

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ ПРИ
КАБИНЕТЕ МИНИСТРОВ РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН

Среднеазиатский Научно-Исследовательский
гидрометеорологический Институт им. В. А. Бугаева
(САНИГМИ)

На правах рукописи
УДК 556.166

ШАХИДОВ АБДУБОРИИ ФАТТАХОВИЧ
РАСЧЕТ СМЕШАННЫХ МАКСИМАЛЬНЫХ
РАСХОДОВ ВОДЫ

Специальность 11.00.07 — Гидрология суши,
водные ресурсы, гидрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени доктора
технических наук

Ташкент — 2000 г.

Работа выполнена в Ташкентском
Автомобильно-Дорожном Институте.

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук **М. А. ЯКУБОВ**
Доктор технических наук **Б. К. ЦАРЕВ.**
Доктор технических наук **А. М. СИДДИКОВ**

Ведущая организация — Ташкентский Государственный
Университет

Защита диссертации состоится 29 июня 2000 г.
в 13 ч. на заседании специализированного совета К. 128. 10.01
по присуждению учёной степени доктора технических наук
при САНИГМИ им. В. А. Бугаева по адресу: 700052, г. Таш-
кент ул. Кадира Махсумова, 72.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
САНИГМИ.

Автореферат разослан _____ 2000 г.

Отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью, просим
направить по указанному адресу.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат физико-математических наук **З. Н. НАЗИРОВ.**

Общая характеристика работы

Актуальность. Расчёты максимальных расходов воды являются обязательными и считаются одной из наиболее ответственных задач в составе проектов гидротехнических сооружений. Они являются также обязательными и при проектировании таких массовых сооружений, как мостовые переходы через реки, малые мосты и трубы на железных и автомобильных дорогах. Именно на мгновенные максимальные расходы рассчитываются размеры различного рода водопропускных отверстий, отметки дорожных насыпей, ограждений дамб и других сооружений.

От правильного определения максимальных расходов воды и размеров водопропускных отверстий зависит не только стоимость сооружений, но и бесперебойность их работы и жизнеспособность с которой связаны интересы подчас весьма широкого народнохозяйственного комплекса. Занижение максимальных расходов приводит к разрушению сооружений, затоплению прилегающей к реке местности, материальному ущербу и человеческим жертвам. Завышение максимальных расходов превышает общую стоимость сооружений, что снижает его экономическую эффективность.

Когда напор на сооружение значительный, а нижележащая местность заселена, выбор максимального расхода воды выходит за рамки экономии и перераспределяет в проблему безопасности людей. В мировой гидротехнической практике известно не мало случаев, когда ошибка при установлении расчётного максимума являлась причиной разрушения плотин, дамб, мостов, дорог, громадного материального ущерба и гибели людей.

Практическая важность и большой научный интерес к этой проблеме породили значительное количество методов и формул расчёта максимальных расходов воды. Исходя из генетических признаков максимумы делят на две основные группы: снеговые и ливневые, или дождевые.

Поэтому существующие методы гидрологических расчётов максимальных расходов, как правило, относятся либо к определению талых максимумов, либо дождевых. Вместе с тем часто, особенно для горных рек с их растянутым половодьем, максимальные расходы формируются наложением дождевых пиков на талое основание, образуя смешанные максимальные расходы. Расчёт смешанных максимальных расходов воды существенно сложнее талых и дождевых, а методы таких расчётов только начинают разрабатываться и являются весьма актуальными.

В связи с вышесказанным, важнейшее народнохозяйственное значение имеет решение научной проблемы связанной с расчетами смешанных максимальных расходов воды на горных реках в различных физико-географических условиях. Особо следует отметить социальную значимость разработки этой проблемы для обеспечения безопасности людей в условиях интенсивного освоения горных территорий. Разработка проблемы требует рассмотреть ряд задач по расчёту мак-

симальных расходов воды, которые относятся к наиболее сложным в гидрологическом расчете.

Целью исследования является усовершенствование теоретические основы, разработать и реализовать практические методы расчёта смешанных максимальных расходов воды на базе создания численного алгоритма и программы вычисления. Основные задачи, решение которых потребовалось для достижения поставленной цели, следующие:

- усовершенствование теоретических основ расчёта смешанных максимальных расходов воды;
- разработка метода пространственной интерполяции и экстраполяции статистических характеристик метеозащитных элементов входящих в расчётные формулы;
- получение сравнительно надёжного и устойчивого метода расчёта коэффициента дождевого стока;
- разработка способов численной реализации методов расчёта максимальных расходов талых и дождевых вод на базе теоретических обоснованных расчётных формул;
- уточнение методики определения обеспеченности максимальных расходов талых и дождевых вод;
- разработка численного алгоритма и программы расчёта смешанных максимальных расходов воды, позволяющих внедрить данный метод в практику.

Объектом исследования являлись реки Чирчик - Ахангаранского района, реки западного склона Ферганского хребта и сток Алтайского и Ферганского хребтов, а также реки юга Таджикистана.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ДОСТОВЕРНОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В работе использованы аналитические, эвристические и численные методы решения задач. За основу общей методики исследований принята генетическая концепция формирования максимальных расходов воды. В качестве теоретических предпосылок использован теоретико - эвристический метод расчёта смешанных максимальных расходов воды проф. Ю. М. Денисова, который основан на использовании современных достижений в области теории вероятностей и математической статистики. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций установлена достаточно широкими расчётами по разработанной методике и сопоставлением с натурными данными о стоке, сходимость результатов оказалась вполне убедительной.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- усовершенствованы теоретические основы метода расчёта смешанных максимальных расходов воды;
- доказан экспоненциальный закон распределения осадков;
- разработаны методы пространственной интерполяции и экстраполяции статистических характеристик метеозащитных элементов, входящие в расчётные формулы;

- разработан сравнительно надёжный и устойчивый метод расчёта коэффициента дождевого стока;

- разработан способ численной реализации методов расчёта дождевых и талых максимальных расходов воды путем использования итерационного метода;

- усовершенствована методика определения обеспеченности максимальных расходов талых и дождевых вод;

- получена более оптимальная формула определения обеспеченности смешанных максимальных расходов воды, которая даёт достоверные результаты;

- разработаны численный алгоритм и программа расчёта смешанных максимальных расходов воды для ПЭВМ и получены результаты расчёта для девяти горных рек Средней Азии.

Диагностическая ценность работы заключается в том, что на основании результатов научных исследований разработана теоретически обоснованная методика расчёта смешанных максимальных расходов воды, достоверность и применимость которой проверены на примере рек Средней Азии. Разработанная методика позволяет с более высокой точностью проводить расчёты смешанных максимальных расходов воды для выбора наиболее оптимальных размеров отверстий, обеспечивая надёжную работу гидротехнических сооружений. Это даёт возможность достигнуть более высокой эффективности сооружений, исключая как случаи повреждения сооружений, так и омертвление капиталовложений.

Реализация работы. Результаты работы использованы:

- в учебном процессе и включены в программу дисциплины "Проектирование автомобильных дорог" раздел "Проектирование водопропускных сооружений", где рассматриваются вопросы расчёта максимальных расходов воды;

- в практике проектирования проектно-исследовательских институтов.

Апробация работы. Основные теоретические положения работы и практические рекомендации по мере их разработки докладывались и обсуждались в период с 1981 г. по 1999 г. на заседаниях кафедр "Гидротехника и проектирование дорог" МАДИ, "Автомобильные дороги" ТАДИ, на научно-исследовательских и научно-теоретических конференциях в МАДИ, ТАДИ; на научном гидрологическом совете института "Узйуллойиха" и АО "Ташавтойул", на научно-технических семинарах САНИГМИ и Узгидромета; на международной конференции "Проблемы развития автотранспорта и транзитных коммуникаций в Центрально-Азиатском регионе" 15-17 октября 1996 года г. Ташкент. Диссертационная работа в целом обсуждена на объединённом семинаре "Строительство и эксплуатация транспортных сооружений" ТАДИ, на объединённых семинарах ТашГУ, ТИИ-ИМСХ, ИВП АН РУз., САНИГМИ и Главгидромета Республики Узбекистан 1999 года

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в одной монографии автора и в 32 работах.

Объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, вывода, заключения и списка литературы.

Первая глава посвящена существующим методам расчета максимальных расходов талых и дождевых вод. Рассмотрены эмпирические и эвристические методы расчета максимальных расходов талых и дождевых вод, сделан выбор теоретически обоснованных расчетных схем, являющихся основой для разработки методов расчета максимальных расходов воды в условиях Средней Азии.

Вторая глава посвящена уточнению и разработке способов численной реализации эвристических формул расчета талых и дождевых максимальных расходов воды, а также определению их обеспеченности.

В третьей главе подробно рассмотрены эмпирические, полумпирические и теорико-эвристический методы расчета смешанных максимальных расходов воды.

Четвертая глава посвящена уточнению и разработке способов определения параметров метода расчета смешанных максимальных расходов воды и его вычислительного алгоритма.

В пятой главе были проведены расчеты смешанных максимальных расходов воды по ряду рек находящихся в различных физико-географических условиях.

Содержание работы

СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ТАЛЫХ И ДОЖДЕВЫХ ВОД

Расчет максимальных дождевых и талых расходов воды представляет собой одну из труднейших задач гидрологической науки. Здесь во едино сливаются такие проблемы как поступление дождевой и талой воды на поверхность водосбора, её потери на фильтрацию и испарение и, наконец, трансформацию бассейном погубившей воды в гидрограф стока, включаемом в себя максимальную ординату. Такой полный процесс исследования представляется очень сложным и разрабатчики расчетных формул стараются получить сразу максимальную ординату, используя эмпирические и эвристические подходы.

Хотя с гидромеханической точки зрения процесс формирования снеговых и дождевых максимальных расходов во многих отношениях принципиально одинаков, но условия поступления воды на поверхность бассейна (в частности, соотношение между временем добега и продолжительностью водоотдачи), потеря стока и других факторов, непосредственно определяющих величину максимальных расходов талых и дождевых вод, весьма различны. Это и определило разные подходы в построение расчетных формул талых и дождевых максимумов.

Кроме этого эмпирическими данными установлено, что между модулями максимальных расходов талых и дождевых вод и величиной водосборной площади существует некоторая обратная зависимость, т. е. с увеличением площади водосбора величины максимальных модулей убывают. При этом уменьшение максимальных модулей дождевых вод происходит более интенсивно, чем модулей талых вод. При больших площадях водосборов талые максимальные модули превышают дождевые, а при некоторой площади, называемой критической эти модули выравниваются, и при дальнейшем уменьшении площади дождевые максимальные модули становятся больше талых. Это послужило главной основой для построения эмпирических формул расчета максимального стока.

В настоящее время существует очень большое количество эмпирических формул расчета максимальных расходов как талых, так и дождевых вод. В диссертации более подробно рассмотрены некоторые из этих методов расчета.

Следует особо отметить, что построить сравнительно строгую теорию расчета талых и дождевых максимальных расходов пока ещё не удалось и поэтому исследователи в решении этой задачи пользуются эмпирическими или эвристическими методами. Под последними понимаются методы использующие логическую основу гидрологии, элементы гидродинамики и теоретической физики, а также основы математики и теории вероятностей.

Первой работой основанной на более строгом подходе к выводу формул расхода талых и дождевых вод является работа Г. А. Алексеева опубликованная в 1953 году. Её теоретическим фундаментом является, так называемая, генетическая формула стока или метод изохрон. Используя его и проводя ряд осреднений и упрощений, Г. А. Алексеевым получена расчетная формула для максимального

модуля стока пригодная для бассейнов со сравнительно большими площадями водосборов, когда время добегания больше времени водоотдачи.
Эта формула имеет вид

$$q_{\max} = k_p \frac{h\nu}{L}, \quad (1)$$

где h - слой водоотдачи, ν - скорость течения по руслу вдоль всего водоотка длиной L .

При стремлении площади водосбора к элементарной площадке, модуль максимального стока стремится к максимальной интенсивности водоотдачи q_0 , т. е.

$$\lim_{F \rightarrow 0} q_{\max} \rightarrow q_0, \quad (2)$$

По предложению Г. А. Алексеева, интерполяционная формула для определения величины модуля максимального расхода, удовлетворяющая указанным предельным по площади водосбора условиям может быть представлена в виде

$$q_{\max} = k_p \frac{q_0}{1 + \frac{q_0 L}{h\nu}}, \quad (3)$$

где k_p - коэффициент, зависящий от размерности входящих в формулу величин.

Легко видеть, что формула (3) действительно удовлетворяет указанным выше условиям. При $L \rightarrow \infty$ на неё следует (1), а при $L \rightarrow 0$ получается соотношение (2).

Вывод приведенных формул на основании теории изохрон можно введённых упрощений содержит один существенный недостаток, связанный с тем, что в теории изохрон интенсивность водоотдачи считается зависящей только от времени, но одинакова по всей площади водосбора, т. е. не меняется в пространстве. Явно этот недостаток при изложении теории изохрон почему-то не отмечается. Для малых равнинных бассейнов, когда можно пренебречь неодинаковостью интенсивности водоотдачи по площади, с указанными недостатком теории изохрон, повидимому можно не считаться. Однако для горных, даже малых водосборов, где существует вертикальная зональность, таяние происходит на сравнительно небольшой части бассейна ограниченной фронтом и тылом таяния. В связи с этим неодинаковость интенсивности водоотдачи по площади оказывает очень сильное влияние на величину максимальных модулей стока.

В 1958 году Ю. М. Денисовым был дан эвристический способ вывода формулы для вычисления модуля максимальных расходов талых вод без явного использования теории изохрон. Эта формула свободна от указанных недостатков и пригодна как для равнинных так и горных рек.

Формула для расчёта модуля максимальных расходов талых вод имеет вид:

$$q_{\max} = k_p \frac{q_0}{1 + \frac{q_0 L}{h\nu} + \frac{q_0 H_\Phi}{h\nu\phi}}, \quad (4)$$

где H_Φ - расчетная амплитуда высот бассейна;

ϕ - вертикальная скорость движения фронта снеготаяния.

Для равнинных рек, когда расчетная амплитуда высот бассейна H_Φ стремится к нулю, формула Ю. М. Денисова (4) переходит в формулу Г. А. Алексеева (3). Таким образом, формула Ю. М. Денисова является обобщением формулы Г. А. Алексеева на случай горных рек.

При использовании эвристических формул расчёта талых и дождевых максимальных расходов воды возникают определенные трудности. Одна из них связана с тем, что скорость добегания V_L входящая в расчетную формулу сама зависит от искомого максимального расхода, который следует определить явно. Другая трудность состоит в том, что максимальный расход как дождевой так и талой воды, минимум определяется двумя случайными величинами и его обеспеченность должна быть связана с двумерной плотностью вероятности этих величин. Вторая глава посвящена решению этих задач. Первая задача решается автором с помощью итерационного метода. Существует ряд отмеченных в работе формул, позволяющих рассчитывать V_L в зависимости от максимального расхода и уклона на основного водотока. Из всех них мы выбрали формулу к. т. н. В. М. Денисова, как наиболее обобщенную.

Поставив значение V_L в расчетную формулу определения максимального расхода и проделав некоторые математические преобразования получено кубическое уравнение имеющее следующий вид:

$$AY^3 + BY^2 - C = 0, \quad (5)$$

где $Y = Q_{\max}^{1/3}$

Решить уравнение (5) относительно Y аналитически достаточно сложно. Лучше всего провести его решение итерационным методом. Обозначим для этого левую часть (5) через $\Phi(Y)$, т. е.

$$\Phi(Y) = AY^3 + BY^2 - C, \quad (6)$$

Итерационный процесс описывается соотношением

$$Y_{i+1} = Y_i - \frac{\Phi(Y_i)}{\frac{d\Phi}{dY} Y = Y_i}, \quad (7)$$

В нашем случае

$$\frac{d\Phi}{dY} = 3AY^2 + 2BY = Y(3AY + 2BY), \quad (8)$$

Тогда (7) запишется

$$Y_{i+1} = Y_i - \frac{AY_i^3 + BY_i^2 - C}{Y_i(3AY_i + 2B)}, \quad (9)$$

Для "запуска" итерационного процесса необходимо задать начальное значение $Y = Y_0$.

Вычисление Y_i проводится итерационным методом и чтобы его закончить нужно ввести допустимую погрешность в схожимости расчёта δ . Итерационный процесс закончится если выполнится условие

$$\left| \frac{Y_{i+1} - Y_i}{Y_{i+1}} \right| \leq \delta, \quad (10)$$

Величина δ для рассматриваемой задачи может быть принята равной 0,001.

Рассчитав Y , получим Q_{\max} и V_L

$$Q_{\max} = Y^3, \quad (11)$$

$$V_L = Y \epsilon_1 I^{1/3}, \quad (12)$$

Для проведения изложенных расчётов нами составлена программа для ПЭВМ на языке Турбо-Паскаль, а также программа для программируемых микрокалькуляторов типа МК - 52, МК - 61 и БЗ - 34, часто используемых проектировщиками и изыскателями.

Другая задача, т. е. задача определения обеспеченности максимальных расходов талых и дождевых вод решена в диссертации следующим образом. Как таковой, так и дождевой максимальный расход как минимум определяется двумя случайными величинами. Для определения обеспеченности талых вод введена функция $U = hV_\phi$ и найдены моменты её распределения. Для определения обеспеченности дождевых вод введена дополнительная величина $u = h\sqrt{\lambda}$ и предложен упрощённый аналитический метод решения этой задачи.

Предложенные способы определения обеспеченности максимальных расходов воды являются наиболее теоретически обоснованными и удобными для выполнения расчётов.

СМЕШАННЫЕ МАКСИМАЛЬНЫЕ РАСХОДЫ И СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ИХ РАСЧЁТОВ.

Первыми методами расчёта смешанных максимальных расходов объектов не следует считать эмпирические формулы вычисления максимальных расходов весеннего половодья равнинных рек. Хотя сами авторы этих формул явно не говорят о смешанных максимумах, однако при определении параметров расчётных формул они использовали максимальные расходы весеннего половодья не выделяя их глупо и дождевую составляющую.

По изучению формирования смешанных максимальных расходов горных рек нам известны три работы - это В. П. Черногорова и две работы Ю. М. Денисова.

В. П. Черногоров рассмотрел талые и дождевые составляющие расходов воды в периоды половодий и расчёта максимальных расходов реки Ангрэн у ст. Турк. Дождевые составляющие расходов воды выделялись им на основе данных о температуре воздуха и осадков по метеорологическим станциям и постам, находящихся в рассматриваемом бассейне или вблизи него. По полученным результатам В. П. Черногоровым рассчитывались обеспеченности появления дождевых максимумов и им соответствующие талые расходы, талые максимумы и им соответствующие дождевые расходы и наконец наибольшая максимумы в году (смешанные максимальные расходы) и их талая и дождевая составляющие.

При определении обеспеченности таких сочетаний, автор брал произведение обеспеченностей составляющих вместо нахождения обеспеченности заданной суммы случайных слагаемых композиционным методом. В этом и состоит неточность его метода расчёта.

В первой работе Ю. М. Денисова смешанный максимальный расход представляется в виде суммы максимального талого расхода $Q_{\text{тг}}$ и некоторых дождевых надбавок ΔQ_g или их модулей. Под дождевой надбавкой понимается разность между максимальным годовым и максимальным талым расходом. Таким образом

$$Q_{\max} = Q_{\text{тг}} + \Delta Q_g, \quad (13)$$

Для расчёта величины Q_{\max} любой обеспеченности необходимо знать её среднее значение \bar{Q}_{\max} , коэффициент вариации $C_{\text{вм}}$ и коэффициент асимметрии $C_{\text{зм}}$. Из равенства (13) следует, что

$$Q_{\max} = \bar{Q}_{\text{тг}} + \bar{Q}_g, \quad (14)$$

Математические ожидания талого максимума $Q_{\text{тг}}$ и дождевой надбавки ΔQ_g , а также коэффициент вариации максимальных расходов $C_{\text{вм}}$ вычисляются по приведённым в работе выражениям.

Коэффициент асимметрии максимальных расходов воды $C_{\text{зм}}$ определяется по приведённой карте районов для различных соотношений $C_{\text{зм}}$ к $C_{\text{вм}}$.

Погрешность расчёта смешанных максимальных расходов изложенным методом в 57% случаев не превосходит 20%, что говорит об удовлетворительном качестве этого метода.

Наиболее совершенный в научном плане метод расчёта смешанных максимальных расходов воды изложен Ю. М. Денисовым в 1968 году в статье "Некоторые пути расчёта смешанных максимальных расходов горных рек". Этот метод сопряжён с большим объёмом вычислительных работ и при отсутствии в то время у автора ЭВМ не мог быть практически реализован.

Суть метода состоит в следующем. При расчёте максимальных расходов воды без большой погрешности можно считать, что расход воды Q в замыкающем створе в момент времени t представляет собой сумму талого Q_T и дождевого Q_g расходов.

$$Q = Q_T + Q_g, \quad (15)$$

Гидрограф талого стока схематизирован одновершинной трёхпараметрической кривой (рис 1.).

$$Q_T = f(Q_{пт}, h, \tau_T, t), \quad (16)$$

где $Q_{пт}$ - максимальный талый расход (вершина талого гидрографа), h - слой половодья, τ_T - время наступления талого максимума, t - текущее время.

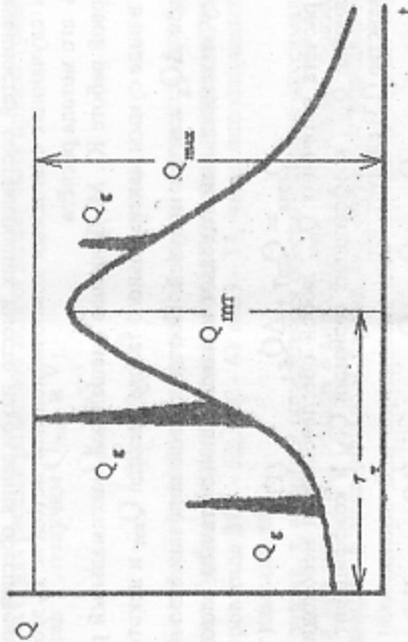


Рис. 1. Схема формирования смешанных максимальных расходов воды.

На талый гидрограф накладываются дождевые пики. Естественно, что для расчёта максимальных расходов интерес представляют только максимальные ординаты этих пиков. По этому под Q_g будем в дальнейшем понимать максимальную ординату каждого отдельного дождевого пика.

Функция $f(Q_{пт}, h, \tau_T, t)$ выражения (16) аппроксимируется следующим образом

$$Q_T(t) = \frac{k_p v_\phi h F}{S + 7.5 \frac{v_\phi^2}{S} (t - \tau_T)^2}, \quad (17)$$

где

$$S = \left[K_2 \sigma_z + \frac{1}{n} \sqrt{\frac{v_\phi h}{2K_1 \gamma}} \right], \quad (18)$$

Здесь K_1 - коэффициент сглаживания; γ - вертикальный температурный градиент; n - отношение строчной максимальной интенсивности водоотдачи к среднесуточной; K_2 - безразмерный коэффициент пропорциональности расчётной амплитуды высот бассейна - H_ϕ среднеквадратическому отклонению его высот - σ_z .

Максимальный дождевой расход определяется по формуле:

$$Q_g = k_p \frac{h_g v_\phi}{L} F, \quad (19)$$

Здесь v_ϕ - скорость добегаания дождевой воды по длине реки (главного водотока) L ; h_g - слой водоотдачи дождя.

При расчёте дождевых максимумов равнинных рек обычно определяется тёплый период, когда осадки в бассейне выпадают в виде дождя. Этот период считается постоянным.

Для горных рек продолжительность тёплого периода существенно зависит от высоты местности Z . В этом случае принято, что если среднесуточная температура воздуха на некотором уровне больше нуля, то суточные суммы осадков выпадают в виде дождя, если среднесуточная температура нуль и ниже - в виде снега.

Обозначим через F_g - площадь бассейна ниже нулевой изотермы и через L_g длину реки (главного водотока) в пределах площади F_g . Далее, через η обозначим коэффициент дождевого стока и через X суточные суммы осадков.

Тогда максимальный дождевой расход, прошедший в данные сутки, будет равен:

$$Q_g = k_p \eta \frac{X v_\phi}{L_g} F_g. \quad (20)$$

Величину L_g можно выразить через F_g приближённым равенством

$$L_g = k_3 \sqrt{F_g}, \quad (21)$$

где k_3 - безразмерный коэффициент пропорциональности. Скорость v_ϕ представлена выражением

$$v_L = k_4 \sqrt{h} i_p = k_4 \sqrt{\pi x i_p} \quad (22)$$

где эмпирический коэффициент k_4 имеет размерность корня квадратного из ускорения, а i_p - уклон выровненного продольного профиля реки.

Объединяя равенства (20), (21) и (22), запишем

$$Q_g = \alpha x^2 \sqrt{F_g i_p} \quad (23)$$

$$\alpha = \frac{k_p k_4 \eta^2}{k_3}$$

Здесь α - есть сборный параметр, имеющий размерность корня квадратного из ускорения.

Суточные суммы осадков рассматриваются как нестационарная независимая случайная последовательность. Вероятность выпадения осадков в некоторый день месяца $P_1(t)$ принимается равной отношению среднего числа дней с осадками данного месяца к числу дней в этом месяце.

Вероятность P_2 выпадения суточных сумм осадков, больших величин X при условии, что они выпали, аппроксимируется показательным (экспоненциальным) законом

$$P_2 = 10^{-\lambda(t)x} \quad (24)$$

Функция $\lambda(t)$ находится по данным метеостанции об осадках.

Безусловная вероятность P_x выпадения осадков больших величин X в момент времени t равна

$$P_x = P_1(t) 10^{-\lambda(t)x} \quad (25)$$

Вероятность того, что в момент времени t будет наблюдаться дождевой максимум Q_g большей величины Q_g , выражается с учётом (23) и (25) следующим образом

$$P_g(Q_g > Q_g; t) = P_1(t) 10^{-\lambda(t) \left(\frac{Q_g}{\alpha \sqrt{F_g i_p}} \right)^2} \quad (26)$$

Вероятность P_g того, что дождевой максимум хотя бы раз в году превысит величину Q_g равна

$$P_g(Q_g > Q_g) = 1 - \prod_{t=1}^{365} \left[1 - P_1(t) 10^{-\lambda(t) \left(\frac{Q_g}{\alpha \sqrt{F_g i_p}} \right)^2} \right] \quad (26a)$$

Формула (26a) является расчётной для дождевых максимумов.

Выражение для вероятности превышения (обеспеченности) смешанным максимальным расходом величины Q_{\max} выводится следующим образом. Эта вероятность может быть представлена суммой вероятностей двух независимых событий: вероятность того, что максимальный талый расход $Q_{\text{пт}}$ превысит величина Q_{\max} и вероятностью, что хотя бы раз в году величину Q_{\max} превысит сумма талого и дождевого расхода, когда максимальный талый расход не превышает Q_{\max} , т.е.

$$P(Q_{\max}^1 > Q_{\max}) = P(Q_{\text{пт}} > Q_{\max}) + P(Q_T + Q_g > Q_{\max} | Q_{\text{пт}} \leq Q_{\max}) \quad (27)$$

Неравенства $Q_T + Q_g > Q_{\max}$ и $Q_g > Q_{\max} - Q_T$ равносильны. Тогда с учётом (17), из которого при $t = \tau_T$ также следует, что $Q_{\text{пт}} = \frac{k_p v_\phi h F}{S}$ можно записать неравенства $Q_g > Q_{\max} - Q_T$ и $Q_{\text{пт}} \leq Q_{\max}$ в виде

$$Q_g > Q_{\max} - \frac{k_p v_\phi h F}{S}, \quad (28) \quad \text{и} \quad \frac{k_p v_\phi h F}{S} \leq Q_{\max}, \quad (29)$$

Тогда

$$P(Q_T + Q_g > Q_{\max} | Q_{\text{пт}} \leq Q_{\max}) = P(Q_g > Q_{\max} - \frac{k_p v_\phi h F}{S} | \frac{k_p v_\phi h F}{S} \leq Q_{\max}) = S + 7.5 \frac{v_\phi^2}{S} (t - \tau_T)^2 \quad (30)$$

Раскроем структуру выражения (30). Вероятность того, что величины h, v_ϕ и τ_T будет находиться в интервале h и $h+dh, v_\phi + dv_\phi, \tau_T$ и $\tau_T + d\tau_T$ равна $\varphi(h, v_\phi, \tau_T) dh dv_\phi d\tau_T$.

где $\varphi(h, v_\phi, \tau_T)$ - плотность вероятности совместного распределения h, v_ϕ и τ_T .

При указанных значениях h, v_ϕ и τ_T найдём вероятность того, что хотя бы один раз в году будет превышена величина Q_{\max} . Вероятность того, что она будет превышена в какой-то день t равна P_t .

$$P_t = P_1(t) 10^{-\tau(t)}, \quad (30a)$$

где

$$\psi(t) = \lambda(t) \left[\frac{k_p v_\phi h F}{S + 7.5 \frac{v_\phi^2}{S} (t - \tau_t)^2} - \frac{\alpha \sqrt{F i_{g,p}}}{\alpha \sqrt{F i_{g,p}}} \right], \quad (31)$$

Вероятность, что Q_{\max} не будет превышен в момент времени t , равна $1 - P$, а вероятность, что он не будет превышен ни разу в году есть

$$\prod_{i=1}^{365} (1 - P_i)$$

Вероятность dP , что при указанных значениях h , v_ϕ , и τ_t хотя бы раз в году будет превышена величина Q_{\max} равна

$$dP = \left[1 - \prod_{i=1}^{365} (1 - P_i) \right] \varphi(h, v_\phi, \tau_t) dh dv_\phi d\tau_t, \quad (32)$$

А вероятность, что Q_{\max} будет превышена хотя бы раз в году при условии, что $Q_{\text{мт}} \leq Q_{\max}$ равна интегралу от выражения (30) по области G значений h , v_ϕ , и τ_t удовлетворяющие следующему неравенству

$$\frac{k_p v_\phi h F}{S} \leq Q_{\max}, \text{ и } \tau_{\min} \leq \tau_t \leq \tau_{\max} \quad (33)$$

т.е.

$$P(Q_T + Q_g > Q_{\max} | Q_{\text{мт}} \leq Q_{\max}) = \iiint_G \left[1 - \prod_{i=1}^{365} (1 - P_i) \right] \varphi(h, v_\phi, \tau_t) \times \\ \times dh dv_\phi d\tau_t, \quad (34)$$

Если в (34) раскрыть квадратные скобки, то мы будем иметь два интеграла, первый из которых представляет собой вероятность, что $Q_{\text{мт}}$ будет меньше или равен Q_{\max} . Но

$$P(Q_{\text{мт}} \leq Q_{\max}) = 1 - P(Q_{\text{мт}} > Q_{\max}), \quad (35)$$

Тогда, учитывая (27), (34) и (35), получается окончательное, наиболее полное выражение для расчёта обеспеченности смешанных максимальных расходов воды, найденное Ю. М. Денисовым.

$$P(Q_{\max}^1 > Q_{\max}) = 1 - \iiint_G \left[1 - \prod_{i=1}^{365} (1 - P_i) \right] \varphi(h, v_\phi, \tau_t) dh dv_\phi d\tau_t, \quad (36)$$

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДА РАСЧЕТА СМЕШАННЫХ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ И ЕГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА.

Начнем наше рассмотрение со статистических характеристик осадков. В работе Ю. М. Денисова принято, что обеспеченность осадков $P_2(x)$ при условии, что они выпали равна 10 в степени $\lambda(t)x$. Чтобы избежать лишних множителей мы примем ее равной e в степени $\lambda(t)x$ (конечно, λ будет здесь другим), т.е.

$$P_2(x) = \exp[-\lambda(t)x], \quad (37)$$

Тогда функция распределения $F_x(x)$ оказывается равной

$$F_x(x) = 1 - P_2(x) = 1 - \exp[-\lambda(t)x]$$

Плотность распределения $f(x)$ есть

$$f(x) = \frac{dF_x(x)}{dx} = \lambda(t) \exp[-\lambda(t)x], \quad (38)$$

Это распределение называется экспоненциальным. Оно однопараметрическое и обладает тем свойством, что его математическое ожидание \bar{x} и среднеквадратическое отклонение σ_x равны между собой и связаны с $\lambda(t)$ следующим соотношением

$$\bar{x}(t) = \sigma_x(t) = \frac{1}{\lambda(t)}, \quad (39)$$

Равенство (39) дает способ вычисления $\lambda(t)$ по климатическим данным об осадках. Для этого месячная сумма осадков (климатическая) делится на среднее число дней с осадками в этом месяце. Это даст среднее число осадков за сутки \bar{X} в данном месяце, при условии, что они выпали. Их обратная величина дает значение λ , которое нужно отнести к середине месяца. Величины $\lambda(t)$ для каждого суток получаются затем путем интерполяции во времени.

Проверка выполнимости экспоненциального распределения для осадков может быть осуществлена как с помощью χ^2 критерия так и с помощью равенства (39). На рисунке 2 показана связь σ_x с \bar{X} по данным четырех метеорологических станций находящихся в Чирчик - Ахангаранском бассейне. Связь эта вполне значимая, однако среднеквадратическое отклонение осадков оказалась несколько больше их среднего значения. Проверка по χ^2 критерию на 5% уровне значимости подтвердила возможность использования для наших целей экспоненциального закона распределения осадков по их величине (при условии, что они выпали).

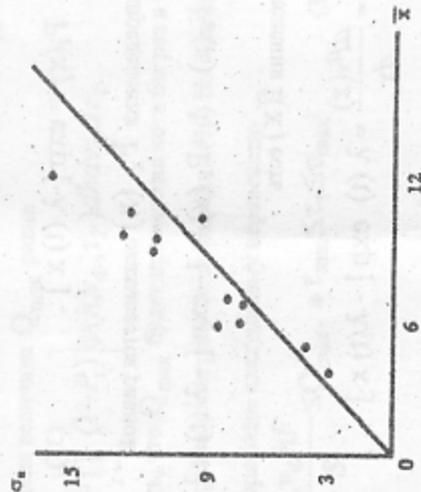


Рис. 2. Связь средних квадратических отклонений суточных сумм осадков σ_x с их средними значениями \bar{X} .

В горных условиях, одной из существенных пространственных координат, влияющих на гидрометеорологические характеристики является высота местности Z . В связи с этим следует считать, что величины P_1, λ и температура воздуха θ зависят не только от времени t , но и от высоты местности Z , т.е.

$$P_1 = P_1(z, t)$$

$$\lambda = \lambda(z, t)$$

$$\theta = \theta(x, t)$$

Пусть i - есть номер метеорологической станции (или поста) находящейся в бассейне или вблизи него в сходных физико-географических условиях, а j - номер месяца. Для каждого месяца, т.е. фиксированного j по определенным для каждой станции значениям P_{1ij}, λ_{ij} и θ_{ij} построим их связь с высотой местности. Из-за небольшого, как правило, числа станции в рассматриваемом бассейне, а также значительного разброса точек, зависимость указанных характеристик от высоты местности принимает чаще всего линейной.

Пусть $a_{pj}, a_{\lambda j}$ и $a_{\theta j}$ есть соответственно вертикальные градиенты в j -ом месяце величин P_1, λ и θ . Вертикальные градиенты a_{pj} как правило, положительны, т.е. с увеличением высоты местности осадки выпадают чаще, а значения $a_{\lambda j}$ - отрицательные или близкие к нулю. Отрицательные значения $a_{\lambda j}$ говорят о том, что с увеличением высоты местности интенсивность осадков увеличивается. Вертикальный температурный градиент $a_{\theta j}$ как правило отрицательный и по модулю в летние месяцы больше чем в зимние.

Выберем в бассейне некоторую фиксированную высоту Z_0 и используя градиенты приведем стационные значения P_{1ij}, λ_{ij} и θ_{ij} к высоте Z_0 .

Их мы обозначим через P_{ij}^*, λ_{ij}^* и θ_{ij}^*

$$P_{1ij}^* = P_{1ij} + a_{pj}(Z_0 - Z_i), \quad (40)$$

$$\lambda_{ij}^* = \lambda_{ij} + a_{\lambda j}(Z_0 - Z_i), \quad (41)$$

$$\theta_{ij}^* = \theta_{ij} + a_{\theta j}(Z_0 - Z_i), \quad (42)$$

где Z_i - высота i -ой метеорологической станции.

Осреднив по i значения величин $P_{1ij}^*, \lambda_{ij}^*$ и θ_{ij}^* , получим их средние величины $\bar{P}_{ij}, \bar{\lambda}_{ij}$, и $\bar{\theta}_{ij}$ на высоте Z_0 в j -ый месяц.

$$\bar{P}_{ij} = \frac{1}{N_c} \sum_{i=1}^{N_c} P_{ij}^* ; \bar{\lambda}_j = \frac{1}{N_c} \sum_{i=1}^{N_c} \lambda_{ij}^* ; \bar{\theta}_j = \frac{1}{N_c} \sum_{i=1}^{N_c} \theta_{ij}^* \quad (43)$$

где N_c - число метеорологических станций (постов).

Значение P_{ij} , λ_j и θ_j на любой высоте Z есть

$$P_{1j} = \bar{P}_{1j} + a_{pj} (z - z_0), \quad (44)$$

$$\lambda_j = \bar{\lambda}_j + a_{\lambda j} (z - z_0), \quad (45)$$

$$\theta_j = \bar{\theta}_j + a_{\theta j} (z - z_0), \quad (46)$$

Высота нулевой изотермы Z_{g_j} определяется из (46) приравняв θ_j нулю.

$$Z_{g_j} = z_0 - \frac{\bar{\theta}_j}{a_{\theta j}}, \quad (47)$$

Для расчета максимальных расходов воды, величины P_{1j} и λ_j нужно брать средними по действующей площади. Их мы обозначим как P_{1g_j} и λ_{g_j}

Если $F(Z)$ есть площадь бассейна ниже горизонтали Z , то действующая площадь, которую мы обозначим через F_{g_j} равна

$$F_{g_j} = F(Z_{g_j}), \quad (48)$$

Тогда

$$P_{1g_j} = \frac{1}{F_{g_j}} \int_{z_{\min}}^{z_g} P_{1j} \frac{\partial F}{\partial z} dz = \frac{1}{F_{g_j}} [P_{1j} (F(Z_g) - F(Z_{\min})) + a_{pj} (F(Z_g) \times (Z_{g_j} - Z_0) - F(Z_{\min})) \times (Z_{\min} - Z_0) - \int_{z_{\min}}^{z_g} F(z) dz]$$

Здесь Z_{\min} высота замыкающего стока.

Но $F(Z_{\min}) = 0$ и $F(Z_{g_j}) = F_{g_j}$ и выражение для P_{1g_j} запишется

$$P_{1g_j} = \bar{P}_{1j} + a_{pj} [(z_{g_j} - \frac{1}{F_{g_j}} \int_{z_{\min}}^{z_g} F(z) dz) - z_0], \quad (49)$$

Выражение в круглых скобках формулы (49), как не трудно показать, есть средневзвешенная высота бассейна $Z_{s_{g_j}}$, площадь которого ограничена высотами Z_{g_j} и Z_{\min} .

$$Z_{s_{g_j}} = z_{g_j} - \frac{1}{F_{g_j}} \int_{z_{\min}}^{z_g} F(z) dz, \quad (50)$$

Сказанное позволяет записать выражение (49) в виде

$$P_{1g_j} = P_{1j}(z_{s_{g_j}}) = \bar{P}_{1j} + a_{pj} (z_{s_{g_j}} - z_0), \quad (51)$$

Формула (51) означает, что среднее по действующей площади значение P_{1g_j} равно значению \bar{P}_{1j} на уровне средневзвешенной высоты действующей площади F_{g_j} .

Аналогичные рассуждения по поводу λ_{g_j} приводят к такой же закономерности

$$\lambda_{g_j} = \lambda_j(z_{s_{g_j}}) = \bar{\lambda}_j + a_{\lambda j} (z_{s_{g_j}} - z_0), \quad (52)$$

Полученный результат для статистических параметров осадков является весьма важным для практических расчетов смешанных максимальных расходов.

Перейдем к расчету коэффициента дождевого стока Γ_{g_j} . Он относится к весьма существенным параметрам методов расчета дождевых максимумов. Наиболее обстоятельные исследования по этому поводу были проведены для условной Средней Азии В.М. Денисовым. Использование его результатов, однако, требует значительной информации, которой мы не всегда располагаем и по этому рассмотрим здесь более простой подход к этой проблеме, когда решение возможно будет менее точным, но зато более приспособленное к поставленной нами задаче и структурно близкое к методу В.М. Денисова.

Под коэффициентом дождевого стока с действующей площади бассейна будем понимать отношение слоя стока за дождь h_{g_j} к слою дождя X_{g_j} его вызвавшего, т.е.

$$\eta_{gj} = h_{gj} / X_{gj}, \quad (53)$$

Величину слоя стока можно приближенно (если пренебречь выклиниваемую профильтровавшуюся воды в замыкающем створе) выразить через слой дождя, слой инфильтрации $X_{\phi gj}$ и слой испарения X_{Egj} .

$$h_{gj} = X_{gj} - X_{\phi gj} - X_{Egj}, \quad (54)$$

Тогда

$$\eta_{gj} = \frac{X_{gj} - X_{\phi gj} - X_{Egj}}{X_{gj}}, \quad (55)$$

Средний по действующей площади слой осадков за сутки X_{gj} согласно (39) равен.

$$X_{gj} = 1/\lambda_{gj}, \quad (56)$$

Инфильтрационные свойства почвогрунтов зависят от их пористости и удельной поверхности, а также от влагонасыщенности. Пористость и удельная поверхность определяют коэффициент фильтрации почвы $K_{\phi g}$; а ее влагонасыщенность перед выпадающим дождем связана с величиной предыдущего увлажнения и продолжительностью периода между увлажнениями. Если Π_{Xj} - есть среднее число дней с осадками в j -ом месяце и Π_j - число дней в месяце, то отношение

$\Pi_j / \Pi_{Xj} = 1 / P_{1gj}$ даст среднее число дней между осадками. Профильтровавшийся слой воды $X_{\phi gj}$ увеличивается с ростом коэффициента фильтрации $K_{\phi g}$ и с продолжительностью периода между увлажнениями $1 / P_{1gj}$.

Тогда

$$X_{\phi gj} = \alpha_{\phi} K_{\phi} / P_{1gj}, \quad (57)$$

где α_{ϕ} - безразмерный коэффициент пропорциональности.

Слой испарения за сутки X_{Egj} как правило на несколько порядков меньше инфильтрации и для расчета максимальных расходов воды им можно пренебречь и (55) запишется.

$$\eta_{gj} = 1 - \alpha_{\phi} \lambda_{gj} K_{\phi g} / P_{1gj}, \quad (58)$$

Формула (58) для расчета коэффициента стока является совершенно правильной, если не учитывать возможное выклинивание профильтровавшейся воды. С этим практически можно не считаться при больших значениях коэффициента стока, когда объем поверхностного стока существенно больше объема выклинивающейся воды. Напротив, при малых величинах коэффициента стока выклинивающаяся вода может составлять основную долю поверхностного стока и формулой (58) пользоваться уже нельзя.

Выходом из создавшегося затруднения может быть следующая интерполяционная формула для коэффициента стока.

$$\eta_{gj} = \exp [-\alpha_{\phi} \lambda_{gj} K_{\phi g} / P_{1gj}], \quad (59)$$

Формула (59) совпадает с формулой (58) при малых величинах показателя степени, т.е. при больших значениях коэффициента стока. В этом можно убедиться, разложив (59) в ряд, ограничиваясь двумя его членами. Кроме того, коэффициент стока, вычисленный по формуле (59) в отличие от формулы (58) не будет принимать отрицательных значений.

РАЗРАБОТКА ЧИСЛЕННОГО АЛГОРИТМА РАСЧЕТА СМЕШАННЫХ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ

Статистические параметры осадков, фиксируемых метеорологическими станциями или постами в пределах рассматриваемого бассейна или вблизи него определяются по данным климатических справочников о месячных суммах осадков X_{ij} , числе дней с осадками Π_{Xij} и числе дней в месяце Π_j .

$$P_{1ij} = \Pi_{Xij} / \Pi_j, \quad (60)$$

$$\lambda_{ij} = 1 / X_{ij}, \quad (61)$$

где i - номер станции и j - номер месяца.

Вертикальные градиенты величин P_{1ij} , λ_{ij} и θ_{ij} находятся по формулам

$$a_{pj} = \left(\frac{1}{Nc} \sum_{i=1}^{Nc} z_i P_{1ij} - \frac{1}{Nc} \sum_{i=1}^{Nc} z_i \frac{1}{Nc} \sum_{i=1}^{Nc} P_{1ij} \right) /$$

$$\left[\frac{1}{Nc} \sum_{i=1}^{Nc} z_i^2 - \frac{1}{Nc} \sum_{i=1}^{Nc} z_i \frac{1}{Nc} \sum_{i=1}^{Nc} z_i \right], \quad (62)$$

$$a_{\lambda j} = \left[\frac{1}{Nc} \sum_{i=1}^{Nc} z_i \lambda_{ij} - \frac{1}{Nc} \sum_{i=1}^{Nc} z_i \frac{1}{Nc} \sum_{i=1}^{Nc} \lambda \right], \quad (63)$$

$$a_{\theta j} = \left[\frac{1}{Nc} \sum_{i=1}^{Nc} z_i \theta_{ij} - \frac{1}{Nc} \sum_{i=1}^{Nc} z_i \frac{1}{Nc} \sum_{i=1}^{Nc} \theta \right], \quad (64)$$

где Z_i - высота i -ой метеорологической станции, Nc - их число.

Высота нулевой изотермы Z_{g_j} находится по формуле (47), среднедневная высота $Z_{s g_j}$ действующей площади по формуле (50) и среднее по действующей площади величины $P_{1 g_j}$ и λ_{g_j} по формулам (51) и (52). Значения всех этих величин являются среднемесячными, однако в расчетные формулы их величины входят как среднесуточные. Чтобы сформировать из среднемесячных величин их среднесуточные значения мы поступим следующим образом.

Аппроксимируем среднемесячные значения наших переменных, которые для обобщенных выкладок мы обозначим через Y_j , рядом Фурье на дискретном множестве точек. Число точек равно 12 является четным и для этого случая ряд Фурье имеет вид

$$Y_j = \frac{A_0}{2} + \sum_{k=1}^{N-1} \left(A_k \cos \frac{k\pi}{N} (j-1) + B_k \sin \frac{k\pi}{N} (j-1) \right) + \frac{A_N}{2} \cos(\pi(j-1)), \quad (65)$$

где $N = 12/2 = 6$.

$$A_k = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{2N} Y_j \cos \frac{k\pi}{N} (j-1); \quad 1 \leq k \leq N-1, \quad (66)$$

$$B_k = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{2N} Y_j \sin \frac{k\pi}{N} (j-1); \quad 1 \leq k \leq N-1, \quad (67)$$

$$A_0 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{2N} Y_j, \quad (68)$$

$$A_N = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{2N} Y_j \cos(\pi(j-1)), \quad (69)$$

Ряд (65) со значениями коэффициентов A_k и B_k выраженных формулами (66) - (69) совершенно точно воспроизводит все значения Y_j .

Пусть t - номер суток, отсчитываемых от начала года и j - как принято, номер месяца также отсчитываемых от его середины. Кроме того, обозначим через T_g - продолжительность года в сутках. Тогда связь между j и t выразится следующим образом.

$$J = \left(t + \frac{T_g}{2*12} \right) / \left(\frac{T_g}{12} \right) = \frac{12}{T_g} \left(t + \frac{T_g}{24} \right)$$

а величина $j - 1$ будет равна

$$j - 1 = \frac{12}{T_g} \left(t - \frac{T_g}{24} \right). \quad (70)$$

Поставив ее в (65), найдем значения Y_1 для каждого суток

$$Y_1 = \frac{A_0}{2} + \sum_{k=1}^{N-1} \left\{ A_k \cos \left[\frac{k\pi}{N} \frac{12}{T_g} \left(t - \frac{T_g}{24} \right) \right] + B_k \sin \left[\frac{k\pi}{N} \frac{12}{T_g} \left(t - \frac{T_g}{24} \right) \right] \right\} + \frac{AN}{2} \cos \left[\pi \frac{12}{T_g} \left(t - \frac{T_g}{24} \right) \right], \quad (71)$$

Формула (71) позволяет вычислить значения Y_1 для каждого суток и ее следует использовать в вычислительном алгоритме как подпрограмму - процедуру.

В связи с полученными новыми выражениями для скорости добегания V_L и коэффициента дождевого стока Π_{gr} , уточним формулу расчета дождевого максимума, а также других формул с него связанных с учетом результата (71).

$$Q_g = k_p \frac{\pi \lambda v_2}{L_g} F_g = k_p \eta_{gr} \frac{\lambda_{gr} \epsilon_v (Q_{gr}^i)^{1/3}}{k \sqrt{F_g}} F_g \quad (72)$$

Или

$$Q_g = \left[\frac{k_p \epsilon_v i_p}{k_3} \right]^{1/3} \sqrt{F_g} x_{gr} \exp \left(-\alpha_{\phi} \lambda_{gr} K_{\phi g} / P_{1gr} \right) \frac{3}{2}, \quad (72)$$

Из последнего равенства найдем x_{gr} .

$$x_{gr} = \frac{k_3 Q_g^{2/3}}{k_p \epsilon_v \sqrt{F_g^{1/3}}} \exp \left(\alpha_{\phi} \lambda_{gr} K_{\phi g} / P_{1gr} \right), \quad (73)$$

Это позволяет нам уточнить расчетную формулу обеспеченности дождевого максимума.

$$P_g(Q_i > Q_g) = 1 - \prod_{i=1}^{365} \left[1 - P_{1gr} \exp \left\{ -\lambda_{gr} \frac{k_3 Q_g^{2/3}}{k_p \epsilon_v \sqrt{F_g^{1/3}}} \right\} \right] \exp \left(\alpha_{\phi} \lambda_{gr} K_{\phi g} / P_{1gr} \right), \quad (74)$$

Уточнить также функция $\psi(t)$ (см. (30а) и (31)), входящая в формулу расчета обеспеченности смешанного максимального расхода (36). Это уточнение связано с введением формулы для расчета скорости добегания V_L и формулы (59), определяющей коэффициент дождевого стока. Кроме того мы введем более точное выражение для S (см. (18)), учитывающее длину главного водотока L и скорость добегания V_L . Это новое выражение для S мы обозначим через S_L .

$$S_L = k_z \sigma_z + \frac{v_{\phi} L}{v_i} + \frac{\sqrt{h v_{\phi}}}{n_q \sqrt{2 K_c \gamma}}, \quad (75)$$

$$\psi = \lambda_{gr} \left[Q_{max}^{2/3} \frac{k_p v_{\phi} h F}{S_L} \right]^{2/3} \times \frac{k_3}{k_p \epsilon_v \sqrt{F_g^{1/3}}} \times \exp \left(\alpha_{\phi} \lambda_{gr} K_{\phi g} / P_{1gr} \right), \quad (76)$$

Скорость добегания, входящая и выражение (75) для S_L найдется следующим образом. Из выражений для галого максимума Q_{max}

$$Q_{max} = \frac{k_p h v_{\phi} F}{k_z \sigma_z + \frac{v_{\phi}}{v_i} L + \frac{1}{n_q} \sqrt{\frac{h v_{\phi}}{2 K_c \gamma}}}$$

и скорости добегания V_L

$$V_L = \epsilon_v (Q_{max} i_p)^{1/3}$$

исключается V_L . При этом получается кубическое уравнение относительно Y

$$A_L Y^3 + B_L Y^2 - C_L = 0, \quad (77)$$

где

$$Y = Q_{\max}^{\frac{1}{3}}$$

$$A_L = K_z \sigma_z + \frac{1}{nq} \sqrt{\frac{u}{2K_c \gamma}} \quad (78)$$

$$V_L = \bar{v}_\phi L, \quad (79)$$

$$C_L = \varepsilon; i_p k_p F u, \quad (80)$$

$$u = h v_\phi, \quad (81)$$

Уравнение (77) с точностью до обозначения совпадает с уравнением (5) итерационный метод решения которого рассмотрен выше.

Время наступления талого максимума τ_T представляет собой случайную величину и его среднее значение практически линейно зависит от средневзвешенной высоты бассейна Z_S . Для рек бассейна реки Сырдарья

$$\bar{\tau}_T = 50 + 40 Z_S, \quad (82)$$

где $\bar{\tau}_T$ выражено в сутках, отсчитываемых от начала года и Z_S - в километрах.

Среднеквадратическое отклонение времени наступления талого максимального расхода воды σ_T для рек бассейна реки Сырдарья практически постоянное и составляет около 20 суток.

Распределение случайной величины τ_T можно принять практически близким к равномерному. Тогда

$$\tau_{\min} = \bar{\tau}_T - \sqrt{3} \sigma_T, \quad (83)$$

$$\tau_{\max} = \bar{\tau}_T + \sqrt{3} \sigma_T. \quad (84)$$

$$\Phi(\tau_T) = \frac{1}{\tau_{\max} - \tau_{\min}} = \frac{1}{2\sqrt{3}\sigma_T}, \quad (85)$$

и

где $\Phi(\tau_T)$ - плотность вероятности τ_T .

Расчет обеспеченности смешанного максимального расхода по формуле (36) связан с вычислением тройного интеграла и сопряжен со значительной затратой машинного времени. Однако если немного поступиться точностью, то можно для этой цели ограничиться вычислением двойного интеграла.

Введем, как это было сделано во втором параграфе главы 2, случайную переменную $u = h v_\phi$ и в формуле (76) для Φ примем значение квадрата вертикальной скорости движения фронта снеготаяния равным его среднемуголетнему значению, т.е. $V_\phi^2 = \bar{v}_\phi^2$. Случайные величины u и τ_T

независимые, так как с увеличением h имеет место тенденция роста τ_T , а с увеличением V_ϕ величина τ_T склона уменьшается. Кроме того h и V_ϕ независимые переменные.

Обозначим через $\Phi_u(u)$ плотность вероятности u и через $\Phi_\tau(\tau_T)$, как это было сказано выше - плотность вероятности τ_T .

Область изменения τ_T определена формулами (83) и (84), а область изменения u следующим неравенством (см. (33)).

$$k_p F u / S_L(u) \leq Q_{\max}, \quad (86)$$

или

$$0 \leq u \leq U_m, \quad (87)$$

где

$$U_m = E_u^2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{2m_c}{E_u} \left(k_z \sigma_z + \frac{v_\phi L}{V_L} \right)^2} \right] \quad (88)$$

и

$$V_L = \varepsilon_v (Q_{\max} i_p)^{1/3}, \quad (89)$$

$$m_c = \rho_q \sqrt{2K_c \gamma}, \quad (90)$$

2. Чарвак - $Z_2 = 0,88$ км.

Месяц	Число дней с осадками	Сумма за месяц мм	Ср. мес. температур.	P_1	λ
1	11,2	84	-2,1	0,362	0,133
2	11,4	80	-0,2	0,407	0,143
3	13,5	125	5,2	0,436	0,108
4	12,4	105	12,2	0,413	0,118
5	8,8	56	17,2	0,284	0,157
6	5,2	21	21,5	0,173	0,248
7	2,7	7	24,5	0,087	0,385
8	1,3	7	23,5	0,42	0,186
9	1,8	7	18,6	0,060	0,257
10	6,0	45	12,1	0,194	0,134
11	8,7	70	6,0	0,290	0,124
12	12,7	91	1,0	0,410	0,139

Таблица 3.

3. Пскем, - $Z_3 = 1,26$ км.

Месяц	Число дней с осадками	Сумма за месяц мм	Ср. мес. температур.	P_1	λ
1	14,6	88	-5,0	0,471	0,166
2	13,2	88	-3,1	0,471	0,150
3	14,9	132	2,0	0,481	0,113
4	12,4	110	9,2	0,414	0,113
5	9,6	59	14,5	0,310	0,163
6	7,8	22	18,2	0,260	0,355
7	4,1	8	22,0	0,132	0,512
8	2,1	7	21,6	0,068	0,300
9	2,7	7	16,5	0,090	0,385
10	8,0	44	9,6	0,258	0,182
11	11,9	74	3,1	0,397	0,161
12	13,4	96	-1,3	0,432	0,140

Таблица 4.

4. Ангрен, плато - $Z_4 = 2,12$ км.

Месяц	Число дней с осадками	Сумма за месяц мм	Ср. мес. температур.	P_1	λ
1	11,3	76	-9,0	0,365	0,149

$$E_u = Q_{\max} / 2 k_p F m_c \quad (91)$$

После всего сказанного окончательное выражение для расчета обеспеченности смешанного максимального расхода запишется.

$$P(Q'_{\max} > Q_{\max}) = 1 - \frac{1}{2\sqrt{3}\sigma_\tau} \int_0^{U_m} \int_{\tau_{\min}}^{\tau_{\max}} \prod_{i=1}^{365} (1-P_i) \Phi_u(u) du d\tau_\tau \quad (92)$$

Плотность вероятности $\Phi_u(u)$ должна описывать распределение положительных величин и в качестве таковой нами принята кривая распределения Пирсона 3 типа (гамма - распределения).

Пятая глава посвящена расчетам смешанных максимальных расходов воды по конкретным рекам некоторых районов. Здесь в качестве примера приведем расчет смешанных максимальных расход воды для реки Паркентсай, створ кишлак Кыргиз. В начале определяем метеорологические характеристики данного района. Для этого выбраны четыре метеорологические станции: Ташкент, обсерватория, высота над уровнем моря $Z_1 = 0,45$ км.; Чарвак, высота над уровнем моря $Z_2 = 0,88$ км.; Пскем, высота над уровнем моря $Z_3 = 1,26$ км.; Ангрен - плато, высота над уровнем моря $Z_4 = 2,12$ км.

Климатические данные по этим станциям следующие :

Таблица 1.

1. Ташкент, обсерватория - $Z_1 = 0,45$ км

Месяц	Число дней с осадками	Сумма за месяц мм	Ср. мес. температур.	P_1	λ
1	11,1	46	-0,9	0,358	0,241
2	10,5	45	2,0	0,357	0,234
3	12,3	69	7,6	0,397	0,178
4	10,2	57	14,4	0,340	0,179
5	6,8	32	20,0	0,219	0,213
6	3,6	12	24,7	0,120	0,300
7	1,4	4	26,9	0,045	0,350
8	0,7	2	24,9	0,023	0,350
9	1,0	3	19,4	0,033	0,333
10	5,2	25	12,6	0,168	0,208
11	8,9	40	6,4	0,297	0,222
12	11,4	49	1,6	0,368	0,233

Температура воздуха, как это следует из приведенной таблицы, с высотой местности уменьшается, причем в теплый период это уменьшение происходит более значительно чем в холодный.

Примем рабочую высоту Z_0 равной одному километру, приведем к ней величины P_{1ij} , λ_{ij} , θ_{ij} и осредним их на этой высоте, получим значения P_{1i} , λ_i и θ_i . Их данные приведены в таблице.

Таблица 6.

Месяц	P_{1i}	λ_i	θ_i
1	0,381	0,180	-3,30
2	0,423	0,176	-1,17
3	0,459	0,138	4,43
4	0,391	0,134	10,89
5	0,291	0,180	16,40
6	0,204	0,283	20,54
7	0,102	0,384	23,50
8	0,049	0,285	22,44
9	0,059	0,319	17,41
10	0,205	0,174	10,71
11	0,349	0,165	4,45
12	0,401	0,164	0,03

Перейдем к расчету смешанных максимальных расходов воды.

1. Река Паркентсай, створ кишлак Киргиз.

Исходные данные.

$F_p = 39,7 \text{ км}^2$; $Z_{\text{мин}} = 0,71 \text{ км}$; $Z_{\text{макс}} = 3,63 \text{ км}$; $Z_s = 1,98 \text{ км}$; $\sigma_z = 0,41 \text{ км}$;
 $L = 12,3 \text{ км}$; $K_\Phi = 785 \text{ мм/сут}$; $K_3 = 1,46$; $i_p = 0,01$; $\alpha_\Phi = 0,0161$; $h_s = 475 \text{ мм}$
 $C_{vh} = 0,51$;

Распределение площади бассейна $F \text{ км}^2$ по высотным зонам

$F(0,80) = 0,010$; $F(1,00) = 0,036$; $F(1,20) = 0,511$;
 $F(1,40) = 2,416$; $F(1,60) = 6,663$; $F(1,80) = 13,24$;
 $F(2,00) = 21,02$; $F(2,20) = 28,38$; $F(2,40) = 34,00$;
 $F(2,60) = 37,44$; $F(2,80) = 39,05$; $F(3,00) = 39,58$;
 $F(3,20) = 39,69$; $F(3,40) = 39,70$;
 $F(3,60) = 39,70$;

Обеспеченности измеренных и расчетных максимальных расходов по Паркентсаю, створ Киргиз приведены в таблице 7.

Таблица 7.

NN	Q	P%	Q	P%
пп	изм.	изм.	расчит.	расчит.

2	13,6	92	-7,2	0,485	0,148
3	18,1	148	-1,8	0,584	0,122
4	14,1	141	2,6	0,470	0,100
5	13,4	83	8,7	0,432	0,162
6	10,2	49	12,5	0,340	0,208
7	6,7	25	15,7	0,216	0,268
8	3,7	13	15,3	0,119	0,285
9	2,8	10	11,1	0,093	0,280
10	7,1	47	4,9	0,229	0,151
11	13,1	105	-1,1	0,437	0,125
12	12,9	113	-4,7	0,417	0,114

Приведем рассчитанные значения вертикальных градиентов a_{pj} , a_{λ_j} и a_{θ_j} и их "выравненные" величины \bar{a}_{pj} , \bar{a}_{λ_j} и \bar{a}_{θ_j} , когда высота выражается в километрах.

Таблица 5.

Месяц	a_{pj}	\bar{a}_{pj}	a_{λ_j}	\bar{a}_{λ_j}	a_{θ_j}	\bar{a}_{θ_j}
1	0,010	0,047	-0,040	-0,042	-5,18	-4,92
2	0,068	0,066	-0,040	-0,043	-5,52	-5,54
3	0,113	0,087	-0,025	-0,041	-5,83	-6,25
4	0,071	0,104	-0,041	-0,037	-7,35	-6,85
5	0,125	0,113	-0,024	-0,033	-6,84	-7,18
6	0,134	0,111	-0,044	-0,029	-7,42	-7,15
7	0,103	0,099	-0,049	-0,027	-6,82	-6,77
8	0,059	0,080	-0,011	-0,027	-5,93	-6,14
9	0,035	0,059	-0,015	-0,029	-5,27	-5,43
10	0,038	0,042	-0,022	-0,032	-4,96	-4,84
11	0,094	0,033	-0,045	-0,036	-4,87	-4,51
12	0,026	0,035	-0,061	-0,040	-4,11	-4,54

Положительные значения \bar{a}_{pj} показывают, что с увеличением высоты местно-

сти число дней с осадками в j -ом месяце возрастает, а отрицательные значения \bar{a}_{λ_j} говорят о том, что с высотой увеличиваются также и слои дождя. Таким образом, возрастание осадков с высотой связано как с ростом частоты их выпадения, так и с увеличением их интенсивности.

1	24,5	8,32	30,0	4,56
2	19,2	16,7	27,0	6,73
3	16,4	25,0	25,0	9,63
4	15,8	33,4	23,0	12,8
5	14,7	41,7	21,0	16,9
6	13,0	50,0	19,0	22,2
7	13,0	58,4	17,0	29,2
8	8,61	66,7	15,0	38,1
9	4,65	75,0	13,0	49,3
10	4,19	83,3	11,0	62,5

По приведенной таблице построены кривые обеспеченности рассчитанных и измеренных максимальных расходов. С этих кривых в области далеко не выходящей за пределы обеспеченностей измеренных расходов, сняты измеренные и рассчитанные максимальные расходы одинаковой обеспеченности и определена относительная ошибка расчета ε_{Q_p} в процентах для каждой обеспеченности P .

$$\varepsilon_{Q_p} = \frac{(Q_{\text{изм}} - Q_{\text{рас}})}{Q_{\text{изм}}} \cdot 100\%$$

Ниже приводится таблица измеренных и рассчитанных расходов одинаковой обеспеченности и ошибки их расчета ε_{Q_p}

NN III	P %	Q _{изм.}	Q расч.	ε_{Q_p} %
1	5	27,0	29,0	7,41
2	10,0	23,8	24,7	3,79
3	15,0	21,5	22,3	3,72
4	20,0	19,7	20,0	1,52
5	25,0	17,9	18,0	0,56
6	30,0	16,5	16,6	0,61
7	35,0	15,6	15,6	0,00
8	40,0	14,9	14,5	-2,68
9	45,0	14,3	13,6	-4,90
10	50,0	13,6	13,0	-4,41

Таблица 8.

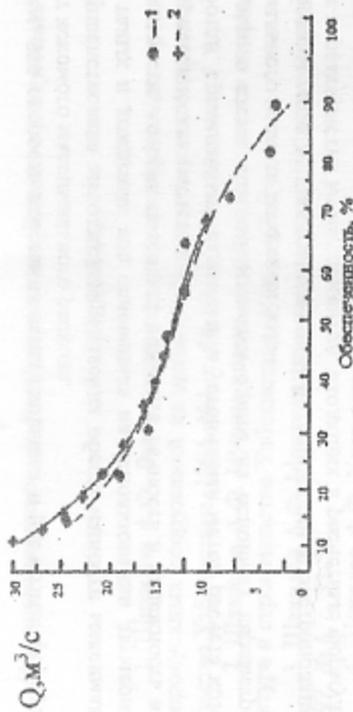


Рис. 3. Сопоставление рассчитанных и фактических кривых обеспеченностей смешанных максимальных расходов воды, река Паркентсай створ Киргиз (● - фактические (измеренные); + - расчетные).

Из приведенной таблицы и из рисунка 3 следует, что прогрешность расчета смешанных максимальных расходов воды реки Паркентсай в створе Киргиз в области их измеренных значений не превышает по абсолютной величине 8% и, следовательно, метод расчета является достаточно хорошим так как допустимая прогрешность расчета максимальных расходов составляет 20-25%.

Основные результаты и выводы:

Проведенный комплекс исследований, изложенный в настоящей работе, дал возможность получить ряд важных усовершенствований в области гидрологических расчетов максимальных расходов воды необходимых при проектировании гидротехнических сооружений. Эти усовершенствования изложены в отдельных разделах данной диссертации. Наиболее существенными научно-практическими результатами работы являются:

1. Уточнение теоретических основ метода расчета смешанных максимальных расходов воды.
2. Доказана возможность применения в расчетах экспоненциального закона распределения осадков.
3. Разработан более эффективный численный метод расчета дождевых и талых максимальных расходов воды, основанный на введении итерационного метода. Это устраняет возникающую при практическом применении трудность,

связанную с тем, что скорость добегаания воды входящая в расчетные формулы сама зависит от искомого максимального расхода.

4. Усовершенствована методика определения обеспеченности максимальных расходов талых и дождевых вод основанная на использовании двумерной плотности вероятности, которая позволяет повысить точность и надежность выполняемых гидрологических расчетов.

5. Разработан сравнительно надежный и устойчивый метод расчета коэффициента дождевого стока, который является одним из основных параметров расчета максимального расхода дождевых вод.

6. Разработаны методы пространственной интерполяции и экстраполяции статистических характеристик метеоэлементов, входящих в расчетные формулы. Это позволяет вести расчет смешанных максимальных расходов воды используя статистические параметры осадков вычисленных для метеорологических станций и постов расположенных как в самом бассейне реки так и за её пределами.

7. Разработан численный алгоритм и программа расчета смешанных максимальных расходов воды, дающие возможность внедрять полученные методы расчета в практическое использование.

8. На основании проведенных исследований получен более оптимальный метод расчета обеспеченности смешанных максимальных расходов воды, который значительно облегчает процесс выполнения расчетов и дает практически достоверные результаты.

9. Проведены расчеты смешанных максимальных расходов воды по ряду рек находящихся в различных физико-географических условиях Средней Азии, имеющие различные площади водосборов, различные средневековые высоты и среднеквадратические отклонения высот.

10. Наибольшая относительная ошибка расчета по всем рекам не превышает 20% ов и следовательно, данный метод расчета смешанных максимальных расходов воды может быть рекомендован к практическому использованию.

I. В журналах:

1. Шахидов А.Ф. Расчет максимальных расходов при проектировании водопропускных сооружений на автомобильных дорогах. // Архитектура и строительство Узбекистана. 1996. №1, с. 18-19. (соавтор Мирзаев Т.Л.)
2. Шахидов А.Ф. Нужны новые строительные нормы и правила // Архитектура и строительство Узбекистана. 1996. № 3-4, с. 41.
3. Шахидов А.Ф. Максималь сув сарфлари. // Узбекистон кишлок хужалиги. 1997. № 4, с. 51-52.
4. Шахидов А.Ф. Учет влияния регулирующих факторов на максимальный расход воды. // Сельское хозяйство Узбекистана. 1997. № 5, с. 31-32.
5. Шахидов А.Ф. Уточнение расчета талых, максимальных расходов воды итерационным методом. // Узбекский геологический журнал. 1997. № 5, с. 75-77. (соавтор Тулаганов А.Х.)
6. Шахидов А.Ф. Ёмгир сувлари окувчанлик коэффициентига эгами? // Узбекистон кишлок хужалиги. 1998. № 4, с. 56-57.
7. Шахидов А.Ф. Проектирование водопропускных сооружений в горных районах. // Сельское хозяйство Узбекистана. 1998. № 5-6, с. 30-31.
8. Шахидов А.Ф. Определение параметров расчета смешанных максимальных расходов воды в дорожном строительстве. // Транспорт: наука, техника, управление. Москва 1998. № 7, с. 60-61.
9. Шахидов А.Ф. Применение численных методов при расчете максимальных расходов дождевых и талых вод. // Транспорт: наука, техника, управление. Москва 1998. № 7, с. 62-63.
10. Шахидов А.Ф. Эвристические методы расчета максимальных расходов талых и дождевых вод. // Транспорт: наука, техника, управление. Москва 1998. № 9, с. 46-48.
11. Шахидов А.Ф. Условия формирования половодий на реках Средней Азии и их статистические характеристики. // Архитектура и строительство Узбекистана. 1999. № 1, с. 27-28. (соавтор Денисов Ю.М.)
12. Шахидов А.Ф. К вопросу определения обеспеченности максимальных расходов талых вод. // Сельское хозяйство Узбекистана. 1999. № 2, с. 27-28
13. Шахидов А.Ф. Уточнение расчета максимальных расходов дождевых вод итерационным методом. // Проблемы механики. 1999. №1, с. 51-53.

II. Нормативные и методические документы:

14. Методические рекомендации по расчету максимального стока рек аридного климата. // Ташкент. 1996 с. 54. (авторы: Ю.М. Денисов, В.М. Денисов, А.И. Сергеев, А.Ф. Шахидов, А.Х. Тулаганов).

15. Строительные нормы и правила КМК 2.05.03-97 «Мосты и трубы» Госком архитектуры и строительства РУз.

III. Отдельные издания:

16. Шахидов А.Ф. Расчет максимальных расходов дождевых паводков. // Ташкент. Изд. САНИТМИ. 1995 125с.

IV. В сборниках научных трудов:

17. Шахидов А.Ф. Структура формулы региональных норм дождевого стока. // Сборник научных трудов ТАДИ. Вып.150, с. 13-14.

18. Шахидов А.Ф. Обработка гидрометеорологических данных расчета максимального расхода. // Сборник научных трудов ТАДИ. 1983. Вып.153, с. 57-60.

19. Шахидов А.Ф. Определение скорости добегания при расчете максимального ливневого стока. // Сборник научных трудов МАДИ. М. 1983 с. 103-107.

20. Шахидов А.Ф. Лнейная формула для расчета стока ливневых вод. // Сборник научных трудов МАДИ. М. 1983 с. 108-110.

21. Шахидов А.Ф. Определение расчетной интенсивности дождя при расчете максимального стока ливневых вод. // Сборник научных трудов ТАДИ. 1984. Вып. 155, с. 72-75.

22. Шахидов А.Ф. Упрощенная формула расчета максимального стока талых вод в условиях Средней Азии. // Сборник научных трудов ТАДИ. 1987 с. 51-54.

23. Шахидов А.Ф. Об одном параметре формулы расчета максимального стока ливневых вод. // Сборник научных трудов МАДИ. М. 1990 с. 131-132.

24. Шахидов А.Ф. Расчет максимального стока талых вод в условиях Средней Азии. // Сборник научных трудов МАДИ. М. 1990 с. 138-141.

25. Шахидов А.Ф. Расчет смешанных максимальных расходов воды горных рек. // Труды САНИТМИ. 1996. Вып. 149(230) с. 51-66.

26. Шахидов А.Ф. К вопросу расчета максимальных смешанных расходов воды. // Сборник научных трудов ТАДИ. 1996 с. 91-93

27. Шахидов А.Ф. Гидрологическое обоснование проектов транспортных коммуникаций в Центральной Азии. // Труды Международной научнотехнической конференции. Ташкент 1996. Том 1, с. 120-123.

28. Шахидов А.Ф. Методы расчета максимальных расходов при проектировании водопропускных сооружений автомобильных дорог. // Сборник трудов Республиканской научно-технической конференции ТАДИ. 1997 с. 235-236.

29. Шахидов А.Ф. Коэффициент стока дождевых паводков. // Сборник научных трудов ТАДИ. 1998 с. 229-230.

V. Тезисы научных докладов:

30. Шахидов А.Ф. Особенности проектирования малых водопропускных сооружений в условиях сухого и жаркого климата. // Тезисы докладов. В книге: Повышение эффективности использования автомобильного транспорта и автомобильных дорог в условиях жаркого климата и высокогорных районов ТАДИ 1982 с. 51-52.

31. Шахидов А.Ф. Основы инженерно-гидрометеорологических изысканий. // Тезисы докладов в материалах XIX научно-технической конференции Ташкент 1991 с. 21.

32. Шахидов А.Ф. Надежность водопропускных сооружений автомобильных дорог. // Тезисы докладов XX научной конференции ТАДИ. 1994 с. 115.

Аралаш қор ва ёмғир сувларидан ҳосил бўладиган максимал сув сарфларини ҳисоблаш.

Максимал сув сарфларини ҳисоблаш гидротехника иншоотларини лойиҳалашда муҳим омиллардан бири бўлиб ҳисобланади. Бундан ташқари автомобил ва темир йўлларининг кўприккли ўтиш жойларини, кичик кўприклар ҳамда сув ўтказувчи қурурларни лойиҳалашда ҳам максимал сув сарфларини билиш жуда зарурдир. Шунини айтиш керакки максимал сув сарфларини ҳисоблаш гидрологик ҳисоблашларнинг энг мураккаб муаммоларидан биридир.

Мавжуд меъёрий ҳужжатларга биноан максимал сув сарфлари шаклланиш негизига асосан икки турга ажратилиб, яъни қор сувларидан ва ёмғир сувларидан ҳосил бўладиган максимал сув сарфлари ҳисобланади. Шунини алоҳида тақдирлаш керак-ки, кўпгина ҳолларда айниқса тоғли ҳудудларда максимал сув сарфлари аралаш сувлардан, яъни қор эриётган даврда ёмғир ёғиши туфайли ҳосил бўладиган максимал сув сарфларини ҳисоблашга тўғри келади. Бу жараён мураккаб жараёнлардан бўлиб, бу ҳол учун гидрологик ҳисоблаш усуллари энди ишлаб чиқилмоқда ва у ўта муҳим вазифалардан ҳисобланади.

Диссертацияда олиб борилган илмий изланиш ишлари ана шу муаммоларни ҳал этишга бағишланган. Бугунги кунда аралаш сувлардан ҳосил бўладиган максимал сув сарфларини ҳисоблашда проф. Ю.М. Денисов усулидан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир. Бу усул эҳтимоллар назарияси ва математик статистика фанларининг ютуқларига таянган назарий асосга эга. Шунга қарамай бу усул амалиётга тadbик этилмай келинди. Бунга асосий сабаблардан бири ҳисоблаш жараёнларининг ўта мураккаблгидадир. Бизнинг илмий тадқиқот ишларимиз шунини кўрсатдики, бу усулни амалиётга тadbик этиш учун қуйидаги вазифаларни амалга ошириш зарур: унинг назарий асосини такомиллаштириш; ҳисоблаш жараёнларини ишлаб чиқиш, яъни сонли алгоритм ва ҳисоблаш дастурини яратиш; ёмғир сувларининг оқувчанлик коэффициентини аниқлаш ва ҳисоблаш формулаларидаги кўрсаткичларни аниқлаш усулларини ишлаб чиқиш.

Юқорида белгиланган барча вазифалар диссертацияда ўз ечимини топди. Аралаш сувлардан ҳосил бўладиган максимал сув сарфини ҳисоблаш усули назарияси такомиллаштирилди. Ёмғир сувларининг оқувчанлик коэффициентини ҳисоблаш усули ишлаб чиқилди. Ҳисоблаш формулаларидаги кўрсаткичларни аниқлаш усуллари, ҳисоблаш жараёнларининг сонли алгоритми ва ҳисоблаш дастури яратилди.

Яратилган тақлифлар ичида ўзинга ҳос ечимларга эга бўлган масалалардан яна қуйидагиларни ҳам айтиб ўтиш ўринли. Булар ёмғир ва қор сувларидан ҳосил бўладиган максимал сув сарфларини итерацион усулда ҳисоблаш ҳамда уларнинг такрорланиш даврини аниқлаш усуллари.

Бажарилган илмий тадқиқот ишларининг натижаларини баҳолаш мақсадида Марказий Осиё ҳудудидаги бир нечта дарёлар учун аралаш сувлардан ҳосил бўлган максимал сув сарфлари ҳисоблаб чиқилди. Ҳисоблаш ишлари тахлили шунини кўрсатдики, яратилган ҳисоблаш услуби талаб даражасидаги натижаларни берди.

Хулоса қилиб шунинг айтиш керак-ки, ишлаб чиқилган максимал сув сарфларини ҳисоблаш услубини амалиётга қўллаш мумкин. Натияжада гидротехника иншоотларини автомобил ва темир йўлларининг кўприккли ўтиш жойларини, кичик кўприклар ҳамда сув ўтказувчи қурурларни лойиҳалашда гидрологик ҳисоблашлар аниқлиги ортади. Бу эса ўз навбатида халқ ҳўжалигида иқтисодий самарадорликни оширишга имкон беради.

CALCULATION OF MAXIMUM EXPENDITURE OF SNOW AND RAIN MIXED WATER

The calculation of maximum expenditure of mixed water is considered to be an important factor in hydro-technical facilities projecting sphere. Moreover, knowing the maximum water expenditure is very important in projecting the automobile and railway bridges, small bridges, water leaking facilities. It is important to point out that the maximum expenditure of water is one of the most complicated tasks among hydrological calculations.

According to existing normative documents, the maximum expenditure of water is divided into two types, i.e. the water drawn from snow and from rain. It is important to mention separately, that in many cases, mainly in mountain territories the maximum water expenditure consists of snowmelt water and water of the rain at the same time. This process is very complicated and hydrological methods are being worked out at the moment.

The scientific-research works described in dissertation are devoted to solving the above-mentioned problems. Nowadays, it is reasonable to use Mr. Dimisov's method for calculation of mixed water expenditure. This method leans on modern achievements of theoretical probability and mathematical statistics. Despite of this fact the method was not introduced to practice. The main reason is that calculation is very complicated. In order to introduce this method into practice, the following tasks should be fulfilled: 1) to perfect the theoretical basis of the method; 2) to work out the calculation methodic, to create a calculation program and numerical algorithm; 3) to determine coefficients of rainwater fluidity; 4) to work out the methods of confirmation of indexes in calculation formulas.

The above mentioned tasks found their solving in the materials of the dissertation. The theory of calculation method of maximum water expenditure is worked out. The calculation method of rainwater fluidity is worked out. The method of determination of the indexes in calculation formulas, numerical algorithm, and calculation program are worked out.

The existing proposals contain a specific decision: to work out the iteration method of calculation of maximum expenditure of mixed water, and methodic of determining of periodicity.

In order to evaluate the method from scientific point of view, there were fulfilled calculations of maximum expenditure of water for few Central Asian rivers. Analysis of fulfilled calculations showed the expected results.

In conclusion, it is important to mention that the worked out methods of calculation of expenditure of water can be introduced to practice. The utilization of these methods will help to raise the precision of hydrological calculations for projecting of hydro-technical facilities, automobile and railway bridges, small bridges and water leaking facilities. That will help to increase efficiency of the national economy.

Заказ № 1352. Отпечатано способом ротопронта. Формат 60×84/16⁰⁰
2,75 п. л. Тираж 120. Отпечатано на Ташкентской книжно-журналь-
ной фабрике Государственного комитета Республики Узбекистан по
печати. Ташкент, Юнусовад, ул. Мурадова, 1.