семян, остатков растительности связано с предупреждением засорения аппаратов дождевальных машин.

Для очистки поливных вод от семян сорной растительности применяются запони, щиты и др. Их ставят в местах спокойного течения воды. Приспособление Г. С. Чекулаева отводит семена сорных растений в сбросной канал, а щит конструкции В. Визингер-Алехторовой отводит их в сторону от входа в распределитель (рис. 16). Г. И. Липатов предложил устройство для очистки воды при заборе ее из канала: плавающие семена и другой мусор отводится в сбросной канал, а взвешенные семена улавливаются густыми проволочными ситами.

В Индии семена растений улавливают в оросительных каналах проволочными ящиками, заполненными мелким углем.

На распределительных и внутрихозяйственных каналах для очистки воды от семян сорных растений могут быть применены отстойные камеры-котлованы, которые могут быть совмещены с водоемами суточного регулирования и отстойниками для осветления оросительной воды от наиболее крупных частиц взвешенных наносов. Осаждению семян в таких отстойниках способствуют щиты, а задержанию взвешенных семян — густые сетки.

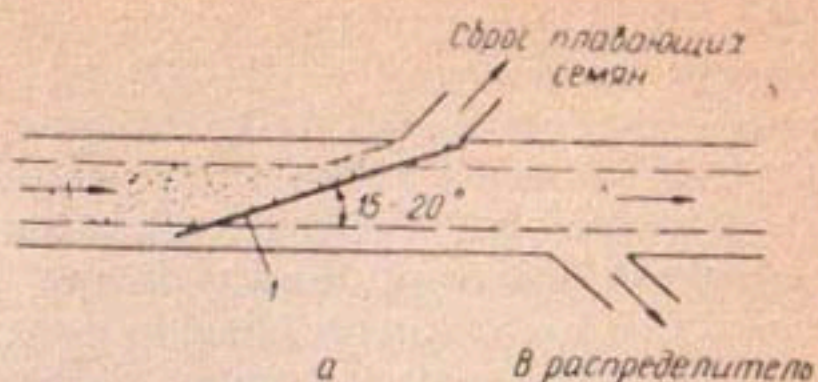
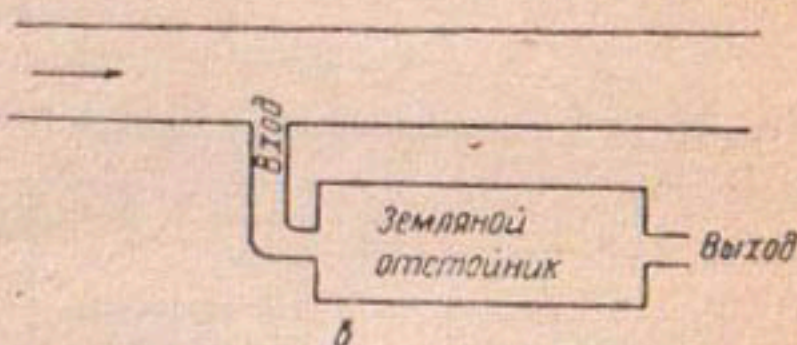
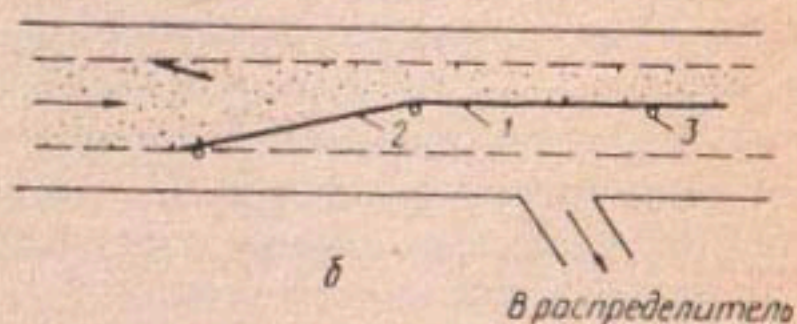


Рис. 16. Очистка оросительной воды от семян сорняков:

а — запона Г. С. Чекулаева; *1* — неподвижная запона; *б* — щит Визингер — Алекторовой; *1* — щит длиной 5—6 м, шириной 45 см; *2* — подщиток длиной 3 м, шириной 75 см; *3* — свая; *в* — отстойник для очистки воды от семян сорняков.



Приспособления по очистке оросительной воды следует совмещать с рыбозащитными устройствами.

Применение поливной сети, временных оросителей и каналов с уположенными откосами. Применение каналов с уположенными откосами или ложбин позволяет не только проводить борьбу с сорной растительностью, но и обеспечить повышение коэффициента земельного использования оросительной системы.

Полив с помощью оросительных ложбин — разновидность поверхностного способа полива. Ложбины, применяемые в качестве борозд или полос, имеют следующие размеры: глубину 10—12 см, ширину 1,8 м, ширину по дну 0,8—1 м. Откосы валиков для лучшей проходимости сельскохозяйственных машин должны быть 1:5. Такое же заложение откосов должно быть при уположивании и планировке сухих откосов каналов. Пропускная способность поливной ложбины составляет 8—10 л/с.

Ложбины, заменяющие временную оросительную сеть, располагаются по продольной и поперечной схемам и имеют следующие размеры: строительная глубина

0,20—0,35 м; глубина воды 0,15—0,30 м; расстояния между осями дамб 3,0—8,0 м; откосы внутренние и внешние от 1:5 до 1:10; пропускная способность 50—200 л/с.

Длина оросительных ложбин определяется водно-физическими свойствами почвы, рельефом поверхности поля и продолжительностью работы не более 15 часов, так как продолжительность работы вызывает вымокание и гибель растений, расположенных в русле ложбин. Длину оросительных ложбин рекомендуется принимать 400—700 м, причем меньшая длина соответствует большей водопроницаемости почвы. Гидравлический расчет проводится по формулам гидравлики для широкого параболического русла. Коэффициент шероховатости при этом рекомендуется принимать по таблице 17.

Таблица 17

Коэффициенты шероховатости ложбин

Характеристика русла	Густота рядково-го посева	Коэффициенты шероховатости	
		по Н. Н. Павловскому	по Базену
Поверхность дна и откосов ровная	Сильно изреженная	0,0275—0,035	1,3—2,75
То же	Незначительно изреженная	0,0275—0,045	1,3—5,5
»	Нормальная	0,0275—0,050	1,3—7,0
»	Плотная	0,0275—0,060	1,3—9,0
Поверхность дна и откосов комковатая	Разной густоты	0,030—0,060	1,75—9,0

Для нарезки поливных ложбин применяются ложбиноделатели ЛП-3,6 в агрегате с сеялкой и трактором ДТ-54 и ложбиноделатель Л-100 конструкции ВНИИГиМ.

Применение ложбин имеет ряд преимуществ, основные из которых: повышение производительности труда в орошаемом земледелии; повышение коэффициента земельного использования; исключение из технологического процесса при поливе повторных нарезок, оправок и заравнивания временной оросительной сети.

К недостаткам полива по ложбинам относятся: возможность вымокания сельскохозяйственных культур в русле ложбин, и высокие потери воды на фильтрацию.

Использование взвешенных наносов и красителей в предупреждении зарастания русел каналов. Заслуживают внимания зарубежные исследования по затенению русел каналов искусственным введением ила, взвешенных наносов и красителей как меры борьбы с растительностью. Лаборатория Бюро мелиорации США испытала семь различных проб взвешенных наносов, взятых из Огденских каналов, чтобы определить, какая из них представляла бы большее сопротивление прохождению света и, следовательно, требовала бы меньшего количества дополнительно вводимого ила. Свет пропускали через стеклянный испытательный сосуд, содержащий ил в суспензионном состоянии.

Наибольшие потери света наблюдали от поглощения взвешенным илом и минимальные — от отражения лучей между частицами и рефракциями. При этом было установлено количество и качество ила на разных глубинах, необходимое, чтобы поглотить лучи, способствующие росту водяной растительности. Оно составило 1,61 кг ила на 1 м³ воды при глубине 5 см и соответственно 0,161 кг на 1 м³ воды при глубине 28 см. В этих пределах отношения количества взвешенных веществ к глубинам потока не прямо пропорциональны, а соответствуют вогнутой кривой, начиная с глубины 10,5 см, которой соответствует расход взвешенных частиц 0,8 кг/м³.

Зависимости, полученные при изучении оптических свойств суспензий из взвешенных наносов, проверяли в производственных условиях по следующей программе: ил и воду вводили одновременно в заданном отношении в смесительную камеру, снабженную отверстиями, через которые насыщенная взвешенными частицами вода поступала в Южно-Огденский канал. Обработку растительности проводили в течение пяти недель, днем и ночью, без изменений интенсивности света. Этот опыт показал положительные результаты в борьбе с водяными растениями, имеющими плавающие листья (algae), но рдест выдержал подобные испытания.

Ассоциация водопользователей в Огдене (США) проводила на протяжении двух лет обработку по этому методу канала с расходом 8 м³/с. Для получения взвешенных частиц насос производительностью 1,85 л/с по-

давал воду на откос, который размывался, и полученная таким образом пульпа непрерывно поступала в русло канала.

Обработка продолжалась 10 дней в дневные часы. За шесть дней обработки губительный результат был замечен на плавающих водорослях, но не сказался на рдесте.

В некоторых штатах Индии борьба с водяной растительностью считается основной эксплуатационной проблемой. Искусственное увеличение мутности воды в каналах также обеспечивает уничтожение водяной растительности. Отмечено, что в сезоны с муссонами и дождями каналы, питающиеся из речных потоков мутной водой, не зарастают. Здесь же, в Индии, было замечено отсутствие водяной растительности там, где вода содержала значительное количество растворенных щелочей, хотя мутность воды была незначительна. Установлено, что щелочи непосредственно не влияют на водяную растительность, а увеличивают дисперсность иловых частиц, усиливая их способность к поглощению световых лучей.

В зарубежных странах для затенения каналов применяют краски. Этот метод исследовался химической лабораторией в г. Денвере (США). Метод красителей основан на излучении лучей спектра, поглощаемых различными водяными растениями, который позволяет подобрать красители для воздействия на рост и развитие растительности. Из различных красителей черная краска является наиболее эффективной для большинства водяных растений.

Для измерения относительной мутности воды в каналах используют метод погружения белого диска. Диск диаметром 7,6 см опускают на нити в воду. Глубина, при которой погруженный диск перестает быть заметным, — один из основных показателей.

Из наблюдений, проведенных по этой методике, получена формула для определения глубины потока, при которой водяная растительность прорасти не будет:

$$H = \frac{n^2}{2}, \quad (18)$$

где H — глубина воды потока; n — отсчет, соответствующий глубине погружения диска, при которой последний исчезает из виду.

Преимущество в борьбе с зарастанием русел каналов принадлежит транспортирующей способности потока,

позволяющей резко сократить проницаемость световых лучей взвешенными илистыми частицами.

Установление режимов работы каналов при транспортировании потоком взвешенных наносов. Наблюдения за режимом наносов в оросительных каналах, начатые в конце прошлого столетия в Индии, проводились также в Египте, США и России. Широкое развитие такие работы получили в нашей стране после Великой Октябрьской социалистической революции.

Многие зарубежные страны при установлении на практике и проектировании незаиляемых режимов работы каналов пользуются формулой, выведенной в 1890 году инженером Кеннеди ($V=0,548 h^{0,64}$). Эта формула получена по данным наблюдений на Бари-Доабской оросительной системе в Индии без учета геометрических и гидравлических параметров каналов, фактора взвешивания количества и качества наносов, состояния русла и других особенностей.

Профессор Е. А. Замарин пишет, что опыт эксплуатации каналов, рассчитанных по формулам типа Кеннеди, дает печальные результаты — повсеместные чрезмерные заиления. «Как бы ни пытались задним числом подправить формулы типа Кеннеди—Ласея выбором значений параметров a , c , n по опыту построенных каналов, никогда эти поправки не достигнут цели, и ясно почему: все эти параметры рассматриваются как статические величины, в то время как они динамичны. Принятие статичности параметров является результатом метафизического подхода к решению вопроса о незаиляющихся каналах».

Советские ученые пошли по принципиально новому пути установления зависимости между количеством и крупностью взвешенных наносов, скоростью течения, наполнением канала, шероховатости русла.

Среднеазиатский опытно-исследовательский институт водного хозяйства (ныне САНИИРИ) в Ташкенте провел натурные исследования для установления связи между гидравлическими элементами потока, количеством и крупностью взвешенных наносов.

Знание этой связи дает возможность проектировать требуемый режим работы водозаборов, отстойников и каналов и тем самым организовать их правильную эксплуатацию, обеспечить надежную борьбу с причинами заиления оросительной сети.

В настоящее время имеется большое количество эмпирических формул, определяющих критическую мутность потока, однако большинство из них составлено на основании материалов исследований, проведенных на оросительных системах Средней Азии (формулы В. В. Пославского, А. А. Черкасова, Г. С. Чекулаева, Г. О. Хорста, А. Г. Хачатряна, С. А. Гиршкана, В. А. Шаумяна, С. Х. Абальянца и др.). При выводе формулы транспортирующей способности Е. А. Замарин использовал, кроме материалов по Средней Азии, данные исследований, проведенных в Закавказье и за рубежом. В основу были положены наблюдения на каналах без облицовки и незаросших. Расходы в каналах составляли 0,2—150 м³/с, средняя скорость течения воды была не ниже 0,3 м/с, а содержание взвешенных наносов в воде не превышало 5 кг/м³ при средневзвешенной гидравлической крупности, характеризуемой данными таблицы 18.

Таблица 18⁹

Механический состав взвешенных наносов Амударьи и Хорезмских каналов

Бассейн, автор исследований	Содержание фракций в % при диаметре наносов, мм		Средневзвешенная гидравлическая крупность, мм/с
	более 0,05	менее 0,05	
Река Амударья в створе: Бассага-Керги (100 проб), А. Г. Хачатрян и др.	25,0	75,0	2
Куль-Арык (16 проб), А. Г. Хачатрян и др.	18,5	81,5	2
Пахта-Арна, В. А. Шаумян	15,5	84,5	2,2
Таш-Сака, Е. А. Замарин	16,0	84,0	3,5
В Хорезме, Е. А. Замарин	7,0	93,0	1,2
Хорезмские каналы, Е. А. Замарин	—	100	0,5

Примечание. Максимальные (единичные) значения средневзвешенной гидравлической крупности взвешенных наносов не превышали 7,7 мм/с.

Для расчета транспортирующей способности потока и незаиляющей скорости течения воды в каналах наиболее широко используются формулы Е. А. Замарина (ГОСТ 3908—47), С. А. Гиршкана (ГОСТ 3908—47), А. Г. Хачатряна, С. Х. Абальянца и др.

Формула Е. А. Замарина получена на основании обработки 212 данных наблюдений по системам Амударьи, Аракса, Колорадо и др.

$$\rho = 0,022 \left(\frac{V}{W} \right)^{3/2} \sqrt{Ri}, \quad (19)$$

где ρ — транспортирующая способность, кг/м³; R — гидравлический радиус, м; i — уклон водной поверхности; V — средняя по сечению скорость течения в канале, м/с; W — средневзвешенная гидравлическая крупность наносов, м/с.

Формула рекомендуется для $0,002 \leq W \leq 0,008$ м/с. Для более мелких наносов при $0,0004 \leq W \leq 0,002$ м/с формула имеет вид:

$$\rho = 11V \sqrt{\frac{RiV}{W}}. \quad (20)$$

Средневзвешенная гидравлическая крупность находится из формулы:

$$100W = \sum W_i P_i, \quad (21)$$

где P_i — процентное содержание по весу отдельной фракции взвешенных наносов; W_i — средние гидравлические крупности отдельных фракций наносов, определяемые по зависимости:

$$W_i = \frac{W_1 + W_2 + \sqrt{W_1 \cdot W_2}}{3}, \quad (22)$$

где W_1, W_2 — гидравлические крупности частиц для границ фракции.

Если в формулах (19) и (20) W выразить в мм/с, то они принимают вид:

$$\rho = 700 \left(\frac{V}{W} \right)^{3/2} \sqrt{Ri}, \quad (23)$$

$$\rho = 350V \sqrt{\frac{RiV}{W}}. \quad (24)$$

Формула С. А. Гиршкана:

$$\rho = BQ^{0,4}i, \quad (25)$$

где B — коэффициент, зависящий от средней гидравлической крупности состава, принимается равным: 4700

при $W < 1,6$ мм/с; 3000 при $W = 1,6—3,5$ мм/с; 1100 при $W = 3,6—6,5$ мм/с; 600 при $W > 6,5$ мм/с.

Эта формула применима для приближенного определения транспортирующей способности потока.

С. А. Гиршканом предложена уточненная формула В. В. Пославского:

$$\rho = \frac{2C}{W} Ri_0, \quad (26)$$

где $i_0 = 10\,000\ i$; $C = 0,55—0,85$ и, если оно не может быть уточнено опытом или принято по аналогии, принимается равным 0,7. Меньшее значение C соответствует расходам каналов меньше $1\text{ м}^3/\text{с}$.

Формула А. Г. Хачатряна получена на основании данных Среднеазиатских полевых исследований и исследований на Амударьинских отстойниках и каналах системы Куль-Арык в 1940—1941 гг.

$$\rho = 0,69 \frac{V^{3/2}}{\sqrt[3]{RW}}, \quad (27)$$

где W — в м/с.

Для каналов за отстойниками района среднего течения Амударьи А. Г. Хачатрян считает возможным принимать $W = 0,00185$ м/с и тогда

$$\rho = 5,62 \frac{V^{3/2}}{R^{1/3}}. \quad (28)$$

В основном она применима для условий каналов Куль-Арык.

Вторая формула А. Г. Хачатряна:

$$\rho = C_T \left(\ln \frac{U_v}{W_1} - \frac{U_v - W_1}{U_v} \right), \text{ кг/м}^3, \quad (29)$$

где C_T — постоянная кривой распределения наносов при полном насыщении потока, значение которой можно принять $C_T = 200 U_v$, кг/м³;

U_v — наибольшая взвешивающая скорость потока

$$U_v = 0,065 (V - 0,05) i^{1/4}, \text{ м/с};$$

V — средняя скорость потока; i — гидравлический уклон; W_1 — минимальная гидравлическая крупность,

определяется по формуле:

$$\ln W_1 - \frac{W_1}{W_{n+1}} = \frac{\ln W_2 - \frac{W_2}{W_{n+1}} - \rho_1 (\ln W_{n+1} - 1)}{1 - \rho_1}, \quad (30)$$

где W_{n+1} — максимальная гидравлическая крупность, определяется:

$$\ln W_{n+1} + \frac{(1+a)W_3 - W_2}{aW_{n+1}} = \frac{(1+a)\ln W_3 - \ln W_2 + a}{a}, \quad (31, 32)$$

где $a = \frac{\rho_2}{\rho_3}$.

Формула (29) является более сложной, требует определенных знаний для расчета дополнительных данных по механическому составу наносов при установлении W_1 и W_{n+1} . Она применяется обычно при расчетах отстойников с одновременной увязкой транспортирующей способности крупных каналов.

Недостаток приведенных формул — они имеют постоянные коэффициенты пропорциональности и не имеют критериев скорости и параметров сечений русла для установления незаиляемых режимов работы каналов. Поэтому при использовании формул транспортирующей способности, как отмечается в технических условиях по проектированию каналов, следует учитывать условия, в которых они получены, и если расчетные условия значительно отличаются от условий рекомендуемых формул, то расчеты необходимо проводить с учетом опытных данных или теоретических обоснований.

Разнообразие факторов, влияющих на заиление каналов, несмотря на многолетние исследования в этой области, все еще требует разрешения ряда вопросов.

Исследование факторов, влияющих на пропускную и транспортирующую способность оросительных каналов провел автор под руководством академика ВАСХНИЛ Б. А. Шумакова на Терско-Кумских обводнительно-оросительных системах (ТКООС) в период 1959—1970 гг.

На объекте исследования имеются каналы с различной транспортирующей способностью, с плотинными и бесплотинными водозаборами, отстойниками и водохранилищами частичного и полного осветления воды, строительство которых осуществлялось в разное время, начиная с 1850 г.

Каналы Терско-Кумских систем на 52—100% длины заиляются и русла их зарастают. И в этих же условиях есть каналы или отдельные участки, которые устойчиво (не заиляются, не зарастают и не размываются) работают более 5—30 лет. Существующие формулы и методы расчета незаиляемых режимов работы каналов не всегда дают желаемые результаты, поэтому провели дополнительные исследования в натурных условиях применительно к ТКООС.

Основными источниками орошения Терско-Кумских систем служат реки Баксан, Малка, Кума и Подкумок, которые несут большое количество взвешенных наносов. Среднегодовая мутность воды здесь около 1 кг/м^3 , а в паводковый (весенне-летний) период мутность от 1 до 5 кг/м^3 наблюдается от 70 до 224 дней в году. Особенностью взвешенных наносов является их повышенная крупность. По данным исследований С. Х. Абальянца, Е. А. Замарина, В. В. Пославского, А. Г. Хачатряна и др., наносы Амударьи содержат 75—100% фракций диаметром менее 0,05 мм при средней гидравлической крупности 0,5—3,5 мм/с, в условиях Терско-Кумских систем фракции менее 0,05 мм составляют 31—41% при $W=3\text{—}14 \text{ мм/с}$ (табл. 19).

Таблица 19

Механический состав взвешенных наносов Терско-Кумских систем

Бассейн, автор исследований	Содержание фракций, % при диаметре наносов, мм		Средневзвешенная гидравлическая крупность, мм/с
	более 0,05	менее 0,05	
Терско-Кумские системы (по 63 пробам), автор	69,4	30,6	8,7
То же, р. Баксан (11 проб),			
Г. А. Тер-Абрамянц	59,2	40,8	8,2

Наблюдения и измерения морфометрических, гидравлических параметров и характеристик транспортирующей способности велись на 16 каналах (по створам), которые имели заиляемые, незаиляемые (устойчивые) и размываемые режимы.

Результаты исследований позволили сопоставить фактическую транспортирующую способность потока с расчетной, полученной по формулам отечественных и

зарубежных авторов, а также выявить области и критерии незаиляемых, неразмываемых и незарастаемых режимов работы каналов.

Сравнение опытных данных с расчетными выполнено по 18 формулам транспортирующей способности и 47 характерным опытным точкам.

Сопоставление производилось по формулам С. Х. Абальянца, С. А. Гиршкана, А. Н. Гостунского, Е. А. Замарина, В. Г. Лопатина, В. В. Пославского, А. Г. Хачатряна, Г. О. Хорсга, В. А. Шаумяна, А. А. Чекулаева и др.

Отклонения опытных данных от расчетных, достигающие в ряде случаев до 750% и более (табл. 20), можно объяснить тем, что при выводе рассматриваемых зависимостей использованы в основном данные по амударьинским наносам, которые имеют сравнительно небольшую (до 3 мм/с) средневзвешенную гидравлическую крупность. Кроме того, эти формулы не учитывают факторы, связанные с зарастанием каналов и др.

Сопоставление результатов расчета ρ с натурой проводилось по методике ВНИИГМ и САНИИРИ.

Процент расхождения в определении мутности, вычисленный по формулам и данным наблюдений, находился по зависимости:

$$\Delta = \left(\frac{\rho_{\text{ф}} - \rho_{\text{н}}}{\rho_{\text{н}}} \right) 100, \quad (33)$$

где $\rho_{\text{ф}}$ — данные подсчета по формуле; $\rho_{\text{н}}$ — наблюдаемые в натуре.

Сопоставление данных натурных исследований с результатами расчетов свидетельствует, что наиболее близкую сходимость дает формула С. Х. Абальянца (дальнейшее теоретическое преобразование формулы А. Н. Гостунского). В основу ее теоретического обоснования положена связь между «работой взвешивания» наносов и работой, затрачиваемой потоком на сопротивление при движении.

Для амударьинских оросительных систем формула С. Х. Абальянца имеет вид:

$$\rho = 26 \frac{V^3}{R^{3/4} W}, \quad (34)$$

Для условий Терско-Кумских систем зависимость (34) дает отклонения до 80—140% и более.

Результаты сравнения опытных данных с расчетными по формулам

Дата наблюдений, номера опытных точек	Гидравлические и напосные характеристики потока							Откло-	
	расход, м³/с	сред- няя ско- рость м/с	сред- няя глу- бина, м	гид- рав- ли- чес- кий ради- ус, м	уклон по поверхнос- ти воды	мут- ность, кг/м³	средне- взве- шенная гидрав- личес- кая круп- ность, мм/с	С. Х.	
								анн	ρ
Канал Сухая									
VI/1967 (7)	2,0	1,05	1,49	0,45	0,0036	2,410	11,6	4,720	
VII/1968 (8)	0,87	0,70	1,34	0,30	0,0036	2,930	9,18	2,400	
VIII/1968 (9)	5,0	1,30	0,77	0,70	0,0036	3,480	8,40	3,890	
Канал Баксан-Малка									
19/VII 1968 (15)	27,5	1,30	1,50	1,50	0,00048	3,290	9,18	4,590	
6/VIII 1968 (16)	25,5	1,28	1,48	1,42	0,00048	3,500	8,40	4,900	
15/VIII 1968 (17)	19,7	1,13	1,38	1,32	0,00048	3,730	8,40	3,630	
Канал Баксан-Малка									
24/VII 1968 (21)	15,3	1,77	1,01	0,94	0,00036	3,240	9,06	16,670	
21/VIII 1968 (22)	13,6	1,74	0,92	0,87	0,00036	3,620	8,65	17,580	
Канал Теплушка,									
5/VIII 1966 (31)	0,99	0,79	0,41	0,35	0,002	2,830	9,18	3,070	
7/V 1967 (32)	1,09	0,80	0,44	0,38	0,002	2,350	11,6	2,370	
24/VI 1967 (33)	0,89	0,81	0,34	0,30	0,002	1,940	11,6	2,940	
26/VII 1968 (34)	1,11	0,83	0,41	0,35	0,002	2,910	9,18	3,560	
Наурско-Шелковская									
25/VI 1967 (36)	19,6	0,78	1,30	1,24	0,00014	6,200	1,93	5,440	
31/VII 1967 (37)	18,5	0,69	1,42	1,35	0,00014	6,200	4,10	1,660	
Наурско-Шелковская ветка,									
31/VII 1967 (38)	15,4	0,67	1,40	1,35	0,00014	5,000	3,50	1,780	
25/VIII 1967 (39)	10,4	0,58	1,20	1,15	0,00014	5,000	3,00	1,520	
То же, пикет 506									
25/VI 1967 (40)	9,45	0,60	1,27	1,20	0,00015	6,500	2,20	2,320	
31/VII 1967 (41)	9,35	0,58	1,31	1,25	0,00015	6,500	2,60	1,650	
То же, пикет 744									
25/VIII 1967 (43)	3,14	0,51	0,42	0,40	0,00022	7,000	0,980	7,070	
То же, пикет 1035									
28/VII 1967 (44)	4,31	0,51	0,86	0,82	0,00024	10,000	1,10	3,640	
26/VIII 1967 (45)	3,51	0,55	0,65	0,62	0,00024	10,000	0,42	14,740	
То же, пикет 1324									
4/VII 1967 (46)	1,78	0,49	0,38	0,36	0,00018	5,600	1,42	4,640	

Примечание. Гидравлические и напосные характеристики потока по
проводхоза.

транспортирующей способности потока

нения опытных данных от расчетных по формулам ($\pm \Delta$), %

Абаль- (34)	С. А. Гиришкан (ГОСТ 3908— 47)		И. А. Долгу- шев (35)		Е. А. Замарин (ГОСТ 3908—47)		В. В. Пославский $\rho = 8,6 \frac{V^2}{R^{1/2}}$		А. Г. Хачат- рян (1957 г.)	
$\pm \Delta$	ρ	$\pm \Delta$	ρ	$\pm \Delta$	ρ	$\pm \Delta$	ρ	$\pm \Delta$	ρ	$\pm \Delta$

Псарыша

94	2,860	19	2,410	0	0,760	—69	12,380	415	10,030	315
—18	2,040	—31	2,570	—12	0,480	—84	6,290	115	2,420	—18
156	4,120	18	3,120	—10	2,130	—39	16,370	370	8,120	135

(головная часть)

40	1,100	—69	3,340	1	0,990	—70	12,700	285	3,130	—5
42	1,060	—70	3,660	5	1,080	—69	12,540	258	3,690	5,4
—3	0,955	—75	3,550	—5	0,860	—77	10,010	169	2,990	—20,0

(концевая часть)

420	0,650	—80	3,300	2	1,100	—66	27,510	750	5,090	57
385	0,620	—83	3,250	—10	1,110	—70	27,230	650	5,090	40

створ 47

8	1,190	—58	2,630	—7	0,460	—84	7,620	170	2,340	—18
—1	1,240	—48	2,570	7	0,350	—85	7,600	224	5,620	140
52	1,140	—41	2,200	13	0,310	—84	8,430	380	5,720	195
22	1,240	—57	2,620	—10	0,500	—83	8,410	190	2,570	—12

ветка, пикет 1

—12	1,380	—78	7,350	19	2,360	—62	4,870	—22	5,030	—19
—76	0,495	—92	5,420	—13	0,660	—91	3,700	—40	4,420	—29

пикет 253

—65	1,250	—75	5,650	13	0,800	—84	3,490	—30	4,040	—19
—70	1,100	—78	5,850	17	0,750	—85	2,760	—44	3,690	—26

—65	1,110	—83	6,700	3	1,330	—80	2,910	—55	3,680	—43
—75	1,110	—83	6,350	—2	1,000	—85	2,690	—58	3,420	—48

0,1	1,630	—77	7,000	0	2,490	—65	3,040	—56	3,440	—51
-----	-------	-----	-------	---	-------	-----	-------	-----	-------	-----

—64	2,020	—80	7,850	—21	3,080	—69	2,390	—76	2,150	—78
47	1,860	—81	10,030	0,3	4,050	—59	3,050	—70	3,060	—69

—17	1,070	—81	5,800	3	1,140	—79	2,900	—48	2,860	—50
-----	-------	-----	-------	---	-------	-----	-------	-----	-------	-----

Наурско-Шелковской ветке приняты по данным исследований Севкааги-

На основании теоретических обоснований расчетной формулы (34) С. Х. Абальянца, данных натурных исследований и результатов сопоставления формула транспортирующей способности потока для расчета малых и средних оросительных каналов в условиях Терско-Кумских и аналогичных им систем приведена к виду:

$$\rho = 0,237 K \frac{V_{кр}^3}{RW}, \text{ кг/м}^3, \quad (35)$$

где K — коэффициент пропорциональности, определяемый по таблице 21.

Т а б л и ц а 21

Значения коэффициентов пропорциональности к формуле (35) (при температуре воды 20°C)

$W, \text{ м/с}$	0	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007
Значения K	0	0,038	0,054	0,066	0,077	0,086	0,094	0,103
$W, \text{ м/с}$	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015
Значения K	0,109	0,116	0,122	0,128	0,133	0,139	0,145	0,151

Проверочные расчеты показывают, что формула (35) дает удовлетворительные и по сравнению с другими формулами лучшие результаты.

Средний процент расхождения при $W=3-14 \text{ мм/с}$ составляет до $\pm 12-13\%$, а при $W=0,42-3,0 \text{ мм/с}$ $\pm 19-21\%$ (табл. 20).

Следовательно, рекомендуемая формула может быть применима и для расчета каналов с более мелкими взвешенными наносами.

Результаты расчета транспортирующей способности каналов по формуле (35) получены при скоростном режиме, геометрических и гидравлических элементах каналов, отвечающих значениям $V_{кр}$, числам Фруда и Рейнольдса, приведенным в таблице 22.

Значения $V_{кр}$, числа Re_R и F_r (табл. 22) получены по данным большого количества наблюдений и соответствуют характерным устойчивым руслам при незаиле-

мом, неразмываемом и незарастаемом режимах работы каналов в условиях повышенной крупности взвешенных наносов. Приведенные в таблице 22 данные устойчивых режимов работы каналов характеризуют надлежащие

Т а б л и ц а 22

Значения $V_{кр}$, чисел Фруда Fr и Рейнольдса Re при незаиляемых, неразмываемых и незарастаемых режимах работы каналов

Значение	Средняя глубина потока ($h_{ср}$), м				
	0,20	0,50	0,80	1,00	1,50
$V_{кр}$, м/с	0,50	0,74	0,91	1,00	1,19
Re_R {					
максимальное	140 000	560 000	1 200 000	1 750 000	1 780 000
минимальное	80 000	280 000	600 000	860 000	—
Fr {					
максимальное	0,128	0,27	0,32	0,35	0,35
минимальное	—	0,07	0,08	0,086	0,126

условия эксплуатации и рекомендуются как критерии при расчете транспортирующей способности каналов по формуле (35).

Полученные численные значения критериев подобия потока позволяют пользоваться результатами исследований на ТКООС также при расчетах на других каналах.

Определение транспортирующей способности оросительных каналов рекомендуется проводить в такой последовательности.

Вначале устанавливаются геометрические и гидравлические характеристики каналов, удовлетворяющие значениям критериев $V_{кр}$, Re_R , Fr (таблица 22). При этом занижение критериев не допускается, превышение не должно быть более 20—25%, а также при расчете (интерполяции) следует иметь в виду, что $V_{кр}$ изменяется по кривой $h^{0,43}_{ср}$. Затем определяется транспортирующая способность потока по формуле (35) при геометрических и гидравлических характеристиках каналов, полученных на первом этапе расчета.

Расчет транспортирующей способности оросительных каналов включает в себя определение расчетной мутности, механического (фракционного) состава, гидравлической крупности по фракции и составу наносов, уста-

новление уклона, наполнения (глубины), скорости, элементов живого сечения с учетом критериев и др.

Расчетную мутность определяют по данным многолетних наблюдений в районе водозаборного узла. При отсутствии этих данных расчетную мутность можно определить по данным ближайшей гидрологической станции на реке с корректировкой на основании данных по мутности в районе водозабора. При этом в качестве расчетных принимаются среднедекадные мутности. Выбор расчетного года по мутности определяется в каждом конкретном случае. Методика определения наносных характеристик для расчета транспортирующей способности с учетом особенностей твердого стока приводится ниже. Расчет транспортирующей способности каналов по формуле (35) предусматривается в следующем порядке.

Гидравлический расчет каналов проводится по формулам равномерного движения жидкости в открытых руслах в соответствии с действующими нормами проектирования. Средняя глубина наполнения ($h_{\text{ср}} = \frac{\omega}{B}$),

уклон (i) и средние скорости ($V = \frac{Q}{\omega}$) при макси-

мальных и минимальных расходах канала устанавливаются из условий удовлетворения их значений зависимостям (16, 17) и таблицы 22. При этом занижение средней скорости не допускается, а превышение, как уже отмечалось, не должно быть более 20—25%.

Живое сечение (ω), ширина по верху потока (B) и гидравлический радиус ($R = \frac{\omega}{\chi}$) для максимальных и минимальных расходов (наполнений) принимаются с учетом обеспечения устойчивых режимов работы канала, то есть отвечающие данным значений в таблице 22 при

$$Re_R = \frac{VR}{\nu} \text{ и } Fr = \frac{V^2}{gh_{\text{ср}}}.$$

Полученные таким образом геометрические и гидравлические элементы каналов являются обоснованными для расчета транспортирующей способности каналов по формуле (35). При транспортирующей способности канала, полученной по формуле (35), меньше чем в па-

туре, требуется проведение мероприятий по частичному осветлению воды (строительство отстойников и др.).

Взвешенные наносы, подлежащие отложению в отстойнике, определяются разностью мутностей, полученной по формуле (35) и входной мутностью (начальной). Опасными для заиления являются, как правило, частицы диаметром более 0,05 мм.

Определение наносных характеристик с учетом особенностей твердого стока. Одним из основных показателей для установления незаиляемых режимов работы каналов является качественный и количественный состав твердого стока, характеризующий мутностью, фракционным составом и гидравлической крупностью наносов.

Потребное для перемещения частиц количество энергии обеспечивается гидродинамическим состоянием потока, что достигается соответствующим сочетанием параметров оросительных каналов. Следовательно, при расчете транспортирующей способности каналов необходимо правильно установить скоростной режим потока, включающий в себя геометрические и гидравлические элементы сечений каналов, а также количество и качество наносов с учетом методики исследований.

Влияние методики на получаемые результаты в условиях повышенной крупности взвешенных наносов рассматривается с учетом данных исследований этих вопросов ВНИИГиМ и САНИИРИ. При изучении особенностей твердого стока и методики исследования следует особое внимание уделять способам отбора проб на мутность, определению механического состава и средне взвешенной гидравлической крупности взвешенных наносов.

Отбор проб на мутность. Специальные исследования, проведенные САНИИРИ в 1952 г., показали, что данные по определению мутности и фракционного состава проб, взятых различными типами батометров, не имели существенного различия. Наиболее приемлемым для исследований оказался батометр длительного наполнения, позволяющий брать пробы в один прием, причем в процессе отбора пробы автоматически проводится некоторое ее осреднение. Для опорожнения и полного слива твердых частиц наиболее удобен батометр-бутылка (гладкие и прозрачные стенки) на штанге в специальном держателе.

Для установления связи между характеристиками транспортируемых твердых частиц и параметрами каналов отбор проб взвешенных наносов, измерения уклонов водной поверхности, поперечных сечений, расходов и скоростей течения воды и других параметров проводятся в определенных створах. Учитывая, что расчет каналов в большинстве случаев проводится по формулам равномерного режима, считая ось канала в плане прямолинейной, с целью установления возможности сравнения данных наблюдений и применения этих формул для расчета створы и участки каналов выбирают с учетом этих требований. На участках устанавливаются гидрометрические посты, чтобы на режиме потока в створе минимально сказывалось влияние криволинейных участков и регулирующих сооружений.

Каждый створ для производства измерений оборудуют необходимыми приборами и устройствами с учетом требований УГМС.

Для определения расхода воды и взятия проб взвешенных наносов устраивают мостики. Чтобы не стеснять живое сечение потока, используют перекидные и висячие гидрометрические створы. Скоростные и промерные вертикали устанавливают от постоянного начала. Для этого на каждом створе закрепляется постоянная точка, от которой проводятся измерения. Разметка промерных и скоростных вертикалей для взятия проб мутности проводится непосредственно на мостиках или специальных разметочных тросах с наименьшими провесами. Разбивка вертикалей проводится обычно от оси канала вправо и влево. Промерные вертикали располагают в середине между скоростными вертикалями. Каждый пост оборудуют репером и постоянной водомерной рейкой, самописцами уровней, устанавливаемыми непосредственно в канале или специальных колодцах, соединенных с каналом траншеей или трубой.

В процессе изучения транспортирующей способности каналов проводятся следующие виды работ.

Определение уклонов водной поверхности. Определение уклонов проводят по данным наблюдений за горизонтом воды на водомерных створах, расположенных в начале и конце исследуемого участка канала. Наблюдения ведутся одновременным фиксированием горизонтов воды с учетом добегаания по рейкам или нивелировкой с точностью до 5 мм.

Определение формы живого сечения потока. Глубины промеряют штангой с поддоном или метрштоком с точностью до 1—2 см. Расстояния между промерными вертикалями принимаются 1,0, 0,5 и 0,25 м. В урезных отсеках для получения правильного начертания откоса промеры проводятся через 0,25 м. Площадь живого сечения и смоченный периметр определяют по вычерченным поперечникам. Для определения расхода определяют скорости течения на скоростных вертикалях.

На средних вертикалях замер скоростей на небольших каналах проводят по глубине (h) в трех точках 0,2 h ; 0,6 h ; 0,8 h , на крайних в одной точке — 0,6 h . При глубине потока менее 0,5 м — на глубине 0,6 h ; в заросших каналах соответственно на глубинах 0,15 h ; 0,5 h и 0,85 h . Замер и обработку полученных данных выполняют в соответствии с установленными положениями. Запись наблюдений ведут в книжках КП-6 записи измеренных расходов воды и расхода взвешенных наносов. Расход воды определяют как произведение площади живого сечения на среднюю скорость.

Для определения в воде содержания и состава взвешенных наносов пробы берутся батометром-бутылкой на основных скоростных вертикалях. Пробы взвешенных наносов отбирают детальным методом. В магистральных и межхозяйственных каналах количество основных вертикалей назначают не менее 5, а количество точек замера не менее 11. В распределительных каналах пробы взвешенных наносов отбирают по трем вертикалям в 5 точках живого сечения.

Определение состава взвешенных наносов проводят по суммарным пробам. Состав разделяется на 4—6 фракций без предварительного размельчения и обработки проб кислотой. При механических анализах применяется вода исследуемого потока. Механический состав взвешенных наносов определяли с разбивкой по фракциям $>0,25$ мм, 0,25—0,05, 0,05—0,01, 0,01—0,005, 0,005—0,001 и менее 0,001 мм. Мутность оросительной воды определяют методом фильтрования и взвешивания на аналитических весах. Лабораторную обработку, химический анализ взвешенных наносов и оросительной воды проводят в полевых или стационарных лабораториях.

Пробы объединяют так, чтобы концентрация для фракционного анализа была близкой к насыщению по-

тока наносами, из которого взяты пробы. Количество объединенных проб в одну бутылку не должно превышать 3—4 шт. Перед объединением пробы отстаиваются. Чистая вода сливается сифоном до уровня 3—5 см выше поверхности осадка, затем осадок сливается в одну бутылку. Опоражниваемые бутылки споласкивают ранее слитой водой, чтобы смыть все оставшиеся частицы в бутылку объединенной пробы.

Определение средней мутности в сечении потока при детальном методе отбора проб проводится взвешиванием каждой пробы в сечении и расчетом по аналитическим формулам, применяемым для определения средней скорости течения воды:

$$\rho = \frac{\Sigma G_{\text{сух}}}{\Sigma V}, \text{ г/л}, \quad (36)$$

где $\Sigma G_{\text{сух}}$ — вес абсолютно сухих наносов, г; ΣV — суммарный объем воды объединенных проб, л.

Наносный режим анализируется как по абсолютному содержанию взвесей в оросительной воде на каждом створе, так и по интегральным кривым распределения механического состава.

Анализы химического состава и удобрительные свойства воды определяют по действующей в настоящее время методике. Содержание подвижного фосфора (P_2O_5) определяют по методу Мачигина, содержание подвижного калия (K_2O) — методом пламенной фотометрии в уксусно-аммонийной вытяжке (Масловой), азота методом Тюрина.

Определение мутности проводится методом фильтрования и методом взвешивания проб в воде.

Поступившие пробы взвешенных наносов проверяют на цельность по отметке объема пробы на бутылках. Пролитые пробы отмечают в журнале. Перед откупоркой пробы тщательно взбалтывают и таким образом отмываются прилипшие частицы наносов к пробке и горлышку бутылки.

Определение мутности воды исследуемого потока ведется пропусканием воды через специальные бумажные фильтры. По разности весов чистого фильтра и фильтра с сухими наносами, при одной и той же влажности, с учетом объема профильтрованной воды устанавливают мутность в граммах на 1 м³ воды.

Наиболее простой способ определения мутности потока — метод взвешивания проб в воде. Перед взве-

шиванием пробы отстаиваются 5 суток. Более короткий срок отстаивания приводит к потере частиц взвешенных наносов. Например, при отстаивании пробы 4 суток теряются взвешенные наносы с гидравлической крупностью менее 0,00056 мм/с, то есть:

$$W = \frac{l}{T} = \frac{200}{4 \cdot 86\,400} = 0,00056 \text{ мм/с}, \quad (37)$$

где l — высота столба воды в бутылке, мм; T — время отстаивания, с.

После отстаивания пробы воду сливают сифоном, чтобы не взмучивать наносы. При взмучивании проба ставится снова на отстаивание на 5 суток. После слива над поверхностью наносов остается слой воды не менее 3—5 см.

Остаток воды с наносами переливают в колбу емкостью 200—300 см³. Бутылка из-под пробы тщательно смывается и колба доливаеся (доверху) слитой из пробы водой. Для лучшего обтекания и уменьшения явления диффузии при взвешивании применяют колбу сферической формы с длинным узким горлышком.

Вес наносов определяется взвешиванием колбы с наносами на технических весах первого и второго класса. Колба погружается в бак с водой, который устанавливают под весами и через специальную прорезь в подставке с помощью проволочки подвешивается к коромыслу весов. Вода в баке для взвешивания должна быть одинаковой по температуре и химическому составу с водой взвешиваемой пробы. Обычно для этого используют воду исследуемого источника, но осветленную, слитую из проб. Взвешивание ведется с точностью до 10 мг. Перед взвешиванием проверяют чувствительность весов и их регулировку.

Разность между весом колбы с наносами и весом колбы-тары равна весу наносов. Вес тары — вес колбы, наполненной осветленной водой исследуемого потока, и привязанной к ней проволочки измеряется при постоянном уровне воды в баке для взвешивания, то есть уровень и длина проволочки при определении веса тары и взвешивании наносов должны быть одинаковыми.

Вес сухих наносов определяется по формуле:

$$G_{\text{сух}} = \frac{\gamma_{\text{D}}}{\gamma_{\text{H}} - \gamma} = \frac{\gamma_{\text{H}} \cdot G_{\text{B}}}{\gamma_{\text{H}} - 1} = \frac{2,65 \cdot G_{\text{B}}}{2,65 - 1} = 1,607 G_{\text{B}}, \quad (38)$$

где $G_{\text{сух}}$ — вес сухих наносов, г; G_n — вес наносов в воде, г; γ_n — удельный вес наносов, определяемый в лаборатории; для песчаных фракций $\gamma_n = 2,6—2,7$; γ — удельный вес воды; $\gamma = 1$.

Мутность пробы находится по формуле:

$$\rho = \frac{G_{\text{сух}}}{V}, \text{ г/л,} \quad (39)$$

где V — объем пробы, л.

Взвешенная проба используется для определения фракционного или механического состава наносов. При переливании пробы колбу выполаскивают водой пробы.

Определение механического состава наносов. Методика определения фракционного состава взвешенных наносов оказывает влияние на результаты определения гидравлической крупности наносов, что должно учитываться при проведении расчетов транспортирующей способности потока. При рассмотрении результатов исследований механического состава взвешенных наносов установлено завышение частиц мелких фракций диаметром менее 0,01 мм по данным гидрометеослужбы (ГМС). Основная причина расхождений — различие в методике определения механического состава наносов. Взятая навеска наносов по методике ГМС растирается в фарфоровой чашке резиновым пестиком. Для ускорения отстоя наносов в пробах допускается (при ожидаемой мутности более 200 г/м³) предварительное коагулирование добавлением в пробу 20-процентного раствора хлористого кальция (CaCl_2) и обработка навески раствором соляной кислоты (HCl). Влияние методики определения фракционного состава взвешенных наносов на результаты отмечено ВНИИГиМ (А. Г. Хачатрян, Г. А. Тер-Абрамянц) и САНИИРИ (И. И. Горошков, А. В. Ефремов).

Данные анализов 68 проб взвешенных наносов, взятых в 1962—1963 гг. экспедицией ВНИИГиМ в верхнем бьефе Мало-Кабардинского гидроузла, из которых 10 анализов было выполнено параллельно по методике ВНИИГиМ и методике ГМС, показывают, что при анализе проб по методике ГМС значительно завышается (в среднем в 1,4 раза) содержание самой мелкой фракции диаметром меньше 0,01 мм. Это же подтвердилось исследованиями автора на Терско-Кумских системах.

Поправка в определении средневзвешенной гидравлической крупности по методике ГМС составляет при

$W = 5-14$ мм/с $+0,5-1\%$, при $W = 1-5$ мм/с $+2-3\%$ и $W = 0,4-0,5$ мм/с до $+17\%$.

Следовательно, методика определения фракционного состава взвешенных наносов оказывает существенное влияние на средневзвешенную гидравлическую крупность наносов менее 1 мм/с. При использовании данных ГМС для определения гидравлической крупности необходимо для мелкой фракции диаметром менее 0,01 мм вводить коэффициент перехода $K_{\text{ш}} = 0,7$, увеличивая содержание фракции диаметром 0,01—0,05 мм.

Механический состав наносов характеризуют гидравлической крупностью, то есть скоростью свободного падения твердых частиц в стоячей воде (мм/с). При определении фракционного состава наносов рассматривают: максимальную гидравлическую крупность; гидравлическую крупность частиц в заданных долях (фракциях) объема пробы и среднюю гидравлическую крупность всей пробы, подсчитываемую по данным анализа.

Для определения механического состава донных отложений берут пробу объемом 100 см³, высушивают до воздушно-сухого состояния, тщательно перемешивают и выбирают посторонние примеси. После этого пробу равномерным слоем распределяют на листе бумаги и делят на равные квадраты со сторонами 3—4 см. Среднюю пробу (4—6 см³) для проведения анализа наносов собирают тонким ножом из квадратов, расположенных в шахматном порядке. Определение объема средней пробы проводится с помощью градуированного цилиндра. Окончательный объем пробы устанавливают в стеклянной трубке — приборе по определению гидравлической крупности наносов. После загрузки прибора измеряется температура воды. Для упрощения расчета рекомендуется брать постоянный объем пробы.

Для проведения анализа механического состава наносов следует иметь: стеклянную трубку $d = 50$ мм, $l = 1350$ мм для проведения анализов; градуированный цилиндр емкостью 15 см³; термометр для измерения температуры воды; кружку с носиком объемом 1 л; сосуд для отстаивания воды.

Стеклянная трубка служит для определения гидравлической крупности частиц пробы и их процентного содержания по объему. Трубка имеет конусообразный, сужающийся книзу конец, который переходит в градуи-

рованный цилиндр с внутренним диаметром 10 мм. Сверху трубка закрывается притертой стеклянной пробкой. Длина цилиндрической части трубки (от пробки до начала сужения) 1100 мм. На расстоянии 100—200 мм от пробки наносится кольцевая метка. Это расстояние служит для выравнивания скоростей и траекторий падающих частиц. Длина конического сужения 170 мм, а нижней цилиндрической градуированной части 80 мм.

Деления при градуировке цилиндрика наносятся с особой точностью, начиная от дна через 0,5 см³. Общий объем градуированной части трубки должен соответствовать или быть больше объема загружаемой пробы. Цена одного деления в процентах всего объема анализируемой пробы в нарастающем итоге определяется из пропорции:

при объеме пробы 4 см³ — 100%,
объем деления 0,5 см³ — x ,
или цена одного деления равна

$$x = \frac{0,5 \cdot 100}{4} = 12,5\%.$$

Стеклянная трубка укрепляется на деревянном штативе при помощи держателя, позволяющего вращать трубку относительно оси держателя. Загруженную исследуемыми наносами стеклянную трубку закрывают пробкой, переворачивают вверх коническим концом и ждут полного осаждения частиц на пробку. В целях создания условий для одновременного выпадения частиц резким движением переворачивают трубку на 180° и приводят ее в рабочее состояние. В момент прохождения первой частицей линии кругового кольца на трубке пускается секундомер и фиксируется время прохождения ее до дна трубки. Время падения этой частицы определяет наибольшую гидравлическую крупность в пробе. Затем фиксируется время заполнения наносами первого (нижнего) отсека в стеклянной трубке, второго, третьего и так далее до конца анализа. Если не удастся фиксировать время заполнения отсеков, тогда процесс осаждения фиксируется отдельно, то есть анализ начинается с исходного положения для каждого отсека. Во всех случаях секундомер пускается после прохождения первыми частицами линии-кольца, обозначающей начало движения частиц.

Анализ одной пробы ведут в трех повторностях. В конце анализа измеряют температуру воды в трубке и при расчете вводят значение средней температуры, а также проверяют объем взятой пробы. Время проведения анализа не должно превышать трех часов.

При температуре воды $+20^{\circ}\text{C}$ поправка на температуру воды составляет $K_t=1$. При определении гидравлической крупности полученные значения приводят к условиям температуры $+20^{\circ}\text{C}$. При этом значения W_i умножают на коэффициент K_t (таблица 23).

Таблица 23

Коэффициенты поправки на температуру воды

Температура воды, $^{\circ}\text{C}$	Коэффициент вязкости воды, $\text{см}^2/\text{с}$	Коэффициенты поправки K_t	
		$W > 12 \text{ мм/с}$	$W < 12 \text{ мм/с}$
10,0	0,0131	1,092	1,300
12,5	0,0123	1,068	1,218
15,0	0,0114	1,043	1,135
17,5	0,0107	1,022	1,068
20,0	0,0101	1,00	1,00
22,5	0,0094	0,981	0,945
25,0	0,0089	0,962	0,890
27,5	0,0085	0,945	0,844
30,0	0,0081	0,928	0,798

Примечание. Различное значение коэффициентов вязкости для частиц $\approx 12 \text{ мм/с}$ определяется режимом обтекания частиц.

Примеры записи наблюдений, расчета гидравлической крупности и результатов анализа наносов объемным способом приведены в таблицах 24, 25 и на рисунке 17. Значения гидравлической крупности наносов приведены в таблице 26.

Определение средневзвешенной гидравлической крупности взвешенных наносов проводится методом суммирования, то есть по зависимости процентного (по весу) содержания наносов в фракции (P_i) от средней гидравлической крупности фракции (W_i):

$$W = \frac{\sum W_i P_i}{100}, \quad (40)$$

по уравнению кривой распределения

$$W = \frac{x_1 \int_{x_1}^{x_m} y x dx}{x_1 \int_{x_1}^{x_m} y dx} \quad (41)$$

и графическим методом П. В. Михеева.

Запись наблюдений и расчета гидравлической крупности

Дата... Проба... Наименование объекта...

Путь (l)	мм	Температура воды, °C										K _t
		1158	1142	1135	1127	1118	1111	1103	1097	1088		
Объем отсека	см ³	0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0										W
	%	W _{max} 12.5 25.0 37.5 50.0 62.5 75.0 87.5 100.0										>12. мм/с
												<12. мм/с

Гидравлическая крупность W, мм/с

Время осажде- ния частиц, с	Повторности	Гидравлическая крупность W, мм/с											
		t ₁	t ₂	t ₃	t _{ср}	$W_t = \frac{l}{W_t \times K_t}$	60,3	29,6	18,2	13,7	9,9	6,9	4,4
Гидравличе- ская круп- ность, мм/с		13,5	28,7	53,0	68,0	92,0	122,0	177,0	295,0	850,0	22,5	0,962	0,890
		13,4	28,0	52,8	68,5	92,3	121,5	177,5	295,6	850,0	27,5		
		13,6	28,3	53,0	68,4	92,6	121,7	177,8	295,9	850,0	25,0		
		13,5	28,5	52,9	68,5	92,5	121,7	177,6	295,8	850,0			
		85,5	40,3	21,4	16,5	12,1	9,2	6,3	3,7	1,3			
		82,0	38,6	20,6	15,8	11,6	8,2	5,6	3,3	1,2			
W отсека		60,3	29,6	18,2	13,7	9,9	6,9	4,4	2,2				

Примечание. После установления гидравлической крупности по отсекам делается объединение по фракциям.

Результаты механического анализа наносов объемным методом

№ п/п	№ проб	Дата	Место взятия проб	Наибольшая гидравлическая крупность, мм/с	Гидравлическая крупность							
					12,5%	25,0%	37,5%	50,0%	62,5%	75,0%	87,5%	100%
1	3		Канал № 7	82,0	38,6	20,6	15,8	11,6	8,2	5,6	3,3	1,2

П р и м е ч а н и е. Составление графика (рис. 17) ведется от $W_{\max}$, значение которого соответствует 100% состава, и до 0 по результатам приведенного механического анализа.

Все три способа при правильном введении основных исходных данных должны давать одинаковые величины. Однако неверное определение средней крупности по фракции в первом способе или применение уравнения кривой распределения, не соответствующей данному составу, во втором способе, а также неверное построение по двум-трем точкам интегральной кривой в третьем способе приводят к получению различных величин средневзвешенной гидравлической крупности.

Проведенный анализ методов определения средневзвешенной гидравлической крупности позволяет сделать вывод, что при расчетах транспортирующей способности каналов наиболее приемлем метод суммирования и графический метод П. В. Михеева. Предпочтение следует отдать методу суммирования, как наиболее простому.

Гидравлическая крупность наносов для частиц диаметром более 1,5 мм следующая:

d , мм	2	3	4	5	6	7
W , мм/с	190,0	232,5	268,5	300,0	329,0	355,0
d , мм	8	10	15	20	25	30
W , мм/с	380,0	425,0	520,0	602,0	672,0	736,0

При этом среднюю по интервалу (фракции) гидравлическую крупность для условий $W \geq 3$ мм/с следует определять по формуле Е. А. Замарина (22), для взве-

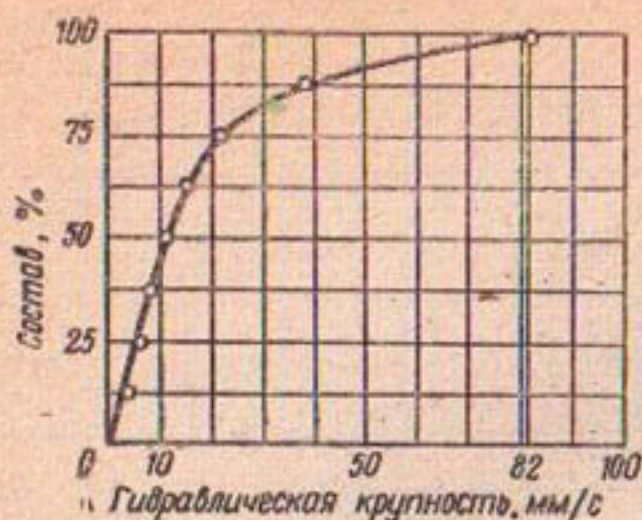


Рис. 17. График механического состава наносов.

шенных наносов менее 3 мм/с по формуле А. Н. Гостунского:

$$W_i = \frac{W_1 + 3W_2}{4}, \quad (42)$$

где W_1 и W_2 — соответственно наибольшее и наименьшее предельные значения гидравлической крупности, характеризующие данную фракцию.

Сравнение способов определения гидравли-

ческой крупности приведено в таблице 27.

Выполненные расчеты по 10 составам наносов бассейна Терека при $W = 5,98—14,75$ мм/с дали расхождения 21—47%. Значения средней гидравлической крупности по фракции, определенные по формуле А. Н. Гостунского, имеют расхождения до 47% и только для фракции диаметром менее 0,01 мм результаты совпадают с данными Е. А. Замарина. Следовательно, формула А. Н. Гостунского применима для наносов средне-взвешенной гидравлической крупности менее 3 мм/с.

Для условий Терека применима формула Е. А. Замарина, что также соответствует выводам И. И. Горошкова и С. А. Гиршкана.

Пример расчета средневзвешенной гидравлической крупности наносов. 1. Механический состав взвешенных наносов Терско-Кумских систем по результатам анализа характеризуется данными таблицы 28.

2. По данным таблицы 28 и таблицы 26 определяем значение гидравлической крупности — W_1 , W_2 и процентное содержание наносов во фракции — P_i (табл. 29).

3. Среднюю гидравлическую крупность по первой и второй фракции определяем по формуле Е. А. Замарина (22), а по третьей и четвертой — по формуле А. Н. Гостунского (42):

$$\text{I фракция } W_I = \frac{54,02 + 26,02 + \sqrt{54,02 \times 26,02}}{3} = 39,3 \text{ мм/с};$$

$$\text{II фракция } W_{\text{II}} = \frac{26,02 + 2,27 + \sqrt{26,02 \times 2,27}}{3} = 12,0 \text{ мм/с};$$

$$\text{III фракция } W_{\text{III}} = \frac{2,27 + 3 \times 0,09}{4} = 0,64 \text{ мм/с};$$

$$\text{IV фракция } W_{\text{IV}} = \frac{0,09 + 3 \times 0,045}{4} = 0,056 \text{ мм/с}.$$

Т а б л и ц а 26

Гидравлическая крупность наносов (удельный вес 2,65)
в зависимости от температуры воды

Диаметр частиц d , мм	Гидравлическая крупность W (мм/с) при температуре воды, °С				
	10	15	20	25	30
0,001	0,00068	0,00079	0,0009	0,001	0,0011
0,01	0,068	0,079	0,09	0,10	0,11
0,015	0,154	0,178	0,210	0,225	0,253
0,02	0,274	0,316	0,360	0,400	0,450
0,05	1,717	1,973	2,270	2,500	2,812
0,07	2,51	2,88	3,25	3,65	4,10
0,10	5,12	5,88	6,63	7,44	8,37
0,15	11,50	13,25	14,90	16,75	18,34
0,20	17,11	18,76	20,42	22,06	23,72
0,30	28,31	29,96	31,62	33,26	34,92
0,40	39,51	41,16	42,92	44,46	46,12
0,50	50,71	52,36	54,02	55,66	57,32
0,60	61,91	63,56	65,22	66,86	68,52
0,70	73,11	74,76	76,42	78,06	79,72
0,80	84,31	85,96	87,62	89,26	90,92
0,90	95,71	97,36	99,02	100,46	102,12
1,00	106,71	108,36	110,02	111,66	113,32
1,20	129,11	130,76	132,42	134,06	135,72
1,50*	162,71	164,36	166,02	167,66	169,32

* Температура воды для частиц диаметром более 1,5 мм не влияет на их гидравлическую крупность.

4. Средневзвешенную гидравлическую крупность определяют методом суммирования по формуле (40):

$$W = \frac{39,3 \times 0,4 + 12,0 \times 69,0 + 0,64 \times 24,9 + 0,056 \times 5,7}{100} = 8,6 \text{ мм/с}.$$

Пример расчета каналов при транспортировании взвешенных наносов. При заборе

Гидравлическая крупность наносов W' мм/с по Е. А. Замарину,
 W_i'' мм/с по А. Н. Гостунскому

Фракции	Диаметр частиц, мм	W'	W_i''	$\frac{W'}{W_i''}$
Первая	0,5 — 0,25	39,3	33,12	1,18
Вторая	0,25 — 0,05	12,0	8,2	1,47
Третья	0,05 — 0,01	0,94	0,64	1,47
Четвертая	0,01 — 0,005	0,055	0,056	0,99

мутной воды в оросительную систему должны быть предусмотрены мероприятия, обеспечивающие предохранение системы от попадания в каналы донных наносов из источника орошения; осаждение крупных фракций наносов в отстойниках с гидравлической или механической очисткой и транспортирование мелких фракций наносов на поля.

Для определения мероприятий по борьбе с наносами необходимо иметь данные по режиму наносов в источнике орошения, характеризующие изменения во времени общей мутности потока и состава наносов по фракциям. В соответствии с режимом наносов определяется транспортирующая способность всех звеньев оросительной системы и предусматриваются мероприятия по удалению наносов.

Транспортирующая способность каналов определяется при проектировании, переустройстве и реконструкции систем, а также в условиях эксплуатации оросительных систем. В условиях эксплуатации каналы периодически рассчитывают и для установления рациональных (устойчиво незаиляемых) режимов оросительной сети. Это вызывается повторяющимися очистками

Таблица 28

Механический состав взвешенных наносов

№ п/п	Период наблюдений	Дата измерения	Диаметр частиц (мм) и их содержание в % по весу			
			$> 0,25$	$0,25 - 0,05$	$0,05 - 0,01$	$< 0,01$
21	Паводок, 1967—1968	3/VIII 1968	0,4	69,0	24,9	5,7

Процентное содержание наносов

Фракция	Диаметр частиц, мм	W_p	W_2	P_i
Первая	0,5 — 0,25	54,02	26,02	0,4
Вторая	0,25 — 0,05	26,02	2,27	69,0
Третья	0,05 — 0,01	2,27	0,09	24,9
Четвертая	0,01 — 0,005	0,09	0,045	5,7

каналов, регулированием потока подпорными сооружениями и необходимостью пропуска различных расходов воды в оросительную сеть.

Для расчета транспортирующей способности потока автор рекомендует номограммы (рис. 18, 19, 20), которые позволяют без особых затруднений подобрать геометрические и гидравлические параметры сечения канала и легко сопоставить их с критериями, характеризующими рациональные условия эксплуатации оросительной сети. Подбор сечения канала может быть выполнен по заданным значениям: глубине наполнения воды в канале, ширине по дну или площади живого сечения канала при заложении откосов (m) 0; 0,5; 1,0; 1,5 и 2,0.

В номограммах приняты наиболее эффективные поперечные сечения каналов, обеспечивающие максимальную пропускную способность при данном уклоне и площади поперечного сечения. Такое сечение называется гидравлически наивыгоднейшим. Номограммы для определения элементов гидравлически наивыгоднейших сечений каналов составлены на основании зависимости:

$$b = 2h [(1 + m^2)^{1/2} - m].$$

При гидравлически наивыгоднейшем сечении каналов площадь живого сечения определялась по формуле:

$$\omega = h(b + m h);$$

смоченный периметр: $\chi = b + 2h \sqrt{1 + m^2};$

ширина канала по водной поверхности:

$$B = b + 2hm.$$

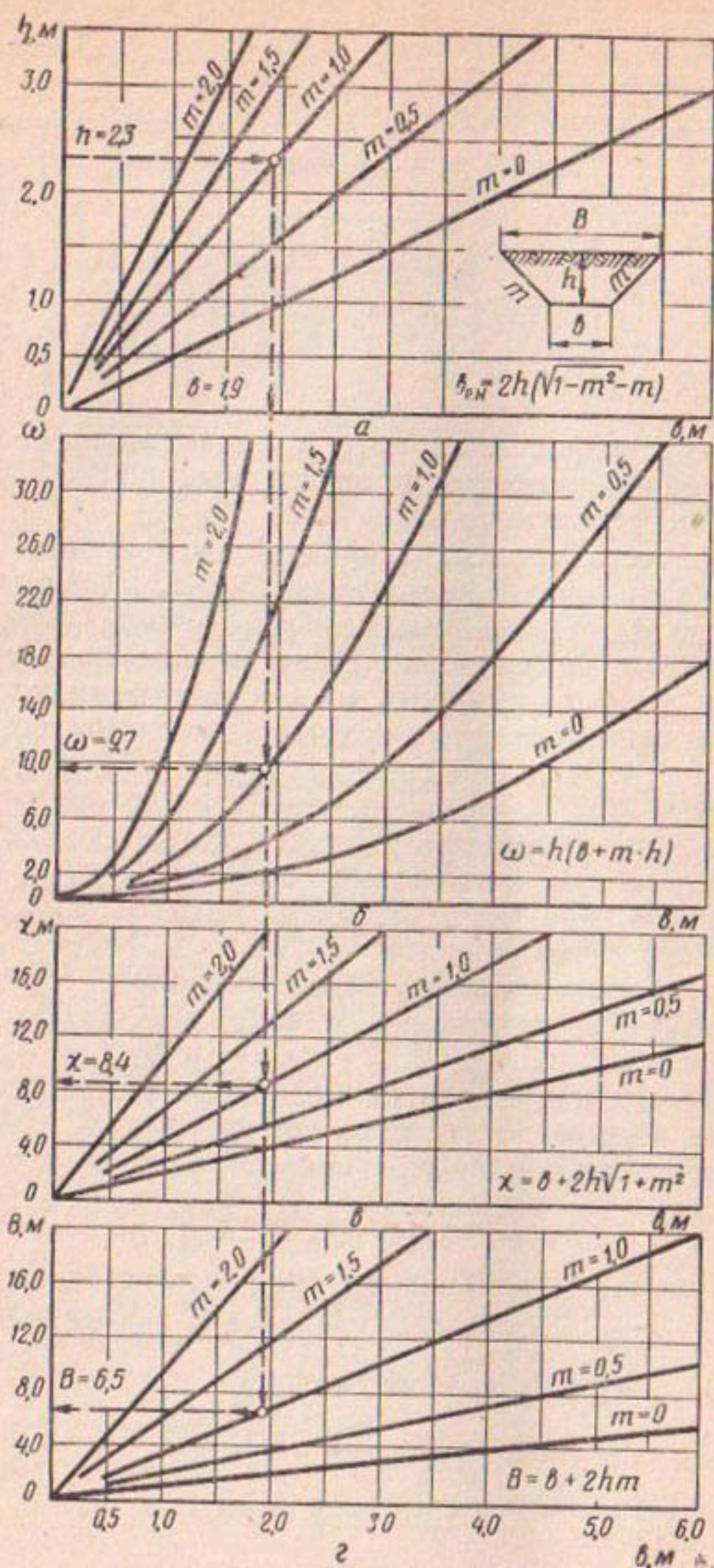


Рис. 18. Номограммы для определения параметров гидравлически наивыгоднейших сечений каналов: a — ширины канала по дну в м при глубине воды в канале h , м; b — живого сечения Q , м²; c — смоченного периметра χ , м; d — ширины канала по поверхности воды B , м. При заложении откосов: $m=0$, $m=0,5$, $m=1,0$, $m=1,5$, $m=2,0$.

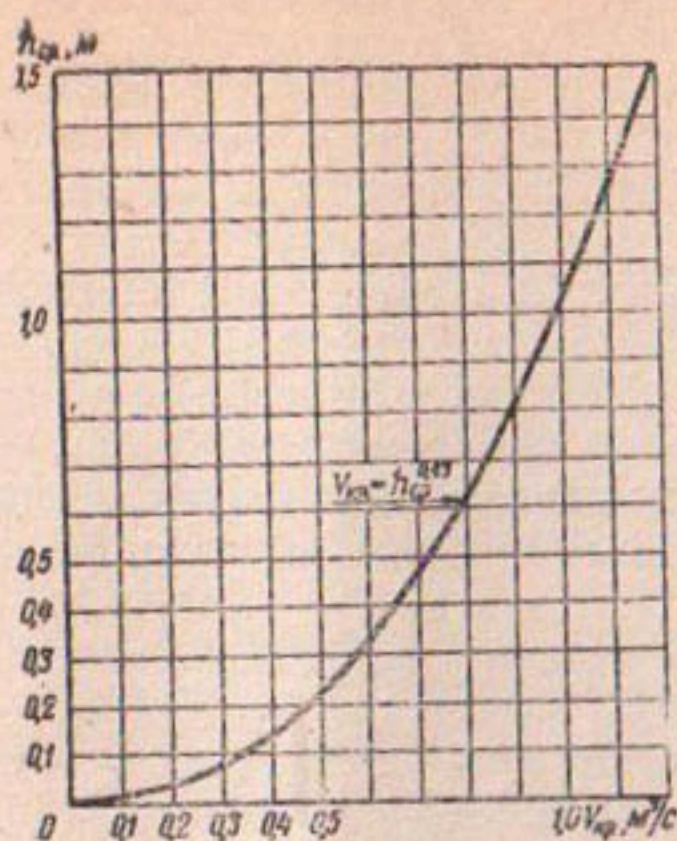
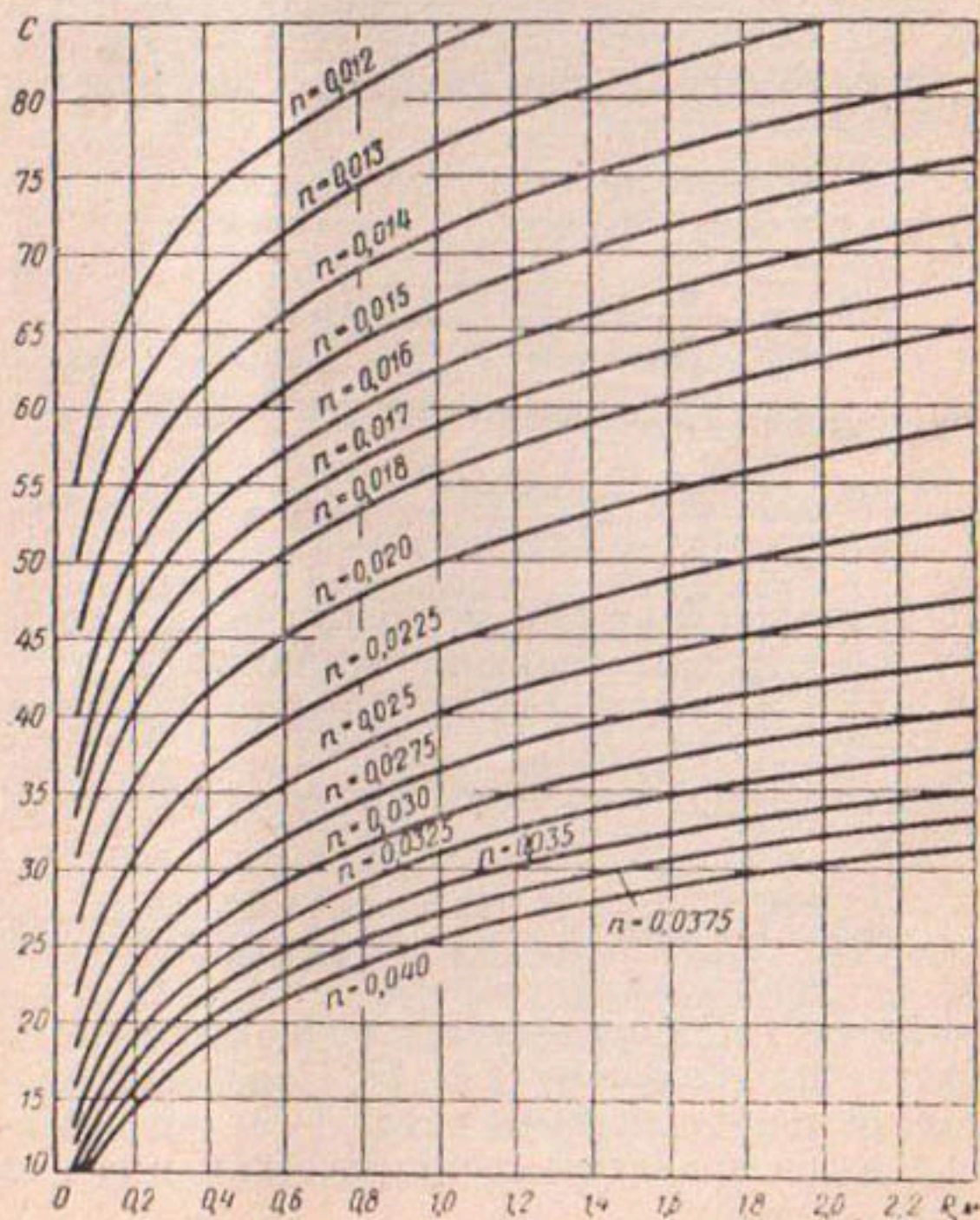


Рис. 19. Номограмма для определения скоростей (критериев) течения воды в каналах.

Рис. 20. Номограмма для определения коэффициента C по формуле Н. Н. Павловского.



В каналах, отличающихся от трапецеидального гидравлического сечения, геометрические и гидравлические параметры определяют по известным в гидравлике формулам.

Расчет каналов проводят в такой последовательности:

1. Дано: расход $Q=11,5 \text{ м}^3/\text{с}$; глубина воды в канале $h=2,3 \text{ м}$; заложение откосов $m=1$; мутность воды потока, $\rho=4,5 \text{ кг/м}^3$; средневзвешенная гидравлическая крупность $W=8,0 \text{ мм/с} = 0,008 \text{ м/с}$. Ложе канала проложено в суглинистых грунтах.

Требуется определить режим работы канала при транспортировании потоком взвешенных наносов.

2. Подбор гидравлически наиболее выгодного сечения канала. Пользуясь номограммой (рис. 18), по заданным значениям h и m определяем: ширину канала по дну $b=1,9 \text{ м}$ (рис. 18, а); площадь живого сечения $\omega=9,7 \text{ м}^2$ (рис. 18, б); смоченный периметр сечения канала $\chi=8,4 \text{ м}$ (рис. 18, в); ширину канала по поверхности воды $B=6,5 \text{ м}$ (рис. 18, г).

3. По полученным данным определяем: среднюю глубину потока

$$h_{\text{ср}} = \frac{\omega}{B} = \frac{9,7 \text{ м}^2}{6,5 \text{ м}} = 1,49 \text{ м};$$

гидравлический радиус

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{9,7 \text{ м}^2}{8,4 \text{ м}} = 1,15 \text{ м}.$$

4. По значению $h_{\text{ср}}=1,49 \text{ м}$, пользуясь номограммой (рис. 19), определяем величину (критерий) средней скорости при транспортировании потоком взвешенных наносов $V=V_{\text{кр}}=1,18 \text{ м/с}$.

5. Значение гидравлического уклона определяем по формуле:

$$V = C \sqrt{R i} \quad \text{или} \quad i = \frac{V^2}{C^2 R} = \frac{1,18^2}{45,1^2 \cdot 1,15} = 0,0006,$$

где коэффициент C определяется по номограмме (рис. 20), составленной по формуле Н. Н. Павловского.

6. Определение критериев устойчивых режимов работы каналов по принятым геометрическим и гидравлическим параметрам:

$$V_{кр} = 1,18 \text{ м/с}; Re_R = \frac{V \cdot R}{\nu} = \frac{1,18 \cdot 1,15}{0,01} = 134 \cdot 10^4;$$

$$Fr = \frac{V^2}{g \cdot h_{кр}} = \frac{1,18^2}{9,81 \cdot 1,49} = 0,098.$$

Полученные данные в основном соответствуют значениям критериев, рекомендуемых в таблице 22, следовательно, отвечают условиям устойчивых или рациональных режимов работы каналов. В то же время значения $V_{кр}$ могут быть приняты несколько (на 20—25%) выше, что позволит более точно приблизить результаты подбора геометрических и гидравлических параметров каналов к значениям критериев.

7. Расчет транспортирующей способности каналов проводится по формуле (35):

$$\rho = 0,237 \cdot K \frac{V_{кр}^3}{R \cdot W} = 0,237 \cdot 0,109 \frac{1,18^3}{1,15 \cdot 0,008} = 4,63 \text{ кг/м}^3,$$

где K определяется по данным таблицы 21.

Результаты расчета показывают, что принятые параметры канала обеспечивают транспортирование наносов, так как ρ фактическое меньше (на 3%) ρ расчетного.

СПОСОБЫ БОРЬБЫ С РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ НА КАНАЛАХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Быстрый рост и размножение сорной растительности при поливе ухудшают воздушное и почвенное питание сельскохозяйственных культур. Сорняки резко снижают интенсивность ассимиляции. Одно из следствий этого — повышение транспирационного коэффициента и водопотребления, приходящегося на единицу урожая.

Засоряя оросительные каналы, сорная растительность препятствует току воды, транспортированию наносов, повышает потери на фильтрацию. Семена сорняков вместе с оросительной водой попадают на поля, увеличивают засорение посевов, а также вызывают закупорку отверстий аппаратов дождевальных установок.

В воде они отмирают скорее, чем в почве, и все же у некоторых сорняков, например горошка волосистого и узколистного, донника белого, повилики хмелевидной, еще сохраняется жизнеспособность после 44 месяцев

пребывания в воде. Семена мари белой, осота розового оказываются жизнеспособными после пребывания в воде свыше 32 месяцев. Чтобы очистить каналы от сорняков и не допустить их обсеменения, необходимо не менее 2—3 раз за сезон скашивать и уничтожать сорняки.

Сорные растения, кроме того, являются рассадником вредителей и болезней сельскохозяйственных культур. Они снижают урожай и качество сельскохозяйственных растений, резко ухудшают условия работы сельскохозяйственных машин, снижают производительность труда.

Постоянной Комиссией СЭВ по сельскому хозяйству установлено более 74 видов сорняков, которые бурно развиваются в руслах каналов.

В практике известны механический, термический, химический и биологический способы борьбы с растительностью.

Механические способы борьбы с растительностью. Нормальная работа сети оросительных каналов зависит от своевременного и качественного выполнения мероприятий по технической эксплуатации. Состояние каналов считается удовлетворительным, если скорости течения воды по каналу или на отдельных его участках примерно одинаковы, русло не заилено, не засорено и не заросло травой, водорослями и кустарником. Если эти условия не выполняются, то участки каналов с уменьшившимися глубинами следует прочистить, а все препятствия, снижающие скорость течения воды, устранить. Особое внимание необходимо обратить на поддержание в рабочем состоянии отверстий в трубах-переездах и других сооружениях, устроенных на каналах. Уничтожение растительности проводят на временной и постоянной сети каналов мелиоративных систем.

Очистка каналов от растительности выполняется в процессе надзора и ухода за ними, в период подготовки и оправки временной сети к очередному вегетационному поливу и как специальное мероприятие по очистке постоянной сети каналов в сроки, предусмотренные планом работ хозяйства и управления оросительной системы.

Различают два основных механических способа борьбы с растительностью: ручное окашивание и окашивание с помощью средств механизации при техническом

уходе за магистральными и распределительными каналами и временной оросительной сетью.

Борьба с растительностью при техническом уходе за каналами. Надзор и технический уход за каналами и сооружениями на них возлагается на линейный эксплуатационный персонал: водных объездчиков, водных наблюдателей, регулировщиков и ремонтеров. Все обнаруженные во время осмотров и обходов сети неисправности, как правило, устраняются немедленно.

В состав работ по повседневному уходу для поддержания в исправности водохозяйственных систем и сооружений входят: удаление растительности и предметов, засоряющих каналы, очистка мусора, наносов и льда на отдельных небольших участках каналов, контрольных и перепадных колодцев, а также очистка отверстий всех сооружений от плавающей растительности, мусора и др. Ввиду незначительного объема и разбросанности этих работ их обычно целесообразнее выполнять вручную, применяя простейшие приспособления и оборудование.

В перечень оборудования, инвентаря и спецодежды, необходимых для технического ухода за каналами, включается: мотоинструмент «Секор» для скашивания растительности; коса для окашивания откосов; серп для выкашивания водорослей в русле; трехзубовые грабли для удаления растительности; лопаты — совковая, деревянная, шуфельная, ковшовая; проволока с комплектом ершей для прочистки труб; скребок для очистки труб-переездов; опрыскиватель ранцевый ОРД для тушения пожаров; метлы, топоры, пилы поперечные; сапоги резиновые, фартук, рукавицы. Количество инвентаря и спецодежды зависит от количества и состава эксплуатационного персонала, обслуживающего участок системы или канала. При этом следует иметь в виду, что один рабочий может пользоваться инструментом нескольких видов.

Уход за более крупными каналами и водоприемниками ведут ремонтные бригады эксплуатационной службы. Однако из-за значительных размеров русл основные работы по очистке от сорной растительности и наносов выполняются механизмами. Работы, связанные с удалением из русл попавших в них предметов, с очисткой от засорений отверстий мостов, труб-переездов, подпорных и прочих сооружений, а также исправление незначительных повреждений креплений откосов и ча-

лей сооружений проводит эксплуатационный ремонтный персонал.

В перечень оборудования, инструмента, приспособлений и спецодежды для ремонтно-эксплуатационных бригад, обслуживающих каналы, включается: машина для срезки растительности МСР-1,2; косилка КСХ-2,1 для окашивания откосов; мотоинструмент «Секор» для скашивания растительности; компрессор на автомобильном ходу с комплектом пневмолопат и пневмотрамбовок; универсальный мотоагрегат РА-1; передвижная насосная станция ПНС-2, имеющая расход 16—30 л/с, напор до 50 м; мотороллер, оборудованный грузовой площадкой; лодка моторная грузоподъемностью 0,5—0,6 т; лодка весельная грузоподъемностью 0,3—0,35 т; угловой нож для срезки водорослей; опрыскиватель навесной ОНД-100; опрыскиватель ранцевый ОРД; нож для срезки донной растительности; лопаты штыковые и совковые; вилы и грабли металлические; коса для окашивания откосов; скребки для очистки труб; комплекты плотничного, слесарного и кузнечного инструмента, сапоги резиновые высокие; фартуки и рукавицы.

Малая механизация работ при скашивании растительности на каналах. Уход за каналами, гидрометрическими створами и сооружениями требует регулярного скашивания растительности. На эксплуатационных работах III Приморского управления мелиоративных систем Латвии в 1970 г. был впервые применен моторизованный инструмент. Рабочий орган инструмента — роторная косилка. Мотоинструмент «Секор» производства Рижского машиностроительного завода «Ригасельмаш», предназначенный для срезки древесной растительности, снабжен двигателем Д-5 мощностью 1,2 л. с. при 4500 об/мин. Рабочие обороты двигателя 3000—4000 об/мин. Вес инструмента 8 кг. При среднем росте рабочего ширина захвата может достигать 2 м, что обуславливает достаточно высокую производительность. На горизонтальных участках и откосах малой крутизны рабочий, удерживая инструмент на плечевом ремне, выполняет примерно те движения, что и при работе обычной ручной косой, так как рабочий орган мотоинструмента закреплен на конце стержня.

Техническая производительность моторизованного инструмента составляет: при окашивании берм — 0,062 га/ч, откосов — 0,06 га/ч, дна — 0,055 га/ч; общая

эксплуатационная производительность за время испытаний — 0,04 га/ч.

Механическая оправка и очистка от растительности временной оросительной сети. Перед очередным поливом сельскохозяйственных культур проводится оправка оросительной сети и очистка от растительности. При этом соблюдается определенная очередность выполнения технологического процесса по нарезке и оправке поливных и выводных борозд и временных оросительных каналов.

Поливные борозды устраиваются перед нарезкой каналов временной оросительной сети. Предварительно, перед посевом, проводится эксплуатационная планировка или выравнивание поля для обеспечения равномерного полива и повышения производительности труда при нарезке, оправке и очистке от растительности временной оросительной сети. Эксплуатационная планировка выполняется планировщиками и волокушами.

Длиннобазовый прицепной планировщик состоит из следующих основных узлов: несущей рамы, рабочего органа в виде бездонного ковша, механизма управления и колесного хода. Длиннобазовые планировщики могут удовлетворительно работать на планировке поверхности поля при длине неровностей, не превышающей двойной длины базы.

Для планировки площадей при высоте неровностей до 0,3 м и протяженностью их до 30 м необходим проход планировщика в 5—6 следов. Однако срезка растительного плодородного слоя на 0,3 м нежелательна, так как при этом резко снижается урожай сельскохозяйственных культур.

Наиболее распространенные планировщики ПТ-4А, П-4, ПС-2,75 (табл. 30). Длиннобазовые планировщики можно использовать на планировке трасс под оросительные каналы и приканальные дороги для прохода дождевальных машин ДДА-100М.

При эксплуатационной планировке применяют также деревянные или металлические волокуши и рамы КЗУ-0,5. Рама КЗУ-0,5 производительностью 2 га/ч имеет ширину 5 м.

Нарезка поливных борозд проводится механизированным способом при помощи культиваторов-окучников КОН-2,8, КРН-2,8А и КРН-4,2А (табл. 31).

Техническая характеристика планировщиков

Показатели	Марка планировщика		
	ПТ-4А	П-4	ПС-2,75
Габаритные размеры, мм:			
длина	17 090	17 620	15 500
ширина	4 414	4 300	2 900
высота	1 920	2 060	2 000
Продольная база, мм	15 000	15 000	13 500
Ширина рабочего захвата, мм	4 000	4 000	2 750
Масса, кг	3 700	3 300	2 440
Механизм подъема	Механический	Гидравлический	Гидравлический
Производительность сменного времени, га/ч	1,03	1,2	0,78

Таблица 31

Техническая характеристика машин по нарезке и оправке полевых борозд

Показатели	Марка машины		
	КОН-2,8	КРН-2,8А	КРН-4,2А
Ширина захвата, м	2,8	2,8	4,2
Производительность, га/ч	1,24	До 2,2	3,3
Рабочая скорость, км/ч	—	До 8	До 8
С каким трактором агрегируется	ДТ-54	ДТ-20, Т-28, Т-40, «Беларусь»	Т-38, Т-40, «Беларусь»
Габариты в транспортном положении, мм:			
длина	1 150	1 400	1 620
ширина	3 220	3 000	4 450
высота	1 450	1 350	1 400
Дорожный просвет, мм	300	250	250
Масса, кг	300	646	1 070

Нарезка борозд-щелей осуществляется при помощи бороздоделов-щелерезов КЗУ-0,3Б и БЩН-2, которые имеют следующие технические характеристики:

	КЗУ-0,3Б	БЩН-2
Ширина захвата, см	210	—
Глубина борозд-щелей, см	35	35—40
Средняя производительность, км/ч	До 2,2	0,8—0,9
Трактор	ДТ-54А	МТЗ-5
Масса, кг	550	320

Основные механизмы для оправки-очистки растительности, нарезки и заравнивания временной оросительной сети и выводных борозд — каналокопатели-заравниватели КЗУ-0,3 и КЗУ-0,5, КБН-0,35, КОР-500А, КОР-700 и др.

Универсальный каналокопатель-заравниватель КЗУ-0,3 агрегатируется с трактором класса 3 тс. Каналокопатель состоит из универсальной рамы, сменного рабочего органа, опорных катков. Рама представляет собой квадратный металлический брус с приваренными кронштейнами для крепления сменных рабочих органов и навешивания на гидронавеску трактора. Сменный рабочий орган состоит из двух отвалов, лемеха и крепежных приспособлений — стойки, косынок и распорной трубы. Опорные катки предназначены для ограничения глубины хода каналокопателя. Глубина хода регулируется при помощи зубчатого сектора и рифленой шайбы.

Конструкция универсального каналокопателя КЗУ-0,5 аналогична каналокопателю КЗУ-0,3; она отличается только габаритами. За один проход эти каналокопатели нарезают или очищают от растительности каналы трапецеидального сечения шириной по дну 300—500 мм, глубиной 250—350 мм и заложением откосов 1 : 1.

Заравниватели КЗУ-0,3, входящие в комплект сменного оборудования, предназначены для заравнивания временных оросителей, выводных и вспомогательных борозд. Заравниватель состоит из передней и задней плиты, кронштейнов, переднего и заднего ножа, катка. Отвалы устанавливают симметрично оси орудия под углом 30° к линии тяги.

В процессе заравнивания трактор движется вдоль засыпаемой борозды, борозда находится между гусеницами, а дамбочки борозды срезаются отвалами и грунт перемещается в борозду. Образовавшийся земляной валик разравнивается специальной плитой и уплотняется задним катком.

При помощи рыхлящих и плоскорежущих лап, входящих в комплект сменных рабочих органов каналокопателя КЗУ-0,3, проводится подрезание сорной растительности и рыхление почвы. Для этого каналокопатели КЗУ-0,3 снабжены набором плоскорежущих лап или рыхлителей, расположенных в шахматном порядке.

Навесной каналокопатель-бороздодел с заравнивателем КБН-0,35 предназначен для нарезки и оправки выводных и вспомогательных борозд. Он состоит из рамы, двухотвального корпуса, двух бороздоделов, заравнивающего приспособления.

Рама состоит из продольного и поперечного брусьев. В рабочем положении она опирается на два колеса, при помощи которых регулируется глубина нарезки выводной борозды. Двухотвальный корпус приварен к стойке рамы. В нижней части отвалов установлены сменные ножи. В нижней части стойки корпуса имеется лемех, которым грунт и растительность подрезаются по дну выводной борозды. Для одновременного нарезания вспомогательных борозд каналокопатель КБН-0,35 оборудован двумя дополнительными бороздоделами.

Впереди трактора навешивается специальное приспособление для заравнивания временных борозд.

Навесной каналокопатель КОР-500А предназначен для очистки от растительности и нарезки временных оросительных каналов с глубиной выемки до 500 мм, высотой насыпи в дамбах 440 мм, шириной по дну 600 мм и заложением откосов 1:1. Рабочими органами служат сменные каналокопатель и заравниватель, которые на универсальной раме РАНР-2 навешиваются на трактор С-100 ГП. Во время заравнивания трактор движется задним ходом.

Конструкция навесного каналокопателя КОР-700 аналогична каналокопателю КОР-500А; они отличаются размерами разрабатываемых сечений каналов (таблица 32).

Каналокопатель Д-716 предназначен для очистки и нарезки оросительных каналов глубиной 0,5 м, шириной по дну 0,5 м и заложением откосов 1:1,8. Производительность 2,15 км/ч чистого рабочего времени. Состоит из стойки, сменного лемеха, двух отвалов, опорной лыжи и уплотнителей откосов. Канал очищается за один или два прохода агрегата, в зависимости от его

Характеристики каналокопателей

Показатели	Марки каналокопателей			
	КБН-0,35	КОР-500А	КОР-700	Д-267А
Тип	Навесной	Навесной	Навесной	Прицепной
Основной и сменные рабочие органы	Каналокопатель, бороздодел	Каналокопатель, заравниватель	Каналокопатель, заравниватель	Каналокопатель
С каким трактором агрегируется	Т-28Х, «Беларусь»	С-100ГП	Т-140	С-100 (2 шт.)
Размеры канала:				
строительная глубина, мм	350	1000	1300	1100—1300
глубина выемки, мм	350	500	700	600—800
заложение откосов	1:1	1:1	1:1	1:1 и 1:1,5
ширина по дну, мм	150	600	600	600—800
Система управления	Рычаговая	Гидравлическая	Гидравлическая	Канатная
Производительность, км/ч	2,7	2,2	1,0	0,85—1,5
Количество обслуживающего персонала с трактором	1	1	1	3—4
Масса без трактора со сменным оборудованием, кг	800	3530	3600	3642

состояния и плотности грунта. Каналокопатель агрегируется с трактором Т-100МГС.

Для очистки открытой внутрихозяйственной сети в Вильяндиском мелиоративном управлении (А. И. Терас, М. Р. Юкс и В. А. Хунт) находит применение агрегат Т-54В-С-2 в сцепе с буртоукрывателем БН-100А. Малогабаритный трактор Т-54В-С-2, выпускаемый в г. Кишиневе, хорошо вписывается в сечение малых мелиоративных каналов. Ширина трактора 1050 мм (по наружным кромкам гусениц) обеспечивает допустимое удельное давление на грунт и исключает повреждение откосов канала. В качестве прицепного рабочего органа к трактору используют обыкновенный буртоукрыватель БН-100А, несколько видоизмененный, в соответствии с особенностями очистных работ. Совершенствование буртоукрывателя заключается в монтировании заднего опорного колеса, движущегося точно посередине очищаемого канала. Регулировка глубины очистки проводится гидравлически.

Применение этого агрегата позволяет на 80% механизировать работы по очистке каналов. Производительность труда по сравнению с ручной очисткой возрастает в 30 раз. За смену агрегат очищает до 3 км канала и выбирает из его русла до 600 м³ грунта.

По сравнению с другими механизмами, применяемыми для очистки каналов (одноковшовые экскаваторы, грабли различных конструкций и т. п.), агрегат Т-54В-С-2 в сцепе с буртоукрывателем БН-100А имеет следующие преимущества:

используемые для агрегатирования машины находятся в серийном производстве;

работы по очистке ведутся внутри канала и не мешают проведению сельскохозяйственных мероприятий;

регулировка постоянной глубины очистки обеспечивает сохранение имеющегося заложения откосов канала;

отсутствует необходимость в дополнительном разравнивании выброшенного на поверхность грунта;

очистка канала проводится за один проход машины.

Очистка распределительных и магистральных каналов механизмами. Производство механизированных работ по очистке открытых распределительных и магистральных каналов и коллекторов имеет свои особенности: малые удельные объемы и растянутость фронта ра-

бот; неудовлетворительные условия для прохода машин; сложность профиля поперечного сечения действующего канала; различные значения ширины по дну, берм, дамб каналов и заложения откосов. Все это создает определенные трудности по созданию средств механизации эксплуатационных работ на мелиоративных каналах. Поэтому очистку от растительности часто совмещают с очисткой от наносов и выполняют одними и теми же средствами механизации. За последнее время внедряют в производство специальные машины по очистке каналов от растительности. Однако во многом они несовершенны и в недостаточном количестве.

Для механической очистки растительности на каналах за рубежом применяют китайские грабли, протаскиваемые поперек каналов, тяжелые вилообразные грабли, цепные волокуши, протаскиваемые вдоль канала тракторами, канатно-скребковые экскаваторы (или драглайны), рамные резак, плавучие самоходные косилки.

В СССР для этих целей используют одноковшовые и многоковшовые экскаваторы, землечерпалки, грейдеры, скреперы, бульдозеры, дисковые бороны, самоходные косилки и каналочистительные машины.

Одноковшовые экскаваторы (табл. 33) применяют преимущественно на гусеничном ходу с малой и средней ($0,35—1 \text{ м}^3$) емкостью ковша с рабочим оборудованием драглайн или обратная лопата. При слое очистки менее 0,3 м производительность экскаваторов резко снижается и применение их становится неэкономичным.

Одноковшовыми экскаваторами очистку проводят при движении его по берме канала. При ширине канала по верху до 3—4 м очистка обеспечивается за один проход, при ширине до 6—8 м — за два прохода.

Профильные ковши одноковшовых экскаваторов. На строительстве каналов обычно используют экскаваторы с полукруглой и прямоугольной формой ковша. Однако они не обеспечивают должного качества выполнения сечений каналов и требуют дополнительной планировки откосов. Применение на экскаваторах профильных ковшей позволяет одновременно с выемкой грунта планировать откосы каналов. При этом отпадает потребность в дополнительных планировочных механизмах, освобождается рабочая сила, снижается

Технические характеристики одноковшовых экскаваторов

Показатели	Марки экскаваторов									
	Э-257	Э-258 Э-301	Э-302	Э-303 Э-304	Э-352	Э-651 Э-652 Э-656	Э-753 Э-754	Э-801	Э-10011	Э-1251 Э-1252
Емкость ковша, м ³	0,25	0,30—0,35	0,35	0,35	0,25—0,35	0,5	0,75	0,75	1	1
Длина стрелы, м	7,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10	11	11	12,5	12,5
Глубина резания при боковом проходе, м	1,1	3,2	4,2	4,5	3,75	3,8	2,5	4	4,4—9,7	5,1
То же, при осевом проходе, м	4,1	5,2	7	7,5	7,6	5,6	6,7	6,7	3,4	7,5
Производительность, м ³ /ч:										
в грунте I категории	22—24	22—24	26—30	26—30	34—40	34—40	48—53	48—53	63—67	63—67
в грунте II категории	16—19	16—19	21—24	21—24	29—33	29—33	37—40	37—40	50—53	50—53
в грунте III категории	12—13	12—13	17—19	17—19	22—26	22—26	29—33	29—33	38—40	38—40
Наибольший радиус резания, м	6,4	10	10,1	10,1	10,2	10,2	10	10	13,2	12,9
Наибольший радиус выгрузки, м	6,1	8,2	8,3	10,5	10	8,3	9,1	9,2	3,4	10,4
Наибольшая высота выгрузки, м	4,1	6,3	6,3	4,5	6,3	5,5	6,5	5,5	6,1	6,5

Примечание. Сметная стоимость машино-смены составляет 15,3—32,5 руб/смена, возрастает с объемом емкости ковша.

стоимость выполнения работ и повышается эксплуатационная надежность каналов. Специальные мелиоративные ковши КГ, КДМ-2, КДМ-1,3, КПУ-0,45, КПУ-1, КПУ-3 и другие обеспечивают доброкачественную очистку каналов без повреждения откосов.

Экспериментальные исследования, проведенные в Северном научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации, показывают, что работа экскаваторов Э-352А и Э-304В с уширенными профильными ковшами КПУ-0,4, КПУ-1 и КПУ-3, предназначенными для каналов с различным заложением откосов, значительно эффективнее. Профильный ковш КПУ-3 на 80 кг легче строительного ковша полукруглой формы и весит всего 360 кг. Это позволяет повысить выработку экскаватора на легких и тяжелых грунтах, не перегружая его двигатель и механизмы. К боковым стенкам профильного ковша часто приваривают снаружи длинные ножи-откосники, служащие продолжением кромок. Откосы, выполненные профильным уширенным ковшом с ножами-откосниками, получаются ровными и чистыми.

С 1971 г. Калининский ремонтно-механический завод Минводхоза РСФСР приступил к серийному выпуску уширенных профильных ковшей. Опыт работы показывает, что производительность экскаваторов, оборудованных профильными ковшами на легких грунтах увеличивается на 10—25%. Годовой экономический эффект от внедрения каждого ковша КПУ-3 составляет 1980 рублей.

Решетчатые ковши (табл. 34) используют для очистки магистральных каналов и водоемов. Калининградская опытно-мелиоративная станция СевНИИГиМ создала решетчатые ковши: КРДУ-3 к экскаватору Э-505 и КРДУ-1,5 к экскаватору Э-352. По конструкции эти ковши напоминают ковши драглайна, но имеют решетчатые, сваренные из металлических стержней дно и заднюю стенку.

Ковши сварные могут быть изготовлены без особого труда в любой мастерской. Ковши КРДУ-3 и КРДУ-1,5 одинаковы по устройству и различаются лишь размерами. Оборудование экскаватора драглайна таким ковшом не требует никакой переделки экскаватора. Как показали испытания, решетчатые ковши почти не деформируют русла канала.

Техническая характеристика ковшей

Показатели	Марки ковша	
	КРДУ-3	КРДУ-1,5
Объем ковша (геометрический), м ³	0,87	0,4
Габариты, мм:		
длина	1360	1185
ширина	2846	1826
высота	1300	1176
Конструктивная ширина захвата, м	2,5	1,5
Масса ковша, кг	1000	670
Количество стержней, образующих решетку ковша, шт.	49	30
Зазор между стержнями, мм	30	29,4

По результатам испытаний ковши решетчатые КРДУ-3 и КРДУ-1,5 рекомендованы к производству.

Многоковшовые экскаваторы с поперечной разработкой грунта ЭМ-161, ЭМ-502, ЭМ-152А применяют для очистки каналов глубиной до 1,5—2,5 м, шириной по дну 0,6—2 м и по верху от 1,5 до 7,5 м. Экскаваторы этого типа представляют собой самоходный механизм на дизельном двигателе Д-37М и Д-54.

Рабочий орган экскаватора — рама с ковшовой цепью, несущей от 11 до 15 ковшей емкостью 8—50 л. Специальное телескопическое устройство ходовой части экскаватора позволяет изменять расстояние между гусеницами от 170 до 700 см. Очистка каналов может выполняться из-под воды и без наполнения канала водой. Транспортная скорость порядка 1,2—2,37 км/ч, рабочая — 0,18—0,54 км/ч.

Во время работы машина может двигаться вперед и назад. За один проход экскаватор снимает стружку до 20 см. При очистке движение экскаватора может быть односторонним, челночным (вперед и назад) и кольцевым двухсторонним. Вынутый из канала на берму грунт разравнивается бульдозером. При необходимости можно обеспечить погрузку грунта в транспортные средства. Очистка каналов многоковшовыми экскаваторами дешевле, чем одноковшовыми, и повышает эксплуатационную надежность каналов. Средняя производительность экскаватора ЭМ-152А составляет 40 м³/ч. Прямые

Технические характеристики бульдозеров

Показатели	Марки бульдозеров									
	Д-159Б Д-159М	Д-315	Д-275	Д-271	Д-312	Д-290	Д-535	Д-444	Д-459	ВУ-55
Марка трактора	ДТ-54	ДТ-55	Т-140	С-100	МТЗ-2	Т-140	Т-75	ДТ-54А	ДТ-54А	ДТ-54А
Тип ходовой части	Гусеничный				Пневмо- колесный	Гусеничный				
Ширина колеи, мм	1865	2143	—	2 456	1200— 1800	—	—	—	—	—
Угол установки навески в плане к профильной оси в градусах	90	60—90	90	90	90	90	90	90	90 и 55	90 и 55
Высота отвала, мм	800	800	1 550	1 100	530	1 200	800	800	800	800
Ширина захвата, мм	2280	3500	3 180	2 950	2000	2 540	2560	2560	2800	2700
Максимальное заглуб- ление, мм	150	170	1 000	1 000	200	1 000	200	—	—	—
Система управления	Гидравлическая		Канатная		Канатно- гидравли- ческая	Гидравлическая				
Производительность, м³/ч	225	До 400	700—800	400—500	250	800— 900	400	350	220	220—300
Масса навесного обо- рудования, кг	1350	1670	2 600	1 580	293	265	—	—	—	—
Масса вместе с тракто- ром, кг	6450	7170	16 600	13 300	3890	18 930	6560	6250	6200	6000

Примечание. Сметная стоимость машино-смены 12,7—47,8 руб/смена.

затраты при этом составляют 20 коп. на 1 м³ грунта. Производительность машины ЭМ-502 достигает 100 м³/ч.

Транспортные бульдозеры (табл. 35) относятся к навесным землеройным машинам. Они обладают большой маневренностью. Используются для строительной планировки, перемещения грунта, разработки котлованов, для очистки берм и откосов крупных каналов от растительности, наносов и разравнивания кавальеров после очистки каналов.

Тракторные скреперы (табл. 36) — основные машины на работах по строительной планировке. Они с успехом используются для строительства, ремонта и очистки крупных каналов, на отсыпке дамб и других гидромелиоративных работах. Скрепер копает грунт, транспортирует его на определенное расстояние, укладывает и разравнивает. Рабочее оборудование тракторного скрепера — ковш с передней поворотной заслонкой, снабженной ножом. Новые типы скреперов имеют главным образом гидравлические системы управления основным рабочим органом. При движении скрепера вперед с опущенным ковшом нож срезает грунт и заполняет ковш грунтом. После этого ковш несколько приподнимается, заслонка закрывается. В таком положении грунт транспортируется. Разгрузка у одних скреперов проводится при наклоне ковша под углом 50—60° с одновременным открыванием заслонки (свободная разгрузка), у других — выжиманием грунта из ковша при поступательном движении задней стенки (принудительная разгрузка).

Грейдеры (табл. 37) используют для планировки поверхностей орошаемых полей, каналов, дамб после работы бульдозеров и скреперов или для самостоятельной работы при очистке растительности и выравнивании поверхностей с небольшими неровностями. Основная работа грейдера заключается в срезке грунта или растительности и перемещении их в поперечном и продольном направлениях. Грейдер состоит из рамы, рабочего и ходового оборудования, дышла и механизма управления.

Рабочий орган — нож и отвал. Управление осуществляется штурвалами. Первым штурвалом проводится подъем и опускание правого и левого концов ножа, независимо друг от друга. Поворот ножа в горизонтальной плоскости осуществляется рукояткой другого штур-

Техническая характеристика скреперов

Показатели	Марки скреперов									
	Д-183	Д-230	Д-354	Д-541	Д-222	Д-374	Д-213	Д-357	Д-533	Д-612
Емкость ковша, м ³	2,25	2,25	2,75	3	6,5	7,8	10	9	10	14
Ширина захвата, м	1,65	1,65	1,9	1,95	2,5	2,6	2,83	2,72	2,8	2,8
Глубина резания, м	0,15	0,12	0,15	0,15	0,3	0,3	0,35	0,3	0,3	—
Трактор-тягач	ДТ-54	ДТ-54	ДТ-54	Т-75	С-80	С-100	Т-140	МАЗ-529	Т-140	С-100
Толщина слоя выгрузки, м	—	—	—	—	—	0,35	0,4	0,45	0,5	—
Радиус поворота, м	—	—	—	—	—	5,1	6	6	8	8
Производительность, м ³ /ч, на длине 100 м при устройстве канав:										
в грунте I категории	31	31	36	42	67	77	91	24	91	—
то же, II категории при планировке грунта:	28	28	33	37	57	63	77	20	77	—
I категории	22	22	26	29	48	61	74	—	74	—
то же, II категории	19	19	23	26	43	51	61	—	61	—
Сметная стоимость машино-смены, руб/смена	15,2	15,2	16,5	16,5	20,4	21	34	36,2	34	70,9

Технические характеристики грейдеров

Показатели	Марки грейдеров			
	Д-241	Д-20	грейдер-элеватор Д-192	автогрейдер Д-144
<i>Трактор</i>	ДТ-54	С-80	С-100	—
Длина отвала, м	3	3,66	—	3,6
Глубина резания, м	0,3	0,3	0,65	0,4
Высота отвала, м	0,5	0,5	—	0,55
Производительность, м ³ /ч, при разработке грунта:				
I категории	151	232	156	—
II категории	109	167	102	—
III категории	—	—	69	—
Производительность, м ³ /ч, при устройстве насыпей из грунта:				
I категории	25	30	—	33
II категории	19	25	—	28
III категории	18	21	—	23
Планировка земель, га/ч	0,61	0,83	—	0,95
Планировка откосов, выемок, га/ч	0,17	0,25	—	—
Планировка насыпи, га/ч	0,28	0,41	—	—
Разравнивание отвалов и кавальеров, га/ч	0,35	0,55	—	—
Сметная стоимость машино-смены, руб/смена	16,2	21,7	17,9	20,3

вала. С площадки управления третьим штурвалом осуществляется вынос ножа в сторону, а четвертым штурвалом производится поперечное перемещение рамы. Задние колеса наклоняются вращением рукоятки пятого штурвала, с помощью шестого штурвала поворачивается дышло.

Применение дисковых борон (табл. 38) для борьбы с растительностью дает положительные результаты на деформированных и закустаренных дамбах и откосах каналов. Они широко применяются на очистке каналов от растительности в Ставропольском крае и других оросительных системах Северного Кавказа. Дисковые бороны предназначены для разравнивания тяжелых пластов после первичной вспашки кустарниково-болотными плугами. Борона разрабатывает самые связные и плотные пласты, перерезая мелкие древесные корни и стебли крупных сорных трав. Она агрегатиру-

Характеристика дисковых борон

Показатели	Марки дисковых борон		
	БДНТ-3,5	БДНТ-2,5А	БДНТ-2,2
Тип бороны	Навесная	Прицепная	Навесная
Ширина захвата, м	3,5	2,6	2,2
Глубина обработки, см	20	20	20
Производительность при дисковании тяжелых пластов, га/ч	1,13—1,64	1,41	1,26
Количество дисковых батарей	4	4	4
Количество дисков в батарее	8—9	6	5
Диаметр диска, мм	660	660	660
Расстояние между дисками, мм	220	220	220
Габаритные размеры в транспортном положении, мм:			
длина	2500	5950	1810
ширина	3700	2800	2400
высота	1950	1200	1790
Масса, кг	1700	1715	850

ется с тракторами класса 6 тс и 3 тс в навесном и прицепном вариантах.

При работе на откосах каналов дисковые бороны несколько переоборудуются, так как имеющиеся конструкции их в основном обеспечивают работу на участках без поперечных уклонов. Лучшие результаты работы достигаются по предварительно уложенным и спланированным откосам. Сущность приспособления заключается в прицепном устройстве, которое выполняется в хозяйственной мастерской (рис. 21).

При двух-трехкратной проходке сорняки, кустарники полностью уничтожаются. Производительность 6,0 га в смену. Стоимость 1,84 руб/га.

Землесосные снаряды и гидромониторы используют для содержания в исправном работоспособном состоянии отстойников, водоприемников, прудов и водоемов, а также крупных каналов. Наиболее эффективны землесосные снаряды типа: 4-ПЗУ, 8-ПЗУ, ЗРС-1, ЗРС-2, чехословацкие — ДЭР-10 и др.

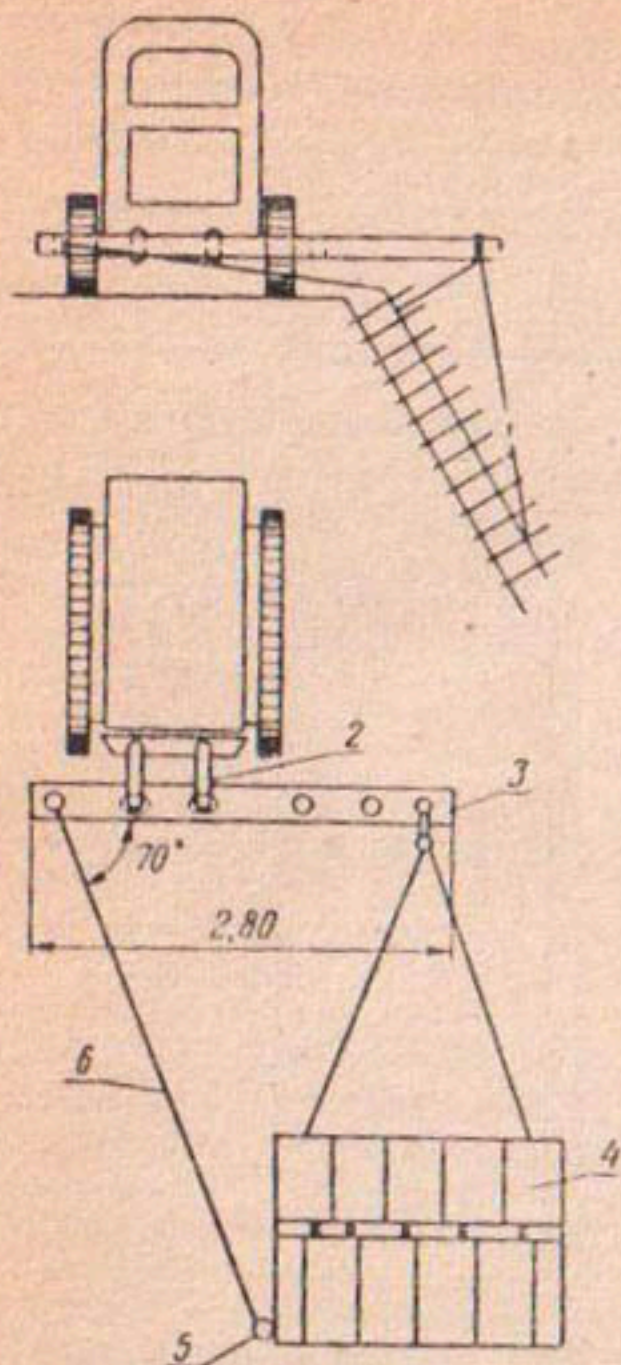


Рис. 21. Навеска дисковых борон на трактор ДТ-54 для обработки откосов каналов:

1 — трактор; 2 — серьги 30 см; 3 — бруски 50×30 мм; 4 — дисковые бороны; 5 — хомут; 6 — поддерживающий трос.

осушительных каналов, рытья котлованов и добычи инертных материалов. Стоимость машино-смены — 18 руб., а выработки 1 м³ грунта 0,1 руб.

Техническая характеристика УПМ-2

Габаритные размеры корпуса понтона, м:	
длина	6,7
ширина	2,4
высота борта	0,9
Осадка в рабочем состоянии, м	0,5
Оборудование:	
грунтовый насос	63Н

Для очистки малых и средних каналов мелиоративных систем с 1972 г. серийно выпускается Потийским заводом гидромеханизации универсальная плавучая машина УПМ-2, представляющая собой малогабаритный землесосный снаряд с комбинированным способом разработки и транспортировки грунта. Машина имеет сменное рабочее оборудование: легкие грунты разрабатываются без рыхлительного устройства; заросшие и вязкие грунты — роторным рыхлителем и фрезерным с реверсивной фрезой; плотные супеси и легкие суглинки — фрезерным рыхлителем с укороченной фрезой или черпаковым устройством. При необходимости УПМ-2 может использоваться как плавучая насосная станция. Она также может быть применима для углубления дна малых рек и подводящих каналов насосных станций, для строительства оросительных и

производительность по			
пульту, м ³ /ч	360—400		
напор, м	16—23		
Двигатель	Дизель	СМД7-ФК	
Номинальная мощность:			
л.с.	50		
кВт	12		
Генератор	ЕСС5-62-4		
	М-101		
диаметр сосуна, мм	150		
длина, м	4,5		
диаметр грунтопровода, мм	125		
Масса вместе со сменным рабочим			
оборудованием, т	8,5		
Производительность установки чистой работы, м ³ /ч:			
в грунтах I и II категорий	50		
в грунтах III категории	40		
в грунтах IV категории	35		
Рыхлители:	Роторный	Фрезерный	Черпаковый
максимальная глубина разработки, м	2,3	3,2	3,2
максимальная ширина разработки, м	15,0	20,0	17,5
минимальная ширина канала, м	8,0	6,0	6,0
Обслуживают багермейстер и машинист-электрик —			
2 чел.			

На многих оросительных каналах за период эксплуатации образовались крупные отвалы вынутого при очистке грунта (раши), которые занимают большие площади плодородной земли, затрудняют подход машин к каналам и очистку их. Для смыва этих отвалов могут быть применены передвижные насосно-гидромониторные установки САНИИРИ, навешенные на трактор класса 3 тс. Грунт разрабатывают мощной струей воды, выбрасываемой под напором через насадку гидромонитора с большой скоростью. Производительность установки по грунту 60—80 м³/ч.

Профильные машины наиболее полно отвечают требованиям повышения эксплуатационной надежности оросительной сети, так как разработка и очистка каналов дорожно-строительными механизмами не обеспечивают выполнения проектных сечений каналов.

Роторные профильные машины в настоящее время настойчиво внедряются в мелиоративную практику. Брянский завод ирригационных машин серийно выпускает с 1969 г. шнекороторный экскаватор ЭТР-201А для строительства каналов трапецеидального сечения глубиной до 2 м, шириной по дну 0,8; 1,0;

1,2 и 1,5 м и заложением откосов 1 : 1; 1 : 1,25 и 1 : 1,5. Рабочие органы экскаватора — ротор и два наклонных конических шнека, оснащенные режущими элементами. Экскаватор ЭТР-201А отличается от аналогичных машин зарубежного производства («Бакай», «Парсонс» — США и др.) более совершенной конструкцией откосообразователей и универсальностью, позволяющей при несложной переналадке рабочего органа отрывать каналы различной ширины по дну и с различным заложением откосов. Экскаватор ЭТР-201А можно применять для разработки и очистки более мелких каналов, глубиной менее 1,2 м.

Перспективным для разработки каналов шириной по дну 1,5—2,5 м и глубиной до 3 м является экскаватор ЭТР-301. Мозырский завод мелиоративных машин выпускает экскаватор-каналокопатель ЭТР-171, предназначенный для устройства за один проход каналов трапецеидального сечения в торфяниках с погребенной древесиной и торфо-минеральных грунтах с камнями размером не более 80 мм. Эта самоходная машина состоит из гусеничного шасси и навешенного на него землеройного рабочего органа из двух симметрично расположенных под углом 45° к горизонту дисковых фрез, имеющих привод от смонтированного на шасси двигателя. Позади фрез установлен зачистной нож, подобный двухотвальному плужному корпусу. Центральная его часть в виде клина с лезвием выдвинута вперед и находится между фрезами. Ее назначение разрезать грунт надвое и смещать на лопасти-ножи фрез, которые отбрасывают его в сторону.

Экскаватор ЭТР-171 разрабатывает каналы глубиной до 1,7 м, шириной по дну 0,25 м, с заложением откосов 1 : 1. Его производительность 229 м³/ч. Стоимость 1 м³ земляных работ на строительстве осушительной сети 7,14 коп.

Преимущества ЭТР-171 заключаются в том, что его фрезерный землеройный рабочий орган одновременно с непрерывной разработкой грунта распределяет его ровным слоем по поверхности земли так, что последующая работа бульдозера не требуется. Этот экскаватор получил положительные отзывы на работе по очистке оросительной сети трестом «Волгоградводремстрой».

Каналокопатель фрезерный навесной КФН-1000 (табл. 39) используется на прокладке осу-

Техническая характеристика фрезерных каналокопателей

Показатели	Марки фрезерных каналокопателей	
	КФН-1200	КФН-1000
Агрегатируется трактором	Т-100МБГС	ДТ-55А
Рабочая скорость, км/ч	0,033—0,240	0,102—0,535
Транспортная скорость, км/ч	2,34—5,40	3,59—7,90
Размеры прокладываемых каналов:		
глубина, м	До 1,20—1,35	До 1,2
ширина по дну, см	36	20
заложение откосов	1:1	1:2
Производительность, м/ч	93—204	71—124
Масса навесного оборудования, кг	3000	906

шительных каналов глубиной до 1,2 м, с заложением откосов 0,5 и шириной по дну 0,2 м в малоразложившихся торфяниках. Он может быть также использован для очистки от зарослей и ила ранее проложенных каналов соответствующего профиля. Основные узлы каналокопателя: фрезы, отвальный корпус, редуктор, карданная передача, гидроцилиндр разворота, каток и противовес.

Фрезерный навесной каналокопатель КФН-1200 (табл. 39) предназначен для отрывки каналов глубиной до 1,20—1,35 м с заложением откосов 1:1 в торфяных и минеральных грунтах. Стоимость 1 м³ земляных работ на строительстве составляет 6,7 коп. Машина КФН-1200 состоит из следующих основных узлов: рамы, отвала, ходоуменьшителя, карданной передачи, раздаточной коробки, двух конических редукторов, двух планетарных механизмов, двух фрез, рыхлителей, муфт соединительных, гидроцилиндра, разворота, противовеса и указателя глубины. Каналокопатели КФН-1000 и КФН-1200 выпускаются Мозырским заводом мелиоративных машин.

Специальные каналочистительные машины: Д-342, Д-342А, Д-490 (Д-908), КШБ-2,4, КОБ-1,5, КН-0,6, ВК-1,2, ВК-0,6, МР-7, МР-10 и МР-12 — применяют для очистки от наносов и растительности каналов при ширине по дну 0,4—1,6 м, глуби-

не до 3 м. Рабочий орган каналочистителя — одновинтовой шнек (Д-342) или сменное роторное или скребковое оборудование (Д-342А, Д-490) — приводится в действие от вала отбора мощности тракторов ДТ-54А, ДТ-55, ДТ-75, ДТ-75Б и Т-74.

Каналочиститель Д-342 очищает канал за два прохода. Производительность — около 30 м³/ч при рабочей скорости 0,5—0,8 км/ч. Каналочиститель Д-342А с роторным рабочим оборудованием очищает каналы изпод воды; производительность его 17 м³/ч, а со скребковым рабочим органом — 38 м³/ч. Рабочая скорость машины 0,5—0,8 км/ч.

Каналочиститель КШБ-2,4 работает при скорости передвижения 0,53—0,68 км/ч. Среднечасовая производительность его составляет до 50 м³ вынутого грунта.

Каналочиститель Д-490 навешивается на трактор ДТ-55А-С2, предназначен для очистки каналов шириной по дну 0,2—1,0 м, глубиной до 1,5 м при наличии воды слоем до 150—250 мм. Имеет два сменных рабочих органа: скребковый и роторный. Скребковым рабочим органом можно проводить очистку и восстановление дна и откосов каналов, планировку их после открытия экскаватором, увеличивать заложение откосов. Роторный рабочий орган выполняет работы по очистке и восстановлению дна каналов.

Каналочистителем КОБ-1,5 очищают каналы глубиной до 1,5 м. Навешивается на трактор Т-100МБГС. Рабочие органы — фреза и ротор — действуют одновременно. Привод и управление рабочих органов гидравлические.

Фреза очищает откос и частично дно канала, а ротор очищает только дно, при этом грунт отбрасывается за бровку на противоположную сторону канала. Каналочиститель позволяет проводить очистку дна без нарушения откосов.

Для очистки каналов Государственным конструкторским бюро по ирригации (Ташкент) разработаны новые каналочистительные машины: КН-0,6; ВК-1,2 и ВК-0,6 (табл. 40). Наиболее рациональными для этих машин в условиях Средней Азии оказались рабочие органы непрерывного действия фрезерного типа, а также комбинированные рабочие органы: пассивно-активные (пассивная срезка грунта и ак-

тивный выброс его) и активно-активные (активная срезка грунта и активный выброс его).

Для каналоочистителей КН-0,6 и ВК-1,2 в качестве базового был принят пассивно-активный рабочий орган. Для каналоочистителя ВК-0,6 был принят активный рабочий орган фрезерного типа.

Наиболее рациональными оказались внутриканальные и надканальные схемы машин: надканальная навесная на трактор класса 3 тс (каналоочиститель КН-0,6), внутриканальная навесная на трактор класса 2 тс (каналоочиститель ВК-1,2) и внутриканальная самоходная на одноосном колесном ходу с пешеходным управлением (каналоочиститель ВК-0,6).

Каналоочиститель КН-0,6 предназначен для очистки от наносов и мягкостебельчатой растительности оросительных, не обсаженных деревьями каналов, проходящих в грунтах I и II категорий, при отсутствии крупных каменистых включений, пней и других посторонних предметов.

Каналоочиститель КН-0,6 — машина непрерывного действия.

Каналоочистители ВК-1,2 и ВК-0,6 предназначены для очистки от наносов и мягкостебельчатой растительности оросительных каналов, преимущественно обсаженных деревьями и проходящих в грунтах I и II категории, при отсутствии крупных каменистых включений, пней, коряг и других посторонних предметов. Каналоочиститель ВК-1,2, смонтированный на тракторе Т-54В, состоит из очистителей откосов и очистителя дна. Каналоочиститель ВК-0,6 включает раму, раздаточную коробку, рабочий орган, ходовое оборудование и органы управления.

Переезд с одного канала на другой осуществляется своим ходом. Если расстояние между каналами превышает 1,5 км, каналоочиститель целесообразнее перевозить с помощью транспортных средств.

Для ухода за осушительными каналами Мозырским заводом мелноративных машин выпускаются машины МР-7, МР-10 и МР-12. Эти машины могут применяться и для ухода за каналами оросительных систем.

Машина МР-7 предназначена для очистки каналов глубиной до 1,7 м, шириной по дну 0,4—0,8 м и заложением откосов 1 : 1, 1 : 1,5. Дальность разбрасывания грунта до 25 м. Машина имеет бульдозерную навес-

Техническая характеристика каналоочистителей

Показатели	Тип машины		
	КН-0,6 (навесная на гусеничные тракторы класса 3 тс ДТ-54А, ДТ-75Б)	ВК-1,2 (навесная на трактор Т54В-С1)	ВК-0,6 (самоходная на одноосном колесном ходу с двигателем ИЖ-П-2В модели СЗА, 8 л. с.)
Габариты очищаемых каналов:			
глубина, м	До 0,8	До 1,5	До 0,8
ширина по дну, м	0,4—0,6	0,8—1,2	0,4—0,5
заложение откосов	1:0,75—1:1	1:0,5—1:1,5	—
Производительность, м ³ /ч	75—130	50—120	5—16
Выброс грунта из канала	Равномерно распределенный на расстоянии до 10 м	Равномерно распределенный на расстоянии до 12 м	Равномерно распределенной полосой до 5—6 м
Удельное давление на грунт, кгс/см ²	0,3	0,45	0,7
Скорость передвижения, км/ч:			
рабочая	0,32—1,57	0,7—0,9	0,25—0,48
транспортная	5—11	1,7—8,6	До 2,5
Обслуживающий персонал, чел.	1	1	1
Масса навесного оборудования, кг	1360	1200	320 (машины)

ку с шириной захвата 2,5—4,22 м. Производительность при очистке каналов 61—63 м³/ч, а при разравнивании кавальеров 172 м³/ч.

Для очистки от наносов, ила и растительности выпускается машина МР-10. Рабочий орган двухлопастной фрезерный. Навешивается на трактор С-100Б и Т-100МБЗС. Машина выполняет очистку каналов глубиной до 3 м и шириной по дну 0,6—1,6 м.

Для очистки осушительных и оросительных каналов, не обсаженных деревьями, выпускается машина

МР-12, агрегатируемая с трактором ДТ-55. Машина имеет четыре рабочих органа: редуктор и шнек с метателями для очистки от наносов канала, заполненного водой; уширенный поворотный ковш для очистки от наносов дна и планировки откосов; косилки для окашивания растительности на откосах канала и удаления ее на берму; оборудование для травосжигания.

Машина снабжена гидравлическим приводом и может работать любым из приведенных рабочих органов на каналах глубиной до 2 м, шириной по дну 0,4—1,5 м и заложением откосов 1:1, 1:2. Транспортная скорость 2,3—10,2 км/ч, рабочая — 3,6 км/ч.

Каналоокашивающие машины типа МСР-1,2, ККД-1,5, КОК-5,8 и КСХ-2,1. Косилка МСР-1,2 предназначена для удаления растительности с откосов каналов глубиной до 1,2 м. Машина навешивается на трактор ДТ-55А. Рабочий орган — режущий диск конической формы. Диск состоит из 16 сегментных режущих ножей. Привод рабочего органа косилки гидравлический, от гидромотора НПА-64 через редуктор. Часовая производительность ее 0,2 га/ч. Косилка хорошо работает при скашивании жесткой растительности. Мягкую же растительность, особенно злаковую траву, срезает плохо. Она не может работать на участках, засоренных камнями, древесиной, пнями, так как твердые предметы выводят из строя ножи. На увлажненных откосах разбрасывается грязь и ухудшаются санитарные условия работы. В последнее время находит распространение переоборудованная косилка, в которой роторный диск заменен на ножи обычной сенокосилки. Это переоборудование позволило увеличить ширину захвата режущего аппарата, улучшить технические и санитарно-гигиенические условия работы, и в конечном итоге возросла ее производительность.

Техническая характеристика машины МСР-1,2

Тип машины	навесная
Агрегатируется с трактором марки	ДТ-55А-С2
Рабочая скорость, км/ч	1,63; 2,11; 2,47
Транспортная скорость, км/ч	3,59—7,9
Размеры окашиваемых каналов:	
глубина, м	до 1,2
заложение откосов	1:1; 1:1,5
Ширина захвата рабочего органа, см	175
Высота среза, см	10—15

Чистота среза, %	92—99
Скорость резания, м/с	33—40
Производительность, га/ч	0,2
Габариты в транспортном положении с трактором, мм:	
длина	4600
ширина	2900
высота	3930
Масса машины с трактором, кг	7280
Масса навесного оборудования, кг	960

Косилка ККД-1,5 предназначена для окашивания откосов каналов и дамб, имеет сменный грабельный аппарат. Машина может окашивать каналы с различным заложением откосов и шириной по дну до 3 м, навешивается на трактор «Беларусь» с правой стороны между передними и задними колесами. Сгребание скошенной массы и укладка в валки на берме или у основания дамбы канала проводится грабельным аппаратом.

Первым проходом машина окашивает бермы, при втором — нижнюю часть откосов канала и при третьем — верхнюю. Убирать скошенную массу начинают снизу откосов. Ширина рабочего захвата 1,5 м, производительность при окашивании 0,2 га/ч.

Каналоокашивающая машина КОК-5,8 навешивается на трактор «Беларусь». Она производит окашивание внутреннего и внешнего откосов канала и дамбы. Ширина захвата машины 4,45—5,80 м. Производительность машины при рабочей скорости агрегата до 1,7 км/ч составляет 0,5 га/ч.

Для окашивания малых и средних каналов глубиной до 1 м находит широкое применение машина КСХ-2,1. Использование машин при окашивании каналов оросительной сети требует своевременного и качественного проведения планировки и выравнивания откосов и берм каналов.

Плавучая камышекосилка (Чехословакия) предназначена для срезки тростника, рогоза и осоки в прудах, водоемах и каналах глубиной до 1,5 м. Камышекосилка состоит из лодки с механизмами передвижения, привода и резания растений, используется для камышекосилки бензиновый двигатель.

Основные технические данные плавучей камышекосилки

Мощность двигателя, л.с.	6
Ширина захвата режущего механизма, см	210

Наибольшая глубина резания, см	150
Производительность, га/ч	0,5
Габаритные размеры, мм	
длина	6600
ширина	2200
высота	1900
Масса незаправленной косилки без людей, кг	1040

Термический способ уничтожения растительности на каналах. Несмотря на наиболее раннее применение открытого сжигания, или термического способа борьбы с растительностью, на каналах оросительных систем, этот способ все еще остается малоизученным.

В США для этой цели используют огнеметы, выпускаемые промышленностью и мелиоративными компаниями. Грозненской опытно-мелиоративной станцией ЮжНИИГиМ проводилась работа по испытанию аппарата, в котором для сжигания растительности использовался сжиженный горючий газ, местное сырье и другие горючие жидкости. На каналах мелиоративных систем Грузинской ССР применяются травосжигатели КГ-1 конструкции ГрузНИИГиМ.

В последнее время некоторые машины по уходу за мелиоративными каналами снабжаются сменным рабочим оборудованием по травосжиганию. Разработанное ВНИИземмаш в 1971 г. сменное оборудование для травосжигания к машине МР-12 имеет эксплуатационную производительность 0,24 га/ч чистого рабочего времени. Травосжигатель может быть применен на каналах глубиной до 2 м, шириной по дну 0,4—1,5 м и шириной по верху до 8 м при заложении откосов от 1:1 до 1:2.

Скорость движения агрегата при работе 3,1 км/ч, а транспортная скорость до 10,2 км/ч. Обслуживает оборудование один человек.

Принцип действия травосжигателя — сжигание травянистой растительности на корню. Топливо из бака подается насосом к форсункам. Форсунки распыляют его и подают в камеру, где оно перемешивается с воздухом, который, в свою очередь, нагнетается вентилятором высокого давления. Полученная смесь сгорает, создавая при этом высокую температуру, и сжигает растительность. Расход топлива регулируется дросселем. Стоимость сжигания 69,3 руб/га.

В трудах ЮжНИИГиМ отмечается, что термический способ уничтожения растительности пожароопасен, не-

достаточно экономичен, водяная растительность и стебли растений, погруженные в воду, не поражаются, для их уничтожения требуются другие способы. Исходя из этого термический способ уничтожения растительности на мелиоративных каналах пока еще находит ограниченное применение.

Химические способы борьбы с растительностью. Химический способ борьбы с растительностью сравнительно новый, но в связи с быстрым развитием сельского хозяйства он приобретает все большее значение как в нашей стране, так и за рубежом. Применение химических средств борьбы с растительностью на каналах оросительных и осушительных систем еще недостаточно изучено.

Применение гербицидов на оросительных системах. Для уточнения действия гербицидов Минводхозом СССР с Госкомиссией по химическим средствам борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками при Министерстве сельского хозяйства СССР начиная с 1964 г. проводится испытание гербицидов для борьбы с сорной растительностью на каналах мелиоративных систем Северного Кавказа, Азербайджана, Туркмении и в других союзных республиках.

Основные положения по безопасному применению и хранению гербицидов. Применение того или иного химического средства для борьбы с нежелательной растительностью устанавливается перечнем (списком) химических и биологических средств борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками, утверждаемым Министерством сельского хозяйства СССР по согласованию с Министерством здравоохранения СССР. Этим списком определяются нормы расхода, сроки обработок и ограничений, зоны опытно-производственного применения, предельно допустимые остаточные количества ядохимикатов в продуктах питания, синонимы и аналоги зарубежных ядохимикатов для применения в сельском хозяйстве.

При несоблюдении мер предосторожности гербициды могут попадать в организм человека и животных через дыхательные пути или пищевод и вызывать в зависимости от дозы отравления различной степени.

Поэтому при работе на мелиоративных системах с гербицидами необходимо соблюдать правила по безо-

пасному применению и хранению гербицидов, а также правила личной безопасности.

На работах с гербицидами все работающие должны быть обеспечены спецодеждой — комбинезонами, халатами, сапогами, рукавицами и защитными очками (типа ПО-1 или шоферскими ц. № 1879), а также противопыльными респираторами.

После окончания работы спецодежда сдается на хранение в специально отведенные места и содержится в закрытых ящиках, шкафах за пределами жилых и производственных помещений. Запрещается уносить спецодежду домой.

До начала проведения химической обработки все рабочие должны быть ознакомлены (под расписку) с правилами техники безопасности. Всем работающим с гербицидами выдается спецмолоко — 0,5 л в рабочий день.

Не следует во время работы курить, принимать пищу. После работы необходимо тщательно вымыть с мылом руки и лицо.

Рабочие, не достигшие 18-летнего возраста, беременные и кормящие женщины, а также лица, не прошедшие инструктажа и медицинского освидетельствования, к работе с гербицидами не допускаются.

До начала обработки объектов гербицидами население должно быть оповещено (с помощью предупредительных надписей, радио и т. п.) о запрещении использовать коллектор, например, для купания, водопоя животных, заготовки тростника для корма скота и ловли рыбы в течение двух месяцев после обработки.

Производственные испытания гербицидов на оросительных каналах и сброс воды, обработанной гербицидами, из коллекторно-дренажной сети в оросительную систему запрещаются.

Гербициды, как и все другие пестициды, должны храниться в специальных складах. Все гербициды, поступающие и отпускаемые со склада, записывают в специальную, пронумерованную, с пронумерованными страницами книгу, указывая в ней наименование, дату поступления, вес брутто и нетто, номер наряда или требования, дату отпуска, количество химиката, оставшегося на складе.

Гербициды выдаются только лицу, ответственному за работы по химической обработке каналов.

Бумажную и деревянную тару из-под гербицидов сжигают на открытом воздухе.

Оказание первой помощи в случае острого отравления. Отравление гербицидами характеризуется следующими симптомами: головокружение, головная боль, тошнота, рвота, резкие боли в области желудка, жидкий стул, общая слабость и озноб.

К пострадавшему нужно немедленно вызвать врача и направить в ближайшее лечебное заведение. До прибытия врача пострадавшему должна быть оказана следующая неотложная помощь: немедленное удаление его из зоны работ; освобождение от загрязнений и стесняющей дыхания одежды; удаление видимых следов гербицидов с кожи многократным обмыванием чистой водой с мылом, а из глаз промыванием раствором пищевой соды (1 чайная ложка на стакан воды); при попадании гербицида внутрь у пострадавшего следует искусственно вызвать рвоту, для чего нужно дать ему 5—6 стаканов кипяченой воды. После этого пострадавшему нужно дать стакан крепкого чая.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С СОРНЯКАМИ НА КАНАЛАХ

Затенение каналов древесными насаждениями. Для прорастания и развития растений требуются определенные условия, и, если эти условия не создаются, растения погибают. Свет — фактор ассимиляции углекислого газа — центрального процесса физиологии питания растений. В трудах академика ВАСХНИЛ Б. А. Шумакова, посвященных развитию орошения на Северном Кавказе, неоднократно указывалось на значительный эффект обсадки каналов деревьями для уменьшения зарастания. Недостаток этого метода — зарастание каналов на 1—1,5 месяца раньше, чем деревья приобретут густую листовую крону.

Исследованиями ЮжНИИГиМ установлена зависимость гибели сорной растительности от возраста деревьев. При возрасте деревьев в 9 лет гибнет до 55% растений, 10 лет — 60% и 11 лет — 77% растений. Затенение каналов оросительных систем проводится путем посадки приканальных лесополос. Древесные насаждения размещают с солнечной стороны с учетом

свободного прохода средств механизации при эксплуатационных работах. Лесопосадки на каналах, очищаемых от наносов механизмами, обычно располагают с одной стороны. Хорошее затенение из древесных насаждений обеспечивают тополь, клен, акация и др.

Значение лесонасаждений на орошаемых землях очень разнообразно: они создают микроклимат, улучшают гидрологический режим и способствуют повышению урожайности, защищают берега каналов и водоемов от деформаций, снижают испарение, предотвращают занос снегом, песком и перекатывающейся растительностью, приносимой в каналы с окружающих полей. Кроме того, лесонасаждения дают древесину и хворост, которые используют при проведении противопаводковых, регулировочных и ремонтных работ на системе. Лесонасаждения имеют также большое санитарно-гигиеническое значение.

На участках с близким залеганием грунтовых вод лесополосы создаются с большим числом рядов.

Заслуживает внимания опыт по использованию частиц взвешенных наносов и красителей как средств затенения и мер предупреждения зарастания каналов.

Вытеснение сорняков на оросительных каналах многолетними кормовыми травами. Наиболее известный прием борьбы с сорной растительностью — засев откосов и дамб каналов многолетними травами. Метод применения кормовых многолетних трав эффективен на сухих откосах, однако не служит способом борьбы с сорняками в русле каналов. Опыт использования многолетних трав на каналах Северного Кавказа, Поволжья, Прибалтийских и других республик показал положительные результаты применения этого метода в борьбе с сорной растительностью. Внедрение с 1964 г. на хорошо спланированных откосах и дамбах каналов Терско-Кумских систем многолетних трав (люцерна, суданка и другие травы в смеси) позволило после двух укосов вытеснить всю сорную растительность. Использование этого биологического метода дает большую экономическую выгоду, так как ликвидируются сорняки, используются ранее считавшиеся неудобными земли, выращиваются ценные корма. Уже на второй год полученное сено покрывает все затраты по посеву.

Данные Безенчукской опытно-мелиоративной станции (Поволжье) и других научных и производственных

организаций показали, что по сороподавляющей способности первое место занимает костер в чистом виде и в смеси с другими кормовыми травами и последнее — люцерна в чистом виде. По величине укосной массы первое место занимает люцерна в чистом виде и в смеси с другими кормовыми травами, второе место — костер, третье — овсяница и последнее — житняк. Низкая продуктивность житняка и овсяницы обусловлена слабым отрастанием их после укоса.

На основании данных Безенчукской опытно-мелиоративной станции для засева внешних откосов каналов наиболее приемлемы травосмеси: на старых каналах — костер безостый и овсяница, на новых — костер безостый, овсяница и люцерна синяя.

Посев многолетних трав на каналах предотвращает деформацию откосов от воздействия ливневых дождей, ветра и др. Наиболее удобные для залужения каналы с предварительно уложенными и спланированными откосами.

Залуженные каналы имеют ряд преимуществ: обеспечивается полная механизация эксплуатационных работ по уходу за каналами, за короткое время (3—4 месяца) по всему каналу образуется сплошная, достаточно прочная дернина, ограничивается распространение сорной растительности, выращиваются многолетние кормовые травы. Залужение откосов каналов посевом многолетних трав можно проводить в основном на всех грунтах, предварительно проведя соответствующие подготовительные мероприятия. Откосы каналов, проложенных в тяжелых грунтах, покрывают смесью почвенного грунта, а также вносят минеральные удобрения. Залужение откосов лучше проводить в начале лета.

Примерные смеси многолетних трав или залужения откосов, по данным ЛатНИИГиМ и ЛитНИИГиМ, следующие: овсяница луговая — 20—35%, тимофеевка — 20—25%, клевер белый или розовый — 5,0—20%, райграс пастбищный — 20—25%, костер безостый — 15—20%. Норма высева — 40—50 кг/га засеваемого откоса и берм канала.

Использование растительноядных рыб в мелиорации. К растительноядным рыбам относят белого амура и обыкновенного и пестрого толстолобика.

Белый амур поедает до 35 видов растений. В условиях Туркменской ССР весной и летом водяные расте-

ния ежедневно увеличивают свой рост на 10—15 см. Водяная растительность, забивая своей массой русло Каракумского канала, снижала его пропускную способность в 3,5—4 раза.

По исследованиям Института зоологии Академии наук Туркменской ССР (Д. С. Алиев) было установлено, что белый амур съедает за сутки количество растительности, равное собственному весу, была доказана возможность акклиматизации его в условиях Туркмении. До этого долгое время все попытки акклиматизации этих рыб в новых условиях не удавались. Естественное размножение амура и толстолобика впервые было обнаружено на Карамет-Ниязовской опытной базе и в головной части Каракумского канала на протяжении 13 километров.

Начатое в 1958—1961 гг. разведение белого амура в Каракумском канале им. Ленина способствовало очищению его от растительности. Попадая из канала в крупные оросительные системы, белый амур и там уничтожает водяную растительность. Быстрому зарастанию водяной растительностью подвержена открытая коллекторно-дренажная сеть, протяженность которой в Туркмении превышает 12 тыс. км.

В коллекторных водах содержится в десятки раз больше солей, чем в оросительной воде. На землях, где промывка проводится в течение пятнадцати-двадцати лет, концентрация солей в водах коллекторно-дренажной сети составляет 4—8 г/л, а на вновь осваиваемых землях она достигает 10—12, в некоторых случаях — 40 г/л.

Опытами, проведенными в 1963—1968 гг. в Ташаузской и Чарджоуской областях специалистами Академии наук и Минводхоза Туркменской ССР, была установлена возможность содержания белого амура в водах коллекторно-дренажной сети с концентрацией солей до 12 г/л при достаточной ее глубине. Теперь работы по зарыблению коллекторов проводятся уже в опытно-производственных масштабах: в 1971 г. зарыблено 68 км коллекторов, в 1972 г. — 500,2 км и 80 км оросительных каналов, в 1973 г. — 600 км коллекторов и более 100 км оросительной сети.

В Чарджоуском районе в коллекторы Дарья-Башский (без предварительной очистки) и К-1-1-2 (после предварительной очистки) общей протяженностью 35,8 км и площадью водной поверхности 25,06 га весной

было запущено 140 кг рыбопосадочного материала—по 5,6 кг на 1 га. До запуска рыбы плотность зарастания коллекторов была 140 шт/м² высшей и 520 г/м² мягкой водяной растительности. К осени этого же года количество высшей водяной растительности снизилось до 6 шт/м², а мягкая растительность совсем исчезла.

В Ташаузской области в коллекторы общей протяженностью 224 км (№ 1 Ташаузского района, К-5-3 Тахтинского района, К-1-1 Ильялинского района, ЛК-1 Ленинского района) было запущено 500 кг годовиков белого амура — по 4,46 кг на каждый гектар водной поверхности. Весной количество растений составляло здесь 6—14 шт/м². К осени на неочищенных участках количество растений уменьшилось на 50—60%, а на предварительно очищенных — на три четверти.

Концентрация солей в зарыбленных коллекторах Чарджоуской и Ташаузской областей составляла 4—4,5 г/л.

В Марыйской области в коллекторах Кесе-Яби, К-1 общей протяженностью 240,5 км, куда после их углубления было запущено 3,75 кг/га рыбопосадочного материала, водяная растительность сократилась за сезон на 20%. Концентрация солей в коллекторах составляла 9—10,3 г/л.

Очевидно, что содержание белого амура более эффективно в коллекторах с меньшей концентрацией растворенных солей.

В девятой пятилетке в Туркменской ССР предусмотрено внедрение биологического метода борьбы с водяной растительностью в коллекторно-дренажной сети общей протяженностью 2900 км — там, где достаточная глубина воды и не слишком велика концентрация солей. В районе Ашхабада будет построена производственно-мелиоративная база для проведения научно-исследовательских работ по использованию растительноядной рыбы для очистки каналов.

В 1972 г. в порядке испытания биологического метода борьбы с зарастанием каналов в Цахминский канал в зоне обслуживания Оресского межрайонного управления осушительных систем (МУОС) Белорусской ССР была запущена рыба белый амур (2000 двухлеток весом 250—300 г). Стоимость рыбопосадочного материала вместе с перевозкой составила 1132 р. Предварительно на участ-

ке канала установили рыбоудерживающие решетки и провели отлов хищной рыбы. Площадь зеркала воды этого участка составляла около 10 га. С апреля по сентябрь в канале поддерживался постоянный уровень воды (от 0,5 до 2,0 м).

За вегетационный период белый амур уничтожил всю растительность в подводной части каналов на протяжении 12 км. Вес рыбы к сентябрю увеличился на 550—700 г. Дно канала стало чистым, лишь на откосах на уровне уреза воды остались нетронутыми хвощ и камыш. К сожалению, часть рыбы к концу сезона погибла от попадания в каналы ядохимикатов при обработке лосево́в, а часть ушла в другие каналы из-за несовершенства рыбоудерживающих решеток.

Белый амур — крупная рыба, достигающая веса 30 кг. Охотно питается мягкой подводной и плавающей растительностью, а начиная с трехлетнего возраста поедает и крупные растения (тростник, камыш, осоку, хвощ и др.). Наибольшее количество растений белый амур поедает при температуре воды выше 22°C, при меньшей температуре разборчив в пище. По данным исследований на осушительных каналах в Белорусской ССР (Л. И. Новик), на 1 кг прироста белый амур съедает 30—35 кг мягкой подводной и до 60 кг надводной растительности.

Результаты исследований в Великобритании показали, что потребление рыбой 2,8 кг растений (элодея, уруть и др.) увеличивает ее живой вес на 10 г.

Учеными найден способ искусственного воспроизводства белого амура в условиях Белоруссии. Плотность посадки в расчете на 1 га зеркала воды зависит от возраста рыбы и степени зарастания каналов (табл. 41). При использовании его для борьбы с зарастанием мелиоративных каналов уровень воды в них должен быть не менее 0,4—0,5 м.

Рыбу выпускают в каналы в апреле. На объект ее доставляют в специальных цистернах. Если температура воды в цистерне выше температуры воды в канале на 3—5°C, необходимо выровнять ее путем постепенного добавления воды из канала в цистерну. Каналы следует защищать от попадания в них ядохимикатов.

В конце сезона при понижении температуры воды до 8—6°C рыбу помещают в специально подготовленные емкости. В течение зимы необходимо ежедекадно прово-

Примерная плотность посадки белого амура
в мелиоративные каналы, шт/га

Степень зарастания, %	Количество рыб, шт.	
	годовиков	двух- и трехлеток
Более 80	1000	400
От 40 до 80	600	200
От 20 до 40	300	100
От 10 до 20	150	50

дить анализ воды на содержание кислорода, углекислоты, солей железа, pH и на окисляемость. При снижении содержания в воде растворенного кислорода до 2 мг/л следует провести аэрацию воды, используя для этих целей насос. Если рыба будет гибнуть в зимовальном пруду, нужно обращаться к специалистам-рыбоводам.

Опыт Оресского МУОС показал, что использование белого амура для уничтожения водной растительности в мелиоративных каналах — дело выгодное и значительно облегчающее труд эксплуатационных работников.

Президиумом Академии наук СССР в июне 1970 г. отмечено, что задача акклиматизации дальневосточных растительноядных рыб в некоторых водоемах южной зоны страны, разработка биотехники искусственного разведения растительноядных рыб и введение их в практику прудового рыбоводства в целях резкого повышения рыбопродуктивности водоемов и осуществления ряда мелиоративных и медикосанитарных мероприятий успешно решаются. В этом большая заслуга Московского государственного университета, Института зоологии АН Туркменской ССР, Всесоюзного научно-исследовательского института прудового рыбного хозяйства и его Краснодарского филиала и Украинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства, Министерства рыбного хозяйства СССР, Института гидробиологии АН Украинской ССР при содействии организаций Министерства рыбного хозяйства СССР, Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР и других ведомств.

В настоящее время в Амударье, Кубани и в Каракумском канале им. В. И. Ленина в результате аккли-

матизации созданы самовоспроизводящиеся стада растительноядных рыб, которые уже эксплуатируются.

Растительноядные рыбы стали объектом рыбоводства в ряде братских стран — Народной Республики Болгарии, Социалистической Республики Румыния, Чехословацкой Советской Социалистической Республике, Польской Народной Республике, Германской Демократической Республике, что осуществлено на основе посадочного материала, предоставленного Советским Союзом, и помощи советских специалистов.

Заселение водоемов растительноядными рыбами дает высокий экономический эффект и создает возможность на значительной части каналов и водоемов заменить малоэффективный механический и вредный для обитателей водоемов и человека химический способ.

Перспективным является использование растительноядных рыб для уничтожения мест выплода кровососущих комаров, выращивание растительноядных рыб в теплых промышленных водоемах и др.

Получены интересные в теоретическом отношении результаты по межродовой и межподсемейственной гибридизации растительноядных видов рыб между собой и с некоторыми другими видами рыб, в частности с карпом.

Разработаны биологические обоснования возможности дальнейшего обогащения промысловой ихтиофауны водоемов южных районов страны и теплых промышленных вод растительноядными акклиматизантами из южных стран.

Для использования растительноядных рыб важно разработать научно обоснованные рекомендации. Рекомендации применения растительноядных рыб для целей мелиорации должны быть направлены на решение ряда вопросов, включая режим работы каналов, периодичность работы малых и средних каналов, минерализацию воды, плотность посадки рыб в зависимости от вида и степени зарастания мелиоративной сети, прудов, водохранилищ, охладителей ТЭЦ, эффективности применения рыб и сохранения ее в последующие годы.

Кроме этого, необходимо изучение процессов естественного воспроизводства, адаптации рыб в новых условиях, динамики численности и влияния их на биоценозы водоемов, методов повышения продуктивности растительноядных рыб, развития селекционно-племенной работы в целях повышения породных качеств рыб; изуче-

ние заболеваний растительноядных рыб и мер борьбы с болезнями; исследование растительноядных рыб тропических фаун (Индии, Юго-Восточной Азии, Африки, Южной Америки) с целью поиска новых, пригодных для акклиматизации и разведения их в водоемах Советского Союза.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ФОРМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РЕМОНТА И ОЧИСТКИ КАНАЛОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Специализация ремонтно-эксплуатационных работ. Своевременное и качественное проведение технического ухода, текущих и капитальных ремонтов и очистки каналов от растительности и наносов — основное условие повышения надежности каналов. Качество и своевременность выполнения этих мероприятий во многом зависят от организации производства работ, квалификации специалистов и оснащенности ремонтно-эксплуатационных предприятий необходимыми орудиями труда и средствами производства.

На Северном Кавказе в зоне Терско-Кумских обводнительно-оросительных систем (ТКООС) работы по очистке, ремонту дамб и каналов до 1960 г. выполнялись строительными организациями Ставропольского края, Кабардино-Балкарской АССР, а также механизмами системы, находившимися на десяти эксплуатационных участках. Большая разбросанность каналов системы, малые удельные объемы очистки по сравнению со строительством новых каналов, неудобства работы на действующих объектах, а также отсутствие материальной заинтересованности строителей в первоочередном выполнении ремонта оросительных систем не способствовали своевременному проведению этих работ.

Работа механизмов, рассредоточенных по участкам системы, была недостаточно производительной из-за отсутствия ремонтных баз, квалифицированных механизаторов и др. В результате работы по очистке проводились некачественно, часто задерживались, а порой не выполнялись и переносились на следующий сезон. С целью устранения отмеченных недостатков и централизованного проведения механизированных и транспортных работ, улучшения использования имеющихся средств механи-

зации, выполнения работ по реконструкции ТКООС автором в начале 1960 г. в порядке опыта был создан Солдатский механизированный участок с ремонтно-механическими мастерскими. В состав производственной базы входили: ремонтно-механические мастерские, построенные по типовому проекту, гаражи, деревоотделочный, кузнечный, моторный, слесарный, аккумуляторный и вулканизационный цехи, стоянки и навесы для тракторов и механизмов, автомойка и автозаправочная с подъездными путями. Мастерские рассчитаны на проведение текущего, среднего и планово-предупредительных ремонтов землеройной техники и автотранспорта. Теплоснабжение проводится от собственной котельной, там же устроены душевые помещения для производственных нужд участка.

Для рабочих и служащих построен поселок с домами, имеющими центральное отопление, канализацию и водоснабжение. В поселке есть столовая, магазин, школа и медпункт.

На механизированный участок с производственной базой возложено: выполнение работ по очистке и ремонту каналов, дамб межхозяйственного и внутрихозяйственного значения; ремонт дорог вдоль каналов; уход за дорогами отчуждения; изготовление и ремонт металлоконструкций для собственных нужд и участков системы; текущий ремонт автотранспорта, механизмов и насосного силового оборудования; автотранспортные перевозки. В целях равномерной загрузки в план работ участка включаются объекты капитального строительства, работы по реконструкции и планировке орошаемых земель. Проектно-сметная документация составляется проектной группой ТКООС. Работы выполнялись на принципах хозяйственного расчета. Специализированное выполнение механизированных работ позволило в условиях одновременного строительства производственной базы повысить выработку экскаваторов на 1 м³ ковша с 30 до 150 тыс. м³ в год и более. Выработка на одного работника за 1960—1967 гг. возросла в 2,2 раза и составила 2470 руб. в год. Проведенные мероприятия уже в 1965 г. позволили повысить качество и объем очистки каналов и отказаться от выполнения этих работ подрядными организациями.

Своевременное и качественное проведение эксплуатационных и ремонтно-строительных работ способство-

вало лучшему использованию земель, в результате чего орошаемая площадь по ТКООС к началу 1965 г. составила 62 тыс. га, обводнения — 885 тыс. га, приведенная к орошению площадь достигла 150,3 тыс. га против 112 тыс. га в 1960 г.

Опыт работы механизированного участка при Управлении оросительных систем (УОС) позволяет сделать следующие выводы.

Выполнение очистки каналов специализированными водохозяйственными организациями обеспечивает лучшее использование землеройной техники, ремонтных и производственных баз, квалифицированных специалистов, механизаторов и повышает качество работ. В целях обеспечения очистки в сжатые сроки более рационально сосредоточивать выполнение основных объемов этих работ в строительных организациях, как это имеет место в Узбекской ССР и Туркменской ССР.

Использование землеройной техники в специализированной организации в условиях Терско-Кумских систем увеличило выработку бульдозеров в 1,8 раза, экскаваторов в 5 раз. Себестоимость 1 м³ земляных работ уменьшилась в 1,3—2,0 раза.

В Минводхозе РСФСР в 1968 г. организован специализированный трест «Росводремстрой». Механизированный участок ТКООС переведен на хозрасчет и является подразделением (ПМК) этого треста. Объем работ Солдатской ПМК в 1972 г. составил 1,6 млн. руб., а в 1973 г. 1,9 млн. руб., или возрос против 1967 г. в 4,2 раза. Выработка на одного работника в 1972 г. выразилась в 5,4 тыс. руб., или в 2,2 раза больше, чем в 1967 г. С ростом объемов эксплуатационных работ с января 1973 г. трест «Росводремстрой» преобразован в объединение «Росводремстрой» при Главном управлении эксплуатации водохозяйственных систем и сооружений Минводхоза РСФСР. В объединение входят восемь трестов: Ставропольский, Краснодарский, Ростовский, Дагестанский, Астраханский, Приморский, Волгоградский и «Росводмонтажналадка».

В трестах имеется 41 специализированная ПМК и 7 специальных пусконаладочных управлений. Кроме этого, 32 специализированных ПМК входят непосредственно в объединение.

В целом по Росводремстрою объем работ в 1972 г. составил 46,7 млн. руб., а в 1973 г. — 72,6 млн. руб.

Основные задачи объединения — выполнение очистки и ремонта, а также техническое обслуживание межхозяйственной и внутрихозяйственной сети, сооружений и насосных станций по договорам с колхозами, совхозами и УОС.

Опыт специализации и укрупнения ремонтно-эксплуатационных организаций показывает положительные результаты. Эти мероприятия подтверждаются опытом работ строительных водохозяйственных организаций.

В системе Минводхоза СССР насчитывается 2259 строительно-монтажных организаций (1971 г.), из них около 500 организаций имеют объем работ менее 1 млн. руб. Наибольшее количество организаций с малыми объемами работ имеется в Минводхозах Белорусской ССР — 72%, Украинской ССР — 45%, Армянской ССР — 47%, Киргизской ССР — 40% и т. д.

Анализ хозяйственной деятельности по 370 строительно-монтажным управлениям и ПМК показывает, что особенно низкая организация труда и выработки имеет место в СМУ и ПМК, отнесенных по объему работ к IV группе (0,6—1,2 млн. руб.) по оплате труда. Количество таких организаций составляет 33%. В организациях с малым объемом работ выше удельный вес административно-управленческого персонала. Выработка на одного работающего на 40—90% ниже, чем в организациях с объемом работ, превышающим 2,5 млн. руб.

Совершенствование структуры управления эксплуатационных и ремонтно-строительных водохозяйственных организаций — значительный резерв повышения производительности труда и качества выполняемых работ. Наряду с укрупнением необходимо неуклонно проводить их отраслевую и технологическую специализацию, чтобы улучшить использование ремонтно-строительных машин и механизмов, а также повысить производительность труда.

Для выполнения ремонтно-строительных и эксплуатационных работ, а также работ, связанных с реконструкцией и переустройством оросительных систем, межхозяйственного и внутрихозяйственного значения создаются специализированные ремонтно-строительные тресты с производственными базами, специализированными ремонтно-производственными предприятиями (СРПП) и подразделениями (РСУ, ПМК, прорабства, участки и

отряды) на промышленно-индустриальной основе, подчиненные областным (краевым) управлениям мелиорации и водного хозяйства, облУОС, минводхозам АССР, а при отсутствии областного деления минводхозам союзных республик.

Ремонтно-строительные управления, передвижные механизированные колонны, прорабства, участки, отряды и СРПП выполняют работы по очистке и ремонту каналов, лотковой и закрытой сети с сооружениями на них и насосных станций по договорам с хозяйствами-водопользователями и управлениями оросительных систем.

Специализированные водохозяйственные ремонтно-строительные тресты и их подразделения, как правило, осуществляют работы по принципу организаций и предприятий, работающих по новой системе планирования и экономического стимулирования.

Организация эксплуатационной службы в Узбекской ССР. В Узбекской ССР в настоящее время 2,81 млн. га орошаемых земель, из них 1,65 млн. га под хлопчатником. В республике действует более 900 оросительных систем, при этом свыше 2400 тыс. га обслуживают около 200 крупных инженерных оросительных систем.

Общая протяженность оросительных каналов 143,1 тыс. км, из них более 124,3 тыс. км — внутрихозяйственные. Более 4,3 тыс. км оросительных каналов с бетонным покрытием. Протяженность коллекторно-дренажной сети свыше 64,9 тыс. км, в том числе внутрихозяйственной — около 44,9 тыс. км. Суммарная емкость 12 крупных водохранилищ около 4 млрд. м³. В 1971 г. свыше 500 тыс. га земель орошено с помощью насосных станций.

На оросительных и дренажных системах действует 58,1 тыс. гидротехнических сооружений, в том числе около 37,1 тыс. на внутрихозяйственной сети.

В целях совершенствования эксплуатации оросительных систем проведено укрепление службы эксплуатации центрального аппарата Минводхоза УзССР. Для этого создано четыре главных управления, обеспечивающих эксплуатацию и дальнейшее совершенствование мелиоративных систем: Главное управление эксплуатации, Главное управление мелиорации, Главное управление насосных станций и вертикального дренажа, Главное

управление охраны водных ресурсов, подчиненные заместителю министра по эксплуатации.

Областные управления оросительных систем (облУОС) — основные эксплуатационные подразделения, обеспечивающие руководство эксплуатацией всех видов оросительных и дренажных систем, а также водохозяйственным строительством на территории области.

Они подчинены непосредственно Министерству мелиорации и водного хозяйства республики и содержатся за счет республиканского бюджета. В Узбекской ССР десять таких управлений (по числу областей) и Амударьинское дельтовое управление оросительных систем Каракалпакской АССР (на правах облУОС).

В состав облУОС входят районные управления оросительных систем (райУОС — всего 92), управления межрайонных каналов (УМРК — 36), а также управления эксплуатации крупных гидротехнических узлов, берегозащитных дамб и по одному ирригационному лесхозу.

Каждый облУОС обслуживает 200—320 тыс. га орошаемых земель.

В областях, имеющих большие площади мелиоративно неблагоприятных земель (Ферганской, Бухарской, Сырдарьинской, Хорезмской, Кашкадарьинской, Сурхандарьинской и Каракалпакской АССР), в составе облУОС созданы управления мелиорации, которые имеют оснащенные агрохимические лаборатории. В связи с передачей в 1972 г. Минводхозу УзССР функций по техническому обслуживанию и ремонту стационарных насосных станций и скважин для орошения и дренажа в колхозах и совхозах, а также электроприводов, автоматики, телемеханики и связи в составе облУОС созданы управления эксплуатацией насосных станций.

В состав Минводхоза Узбекской ССР входят 11 областных строительно-монтажных трестов и республиканский специализированный ремонтно-строительный монтажный трест.

Оперативное подчинение их облУОС обеспечивает принцип единства технического и организационного руководства всеми водохозяйственными организациями в области.

В составе трестов созданы специализированные ПМК или СМУ по промышленно-гражданскому и водо-

хозяйственному строительству. Строительно-монтажные организации Минводхоза Узбекской ССР выполняют ремонтно-эксплуатационные работы на оросительной и коллекторно-дренажной сети, осуществляют противопаводковые и противоселевые мероприятия, переустройство оросительной сети и освоение переложных земель в колхозах и совхозах.

Промышленные ремонтно-эксплуатационные базы. В последние годы произошел серьезный сдвиг в структуре мощностей, на которых базируется современное водное хозяйство. Годовое потребление электроэнергии организациями Минводхоза Узбекской ССР за десять лет (1961—1971 гг.) возросло более чем в 100 раз и достигло 500 млн. кВт·ч. В организациях Министерства 1458 экскаваторов, 1248 бульдозеров, 545 скреперов, 256 землесосов, которыми выполняется около 360 млн. м³ в год земляных работ.

По предварительным подсчетам, к 1975 г. на вооружении организаций Минводхоза Узбекской ССР будет около 400 крупных насосных станций, свыше 3 тыс. отдельных установок, 3300 экскаваторов, 3600 бульдозеров и скреперов, более 300 крупных земснарядов, 14 тыс. автомобилей различных типов. Введено в действие значительное количество технически сложных систем, оснащенных устройствами автоматики, телемеханики, связи, электронно-вычислительной техники.

Систематическое поддержание в исправном состоянии сооружений и сложного оборудования водохозяйственных систем и совершенствование их эксплуатации невозможны без создания современных промышленных ремонтно-эксплуатационных баз.

В 1967 г. было разработано и утверждено технико-экономическое обоснование создания специализированного ремонтно-производственного предприятия (СРПП), предназначенного обеспечить на промышленной основе ремонт, наладку и эксплуатацию всех видов оборудования и гидротехнических сооружений, а в необходимых случаях — монтаж и наладку сложного гидромеханического и электрического оборудования непосредственно на гидросооружениях.

В состав СРПП войдут: Центральная база экспериментального специализированного ремонтно-производственного предприятия (ЦБЭСРПП) в поселке Бектемир Ташкентской области с объемом работ 17,7 млн. руб. в

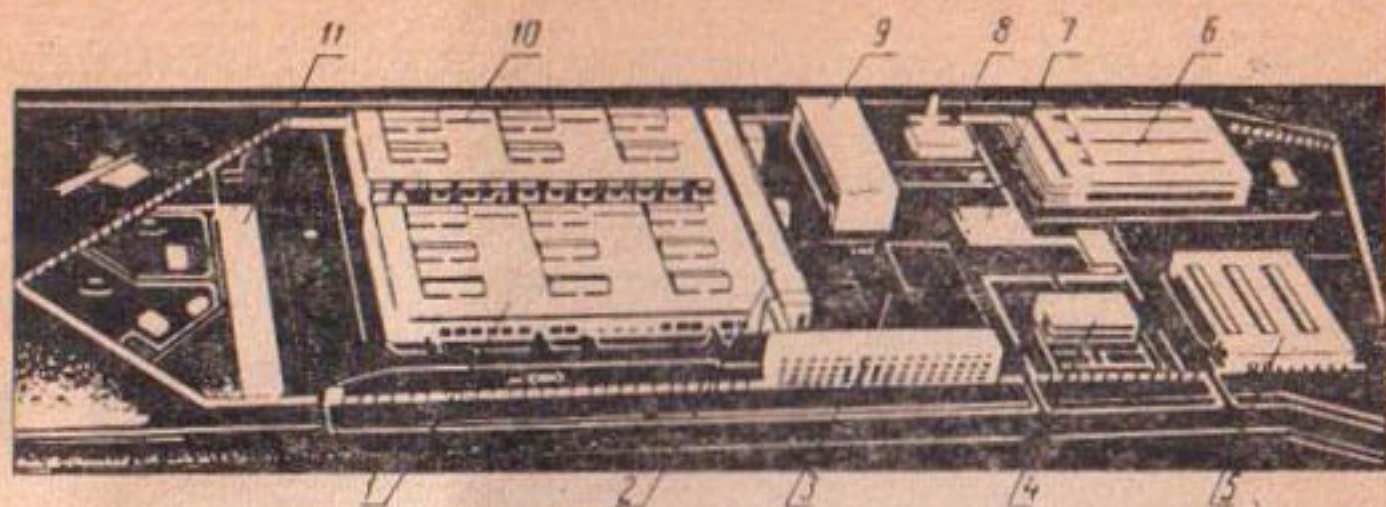


Рис. 22. Генеральный план ЦБ ЭСРПП:

1 — главный корпус; 2 — корпус малых цехов; 3 — административно-бытовой корпус; 4 — столовая на 350 мест; 5 — цех по деревообработке; 6 — цех стального нержавеющей литья; 7 — компрессорная станция; 8 — котельная; 9 — цех по ремонту крупногабаритных деталей; 10 — цех по изготовлению нестандартного гидротехнического оборудования; 11 — материальный склад.

год (рис. 22); четыре базы, одна из которых расположена в г. Тахиаташ Каракалпакской АССР, одна — в г. Гулистан Сырдарьинской области, две — в Бухарской области.

ЦБ ЭСРПП — главное предприятие, которое осуществляет капитальный и средний ремонт насосов всех типов в сумме 5,4 млн. руб. в год; ремонт силового электрооборудования — 2,4 млн. руб.; изготовление узлов и запасных частей к насосному, электросиловому и гидротехническому оборудованию — 2,0 млн. руб.; ремонт и наладку средств автоматики и телемеханики, изготовление гидрометрического оборудования, средств связи для оросительных систем, устройств автоматики и телемеханики — 1,7 млн. руб.; производство профильного, стального нержавеющей и цветного литья и антикоррозийных покрытий — 2,5 млн. руб.; изготовление гидротехнических металлоконструкций нестандартного оборудования — 2,8 млн. руб. и прочие работы — 0,9 млн. руб. в год.

Ремонт крупных насосных агрегатов и проведение пусконаладочных работ предусмотрено выполнять выездными ремонтными бригадами, оснащенными передвижными автолабораториями, мастерскими, кранами и пр.

В комплекс ЦБ ЭСРПП входят деревообрабатывающий цех с перспективной программой переработки 5000 м³ круглого леса в год для изготовления деревянных и столярных изделий; складское хозяйство, состоящее из трехэтажного здания, оборудованного грузовым

лифтом и кран-балками, и одноэтажного, оборудованного кран-балками; столовая на 450 посадочных мест; административно-бытовой корпус на 2000 работающих.

Для рабочих и их семей создается жилой городок на 10 000 жителей (первая очередь 5000 жителей) с поликлиникой, больницей, школой, магазинами, детскими садами и яслями, стадионом, кинотеатрами и водным комплексом.

Основные производственные и технико-экономические данные ЦБ ЭСРПП

Производственная программа	17,7 млн. руб/год
Количество работающих	2654 человека
Количество смен	2
Производственная площадь	31 460 м ²
Сметная стоимость строительства	16,2 млн. руб
Установленная мощность	18,8 тыс. кВт
Расход тепла	18 897 тыс. ккал/ч
Расход воды на производственные нужды	2021 м ³ /сут
Расход воды на хозяйственные питьевые нужды	414 м ³ /сут
Сброс в канализацию	2455 м ³ /сут
Выпуск продукции на одного работающего	6684 руб/год
Выпуск продукции на одного рабочего, занятого на производстве	8862 руб/год
Экономическая эффективность	12,0 млн. руб/год

Филиал в г. Гулистан имеет ремонтно-эксплуатационную базу для ремонта погружных насосных установок на системах вертикального дренажа с годовым объемом работ 0,24 млн. руб. Ремонтно-эксплуатационные базы в г. Бухара обеспечивают: первая — ремонт погружных насосов для скважин Бухарской, Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей (годовой объем работ 1,24 млн. руб.), вторая — ремонт насосов и изготовление запасных частей к ним (годовой объем — 0,85 млн. руб.). Филиал в г. Тахиаташ обеспечивает ремонт плавучих и стационарных насосных станций и землесосов для Каракалпакской АССР и Хорезмской области (годовой объем работ 1,35 млн. руб.).

Проектные группы при областных управлениях оросительных систем обеспечивают проектно-сметной документацией в сжатые сроки возросшие объемы ремонтно-строительных и эксплуатационных работ. Они составляют проектную и сметную документацию на ре-

монт всех видов сооружений, очистку межхозяйственной и внутрихозяйственной сети и ее реконструкцию, планировку, строительство коллекторов и дрен в колхозах и совхозах на договорных условиях. Проектные группы являются хозрасчетными организациями. В Узбекской ССР проектные группы при облУОС выполняют объем работ до 350 тыс. руб/год каждая, или 11 хозрасчетных групп — на 3 млн. руб., что обеспечивает выполнение ремонтно-строительных работ на 75 млн. руб.

Проектные группы непосредственно подчинены областным управлениям оросительных систем, техническое и организационное руководство ими осуществляет управление проектных работ Минводхоза республики.

Например, проектная группа Ташкентского областного управления оросительных систем имеет: начальника, бухгалтерию 3 человека, делопроизводителя, уборщицу, изыскательный отряд — 20 человек, главных инженеров проекта — 4 человека, руководителей проектных решений — групповых инженеров — 12 человек, каждый из которых руководит пятью инженерами и техниками. Общая численность проектной группы составляет 102 человека. Финансирование работ осуществляется за счет госбюджетных средств, отпускаемых на эксплуатацию оросительных систем, капитальный ремонт и капитальное строительство и средств хозяйств-водопользователей по договорам с ними.

С созданием хозрасчетных проектных групп улучшилось качество проектно-сметной документации ремонтно-строительных работ, а также сократилось время на выполнение этих работ.

Диспетчерская служба — основа оперативного управления современной оросительной системы и обеспечения высокой эксплуатационной надежности комплекса входящих в нее элементов. Она обеспечивает выдачу заданий и ведение контроля за режимом работы каналов, отстойников, водохранилищ, насосных станций и другой техники, заданий по ремонту и очистке сети, а также получение достоверной информации о водоносности источников орошения, заборе воды в каналы и их режиме работы. Диспетчерская служба осуществляет оперативное распределение воды на орошаемых территориях. Своевременное распоряжение диспетчера предупреждает аварии, позволяет предотвратить угрозу селей, паводков и др. Для связи главного дис-

петчера Минводхоза Узбекской ССР с диспетчерами облУОС, Большого Ферганского канала и Зеравшанского управления установлен телетайп. Кроме того, обеспечено беспрепятственное сообщение по междугородным линиям Министерства связи республики. Низовые звенья диспетчерской службы в облУОС, как правило, связаны ведомственными телефонными линиями, которые проложены вдоль каналов и имеют общую протяженность 7 тыс. км. Эксплуатируется более 100 коммутаторов МБ и ЦБ связи, более 30 автоматических телефонных станций, 15 станций селекторной распорядительной диспетчерской связи. Установлено более 2400 абонентских телефонов.

С 1968 г. ведутся научно-исследовательские и проектные работы по созданию автоматизированной системы управления (АСУ) на Зеравшане с орошаемой площадью свыше 550 тыс. га. По объему и сложности эта система не имеет себе равных. Потребуется создание устройств телемеханики радиусом действия 300—400 км, а также разработка теории расчета и функционирования оросительных систем. На первом этапе внедрения АСУ водохозяйственного комплекса (ВХК) Зеравшана электронно-вычислительные машины будут использоваться для решения технико-экономических задач орошаемого земледелия, в том числе для анализа стоимости воды по конечному результату ее использования по зонам, участкам, хозяйствам и полям. Создается математическая модель оросительной системы, разрабатываются алгоритмы оперативного и долгосрочного прогнозирования стока и оптимального использования оросительной воды во всех звеньях оросительной системы.

Начата реконструкция 300 гидротехнических сооружений, строительство линий связи и монтаж аппаратуры для передачи и обработки данных.

Завершение строительства второй очереди АСУ ВХК Зеравшана позволит шире использовать ЭВМ для управления комплексом гидротехнических сооружений на р. Зеравшан и Аму-Бухарском канале, что откроет практические возможности использования и переноса на другие массивы автоматизированных средств управления сложными режимами и процессами в эксплуатации современных мелиоративных систем.

Алексеевский Е. Е. Доклад на майском (1966 г.) Пленуме ЦК КПСС «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур», «Правда», 1966, 28 мая.

Абальянц С. Х. О турбулентности потока в придонной области. Труды САНИИРИ, вып. 96, Ташкент, 1958.

Алтуний В. С. Деформации русла каналов. М., «Колос», 1972.

Артамонов К. Ф. Регулировочные сооружения при водозаборе. АН КиргССР, Фрунзе, 1963.

Багров М. Н., Кружилин И. П. Оросительные системы и их эксплуатация. М., «Колос», 1971.

Бальсевичус А. И. О качестве экскаваторных работ при прокладке каналов. «Гидротехника и мелиорация», 1967, № 8.

Бебиашвили Ш. Л. Некоторые вопросы общей теории надежности работы систем, содержащих большое количество элементов. Тбилиси, 1958.

Бессребренников Н. К. Борьба с зарастанием отрегулированных водоприемников и каналов Полесья. Минск, 1958.

Весманов В. М., Динерштейн В. И. Новые машины для очистки внутрихозяйственных каналов. «Гидротехника и мелиорация», 1972, № 8.

Гантман В. Б., Розанцев Ю. М. Малая механизация на мелиоративных работах. «Гидротехника и мелиорация», 1971, № 6.

Гиршкан С. А. О транспортирующей способности каналов. «Гидротехника и мелиорация», 1953, № 6.

Гнеденко Б. В. Роль математики в решении проблемы повышения качества и надежности. М., 1965.

Данелия Н. Ф. Фронтальный водозабор с двусторонними боковыми наносоперехватывающими галереями. «Гидротехника и мелиорация», 1953, № 6.

Долгушев И. А. Исследование режимов работы головного сооружения Малка-Кура в борьбе с заилением каналов. «Труды ЮжНИИГиМ», вып. II. Ростов-на-Дону, 1969.

Долгушев И. А. Некоторые вопросы эксплуатации оросительных систем. «Гидротехника и мелиорация», 1973, № 6.

Долгушев И. А. О качестве воды и взвешенных наносов рек Баксана и Малки. «Почвоведение», 1973, № 7.

Долгушев И. А. Учет условий эксплуатации при расчете транспортирующей способности каналов оросительных систем. ЦБНТИ Минводхоза СССР, Сер. 1, вып. 7. М., 1973.

Долгушев И. А. Улучшение эксплуатации оросительных систем и хозрасчет. «Хлопководство», 1974, № 1.

Ефремов А. В. Результаты проверки формул транспортирующей способности. «Труды САНИИРИ», вып. 91. Ташкент, 1958.

Замарин Е. А. Транспортирующая способность открытых потоков. М., «Стройиздат», 1948.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Краткие сведения о надежности	4
Характеристика и оценка факторов, снижающих эксплуатационную надежность каналов оросительных систем	16
Пропускная и транспортирующая способность каналов при зарастании их русл растительностью	31
Меры по предупреждению зарастания и заиления оросительных каналов	50
Способы борьбы с растительностью на каналах оросительных систем	85
Биологические методы борьбы с сорняками на каналах	116
Организационные формы выполнения ремонта и очистки каналов оросительных систем	124
Указатель литературы	135

ИВАН АНДРЕЕВИЧ ДОЛГУШЕВ

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Редактор *Н. А. Саваренская*

Художник *С. В. Миклацевич*

Художественный редактор *М. Я. Волкова*

Технические редакторы *Н. К. Петрова, Н. П. Позикова*

Корректор *Д. Е. Ткачева*

Сдано в набор 20/II 1975 г. Подписано к печати 9/VI 1975 г. Формат 84×103¹/₂. Бумага тип. № 3. Усл. печ. л. 7,14. Уч.-изд. л. 7,53. Изд. № 121. Тираж 6000 экз. Зак. № 186. Цена 20 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос», 103716, ГСП Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19, г. Калинин. Областная типография.