

АКАДЕМИЯ НАУК КИРГИЗСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

НАЗАРОВ М. И.

Мощение каналов как метод борьбы
с размывами и потерями воды
в каналах и переустройства
оросительных систем

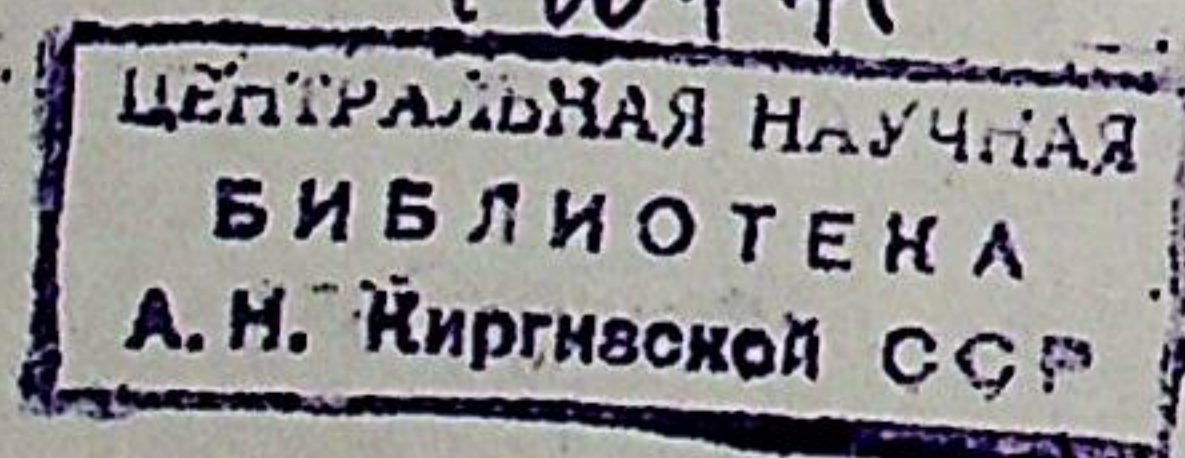
Автореферат
диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Фрунзе 1958

А-1

Реферируемая работа содержит 163 страницы текста, включая 27 таблиц и 58 чертежей.

Научный руководитель член-корреспондент ВАСХНИЛ, доктор технических наук, профессор Янишевский Н. А.



В директивах XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1956—1960 гг. поставлены огромные задачи по развитию сельского хозяйства нашей страны. В частности, по поливному земледелию поставлена задача: «Увеличить за пятилетие площадь орошаемых земель примерно на 2,1 млн. гектаров, в том числе 800 тыс. гектаров за счет переустройства оросительных систем и обеспечения водой неиспользуемых земель с оросительной сетью и 1,3 млн. гектаров—за счет вновь орошаемых земель».

По Киргизской ССР в целях развития орошаемого земледелия директивами XX съезда предусматривается: «Обеспечить строительство оросительной сети на площади 115 тыс. гектаров, обводнить за пятилетие примерно 1 миллион гектаров пастбищ. Завершить строительство Орто-Токойского водохранилища и Большого Чуйского Канала».

Развитие орошения возможно путем нового строительства водохранилищ и оросительных систем, а также путем использования внутренних резервов оросительных систем.

Наиболее важным резервом является уменьшение потерь воды на фильтрацию из каналов и потерь воды при поливах сельскохозяйственных культур. Использование этого резерва достигается путем переустройства сети каналов, применения антифильтрационных мероприятий и улучшения техники полива.

В реферируемой работе рассматривается самый распространенный в Киргизии метод переустройства каналов горных и предгорных оросительных систем путем их мощения булыжным камнем.

Булыжная мостовая предохраняет каналы от размывов большими скоростями течения воды ($V > 2$ м/сек) и создает

условия для естественной кольматации ложа, что уменьшает потери воды на фильтрацию в 2—3 раза.

Реферируемая работа результат обобщения опыта проектирования, строительства и эксплуатации мощных каналов в Киргизской ССР, а также проведенных нами экспериментальных исследований работы мощных каналов. В работе так же использованы исследования САНИИРИ (Туркин, Валентини) и Фрунзенского облводхоза.

Работа состоит из введения, 4-х глав и заключения.

К первой главе приводится краткая характеристика особенностей эксплуатации горных и предгорных оросительных систем. Излагается опыт строительства мощных каналов в Киргизской ССР и их технико-экономические показатели.

Во второй главе излагаются результаты проведенных исследований по гидравлике потока в мощных каналах. Дается обзор существующих зависимостей по коэффициенту шероховатости и скоростному множителю «С» (Гончаров, Агроскин, Никурадзе, Зегжда, Мостков и др.) профилю скоростей (Караушев, Шамов, Великанов, Гончаров и др.) и по размывающим и допускаемым скоростям для наносов и булыжной мостовой (Гончаров, Великанов, Орлов, Никитин, Алышев и Легостаев, Валентини, Патрушев и др.).

На основании обработки результатов исследований гидравлических зависимостей в мощных каналах, проведенных нами и САНИИРИ (Валентини), а так же анализа существующих зависимостей, предлагаются новые зависимости по определению размывающих скоростей в мощных каналах и скоростного множителя «С» в формуле Шези. Составлены таблицы величин коэффициентов шероховатости для каналов с различным состоянием мостовой и номограмма для определения размывающей и допускаемой скорости в мощных каналах.

В третьей главе рассматриваются некоторые особенности проектирования мощных каналов—выбор рационального поперечного профиля, допускаемых на размыв скоростей, проектирование сопрягающих сооружений и др.

В четвертой главе даны рекомендации по строительству мощных каналов, производству мостовых работ и антифильтрационным мероприятиям.

В заключении ставится ряд вопросов дальнейших исследований, разрешение которых повысит эффективность использования водных ресурсов Киргизской ССР.

1. Мощные каналы предгорных оросительных систем Киргизской ССР

Предгорная зона Киргизии представляет собой волнистую равнину, образованную конусами выноса горных рек и межконусными пространствами. Уклоны поверхности изменяются от 0,05 до 0,01. Грунты—галечниковые, покрытые с дневной поверхности суглинками различной мощности (0,5—2 м). Грунтовые воды залегают на большой глубине (40—80 м).

Земельный фонд предгорных систем часто превышает оросительную способность источников орошения, а режим стока горных рек не соответствует режиму водопотребления и водообеспеченность существующих площадей орошения в мае—июне составляет 50% от нормального водопотребления.

В таких условиях изыскание внутренних резервов для улучшения водообеспеченности площадей существующего орошения и возможности развития орошения является важнейшей задачей.

Магистральная и распределительная сеть каналов предгорных оросительных систем расположена, как правило, по наибольшему уклону местности. Вследствие больших скоростей течения воды ($V > 2$ м/сек) происходит размыв верхнего суглинчатого слоя грунта ложа канала и в последующем к формированию канала в широкую пойму с валунно-галечниковым ложем. Большая водопроницаемость галечниковых грунтов и большая протяженность холостых частей каналов, их распластанное поперечное сечение, приводят к большим потерям воды на фильтрацию. Средний процент потерь воды в этих каналах при расходе 1 м³/сек равен 9,6% на км длины. Столь большие потери воды на фильтрацию обуславливают низкие коэффициенты полезного действия предгорных оросительных систем (0,5—0,4).

Таким образом уменьшение потерь воды на фильтрацию в каналах системы может создать значительные внутренние резервы, использование которых позволит улучшить водообеспеченность площадей существующего орошения и оросить новые площади.

Мощение каналов булыжным камнем—наиболее распространенный в Киргизской ССР метод борьбы с размывами и потерями воды на фильтрацию. Наличие достаточного количества булыжного камня вблизи объектов переустройства, обусловили широкое распространение мощных каналов, как основного метода переустройства (реконструкции) каналов предгорных оросительных систем Киргизии.

Первый мощный канал в Киргизии «Джон» протяженностью 2,5 км на расход в 6 м³/сек был построен в 1936 году. В этом же году был отмощен участок канала Джетыген системы

реки Карабалты протяженностью 1450 м; $Q=7$ м³/сек. Эти каналы продолжают работать и до настоящего времени, а в Армянской ССР до сих пор работает мощный канал, построенный в 1905 году, что свидетельствует о долговечности этого вида облицовки.

В настоящее время в Киргизской ССР действует 522 км мощеных каналов, при общей протяженности межхозяйственных каналов 8000 км.

Сокращение потерь воды на фильтрацию (≈ 3 раза) в реконструируемых каналах достигается путем их спрямления и уменьшения длины, уменьшения смоченного периметра, повышения скоростей течения воды и обеспечения условий для естественной кольматации ложа канала.

Булыжная мостовая, в условиях горных и предгорных оросительных систем Киргизии, имеет ряд преимуществ перед другими видами одежд. Главные из них следующие: а) гибкость крепления; б) простота конструкции и несложность выполнения; в) сравнительно небольшая стоимость крепления при наличии возможности применения местных строительных материалов; г) устойчивость крепления при повышенных скоростях течения воды; д) способность к самозакреплению вследствие прорастания мостовой травяной и мелкой кустарниковой растительностью; е) морозоустойчивость, т. к. материал крепления не реагирует на резкие колебания температуры; ж) долговечность крепления; з) повышенная шероховатость мощеных каналов уменьшает скорость течения воды, а также уменьшает количество необходимых сооружений для гашения избыточной энергии; и) сокращение потерь воды на фильтрацию (2—3 раза), вследствие естественной кольматации.

К недостаткам этого типа одежд следует отнести следующие:

а) сокращение потерь воды на фильтрацию происходит не сразу, поэтому, для получения эффекта в первый же год эксплуатации канала приходится проводить специальные противофильтрационные мероприятия (кольматация, экран из суглинка);

б) отсутствие в настоящее время механизмов для выполнения мостовых работ повышает их трудоемкость.

В условиях горных и предгорных оросительных систем Киргизии булыжная мостовая имеет преимущества перед бетонной облицовкой и мостовой, уложенной на цементном растворе, которые разрушаются от резких колебаний температур характерных для Киргизии и требуют большого количества цемента для их ремонта.

Технико-экономические показатели и эффективность мощеных каналов. По данным Фрунзенского облводхоза стоимость мощения одного километра канала колеблется в пределах 158—30 тыс. руб. Средняя стоимость мощения 1 км канала равна 71 тыс. руб.

Сокращение потерь воды на фильтрацию (≈ 3 раза) позволяет за счет съэкономленной воды при мощении 1 км канала дополнительно оросить в среднем 265 гектаров новых земель. Таким образом стоимость одного гектара прироста орошаемой площади за счет антифильтрационных мероприятий составит от 500 до 750 руб/га, с учетом строительства мелкой сети и ее арматуры. Так например, по системе Кара-Унгур-Сай стоимость прироста орошаемой площади равна 575 руб/га.

Стоимость 1 га нового орошения значительно дороже 1 га прироста орошаемой площади при переустройстве. Так например, 1 га орошения по проблеме БЧК стоит в среднем 1700 руб. (без магистрального канала).

По данным Фрунзенского облводхоза только за счет мощения каналов весной 1949 г. длиной 29,77 км, экономия воды составила 1,87 м³/сек, которой было орошено 4102 га.

II. Вопросы гидравлики мощеных каналов

Краткий обзор предшествующих исследований. На основании анализа работы мощеных каналов Алышев и Легостаев предложили формулу для определения допускаемой скорости в мощеных каналах $V_d=0,9\sqrt{d}$, где: V_d —допускаемая скорость в м/сек, d —диаметр камня в мостовой в см. Ими же даны значения коэффициентов шероховатости мостовой в зависимости от крупности камня в ней и соотношения параметров поперечного профиля для мощеных каналов ($\beta=5-8$).

В. А. Шаумян и М. Ф. Патрушев путем подстановки в вышеуказанную формулу различных коэффициентов приходят к формулам по структуре аналогичным формуле Алышева-Легостаева.

Л. А. Валентини в результате проведенных исследований и обработки опытных данных исследований других авторов приводит таблицу коэффициентов шероховатости мощеных каналов. За основу допускаемых скоростей принимает уравнение Гончарова В. Н. для неподвижной скорости, заменяя в ней числовой множитель через параметр «К» и глубину наполнения через гидравлический радиус «R». В результате он дает величину параметра «К» для различных категорий мостовой и величину допускаемых скоростей в мощеных каналах.

Недостаточность предшествующих исследований, а также узкий характер исследований САНИИРИ вызвали необходи-

мость проведения дополнительных исследований гидравлических элементов мощных каналов.

Состав и содержание исследований выполненных автором.

Исследование гидравлических элементов мощных каналов проводилось нами в 1954—55—56 гг. на специально устроенных мощных опытных каналах и на действующих мощных каналах Фрунзенской области.

В 1954 году опытный канал № 1 имел следующие габариты: общая длина $S = 120$ м, уклон $0,025 \div 0,035$, $m = 1,5$ Н стр. $= 0,7$ м, $b = 0,6$ м, $Q_{\text{макс.}} = 1,6$ м³/сек.

В 1955 году опытный канал был уширен—по дну $b = 1,0$ м, уклон $0,0287 \div 0,03$, $Q_{\text{макс.}} = 2,0$ м³/сек. В 1956 году канал имел размеры— $b = 1,20$ м, уклон $0,038$, $Q_{\text{макс.}} = 2,3$ м³/сек.

Опытный канал вымачивался, поочередно камнем различной крупности от $d = 0,05$ до $d = 0,25$ м с интервалом через $0,05$ м. Мощение проводилось одиночной мостовой без гравийной подготовки, т. к. ложе канала сложено из галечниковых грунтов. Повторность мощения камнем $d = 0,10$; $0,15$; $0,20$ м двухкратное при разной ширине канала по дну.

Опытный канал № 2 был построен в 1956 году силами Фрунзенского облводхоза, длина канала (рабочая часть) 80 м; ширина по дну $b = 1,5$ м, уклон $0,035 \div 0,40$; $Q = 3$ м³/сек. Канал отмачивался камнем $d = 0,25 \div 0,30$ м и $d = 0,20 \div 0,25$ м.

Постепенным увеличением расхода воды в опытных каналах мостовая доводилась до размыва. Повторность размывов трехкратная.

В опытных каналах были испытаны на размыв крепления с толщиной мощения $0,05$; $0,10$; $0,15$; $0,20$; $0,20-0,25$; $0,25-0,30$ м.

При пропусках воды по опытным каналам замерялись глубина, скорость, распределение скоростей на вертикали, уклон водной поверхности и расход.

Скорости и глубины на действующих каналах замерялись в двух створах—один на гидрометрическом посту службы эксплуатации, другой в середине выбранного участка. Глубины замерялись специальными масштабными измерителями; отсчет по дну производился при сухом канале. Такая методика позволила замерять глубину с точностью $0,5$ см.

Скорости замерялись вертушкой Ж—3 на вертикалях через $0,25$ м. Замеры двух-трехкратные с точностью $1-2\%$. Распределение скоростей на вертикали определялось по данным замера в $10-15$ точках скоростей трубкой Ребока. Уклон водной поверхности замерялся по занивелированным колышкам на границах участка. Точность отсчета от вершины колышка до водной поверхности $0,3-0,5$ см.

Для полевых исследований на действующих мощных кана-

лах были выбраны участки длиной $80-150$ м, прямолинейные с однообразным поперечным сечением и уклоном. Всего было взято под наблюдение 14 участков. Эти участки каналов имели уклоны от $0,0142$ до $0,068$, с расходами от $0,5$ м³/сек. до $5,12$ м³/сек.

На всех участках исследования, перед началом работы каналов, была произведена нивелировка участков и замерена высота выступов камня в мостовой $\Delta_{\text{ср}}$. Для 7 участков мощных каналов были построены эпюры распределения скоростей на вертикалях при различных наполнениях. На двух участках действующих каналов были зафиксированы размывы мостовой (сброс Караго $d = 0,40$ м, канал Туш новый $d = 0,25-0,30$ м).

Результаты проведенных исследований и обобщение материалов исследований прошлых лет позволили получить некоторые новые зависимости гидравлических элементов мощных каналов, необходимые для их расчета.

Скоростной множитель «С» и коэффициент шероховатости мощного канала. Для определения скоростного множителя «С» предложено ряд эмпирических формул (Маннинг, Гангулье-Куттер, Базен, Павловский, Агроскин, Гончаров, Никурадзе, Зегжда и др.).

Проф. А. А. Сабанеев на основании анализа формулы Никурадзе установил границы применимости наиболее распространенных формул для коэффициента «С». Его анализ показывает, что существующие формулы для скоростного множителя «С» справедливы для тех условий, в которых они получались. Для малых «R» и больших $\Delta_{\text{ср}}$, которые имеют место в мощных каналах удовлетворительных формул еще не существует.

А. П. Зегжда в результате проведенных опытов в прямоугольных лотках различной шероховатости, получил формулу аналогичную формуле Никурадзе. В опытах Никурадзе и Зегжда охвачена область шероховатости с минимальным отношением $\frac{R}{\Delta} = 7,5$. При определении величины «Δ» по формуле Зег-

жда ($\frac{C}{\sqrt{2g}} = 4lg \frac{R}{\Delta} + 4,25$) из опытных данных с $\frac{R}{\Delta_{\text{ср}}} < 7,5$

величина «Δ» получается переменной, закономерно убывающей с увеличением гидравлического радиуса потока ($\Delta_{\text{ср}}$ —замеренная величина выступов шероховатости; Δ —вычисленная по формуле Зегжда). Это положение было замечено Зегжда при обработке опытов Базена (серия 5). В мощных каналах, как правило, $\frac{R}{\Delta_{\text{ср}}} < 7,5$, поэтому формула Зегжда для определения

скоростного множителя «С» в мощных каналах не удовлетворительна.

По коэффициенту шероховатости рекомендации различных авторов исходят из крупности камня в мостовой, не учитывая состояние мостовой, а некоторые учитывают только состояние мостовой (качество укладки). Наиболее правильными, по-видимому, надо считать те рекомендации, которые учитывают все факторы, влияющие на шероховатость мостовой. По величине коэффициента шероховатости имеющиеся рекомендации отличаются друг от друга незначительно.

Для определения скоростного множителя «С» и коэффициента шероховатости мощеных каналов на наших участках исследования гидравлических зависимостей в мощеных каналах были замерены величины выступов камня в мостовой. Линейной величиной выступов камня в мостовой считалось расстояние от гребня камня до впадины с соседним камнем. Измерялось 200—250 характерных выступов камня и из них бралась средняя величина « $\Delta_{\text{ср}}$ ».

Определение скоростного множителя «С» из опытных данных производилось по формуле $V = C\sqrt{Ri}$, где: V —средняя по сечению скорость; R —гидравлический радиус; i —уклон водной поверхности.

Для выявления зависимости $\frac{C}{\sqrt{2g}} = f\left(\frac{R}{\Delta_{\text{ср}}}\right)$ по опытным данным строим график в логарифмической анаморфозе (рис. 1) и находим, что опытные точки располагаются по зависимости:

$$\frac{C}{\sqrt{2g}} = 2,8 + 7,5 \lg \frac{R}{\Delta_{\text{ср}}} \quad (1)$$

Это уравнение принято нами за основное для определения скоростного множителя в мощеных каналах.

Хорошей аппроксимацией этого уравнения при $\frac{R}{\Delta_{\text{ср}}} > 1,5$ будет простая зависимость:

$$C = 16,25 \left(\frac{R}{\Delta_{\text{ср}}}\right)^{1/2} \quad (2)$$

Движение воды в мощеных руслах аналогично движению воды на быстротоках повышенной шероховатости. Режим движения потока в большинстве мощеных каналов бурный ($Пк > 1$), уклоны, как правило, более критических, следовательно, мощеные каналы—это быстротоки повышенной шероховатости.

При малых глубинах в мощеных каналах меняется режим движения потока; наблюдается волнообразное движение потока. Поэтому зависимости гидравлических элементов, полученные при нормальных наполнениях не удовлетворяют условиям

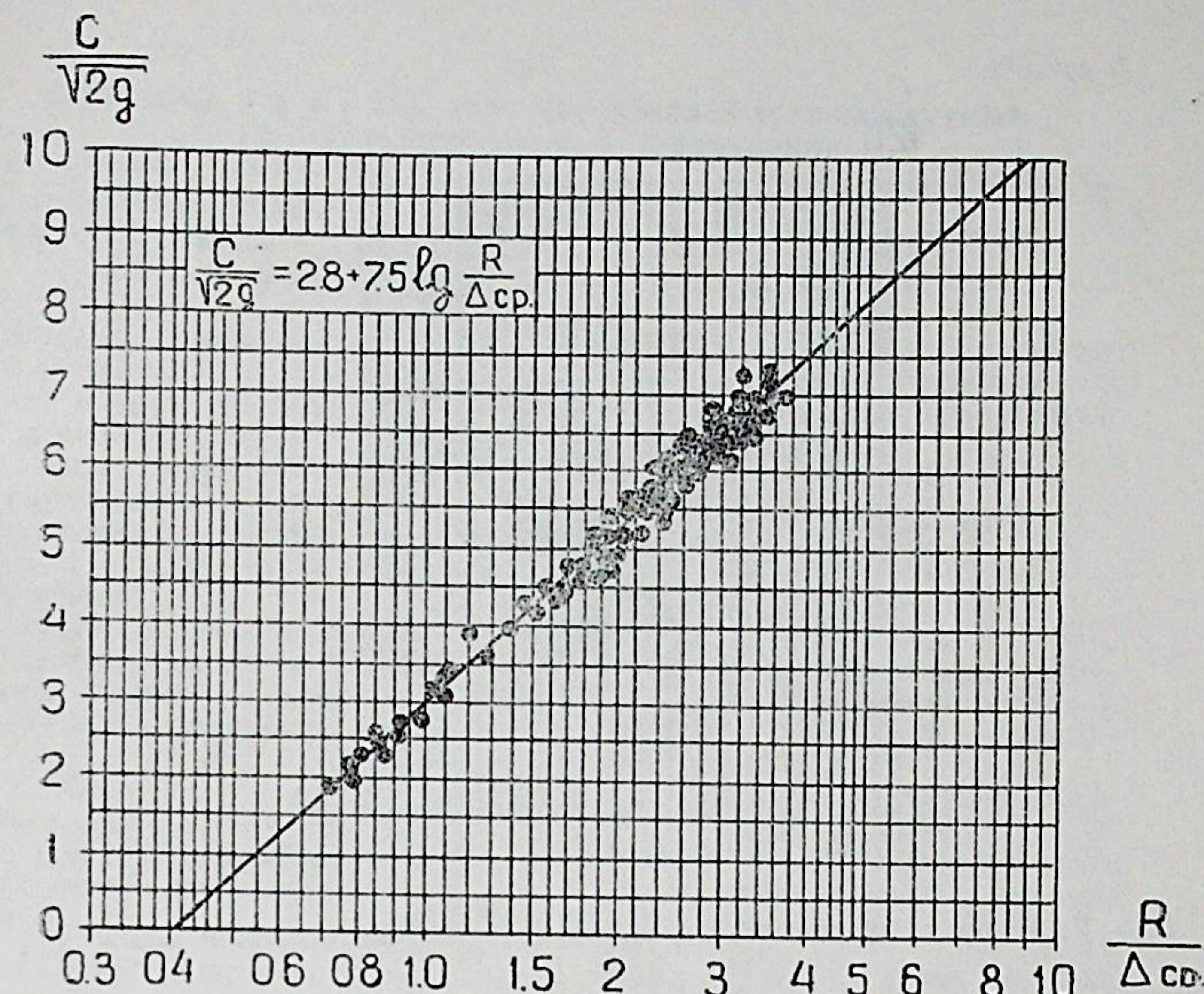


Рис. 1.
График зависимости $\frac{C}{\sqrt{2g}} = f\left(\frac{R}{\Delta_{\text{ср}}}\right)$ по опытным данным.

малых наполнений. Это видно из рис. 2, где опытные точки имеют перелом при $\frac{R}{\Delta_{\text{ср}}} = 1,5$.

При подсчетах коэффициента шероховатости по опытным данным установлено, что он находится в обратной зависимости от гидравлического радиуса, увеличиваясь с уменьшением его и наоборот. Это положение подтверждает исследования прошлых лет, как на быстротоках повышенной шероховатости (М. С. Вызго и В. Н. Дмитровский 1931 г. К. И. Лысов), так и на горных мощеных каналах (Шебалин, Валентини 1953 г.).

В результате проведенных исследований мы предлагаем таблицу значений коэффициентов шероховатости— n и $\Delta_{\text{ср}}$ для мощеных каналов (см. табл. 1).

Распределение скоростей по вертикали в мощеных каналах. Отсутствие надежной теории по распределению скорости на

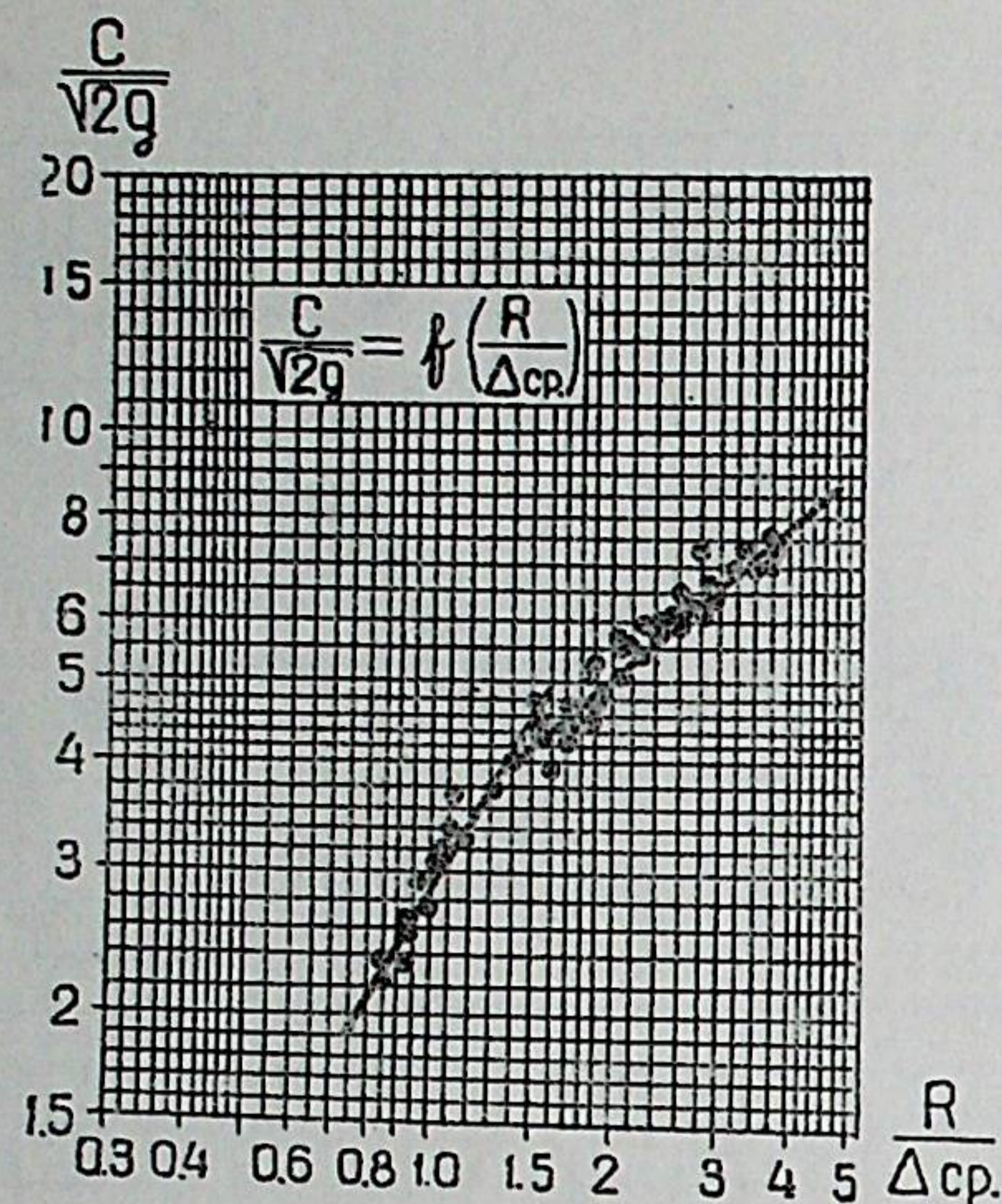


Рис. 2. График зависимости $\frac{C}{\sqrt{2g}} = f\left(\frac{R}{\Delta_{cp}}\right)$ по опытным данным.

вертикали, привело к необходимости создания эмпирических формул для расчета этого распределения.

Первые формулы такого типа были степенными (Базен, Гончаров, Вольтман и др.), вытекающими из так называемого «закона одной седьмой». Позднее было предложено логарифмическое распределение скоростей по вертикали (Ясмунд, Никурадзе, Великанов, Гончаров). Караушев В. В. предложил эллиптическую зависимость изменения скоростей по вертикали.

Все вышеупомянутые зависимости по распределению скоростей по вертикали получены для условий отличных от условий, в которых движется поток в мощных руслах. Применение формулы Великанова М. А. затруднено также незнанием точной величины постоянной Кармана κ , величина которой многими авторами оспаривается (Железняков, Шевелев и др.).

В проведенных нами исследованиях распределения скоростей на вертикалях в мощных каналах, построение эпюр производилось по данным определения скорости при помощи трубки Ребока. Трубка помещалась от дна на расстоянии 0,5—1,0 см и замерялись скорости в 10—15 точках по вертикали. Таким образом было построено свыше 300 эпюр для опытных и действующих мощных каналов.

Таблица 1

Значение n и Δ_{cp} для мощных каналов (рекомендуемые на основании наших исследований)

Состояние мостовой (качество укладки)	n	Δ_{cp} м	Примечание
Хорошо уложенная, ровная мостовая с подгонкой плоскостей камня	0,0230—0,0275	0,08—0,12	1) Величина n принята средняя для участка; подсчитана по формуле Павловского
Удовлетворительная укладка, промежутки между камнями плохо расклинованы, имеются резкие выступы отдельных камней	0,0275—0,0315	0,12—0,19	
Плохая укладка, много выступов отдельных камней, камень подобран плохо, расклиновка плохая	0,0315—0,0380	0,19—0,25	2) Значения n и Δ_{cp} даны для обычно применяемого диаметра камня в мостовой $d=0,20—0,35$ м.
Расстроенная мостовая, участки горных рек, проходящие среди валунов.	более 0,038	более 0,25	

$$C = \frac{1}{n} R^y$$

при $y = 1/4$

3) Мостовая не заросшая.

4) Меньшие Δ_{cp} даны для меньшей толщины мостовой и наоборот.

Построив по опытным данным график $U=t(\eta)$ (рис. 3) можно видеть, что наиболее подходящей формой зависимости будет степенная $U = 1,30 V \eta^{1/3}$, (3).

где U —скорость в точке; V —средняя скорость на вертикали;

$$\eta = \frac{y}{H}, \quad y \text{—расстояние до точки от дна; } H \text{—глубина на}$$

вертикали.

Для определения устойчивости мостовой на размывающее действие потока, необходимо знать величину придонных скоростей, которые непосредственно воздействуют на крепление.

На основании замеров придонных скоростей мы установили следующую зависимость придонной скорости ($U_{дон}$) от средней скорости на вертикали (V), средней высоты выступов камня в мостовой (Δ_{cp}) и гидравлического радиуса (R).

$$U_{дон} = V \left(\frac{\Delta_{cp}}{R} \right)^{2/3} \quad (4)$$

Размывающие скорости для булыжной мостовой. Изучение размывающих скоростей течения воды для грунтов и различных креплений было предметом многих исследований. Однако ввиду сложности вопроса он не получил еще достаточного разрешения.

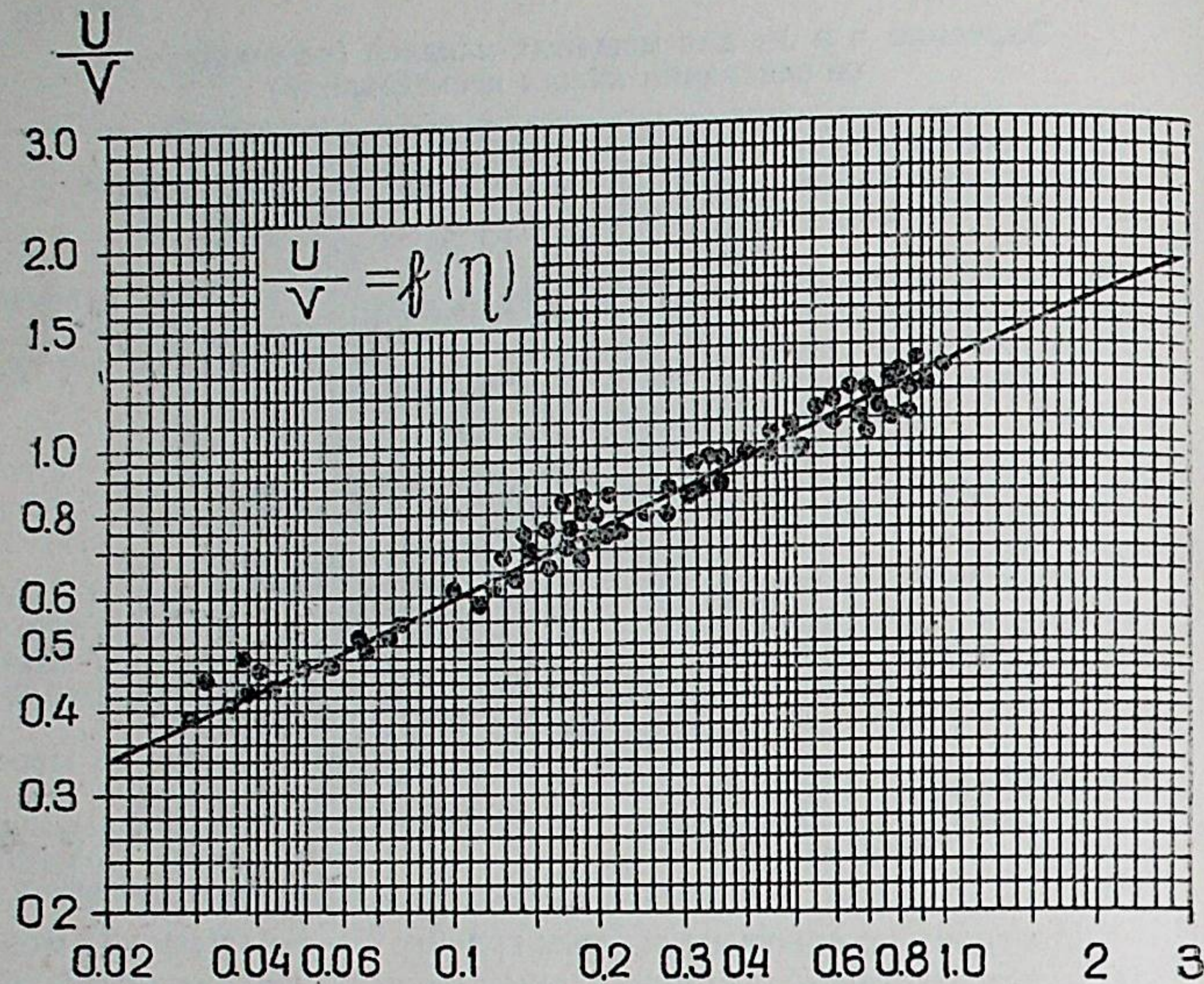


Рис. 3. График зависимости $\frac{u}{v} = f(\eta)$ по опытным данным.

Прямых указаний и нормативных данных по размывающим скоростям для булыжной мостовой недостаточно. Для несвязных грунтов имеются предложения по размывающим скоростям, которые некоторыми авторами применяются и к булыжной мостовой. К таким зависимостям относятся уравнения Санжана, Гончарова, Шамова, Великанова, Орлова, Никитина и др. Все эти зависимости получены для наносов и некоторые из них (Гончарова, Шамова, Великанова) дают размывающие скорости значительно меньше тех, при которых происходит размыв мостовой, уложенной из камня одинаковой с наносами крупности, другие (Орлов, Никитин) дают размывающие скорости близкие к размывающим скоростям для мостовой. Поэтому было бы неправильным применять эти зависимости для определения размывающих скоростей в мощеных каналах.

Характер воздействия потока на мостовую имеет большое сходство с его воздействием на крупные наносы, но отличается также некоторыми особенностями. Во-первых, мостовая сопро-

тивляется лобовым усилиям потока как монолитная одежда, действие лобовых усилий на один камень передается на рядом стоящие. Во-вторых, лобовое усилие потока воспринимается не всем камнем, а как правило, его частью, представляющей величину выступа камня в мостовой. В-третьих, в турбулентном потоке мощеных каналов на выступах камня в мостовой возникают подъемные усилия, которые нельзя не учитывать.

Таблица 2

Размывающие скорости для булыжной мостовой по опытным данным

Год исследования	Наименование канала	Ширина по дну в м в	Гидравлич. радиус в м R	Толщина камня в мостовой в м d	Средняя высота выступ. м. Δер	Средн. по сечен. размывающ. скор. м-сек.	Уд. вес камня т-м³
1954	Опытный канал № 1	0,6	0,180	0,05	—	1,40	2,8
»	»	0,6	0,209	0,10	—	2,25	2,8
»	»	0,6	0,259	0,15	—	2,80	2,8
»	»	0,6	0,238	0,20	—	2,92	2,8
1955	»	1,0	0,236	0,10	0,04	2,50	2,8
»	»	1,0	0,258	0,15	0,073	2,73	2,8
1956	»	1,20	0,268	0,20	0,09	2,90	2,8
»	Опытный канал № 2	1,50	0,287	0,20—0,25	0,095	2,95	2,6
»	»	1,50	0,247	0,20—0,25	0,095	2,55	2,6
»	»	1,50	0,303	0,25—0,30	0,12	3,54	2,6
»	Сброс Караго	5,90	0,225	0,35—0,40	0,12	3,15	2,8
»	Туш Новый	4,0	0,215	0,25—0,30	0,11	2,62	2,6

Изучение размывающих скоростей проводилось нами, главным образом, в опытных каналах, а также при размывах действующих мощеных каналов.

Как было указано, путем повышения расхода воды в опытных каналах, их мостовая доводилась до разрушения, причем при больших скоростях потока, повышение расходов производилось через 4—6 дней, после того, как становилось очевидным, что данная испытываемая скорость потока мостовую не разрушает.

В результате проведенных исследований получены размывающие скорости для одиночной мостовой на галечниковом основании, при различных поперечных сечениях мощеных каналов, которые приведены в табл. 2.

Полученные нами опытные данные по размывающим скоростям для булыжной мостовой позволяют установить основные зависимости и вывести уравнение размывающих скоростей.

Принимаем за основу уравнение равновесия камня на дне потока по проф. Гончарову В. Н. $\alpha_0 \frac{u_d^2}{2g} = \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma} d$, где α_0 —

постоянный коэффициент, U_d —придонная скорость $м/сек$, γ_1 и γ —объемный вес наносов и воды $т/м^3$, d —средний диаметр наносов в $м$.

Путем подстановки в это уравнение придонной скорости для мощных каналов и вычисления постоянного множителя по опытным данным размывов мостовой и других преобразований, мы получили выражение для размывающих скоростей:

$$V_{раз} = 0,0507 \xi C^{1/3} \sqrt{d(\sigma-1)}, \quad (5)$$

где $V_{раз}$ —размывающая скорость, средняя по сечению в $м/сек$, ξ —коэффициент формы русла, C —скоростной множитель, d —диаметр камня в мостовой, σ —удельный вес камня.

После соответствующего преобразования уравнения (5) можно получить выражение $V_{раз}$ в обозначениях обычно принятых для расчета канала:

$$V_{раз} = 0,0507 \frac{Q^{0,12}}{n^{1,21} j^{0,06}} \frac{(\beta + 2m')^{0,09}}{(\beta + m)^{0,21}} \sqrt{d(\sigma-1)} \quad (6)$$

Эти уравнения (5; 6) сложны для пользования ими при расчетах, поэтому для определения размывающих скоростей мы предлагаем пользоваться составленными нами номограммами (рис. 4, 5).

Таким образом, в результате опытных исследований размывов мостовой нами получены новые зависимости размывающих скоростей мощных каналов, охватывающие целый комплекс факторов, определяющих устойчивость этих каналов на размыв.

III. Особенности проектирования мощных каналов

Основные условия проектирования продольного и поперечного профиля. Проектирование мощных каналов в продольном и поперечном профиле имеет много общего с проектированием обычных земляных каналов, при этом необходимо иметь в виду следующее:

В мощных каналах не рекомендуется допускать резких переломов уклона в продольном профиле во избежание отложения наносов. Для очистки каналов от наносов механизмами, необходимо аккумулировать их на фиксированных участках с малыми уклонами.

Трасса мощного канала должна проходить по кратчайшему расстоянию, по наибольшему уклону местности, что дает возможность использовать все преимущества булыжной мостовой и достигнуть сокращения объемов земляных работ.

Поперечный профиль мощного канала должен иметь мини-

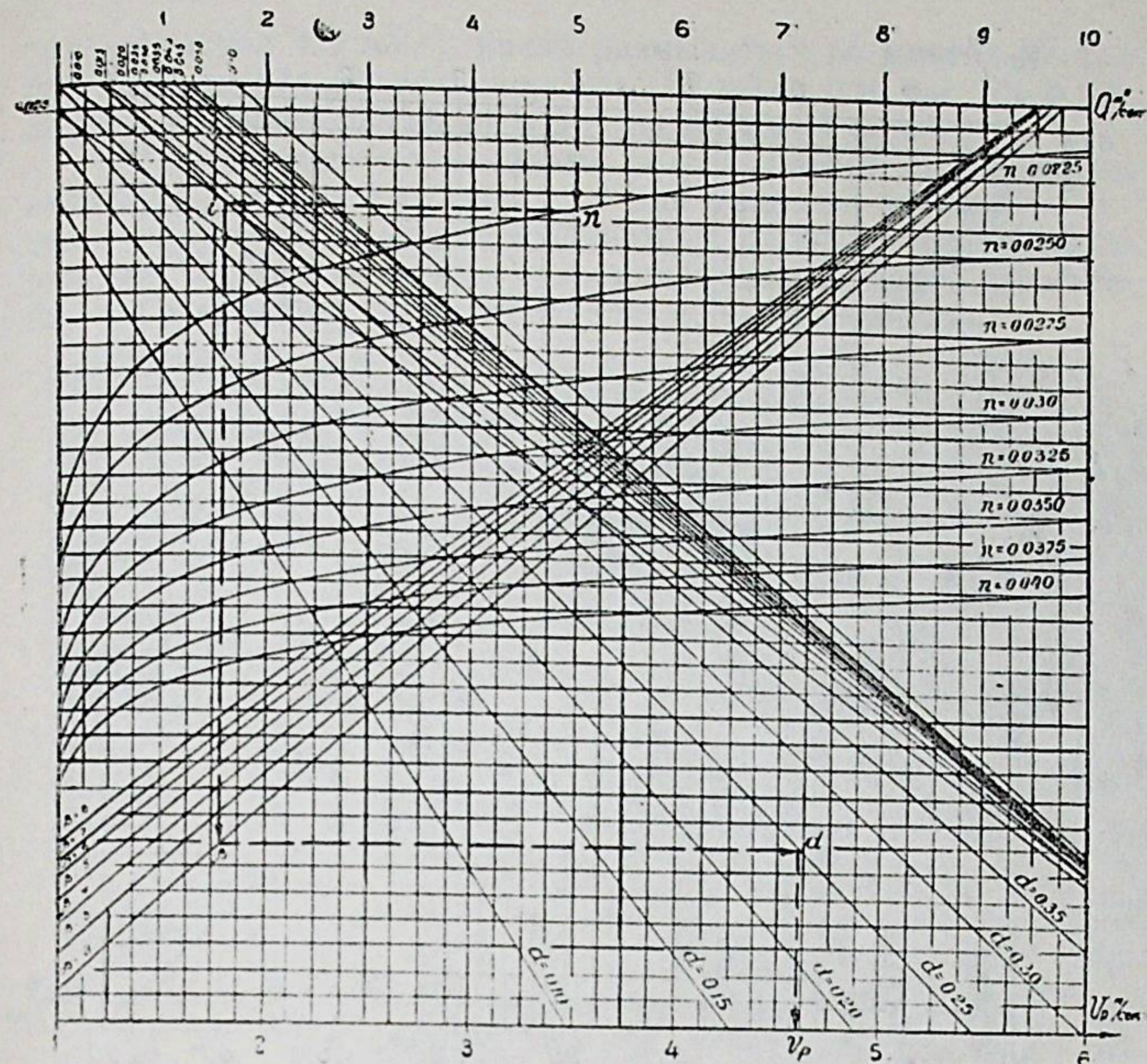


Рис. 4. Номограмма для определения размывающих скоростей в мощных каналах. $m=1,5$
 $V_{доп} = K_0 K_3 V_{раз}$

мальную смоченную поверхность, что позволит уменьшить объема мостовых работ, а следовательно, и стоимость мощения канала.

Число поворотов трассы канала должно быть минимальным, так как извилистый продольный профиль приводит к неравномерному распределению скоростей в поперечных профилях на поворотах, отложению наносов на поворотах, повышению местных скоростей и, как правило, размыву мостовой в этих местах.

Допускаемые на размыв скорости. Вопрос о допускаемых на размыв скоростях для булыжной мостовой является наиболее важным в проектировании мощных каналов, так как от них зависят гидравлические элементы канала, его технико-экономические показатели.

Все существующие рекомендации значительно отличаются

14074ф
 ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
 БИБЛИОТЕКА
 А.Н. КИРГИЗСКОЙ ССР

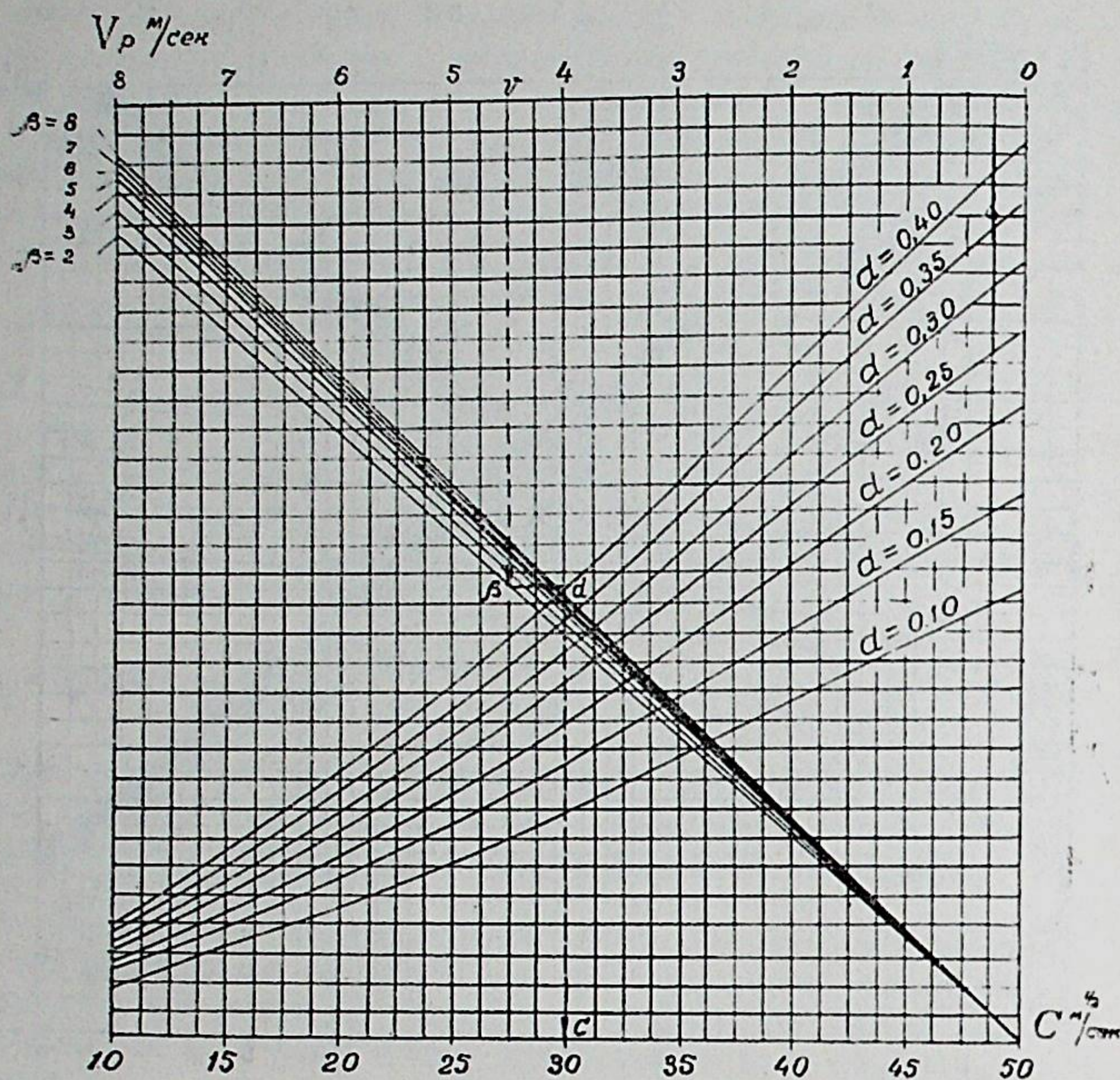


Рис. 5. Номограмма для определения размывающих скоростей в мощных каналах $m=1,5$
 $V_{\text{доп}} = V_{\text{раз}} \cdot K_0 \cdot K_3$

по величине допускаемых скоростей, так для одиночной булыжной мостовой они варьируют в пределах от 2 до 6 м/сек.

Рекомендации допускаемых скоростей Алышева-Легостаева для мощных каналов резко завышены. Как показывает практика, каналы, в которых были приняты допускаемые скорости по этим рекомендациям, как правило, не выдерживают этих скоростей и мостовая размывается.

Так, например, канал Лебединовский с мостовой толщиной 25—30 см начал разрушаться при скоростях близких к 3 м/сек, в то время как допускаемая скорость по Алышеву-Легостаеву составляет 4—4,5 м/сек. Сброс Караго, рассчитанный на пропуск расхода 6 м³/сек при скоростях 5—6 м/сек начал размываться при пропуске расхода в 4,6 м³/сек и скорости 3,15 м/сек. Канал Туш Новый, мостовая из булыжника 25—30 см, расчи-

тан на расход 4,5 м/сек, начал размываться во многих местах при расходе 2,74 м³/сек и скорости 2,62 м/сек (см. рис. 6). В подобных условиях работают и другие мощные каналы.

Рекомендуемые нормативами и различными источниками величины допускаемых скоростей для мощных каналов не соответствуют практическим условиям их работы и фактическим данным; противоречивость рекомендаций затрудняет применение их в практике проектирования мощных каналов.

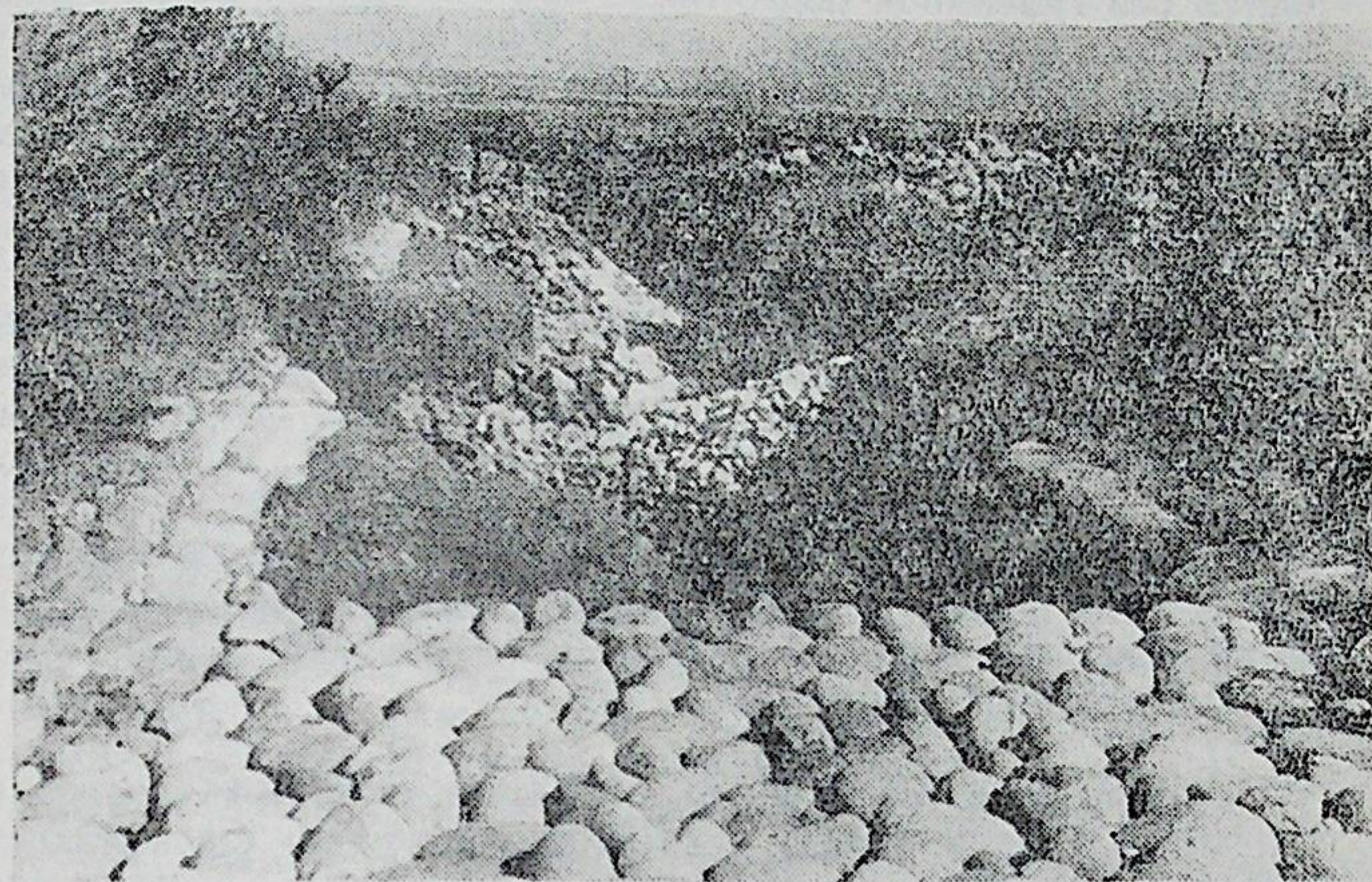


Рис. 6. Разрыв мостовой на канале Туш новой системы р. Ала-Арча.

Рекомендуемые автором допускаемые на размыв скорости течения воды в мощных каналах ($V_{\text{доп}}$) следует принимать с таким условием, чтобы обеспечить целостность мощных каналов при всех возможных практических режимах их работы с учетом ответственности этих каналов в общей сети оросительной системы (магистраль, распределители разных порядков, хозяйственные отводы). При этом необходимо исходить из уравнения размывающих скоростей для булыжной мостовой, полученного нами на основе экспериментальных исследований размыва (5, 6).

В уравнение размывающих скоростей следует ввести коэффициент запаса (K_3), обеспечивающий надежность работы канала.

Учитывая указанную выше ответственность отдельных звеньев оросительной системы, на основании наблюдений за работой мощных каналов и их размывами, рекомендуются сле-

дующие коэффициенты запаса (K_3): для магистральных каналов с $Q=5\div 10$ м³/сек и более $K_3=0,8$; для распределительных каналов разных порядков $Q=5\div 2$ м³/сек, $K_3=0,8-0,9$; для хозяйственных отводов с $Q<2$ м³/сек, $K_3=0,9$; и для хозяйственной сети с $Q<1$ м³/сек — $K_3=0,95$.

Устойчивость мостовой против размыва также зависит от грунта ее основания. Мостовая на суглинистых грунтах, устраивается без гравийной подготовки, как показала практика эксплуатации (сброс Караго, канал Туш Новый и др.), менее устойчива на размыв, чем мостовая на гравийно-галечниковых грунтах. Следовательно, в формулу размывающих скоростей необходимо ввести также коэффициент, учитывающий грунты основания мостовой K_0 .

Основываясь на литературных и нормативных данных, а также на опыте эксплуатации мощных каналов в Киргизии, мы рекомендуем следующие величины коэффициента K_0 в зависимости от грунта основания мостовой: для галечниковых гравелистых грунтов $K_0=1,0$, для плотных глин и суглинков $K_0=0,95$, для слабых суглинистых грунтов $K_0=0,90$.

Таким образом, уравнение допускаемых на размыв скоростей течения воды в мощных каналах с учетом указанных выше коэффициентов запаса (K_3) и характеристики грунта в основании мостовой примет вид

$$V_{\text{доп}} = K_0 K_3 V_{\text{раз}}$$

Рекомендуемое нами выражение допускаемых скоростей, в отличие от существующих рекомендаций, учитывает комплекс факторов, влияющих на проектные допускаемые скорости для мощных каналов.

Рациональные поперечные профили. В практике строительства мощных каналов в Кирг. ССР характерны каналы распластанного поперечного профиля ($\beta=6\div 14$). Глубина наполнения не превышает 0,5 м. Излишне широкий поперечный профиль мощных каналов приводит к блужданию потока по сечению (гидравлически неустойчивое русло), нерациональному использованию ширины канала и к снижению допускаемых на размыв скоростей.

Распластанное поперечное сечение канала с малыми глубинами наполнения приводит к увеличению смоченной поверхности, а, следовательно, и потерь воды на фильтрацию и увеличению стоимости канала.

При проектировании мощных каналов, глубину наполнения мы рекомендуем назначать по формуле Гиршкана С. А.

$$H = A \sqrt[3]{Q},$$

где $A=0,3\div 0,4$ и Q — нормальный расход воды в канале м³/сек.

Ширину канала также можно принимать из расчета удельного расхода $q=2$ м³/сек на погонный метр ширины канала по дну. Такие каналы будут дешевле (на 20—25%) распластанных и потери воды на фильтрацию в них значительно сократятся.

Запас мостовой над горизонтом нормального расхода следует принимать 0,10—0,25 м в зависимости от расхода и скорости течения воды в канале и на закруглениях запас увеличивать на 5—10 см.

Закругления необходимо устраивать плавные с радиусом $r=(5\div 7)B$.

Сопрягающие сооружения на мощных каналах. Повышенная устойчивость мощных каналов и повышенные допустимые скорости течения воды в них позволяют вместо бетонных перепадов на мощных каналах применять мощные быстротоки.

В практике эксплуатации оросительных систем имеется немало примеров, когда разрушенные бетонные перепады с успехом были заменены мощными быстротоками (каналы Туш, Мураке, Папенко и др.).

Уникальным примером применения мощных быстротоков, как сопрягающих сооружений, является сброс Караго системы реки Аламедин, построенный в 1951 г. Сброс имеет два быстротока с уклонами 0,19, длиной 26 м и $i=0,44$, длиной 36 м. Первый отмощен камнем $d=0,35\div 0,4$ в клетках из более крупного камня. Второй быстроток отмощен камнем $d=0,4-0,5$, для упора камней устроены бетонные зубья через 5 м. Сверху мостовая покрыта металлической сеткой из арматурного железа 0,8—1,0 см.

Кратковременный опыт эксплуатации этого сброса показал возможность строительства мощных быстротоков с такими уклонами.

По своей конструкции мощные быстротоки с уклонами менее 0,1 ничем не отличаются от каналов и являются их продолжением.

На быстротоках с уклоном более 0,1 следует устраивать бетонные пояски через 4—5 м.

Запас мостовой над горизонтом максимального расхода, ввиду бурного характера течения следует назначать в зависимости от расхода 0,3—0,5 м.

Устройство мощных быстротоков в предгорных оросительных системах позволяет сэкономить большое количество цемента и будет иметь широкое применение в практике водохозяйственного строительства Кирг. ССР и других аналогичных районов.

IV. Строительство и эксплуатация мощеных каналов

Подготовка земляного русла и заготовка камня. Поперечное сечение земляного русла под мощение должно быть соответственно больше поперечного сечения замощенного канала. Ширина земляного русла подготовленного под мощение равна сумме проектной ширины по дну мощеного канала и некоторой добавочной ширины Δb , зависящей от толщины отмостки и угла откоса: $b_3 = b_m + \Delta b$.

При прохождении канала в гравийно-галечниковых грунтах, все крупные камни, выходящие на поверхность в выемке, необходимо удалить, а их место засыпать гравием.

Камень заготавливается установленного размера в зависимости от принятой толщины мостовой и ее конструкции.

Для бордюрных рядов и поясов применяется камень больше проектной толщины мостовой на 30—40%. Заготовленный камень складывается в отдельные штабеля.

Для устройства мостовой лучшим камнем считается окатанный прямоугольный камень, а также камни, имеющие утолщение с одной стороны. При правильном подборе камня в мостовую, промежутки между камнями в ней могут быть сокращены до минимума.

Заготовленный камень подвозится к месту мостовых работ, как можно ближе с тем, чтобы в дальнейшем затраты рабочей силы на подноску были возможно меньшими.

Укладка камня в мостовую. Мощение канала начинается с укладки бордюрных камней, служащих упором для мостовой откосов. Бордюрные ряды укладываются с помощью нивелира или визирок. Если мостовая запроектирована в клетках из крупного камня, то после укладки бордюрных рядов, укладываются пояски из крупного камня.

Лучшим положением камня в отмостке по дну, как показали наши исследования, а также опыт эксплуатации мощеных каналов, является вертикальное или с небольшим наклоном по течению. Такое положение камня получается, когда донную мостовую начинают укладывать с хвостовой части канала.

Камень в мостовую подбирается так, чтобы промежутки между камнями были минимальными. Обычно в мостовую укладываются камни различной формы, поэтому нужно стремиться к тому, чтобы камни были подобраны и пригнаны друг к другу, образуя ровную поверхность ложа потока.

После укладки донной отмостки на отдельных участках, укладывается мостовая на откосах. Правила мощения откосов ($m=1,5$ и более) такие же как для донной, с учетом следующих условий: а) мостовая откоса у бордюрного ряда усиливается крупным камнем; б) крупность камня можно уменьшать по вы-

соте откоса в) расклиновку мостовой на откосе гравийно-галечниковым грунтом нужно производить одновременно с укладкой ее; г) при укладке мостовой на откосе не следует допускать сквозных продольных швов.

После укладки мостовой производится расклиновка ее гравийно-галечниковым грунтом. При этом необходимо следить, чтобы все пустоты между камнями были заполнены мелким гравелистым грунтом.

Противофильтрационные мероприятия на мощеных каналах. В результате мощения каналов булыжной мостовой в первый период в той или иной мере достигается уменьшение потерь воды на фильтрацию.

В последующий период процесс сокращения потерь продолжается за счет естественной кольматации промежутков между камнями. Естественная кольматация происходит медленно и дает снижение потерь в 3—4 раза. Поэтому, в сочетании с мостовой необходимо проводить специальные мероприятия по борьбе с потерями. Такими наиболее доступными мероприятиями является устройство глиняных экранов различной конструкции и искусственный кольматаж. Производственный опыт и специальные наши исследования показывают их большую эффективность.

Наиболее эффективным является экран под мостовой из слоя (5—10 см) мятой глины. Устройство такого экрана обходится слишком дорого и поэтому он не нашел широкого применения в практике ирригационного строительства.

Инж. М. Ф. Патрушевым был предложен, так называемый, «рыхленный» экран, который устраивается по следующей схеме (последовательности): а) грунт ложа канала взрыхляется на глубину 15—25 см; б) глинистый грунт рассыпается слоем 7—12 см по периметру канала; в) глинистый грунт перемешивается с грунтом ложа канала, разравнивается и уплотняется; г) на подготовленном таким образом основании укладывается мостовая.

М. Я. Алышевым предложен так называемый «сетчатый» экран, устраиваемый путем засыпки мостовой смесью гравия с суглинком слоем 10—15 см и пропуска по каналу небольших расходов воды, при этом пустоты между камнями заполняются грунтовой смесью. При таком способе производства работ, экран создается только на дне канала, что является крупным недостатком. Поэтому мы предлагаем следующую схему устройства экрана с намывной пленкой: а) после укладки мостовой устраиваются перемычки на определенном расстоянии (100—150 м) в зависимости от уклона; б) участки между перемычками заполняются пульпой до максимального горизонта. Глинистый грунт осаждается и создает намывную пленку;

в) после создания намывной пленки слоем 2—3 см производится расклиновка мостовой. Грунт перемычек используется для расклиновки.

Достаточно эффективным мероприятием является кольматация каналов глинистым грунтом. При этом достигается значительное снижение потерь—по опытным данным в 7—26 раз и по данным производственного опыта (канал Калмак-Ашу) в 23 раза.

В сочетании с мостовой можно применять и другие противофильтрационные мероприятия на базе привозных материалов. Такие, например, как пропитка основания мостовой битумной эмульсией, грунтоцементные экраны и другие.

Эксплуатация мощеных каналов. Отмощенные участки канала по мере окончания и приемки их в эксплуатацию могут быть сразу включены в работу, при соблюдении следующих условий. Первые попуски воды должны производиться малыми расходами и мутной водой; расходы воды постепенно увеличиваются до нормальных расходов. После пропуска нормального расхода в течение 5—6 дней производится осмотр мостовой. Обнаруженные слабые места исправляются.

В первый год эксплуатации мощеного канала не рекомендуется пропускать максимальные расходы воды. За работой канала в этот период должны быть установлены систематические усиленные наблюдения, т. к. даже небольшие размывы мостовой могут повлечь за собой размыв ее на больших участках.

В последующие годы эксплуатации мощеных каналов также требуются усиленные наблюдения с применением своевременных мер, особенно при максимальных расходах.

При транспортировании каналом крупных наносов необходимо следить за тем, чтобы они не скапливались на отдельных участках, уменьшая поперечные сечения канала.

В зимнее время необходимо не допускать попадания шуги в канал, т. к. создавшиеся в канале зазоры могут быть причиной разрушения отмостки.

V. Вопросы дальнейших исследований

Существенным недостатком мощеных каналов является трудоемкость их устройства, т. к. мостовые работы не поддаются механизации и выполняются пока что ручным способом. Поэтому необходимо изыскивать пути удешевления строительства мощеных каналов. В этой области намечаются в настоящее время следующие пути (направления) рационализации строительства мощеных каналов.

Во-первых, переход от сплошного мощения к прерывистому. При таком типе мощения земляное русло проектируется с пере-

менным уклоном. Уклон смягчается мощеными быстотоками с уклоном 0,1—0,15. В промежутках между быстотоками канал проектируется с неразмывающими скоростями течения воды.

Во-вторых, переход на строительство каналов сложного поперечного профиля. Сложный профиль мощеного канала дает возможность эффективнее бороться с потерями воды на фильтрацию в критический период, а также сокращать объемы мостовых работ.

В-третьих, борьба с потерями воды на фильтрацию путем устройства под мостовой различных экранов (битумизация, торкрет, асфальтобетонных и др.).

Решение этих вопросов позволит повысить эффективность мощения каналов и реконструкции оросительных систем горных и предгорных районов Киргизской ССР.

П Е Р Е Ч Е Н Ь

научных работ автора, в которых опубликовано содержание диссертации:

1. Профиль скоростей и коэффициент шероховатости мощеных каналов. Труды ИЭВХ АН Кирг. ССР, вып. VI, 1956 г. Объем 1 п. л.
2. Размывающие и допускаемые скорости для мощеных каналов. Труды ИЭВХ АН Кирг. ССР, вып. VII, 1957 г., Объем 1 п. л.

Сдано в набор 26/II 1958 г. Подписано в печать 18/III 1958 г. Формат
бумаги 60×92¹/₁₆ Объем 1,75 п. л., Уч.-изд. 1,5 л.
Д—01343. Зак. № 16-1. Тираж 120 экз.

г. Фрунзе, типография АН Кирг. ССР.