

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования, обучающихся
по специальности 1-74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство*

2-е издание, переработанное и дополненное

Горки
БГСХА
2015

УДК 631.6(075.8)
ББК 40.6Я73
И62

*Одобрено методической комиссией мелиоративно-строительного факультета 26.02.2015 (протокол № 6)
и Научно-методическим советом БГСХА 31.03.2015 (протокол № 6)*

Авторы:

доктор географических наук, профессор *А. А. Волчек*;
кандидат технических наук, доцент *Н. Н. Водчиц*;
кандидат географических наук, доцент *О. И. Грядунова*;
доктор технических наук, доцент *В. И. Желязко*;
кандидат технических наук, доцент *В. К. Курсаков*

Под общей редакцией *А. А. Волчека*

Рецензенты:

доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник
ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси»,
академик НАН Беларуси *В. Ф. Логинов*;
доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой
общего землеведения УО «Белорусский государственный
университет» *П. С. Лопух*

И62 Инженерная гидрология и регулирование стока. Гидрологические и водохозяйственные расчеты : учебно-методическое пособие / *А. А. Волчек [и др.]*. – 2-е изд., перераб. и доп. – Горки : БГСХА, 2015. – 294 с.
ISBN 978-985-467-562-6.

Изложены методы гидрологических расчетов по определению параметров среднего годового стока рек при наличии, недостаточности и отсутствии данных гидрометрических наблюдений, внутригодового распределения стока, максимальных расходов воды весеннего половодья, летне-осенних дождевых паводков при наличии и отсутствии данных наблюдений, трансформации паводкового стока водохранилищем, а также по определению основных параметров водохранилища.

Настоящее учебно-методическое пособие является практическим руководством в самостоятельной работе при выполнении гидрологических и водохозяйственных расчетов.

Для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство.

**УДК 631.6(075.8)
ББК 40.6Я73**

ISBN 978-985-467-562-6

© УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2015

ВВЕДЕНИЕ

Главная цель гидрологических расчетов – определение характеристик, количественно описывающих гидрологические процессы и явления. Определение расчетных гидрологических характеристик необходимо для проектирования и обеспечения надежной эксплуатации инженерных сооружений, в частности водохранилищных гидроузлов. При этом различаются расчеты: при наличии гидрометрических данных (измеренных характеристик за длительный период); при недостаточности гидрометрических данных; при отсутствии гидрометрических данных.

Полученные гидрологические данные, в частности значения годового стока заданной вероятности превышения (распределенные внутри года по месяцам), используются для водохозяйственных расчетов водохранилища (определение притока воды в водохранилище).

Расчет самого водохранилища выполняется при рассчитанном мертвом объеме, потерях воды из водохранилища и построенных батиграфических характеристиках водохранилища.

С целью выбора правильного направления использования водотоков необходимо иметь ясное представление об изменении характеристик речного стока, что является актуальной проблемой инженерной гидрологии. На основе полученных результатов исследований проектируются гидротехнические сооружения, такие как водохранилищные гидроузлы. Важнейшее научное и практическое значение имеет выявление закономерностей колебаний речного стока с целью разработки сценариев и прогнозов его изменения в условиях воздействия различных естественных и антропогенных факторов, а также оценки расходов воды косвенными методами при отсутствии прямых инструментальных наблюдений на малых реках. Последнее стало особенно актуальным в конце XX – начале XXI столетия, когда в стране сократился объем гидрометеорологических наблюдений.

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ГИДРОЛОГИИ

Практическая работа № 1. ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ ПРИБОРОВ ДЛЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Цель работы: изучить принципы действия приборов для гидрометеорологических наблюдений.

Оборудование: переносная рейка ГР-104, максимальные рейки, гидрометрическая штанга с поддоном, лот ручной, поверхностные и глубинные поплавки, гидрометрический шест, гидрометрическая вертушка.

Задание к работе.

1. Изучить средства для измерения глубин и принцип их действия.
2. Изучить приборы для измерения скорости течения и выяснить принцип их действия.
3. Изучить устройства для измерения расходов воды на малых реках и принцип их действия.
4. Изучить схему определения расходов воды ключей и родников.
5. Изучить устройства для измерения расхода воды в коллекторах и дренах.

Ход выполнения работы.

1. Средства для измерения глубин. В зависимости от глубин и скоростей живого сечения определяют приборы, необходимые для замера глубины. *Глубина водного потока* – это расстояние по вертикали от дна до поверхности воды. При небольших глубинах (до 1 м) используют водомерную рейку, а при глубине до 5–6 м и относительно небольшой скорости течения – *гидрометрическую штангу или наметку*. При больших глубинах применяют ручной или механический лот.

Переносные рейки размечают через 1 см. Они могут быть деревянные – брусок ромбического сечения длиной 1,10 м, но чаще применяются металлические рейки двух типов: рейка ГР-104 (рис. 1.1), изготовленная из дюралюминиевой трубки диаметром 25 мм с деревянной ручкой, и рейка с успокоителем ГР-23.

Максимальная стандартная рейка ГР-45 представляет собой трубу с отверстиями. Во внутреннюю полость рейки вставляется шток с сантиметровыми делениями. Перед опусканием в трубу стержень-указатель покрывают разведенным в воде мелом. Высота уровня определяется по границе смывтого раствора мела по делениям на стержне. Диапазон измерения составляет 1,5 м.



Рис. 1.1. Переносная рейка ГР-104

По способу расположения максимальные рейки могут устанавливаться на сваю с помощью специальных скоб и болтов или ввинчиваться в грунт посредством винтового наконечника (рис. 1.2). После ввинчивания сваи необходимо определить нивелировкой отметку ее головки и вычислить отметку (и приводку) нуля наблюдения.

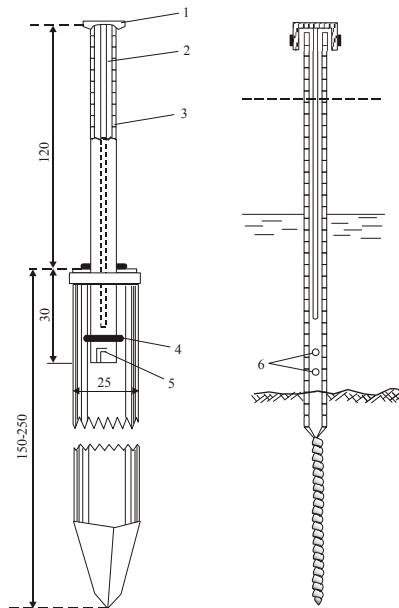


Рис. 1.2. Типы максимальных реек:
 1 – головка; 2 – стержень-указатель; 3 – труба;
 4 – скоба; 5 – болт; 6 – отверстия

Гидрометрическая штанга представляет собой круглый металлический шест длиной 3, 4, 6 м, состоящий из двух частей, диаметром 2 см с 5-сантиметровым делением. Штанга заканчивается железным диском (поддоном) диаметром до 10 см во избежание погружения в илистое дно (рис. 1.3, *а*).

Наметка представляет собой деревянный шест круглого сечения диаметром 4–6 см, длиной 5–7 м. Нижний конец заделывается в железный башмак, который помогает своим весом погружать наметку в воду и предохраняет ее нижний конец от повреждений. Наметку размечают на дециметры и окрашивают в белый и красный цвета водостойкой краской, а нулевое деление совпадает с нижней поверхностью башмака (рис. 1.3, *б*).

При измерении глубин наметку (гидрометрическую штангу) направляют нижним концом вперед по ходу лодки, а отсчет глубин производят, когда наметка коснется дна и займет вертикальное положение. Точность измерений зависит от скорости течения, волнения, грунта дна, а также от квалификации измеряющего. Точность измерения глубин с помощью наметки составляет 2–5 см.

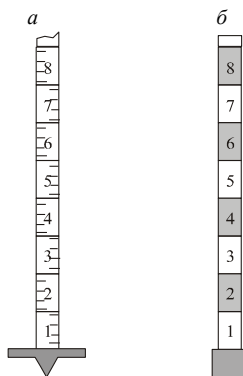


Рис. 1.3. Гидрометрическая штанга с поддоном (*а*) и гидрометрическая наметка (*б*)

Лот ручной представляет собой металлический груз массой 2–6 кг конической или пирамидной формы, подвешенный на размеченном, предварительно растянутом капроновом лотiline (шнуре) или на мягком стальном канате (тресе). Лотинь размечают кожаными марками

на метры и дециметры. Промерной ручной лот (рис. 1.4) имеет вес 4,5 кг, диаметр 56 мм и длину 355 мм. Он рассчитан на измерение глубин в реках до 25 м, в водоемах без течения – до 100 м.

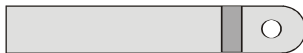


Рис. 1.4. Лот промерной ручной ЛПР-48

При измерении глубин лот забрасывается вперед против течения, а отсчет берется в момент, когда лотлинь будет расположен (натянут) вертикально. Точность измерения глубин лотом меньше, чем наметкой, вследствие прогиба лотлиня и отбоя лота течением, точность отсчета по лотлиню составляет 5–10 см.

Лот механический состоит из трех основных частей: 1) лебедки со счетчиком; 2) каната для опускания груза; 3) груза обтекаемой формы.

Для измерения глубин и других гидрометрических работ обычно применяют лебедки гидрометрические ПИ-23 («Нева») и ПИ-24 («Луга»). Эти лебедки собраны из одних и тех же деталей, счетчики лебедок позволяют указать длину разматываемого троса с точностью до 1 см при общей длине троса 22 м и имеют приспособление для установки на нуль. Лебедка «Луга» более удобна при выполнении промерных работ с лодки, «Нева» – с гидрометрического мостика.

При промерных работах используются также лебедка с поворотной стрелой ГР-36, применяемая на судах, понтонах или мостах, лебедки для люлочных переправ ГР-65, ГР-65М, лебедка гидрометрическая ЛГ-1-М1, выпускаемая в четырех вариантах.

Гидрометрические грузы имеют обтекаемую форму, снабжены стабилизатором направления и вертлогом, обеспечивающим свободное вращение груза в горизонтальной плоскости, установку его по направлению течения. Стандартные гидрометрические грузы выпускаются массой 5–100 кг и подбираются в зависимости от скорости течения, чтобы угол отклонения каната не превышал 10° при стандартном диаметре стального каната 3 мм (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Значения массы стандартного груза в зависимости от скорости

| | | | | | |
|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Наибольшая скорость течения, м/с | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 |
| Минимальная масса груза, кг | 12 | 25 | 50 | 75 | 100 |

Эхолоты. Промерные эхолоты обеспечивают высокую точность измерения глубин, большую производительность, удобны в обращении и потому широко применяются при промерных работах. Действие эхолота основано на посылке ультразвуковых импульсов от вибратора-излучателя в водную среду и приеме отраженных от дна импульсов (эха) вибратором-приемником. Принцип измерения глубины представлен на рис. 1.5.

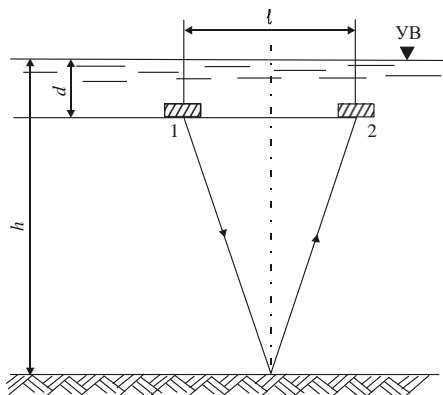


Рис. 1.5. Схема измерения глубин акустическим методом:
1 – вибратор-излучатель; 2 – вибратор-приемник

2. Приборы для измерения скорости течения воды. Основными приборами для измерения скоростей течения воды в реках и каналах являются гидрометрические поплавки и гидрометрические вертушки, а в лабораторных условиях на гидравлических моделях – гидрометрические микровертушки, гидрометрические трубки, термогидрометры, лазеры и др.

Гидрометрические поплавки применяются для измерения скорости течения потока на поверхности, на различных глубинах и средней скорости на вертикали, где невозможно измерить ее гидрометрическим прибором из-за малой глубины и помех в потоке. В зависимости от назначения и устройства поплавки делятся на поверхностные, глубинные и поплавки-интеграторы.

Поверхностные поплавки применяются для измерения скоростей и направлений течений на поверхности водных объектов. В качестве поверхностных поплавков можно использовать бруски дерева площа-

дью поперечного сечения 8×10 см, длиной 3–7 см; цилиндры высотой 3–7 см; две крестообразно соединенные доски с подвешенным грузом, пластмассовые бутылки, частично заполненные водой, и другие плавающие предметы, например, отдельные льдины. Для лучшей видимости их иногда снабжают флажками, а для устойчивости снизу подвешивают груз (рис. 1.6).

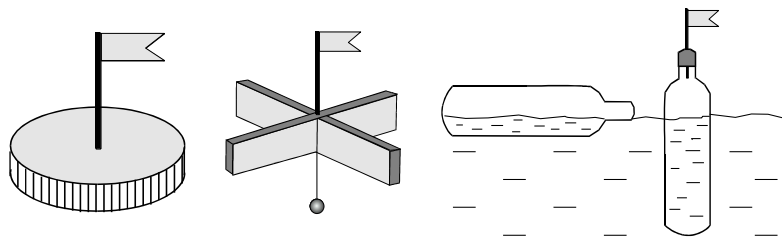


Рис. 1.6. Поверхностные поплавки

К недостаткам поверхностных поплавков следует отнести ограниченность их применения – в маловетренную погоду и при небольших скоростях течения (менее $0,5$ м/с). При ветре скоростью более 6 м/с применять поверхностные поплавки не рекомендуется.

Глубинные поплавки применяются для измерения малых скоростей течения, менее $0,15$ м/с, изучения направления течения на некоторой глубине, а также для определения границ мертвого пространства. Глубинный поплавок состоит из двух связанных нитью верхнего (поверхностного) поплавка и нижнего (глубинного), погруженного на глубину h (рис. 1.7). Верхний поплавок делается намного меньше нижнего (глубинного) и является только указателем, поэтому скорость движения всей системы приблизительно равна скорости течения на той глубине, на которую погружен нижний поплавок. Верхний поплавок делают из пробки или поролона, а нижний – из проваренного в олифе деревянного шарика диаметром 4–5 см, стеклянного пузырька, частично заполненного водой, или других предметов с удельным весом несколько больше удельного веса воды.

С помощью поплавка-интегратора измеряют среднюю скорость на вертикали ($v_{\text{ср}}$). В качестве поплавков-интеграторов применяют деревянные, пластмассовые или другие легкие шарики, а иногда масляные капли.

Гидрометрические шесты позволяют определить среднюю скорость на глубине на некотором участке потока. Гидрометрический шест представляет собой деревянный шест длиной $0,94 h$ (h – глубина вертикали) со смещенным центром тяжести (рис. 1.8). При меньшей длине скорость получается завышенной.

Применение гидрометрических шестов ограничено тем, что сравнительно редко встречаются реки с достаточно ровным дном.

Поплавки-интеграторы (рис. 1.9) изготавливают из деревянных, пробковых или целлюлоидных шариков диаметром 30–35 мм, заполненных воском или парафином.

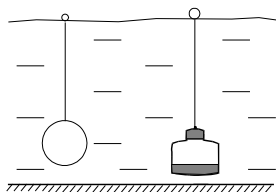


Рис. 1.7. Типы глубинных поплавков

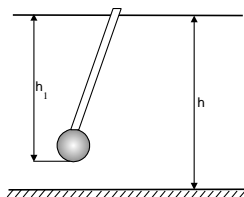


Рис. 1.8. Гидрометрический шест

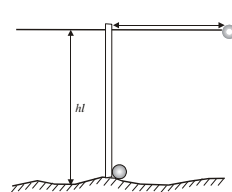


Рис. 1.9. Гидрометрический поплавок-интегратор

Поплавок-интегратор занижает измеряемую скорость, так как, поднимаясь из нижних слоев в слои с большей скоростью течения, воспринимает скорость соответствующего слоя вследствие инерции.

Гидрометрическая вертушка – основной прибор для измерения скорости течения в различных точках сечения потока. В настоящее время имеется несколько конструкций гидрометрических вертушек: ГР-21, ГР-21М, ГР-99, микровертушки.

Вертушка состоит из ходовой части, корпуса, сигнального устройства, стабилизатора направления. Главным ее узлом является ходовая часть, состоящая из оси, лопастного винта, контактного механизма, находящегося во внутренней камере, заполненной маслом. Корпус вертушки служит для соединения основных частей вертушки (ходовая часть и стабилизатор) и крепления ее на штативе или тросе. Стабилизатор является направляющим для установки прибора против течения. Сигнальное устройство передает сигналы от винта вертушки к звонку или лампочке.

При вращении лопастного винта через определенное количество оборотов звенит звонок или загорается лампочка.

По способу опускания в воду вертушки подразделяются на штанговые, тросовые и универсальные.

Принцип действия вертушек основан на вращении лопастного винта под давлением движущейся воды. Скорость вращения лопастного винта с осью вертушки находится в прямой зависимости от скорости течения. С этой целью после изготовления вертушку тарируют.

При работе вертушки необходимо учитывать ее основные рабочие характеристики: начальная скорость вращения лопастного винта, критическая скорость вращения, чувствительность к скорости потока воды, компонентность и постоянство градуированной зависимости числа оборотов вращения вертушки от скорости течения воды.

Компонентностью называется способность вертушки измерять составляющую скоростного вектора по направлению оси вертушки при косоструйном течении. Гидрометрическая вертушка, снабженная компонентным винтом, способна зафиксировать проекцию скорости в точке измерения, что позволяет не вводить поправку на косину струи.

Чувствительностью (инерционностью) вертушки называют способность лопастного винта реагировать на изменение скорости течения. Наименьшим моментом инерции обладает лопастной винт вертушки ГР-99. Ее следует применять в потоках с турбулентным течением. Вертушки ГР-21, ГР-21М обладают относительно большой чувствительностью, применение их целесообразно в потоках с ламинарным течением.

Микровертушки обладают большой чувствительностью, их применение целесообразно при измерении расходов воды в дренах и каналах с небольшими расходами воды умеренной турбулентности.

Для установки вертушки в потоке на нужной глубине требуются следующие принадлежности: штанга, груз, канат, гальванические элементы, провод звонокый, визир, гидрометрические лебедки.

Гидрометрическая штанга служит для крепления на ней вертушки. Штангу опускают с упором в дно реки или подвешивают на гидрометрическом мостике или пароме. Подвесные штанги удерживаются на весу специальными штангодержателями. Применение штанги ограничивается скоростью течения и глубиной водного потока. Так, при глубине потока более 3 м и скорости более 1,5 м/с использование штанги запрещается. В этом случае гидрометрические вертушки опускаются

на стальном тросе с помощью гидрометрических лебедок и гидрометрических грузов, которые уменьшают отклонение каната от вертикали.

Указатель направления течения (визир) представляет собой пластину с кольцом и крепительным винтом и служит для установки правильного положения вертушки под водой, закрепляется на штанге винтом таким образом, чтобы ось указателя находилась в одной плоскости с осью корпуса вертушки.

Вертушка снабжена двумя приспособлениями для электрической сигнализации (звонком и лампочкой). Для питания электрической сигнализации необходима батарея, состоящая из одного-двух сухих или сухоналивных гальванических элементов с электродвижущей силой 1,2–1,5 В, или батарея от карманного фонаря.

3. Устройства для измерения расходов воды на малых реках.

Применение метода «скорость – площадь» на малых водотоках сопряжено с рядом трудностей и помех, связанных с неустойчивостью дна и берегов, изначальной косоструйностью, малыми глубинами, а также большой изменчивостью расходов воды во времени, требующей повышенной частоты их измерений. В этих условиях наилучшие результаты дает применение контрольных русел и гидрологических расходомеров. Расходы воды родников и малых ручьев измеряются объемным способом.

Гидрологические расходомеры – это водосливы, потоки, пороги, насадки и т. п., применяемые на реках и каналах. Эти сооружения относятся к типу транзитных расходомерных установок с высокой точностью. Средняя квадратическая погрешность их составляет 2–5 %, при этом можно достичь точности измерения расхода до 0,001 м³/с, что в сочетании с простотой измерений (расход воды определяется по гидравлическим зависимостям на основании измерения только уровня (напора) воды) дает возможность использовать гидрологические расходомеры для автоматизации учета стока малых рек. При этом в сочетании с самописцами уровня воды они обеспечивают непрерывную фиксацию расходов воды.

Водослив представляет собой преграду на пути движения потока в виде вертикальной стенки или порога, через которые переливается вода (рис. 1.10).

В зависимости от толщины этой преграды и формы его продольного профиля выделяют водосливы с тонкой стенкой, широким порогом практического профиля. По очертаниям водосливного отверстия водосливы подразделяются на прямоугольные, треугольные, трапециевидные, радиальные, параболические и т. п.

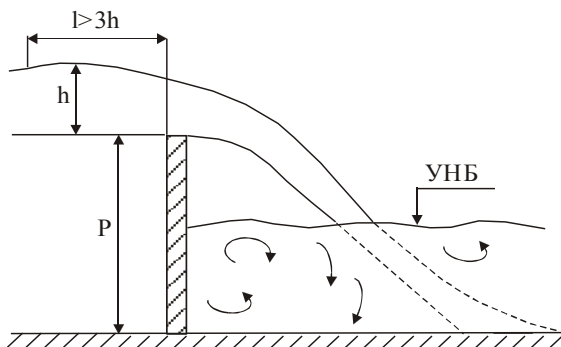


Рис. 1.10. Схема водослива с тонкой стенкой и его параметры

Определение расходов воды водосливами с тонкой стенкой. Водосливы с тонкой стенкой применяют главным образом как незатапливаемые водосливы $h_{н.б.} < P_{н.б.}$, где $h_{н.б.}$ – глубина потока в нижнем бьефе; $P_{н.б.}$ – высота порога со стороны нижнего бьефа.

Треугольный водослив с тонкой стенкой рекомендуется применять при больших колебаниях расхода воды. Наиболее распространены водосливы с центральным углом $\alpha = 90^\circ$ (рис. 1.11). Его биссектриса при установке должна оставаться вертикальной.

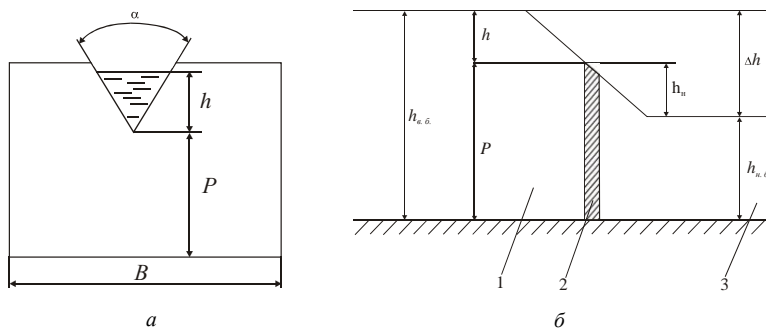


Рис. 1.11. Схема треугольного водослива с тонкой стенкой:
 а – вид спереди; б – продольный разрез; 1 – подводящее русло (верхний бьеф);
 2 – стенка водослива; 3 – нижний бьеф

Рабочая формула водослива для расхода воды ($\text{м}^3/\text{с}$) имеет вид

$$Q = 2,361 \cdot C \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot h_l^{5/2}, \quad (1.1)$$

где $h_l = h + \Delta h$ – приведенный напор над вершиной центрального угла в створе измерения уровня;

Δh – поправка на вязкость жидкости и поверхностное натяжение для треугольного водослива, убывает от 2,75 до 0,85 мм при возрастании α от 22,5 до 120° (при $\alpha = 90^\circ$, $\Delta h = 0,85$ мм);

C – коэффициент расхода, зависящий от угла α и соотношения высоты порога P , ширины подводящего русла B и напора h .

Например, при $\frac{P_{\text{в.б.}}}{B} \leq 0,2$ и $\frac{h_l}{P_{\text{в.б.}}} \leq 0,8$:

| | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| α | 22,5° | 45° | 60° | 90° | 120° |
| C | 0,592 | 0,580 | 0,577 | 0,578 | 0,587 |

При $\alpha = 90^\circ$ получим рабочую формулу

$$Q = 1,4h_l^{5/2}, \quad (1.2)$$

где величина Q измеряется в кубических метрах на секунду, h_l – в метрах.

Диапазон измерения расходов воды в зависимости от размеров порога составляет 0,1–30 м³/с.

Малые расходы воды измеряются треугольными водосливами с большей точностью, чем прямоугольными, так как у первых при одинаковых расходах получается больший напор. Минимальный напор, ниже которого наблюдается прилипание струи к стенке водослива, $h_{\min} = 0,05$ м; следует принимать $h_{\max} = 0,6$ м. Расстояние от стенки водослива до створа измерения напора должно составлять $\ell = 3 h_{\max}$. Из числа треугольных водосливов основными считаются водосливы с углом $\alpha = 90^\circ$.

Трапецеидальный водослив с тонкой стенкой удобен для установки в каналах с пологими откосами (рис. 1.12). Для земляных русел предназначен водослив с углом наклона боковых граней $\alpha = 45^\circ$ ($\operatorname{tg} \alpha = 1$).

Расходы воды через водослив рассчитываются по формуле

$$Q = 1,86 \cdot c_f \cdot b_0 \cdot h^{3/2}, \quad (1.3)$$

где $c_f = (b_0 + h)/(b_0 + 0,25 \cdot h)$.

При $\frac{\alpha}{2} = 14^\circ$ рабочая формула (1.3) примет вид

$$Q = 1,86 \cdot b_0 \cdot h^{3/2}. \quad (1.4)$$

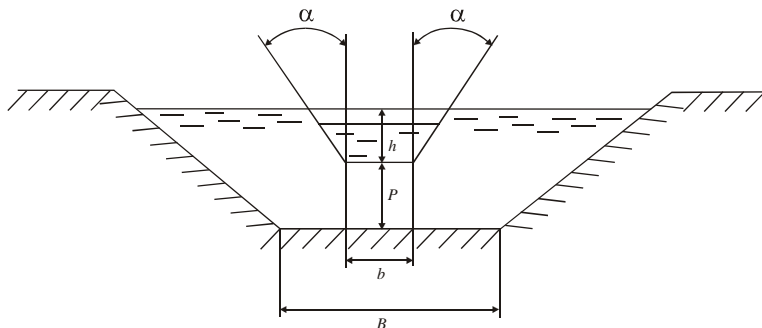


Рис. 1.12. Схема трапецидального водослива с тонкой стенкой

С помощью больших трапецидальных водосливов (при $b=2$ м) могут быть измерены расходы воды до $10 \text{ м}^3/\text{с}$.

Водосливы с тонкой стенкой обеспечивают достаточно высокую точность измерения расходов воды. Среднеквадратическая относительная погрешность множителя в этой формуле составляет 2,5 %.

Для успешной эксплуатации водосливов необходимо соблюдать следующие условия:

- вся вода полностью должна переливаться через водослив;
- поток перед водосливом должен быть прямолинейным;
- измерительная стрелка водослива должна быть совершенно плоской и располагаться строго вертикально и перпендикулярно к общему направлению потока перед водосливом;
- скорость течения воды непосредственно перед водосливом (скорость подхода) не должна превышать при пропуске небольших расходов воды $0,50 \text{ м/с}$;
- уровень воды за водосливом под струей переливающейся воды должен быть всегда ниже ребра водослива;
- под струю переливающейся воды должен быть всегда обеспечен свободный доступ воздуха;
- край выреза стрелки должен иметь толщину 1 мм и быть острым;

- ребро водослива должно возвышаться над дном реки не менее чем на 0,1 м;
- измерение напора на водосливе должно производиться в верхнем бьефе на расстоянии от водосливной стенки не менее трехкратной величины наибольшего напора;
- скопления наносов у водосливной стенки должны систематически удаляться.

Водослив с широким порогом. Стандартный водослив с широким порогом имеет горизонтальную прямоугольную поверхность и предназначен для применения в каналах трапецеидального сечения с большим количеством взвешенных наносов. Верховая и низовая грани вертикальные, т. е. водослив имеет острую входную и выходную кромки (рис. 1.13), ширина порога $b = B$, где B – ширина подводящего русла.

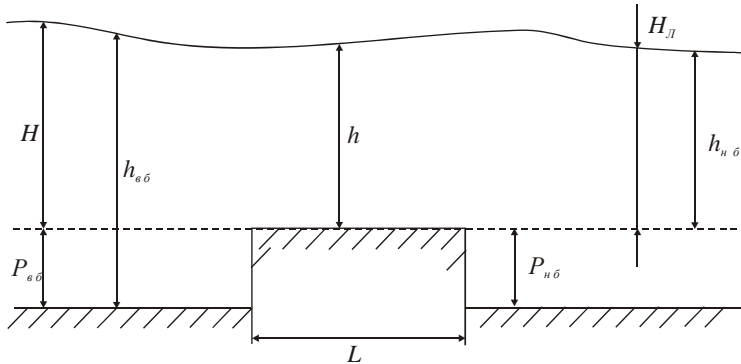


Рис. 1.13. Схема водослива с широким порогом прямоугольного профиля

Параметры водослива принимаются следующие: $H \geq 0,06$ м; $b \geq 0,3$ м; $p_{в.б.} > 0,15$ м; $0,15 \leq p_{в.б.}/L \leq 4$, где L – длина порога водослива.

Уравнение расхода воды записывается в виде

$$Q = \frac{2}{3\sqrt{3}} C_l \cdot C_v \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}, \quad (1.5)$$

где C_l – коэффициент истечения;

C_v – коэффициент, учитывающий влияние скорости в подводящем русле.

При соблюдении условий $0,1 \leq H/L \leq 0,4$; $0,15 \leq H/p_{в.б.} \leq 0,6$ коэффициент $C_1 = 0,864$.

При условиях $0,4 \leq H/L \leq 1,6$ и $H/p_{в.б.} < 0,6$

$$C_1 = 0,782 + 0,191 \cdot H/L. \quad (1.6)$$

При $H/p_{в.б.} < 0,6$ $C_v = 1$.

Значения C_v при $H/L < 0,85$ и $0,6 < H/p_{в.б.} \leq 1,50$ изменяются от 1,011 до 1,123 (определяются по специальным таблицам). Среднеквадратическая относительная погрешность произведения $C_1 \cdot C_v$ составляет 3 %.

Гидрометрические лотки. Гидрометрический лоток представляет собой сужающее поток устройство, благодаря которому на коротком участке потока происходит увеличение кинематической энергии, приводящее к образованию перепада уровней. Расход воды зависит от уровня воды (напора) перед сужением H при заданной ширине горловины b . По сравнению с водосливами гидрометрические лотки в меньшей степени искажают естественную зависимость между уровнями и расходами водотока и меньше препятствуют транспорту наносов.

На рис. 1.14 дана схема гидрометрического лотка Вентури. Он состоит из входной части, конфузора (сужающей части), горловины и выходного диффузора. Дно лотка горизонтальное, все поперечные сечения прямоугольные.

Входная часть лотка имеет длину $l_1 = (4-5)H_{\max}$. В ее боковой стенке имеется отверстие, соединенное с колодцем для измерения уровня (напора). Размер $l_1 = 3H_{\max}$; $l'_1 = l_1 - 2H_{\max}$. Сужающая часть в форме криволинейного конфузора очерчивается по радиусу $R = 2(B-b)$. Размер $l_k = 1,32(B-b)$. Длина горловины $l = 1,5H$. Выходной диффузор имеет длину по оси $l_d = 3(B-b)$. Минимальный напор $H_{\min} = 0,05$ м. Ширина подводящего русла $B \leq 6$ м. Рабочая формула для определения расхода воды Q ($\text{м}^3/\text{с}$) имеет вид

$$Q = 1,705 \cdot C_1 \cdot C_v \cdot H^{3/2}. \quad (1.7)$$

Коэффициент C_1 , зависящий от напора, определяется как

$$C_1 = \left(\frac{(H - 0,003 \cdot l) \cdot b}{(b + 0,004l) \cdot H} \right)^{3/2}. \quad (1.8)$$

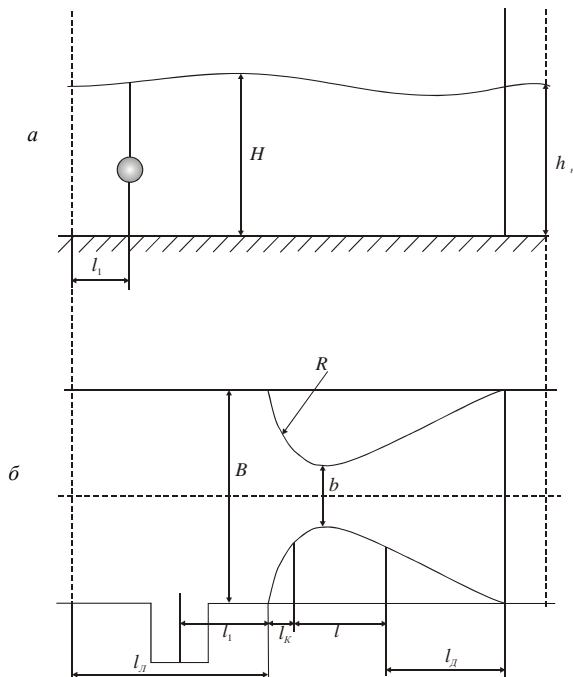


Рис. 1.14. Схема гидрометрического лотка Вентури:
a – вид в разрезе; *б* – вид сверху

Коэффициент C_v , учитывающий влияние скорости подхода, зависит от степени сжатия потока горловиной лотка и определяется из уравнения

$$\left(\frac{2}{3\sqrt{3}} - \frac{b}{B} \right)^2 \cdot C_v^2 - C_v^{3,67} + 1 = 0. \quad (1.9)$$

Коэффициент C_v изменяется в пределах 1,000–1,147. Лоток должен работать, как незатопленный, что соблюдается при условии $h_{н.б.}/H \leq 0,80$.

4. Определение расходов воды ключей и родников. Расходы воды ключей и родников обычно невелик, что позволяет применять объемный способ их измерения. Суть метода заключается в том, что расход воды определяется как $Q = W/t$, где W – объем накопившейся воды за

время t . Точность измерения зависит от времени наполнения сосуда t_0 , которое можно определить по формуле

$$t_0 = \frac{100 \cdot \Delta t}{\sigma_e - \delta W}, \quad (1.10)$$

где Δt – погрешность отсчета времени, с;

σ_e – допустимая погрешность измерения расходов воды;

δW – относительная погрешность определения объема нужного сосуда, %.

Объемный способ может быть использован в качестве рабочего эталона при градуировке лотков и водосливов, так как он позволяет обеспечить необходимый класс точности измерений, удовлетворяющий требованиям метрологической аттестации средств измерений.

При каптаже ключей и родников вода обычно отводится посредством металлических и пластмассовых труб, в этом случае при свободном истечении струи из кольцевого сечения трубопровода расход воды может быть определен по формуле

$$Q = 0,705 l F \sqrt{g/h}, \quad (1.11)$$

где g – ускорение свободного падения;

l и h – геометрические параметры струи (рис. 1.15).

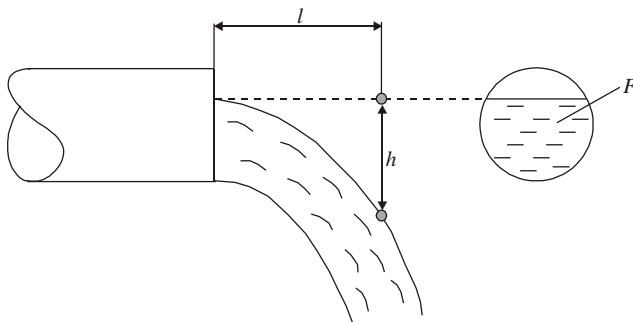


Рис. 1.15. Схема истечения воды из кольцевого сечения трубопровода

5. Устройства для измерения расхода воды в коллекторах и дренах. В открытых горизонтальных коллекторах и дренах расход воды измеряют чаще всего объемным способом. Результаты измерений записывают в журнал (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Полевой журнал для записи измерений дренажного стока.
Система канала 1-К за 10 июня 2012 г.

| Дата измерений | Номер дрены | Глубина дрены, м | Длина дрены, м | Расстояние между дренами, м | Площадь осушения одной дреной, га | Объем мерного сосуда, м ³ | Время наполнения мерного сосуда | | | | Расход воды из дрен, м ³ /с | Модуль стока, дм ³ /с с 1 га | Примечание |
|----------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------|---------------|----------------------------|--|---|------------|
| | | | | | | | 1-е измерение | 2-е измерение | 3-е измерение | средние значения измерений | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 10.06 | 3 | 1,2 | 120 | 20 | 0,24 | 0,01 | 59 | 60 | 60 | 60 | 0,168 | 0,7 | |

Измерения производят не реже одного раза в день. Расход воды (гр. 12) определяют делением объема мерного сосуда (гр. 7) на время его наполнения (гр. 11). Модуль стока (гр. 13) определяют как частное от деления расхода воды (гр. 12) на площадь, осушаемую дренажной системой (гр. 6).

При полном или частичном заполнении водой дренажного устья измерения стока определяют скорость движения воды в устьевой трубке и площадь ее поперечного сечения. С этой целью перед паводком к концу устьевой трубы 1 присоединяют небольшую контрольную трубку 2 диаметром 20–25 мм, как показано на рис. 1.16, измеряют расстояние от устья трубы до места введения трубки l .

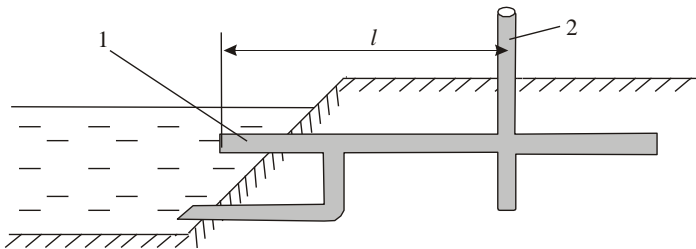


Рис. 1.16. Схема установки по контрольной трубке при измерении расходов из полностью заполненного дренажного устья:

1 – устье системы; 2 – контрольная трубка

В эту трубу вводят хорошо видимый краситель и одновременно пускают секундомер. Отмечают время выхода красителя из устья. Расход воды определяют по формуле

$$Q = F \cdot l / t, \quad (1.12)$$

где F – площадь сечения трубы, дм^2 ;

l – расстояние от контрольной трубки до устья, дм ;

t – время прохождения красителя, с .

Водомер для незатопленной закрытой дрены – это навесной прибор, позволяющий учитывать расход воды, поступающей по дрене в открытый коллектор. Водомер надевают на конец трубы дрены. Он состоит из кожуха и водоучитывающего прибора с самописцем расхода (рис. 1.17). Кожух имеет треугольный вырез по форме водослива, а в дно кожуха заделан патрубок прибора. Вода из дрены поступает в кожух через щелевые отверстия, имеющиеся у основания дрены по длине кожуха. Основной расход вытекает через торцевое отверстие, а парциальный – через патрубок прибора.

Находящийся в патрубке поршень прибора воспринимает давление воды, которое зависит от величины расхода. Это давление механизмом прибора преобразуется в показание расхода на шкале.

Водомерное устройство измеряет расходы от $0,2$ до $15 \text{ дм}^3/\text{с}$ с использованием одной шкалы и записывает эти расходы на ленту, которую заменяют через 5–6 дней.

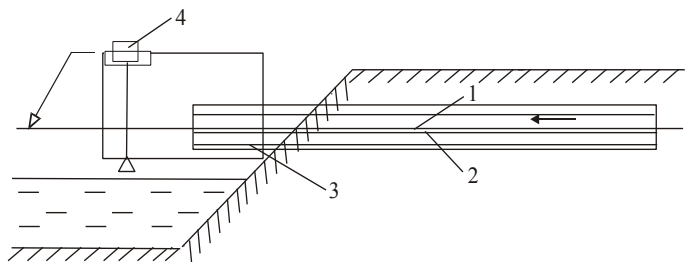


Рис. 1.17. Схема водомерного устройства для устья закрытой дрены:

1 – дрена; 2 – навесной кожух; 3 – перфорация дрены;

4 – водоучитывающий прибор

Погрешность в измерениях расхода этим прибором – 3–4 %.

Практическая работа № 2.
ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕКИ
И ЕЕ БАССЕЙНА

Цель работы: определить основные гидрографические характеристики реки и ее бассейна.

Оборудование: топографические карты, планиметры, линейки.

Гидрографические характеристики реки и ее бассейна играют важную роль в гидрологических расчетах, особенно в тех случаях, когда расчеты выполняются при недостаточном количестве материалов наблюдений или при их полном отсутствии.

К основным гидрографическим характеристикам относятся морфометрические показатели, характеризующие величину и форму бассейна и гидросети: площадь, длина, ширина, асимметричность и конфигурация, длина реки, ее извилистость, уклон, густота речной сети, а также лесистость, озерность и заболоченность бассейна.

Для определения этих характеристик используются картографические материалы, при этом чем крупнее масштабы карт, тем точнее будут полученные данные.

Топографические карты, которые используются для определения гидрографических характеристик, подразделяются в зависимости от масштаба на следующие виды:

- крупномасштабные карты масштабов до 1 : 100 000;
- среднемасштабные карты масштабов 1 : 200 000, 1 : 300 000;
- мелкомасштабные карты масштабов 1 : 500 000 и 1 : 1 000 000.

Рельеф на карте изображается горизонталями, а их сечение зависит от масштаба.

Задание к работе.

1. Провести водораздельную линию исследуемой реки и определить длину водораздельной линии.

2. Вычислить площадь бассейна, площади правого и левого берегов отдельно, измерить площади лесов, озер, болот.

3. Определить: длину бассейна реки L_b ; среднюю ширину бассейна $B_{ср}$; коэффициент асимметрии бассейна K_a ; конфигурацию речного водосбора.

4. Вычислить коэффициенты озерности $K_{оз}$, заболоченности $K_б$ и лесистости $K_л$.

5. Измерить длину главной реки и ее притоков. Данные измерений занести в ведомость (табл. 1.6, 1.7)

6. Определить коэффициент извилистости реки $K_{из}$.

7. Вычислить падение h и уклон i реки.

8. Построить гидрографическую схему реки, график нарастания площади водосбора реки, круговой график водосбора (распределение площади водосбора).

Ход выполнения работы.

Линия водораздела главной реки и ее притоков по топографическим картам, где рельеф изображен горизонталями, проводится по наивысшим отметкам с учетом косвенных признаков.

При определении границ малых водосборов (до 100 км^2) в условиях равнинного рельефа следует пользоваться картами масштаба крупнее $1 : 100\,000$ (рис. 1.18). При определении линии водораздела в озерных, заболоченных районах следует использовать материалы аэрофотосъемки.

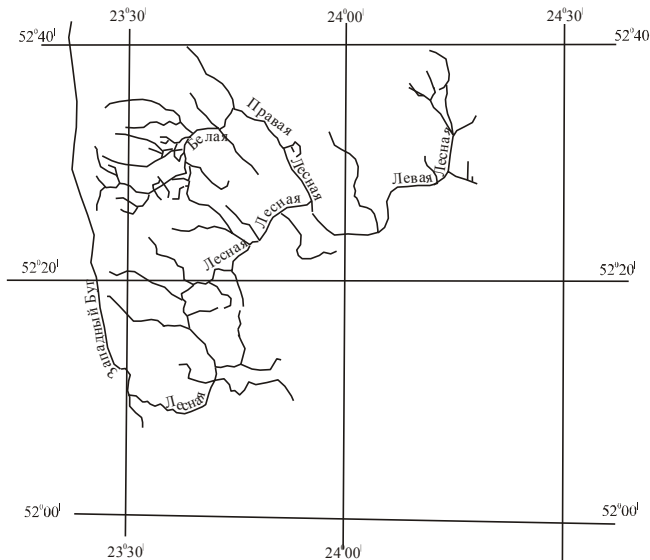


Рис. 1.18. Схема бассейна р. Лесная

Поверхностный водосбор представляет собой площадь земной поверхности, с которой происходит сток вод в реку или речную сеть.

Для начала необходимо снять на кальку с физической карты по возможности крупного масштаба речную сеть (главную реку и притоки первого и второго порядка) и ее бассейн, ограниченный водораздельной линией.

На выкопировке внутри бассейна условными знаками должны быть показаны участки лесов, болот, ограниченные контуром; высотные отметки истока и устья главной реки; на водораздельной линии – характерные высотные отметки, через которые она проведена.

1. Границей водосбора служат *водораздельная линия*, отделяющая данный речной бассейн от соседних водосборов и являющаяся раздельной линией для поверхностного стока в данный или соседний бассейн. Водораздельную линию проводят, сообразуясь с рельефом местности по наиболее высоким отметкам (вершинам холмов, хребтам, седловинам) с учетом горизонталей и берг-штрихов; она должна замыкаться в устье реки или у расчетного замыкающего створа. Длина водораздельной линии S в километрах определяется в масштабе карты при помощи циркуля-измерителя с раствором 2 мм.

2. *Площадь бассейна A* является его основной характеристикой, так как процессы стока зависят в первую очередь от площади бассейна. Величина площади бассейна вычисляется при помощи планиметра (или палетки). Измерение площади бассейна необходимо провести раздельно для правого $A_{п}$ и левого $A_{л}$ берега главной реки, так как эти данные необходимы при вычислении коэффициента асимметрии. Затем в бассейне измеряют площади лесов, озер, болот для определения соответствующих показателей.

Для измерения площади водосбора реки применяют различные методы.

Измерение планиметрированием. Площадь определяется путем двух-трехразовой обводки контура бассейна, и по цене деления планиметра устанавливается величина площади водосбора.

Определение с помощью геодезических таблиц. Площадь водосбора меридианами и параллелями разбивается на мелкие трапеции (например, $40' \times 60'$; $20' \times 30'$ и т. д.), площадь которых вычисляется с помощью специальных таблиц с учетом сферичности Земли.

Измерение палеткой. Палетку со стороной квадрата 2 мм накладывают на водосбор и подсчитывают количество целых квадратов, попавших в контур водосбора. Затем определяют количество неполных

квадратов и находят эквивалентное число целых квадратов. Площадь водосбора получается путем умножения площади квадрата палетки с учетом масштаба карты на количество квадратов.

Графический метод. Суть метода состоит в том, чтобы всю площадь водосбора покрыть правильными геометрическими фигурами. Затем измеряют элементы каждой фигуры и вычисляют их площади, после чего путем суммирования получают площадь водосбора.

При выборе того или иного способа следует иметь в виду, что с уменьшением масштаба карты уменьшается и точность вычисления площади водосбора, кроме того, надо принимать во внимание, что при непосредственном измерении площади по карте не учитывается искажение, свойственное данной картографической проекции.

В настоящее время способ определения площади водосбора планиметрированием получил широкое распространение. Рассмотрим его более подробно.

Планиметр полярный двухкареточный (ПП-2К) состоит из полюсного 1 и обводного 2 рычагов (рис. 1.19).

Полюсный рычаг имеет полюс 3 с иглой для закрепления планиметра через бумагу на основе и шарнирное устройство 4 для соединения полюсного рычага с обводным.

На обводном рычаге расположены два счетных механизма: основной 5 и дополнительный 6. Они могут передвигаться по обводному рычагу, изменяя его длину. Длина обводного рычага 2 – это расстояние от обводной точки 7 до нуля шкалы верньера 2. Она отсчитывается по шкале обводного рычага при помощи верньера 2. На рис. 1.19 $L'=156,7$. Основной и дополнительный счетные механизмы имеют одинаковое устройство.

Счетный механизм содержит счетное колесо 8, которое вращается при обводе контура; количество полных оборотов счетного колеса фиксируется на циферблате 9; верньер 10 позволяет отсчитывать тысячные доли оборота счетного колеса.

Отсчет по механизму содержит четыре цифры (на рис. 1.19 отсчет $n = 6336$).

Первая цифра (6) отсчитывается по строке циферблата, вторая (3) и третья (3) берется по шкале счетного колеса до нулевого штриха верньера, четвертая (6) соответствует штриху верньера, совпадающего со штрихом колеса.

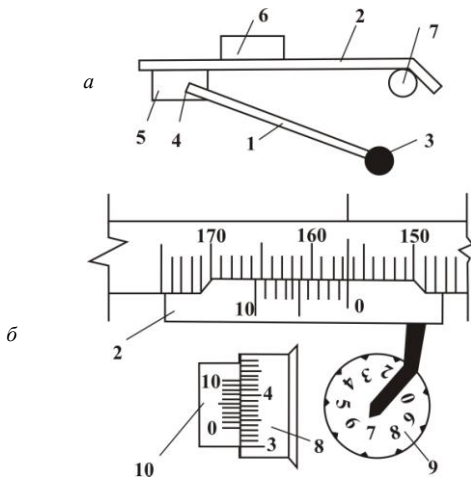


Рис. 1.19. Схема устройства планиметра (а) и устройство счетного механизма (б)

Измерение производится в приведенном ниже порядке.

1. Определяется цена деления планиметра.

Для этого выбирается какая-либо правильная фигура (прямоугольник, квадрат и т. д.), которая обводится планиметром при положении полюса вне фигуры.

Цена деления планиметра вычисляется по формуле

$$C = \frac{A}{f}, \tag{1.13}$$

где A – площадь фигуры в масштабе карты;

f – площадь этой фигуры в единицах планиметра.

При вычислении цены деления расчеты удобнее вести в табличной форме. В табл. 1.3 приведен пример определения цены деления планиметра. Цена деления записывается до четырех значащих цифр. Разность между двумя обводами не должна превышать 1/200. Ошибка при планировании вычисляется по формуле

$$\Delta = \frac{|f - f'|}{f_{\text{ср}}}, \tag{1.14}$$

где $f - f'$ – разность отсчетов;

$f_{\text{ср}}$ – среднее значение отсчетов.

Условия точности обвода проверяются следующим образом:

$$\Delta = \frac{|928 - 925|}{926} = \frac{3}{926} < \frac{1}{200}.$$

Таблица 1.3. Определение цены деления планиметра

| Размер обводимой фигуры | Наименование отсчетов | Площадь фигуры (f) в единицах планиметра | | | | Площадь фигуры в масштабе карты A , км ² | Цена деления $C = \frac{A}{f}$, км ² /ед. |
|---|-----------------------|--|-----|-----|---------|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | Средняя | | |
| Квадрат со стороной $10 \times 10 = 100 \text{ см}^2$ | Начальный | 11 | 10 | 14 | | | |
| | Конечный | 939 | 936 | 939 | | | |
| | Разность | 928 | 926 | 925 | 926 | 400 | 0,4320 |

При невыполнении этого условия необходимо повторить обвод площади. Расхождение при обводах не должно превышать значений, указанных в табл. 1.4.

Таблица 1.4. Расхождение в числе делений планиметра при двух обводах

| Число делений планиметра | Разность в числе делений |
|--------------------------|--------------------------|
| До 150 | 2 |
| 150–160 | 4 |
| 600–1000 | 6 |
| 1000–1400 | 8 |
| 1400–1800 | 10 |

2. Аналогично измеряются площади водосборов главной реки и ее притоков. При этом выполняются следующие правила:

- карта кнопками закрепляется на горизонтальную поверхность;
- полюс планиметра устанавливается вне обводимого контура, т. е. таким образом, чтобы углы между рычагами при обводке площади были не менее 30° и не более 150°.

Площадь водосбора (при положении полюса вне контура) вычисляется по формуле

$$A = C \cdot (f_2 - f_1), \quad (1.15)$$

где C – цена деления планиметра;

f_1 – начальный отсчет планиметра;

f_2 – конечный отсчет планиметра.

Результаты планиметрирования и вычисления площадей сводятся в табл. 1.5.

Таблица 1.5. Ведомость определения площади водосбора реки

| Наименование площадей | Отсчет | Отсчет по планиметру | | | Средняя разность $\hat{f}_2 - \hat{f}_1$ | Цена деления, км ² /ед. | Площадь $A = C \cdot (f_2 - f_1)$, км ² |
|----------------------------|-----------|----------------------|-----|-----|--|------------------------------------|---|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| Водосбор главной реки | Начальный | 350 | 105 | 267 | | | |
| | Конечный | 640 | 398 | 556 | | | |
| | Разность | 290 | 293 | 289 | | | |
| | | | | | 291 | 0,4320 | 125,7 |
| Водосбор притока 1 и т. д. | Начальный | 5 | 29 | 78 | | | |
| | Конечный | 119 | 148 | 196 | | | |
| | Разность | 117 | 119 | 118 | | | |
| | | | | | 118 | 0,4320 | 51,0 |

3. Длина бассейна L_6 в километрах при правильной его форме определяется расстоянием по прямой от устья (замыкающего створа) реки к ее истоку до наиболее отдаленной точки водораздельной линии (рис. 1.20, а). При изогнутых формах бассейна его длину измеряют по медиане (рис. 1.20, б); в этом случае пользуются прозрачной палеткой с рядом концентрических окружностей с отверстием в центре для накладки. Для определения средних по ширине бассейна точек накладывают палетку так, чтобы какая-либо окружность касалась двух противоположных сторон бассейна, накалывают ряд точек, затем по ним проводят медианную линию.

Средняя ширина бассейна B_{cp} в километрах вычисляется по формуле

$$B = \frac{A}{L_6}, \quad (1.16)$$

где A – площадь бассейна, км²;

L_6 – длина бассейна, км.

Наибольшая ширина бассейна B определяется длиной наибольшего перпендикуляра к линии длины бассейна.

Коэффициент асимметрии бассейна K_a , характеризующий неравномерность распределения площадей правой и левой частей бассейна (по отношению к главной реке), вычисляется по формуле

$$K_a = \frac{A_{л} - A_{пр}}{0,5 \cdot (A_{л} + A_{пр})}. \quad (1.17)$$

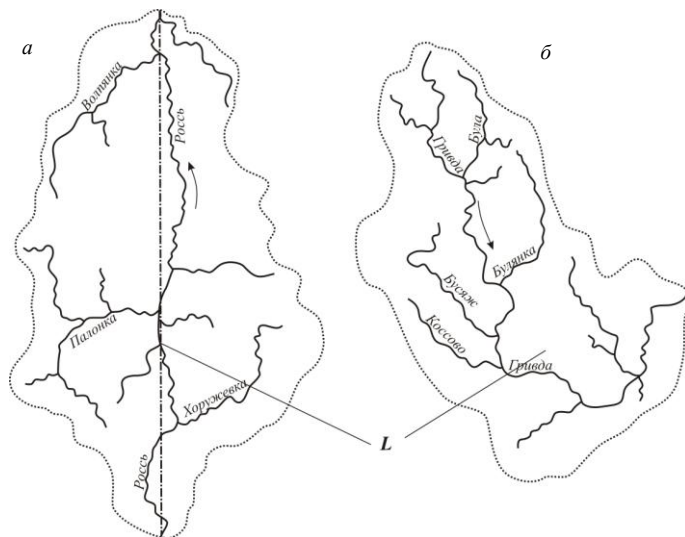


Рис. 1.20. Длина бассейна реки L : a – по прямой линии; b – по медиане

Иногда коэффициент асимметрии речного водосбора определяется отношением

$$K_a = \frac{A_{\text{л}}}{A_{\text{ПР}}} \quad (1.18)$$

Конфигурация речного водосбора. Речные водосборы обычно имеют грушевидную форму и характеризуются сужением в верховьях и расширением в нижней части. Конфигурация бассейна характеризуется коэффициентом развития длины водораздельной линии водосбора K_r , представляющим собой отношение длины водораздельной линии L_A к длине окружности круга $L_{\text{кр}}$, площадь которого равна площади водосбора:

$$K_r = \frac{L_A}{L_{\text{кр}}} = \frac{L_A}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}} = 0,282 \cdot \frac{L_A}{\sqrt{A}} \quad (1.19)$$

Наименьшее возможное значение коэффициента K_r равно единице; с его увеличением форма речного бассейна больше отличается от формы круга.

Коэффициент вытянутости водосбора определяется как

$$\delta = \frac{L_6^2}{A}. \quad (1.20)$$

4. Для оценки влияния озер, болот, залесенности речных бассейнов на гидрологический режим рек и величину стока определяют *коэффициенты озёрности* $K_{оз}$, *заболоченности* $K_б$ и *лесистости* $K_л$:

$$\delta_{оз} = \frac{A_{оз} \cdot 100\%}{A}; \quad \delta_б = \frac{A_б \cdot 100\%}{A}; \quad \delta_л = \frac{A_л \cdot 100\%}{A}, \quad (1.21)$$

где $A_{оз}$, $A_б$, $A_л$ – соответственно площади, занятые озерами, болотами и лесами в пределах данного речного бассейна, км².

5. *Длина главной реки L (км) и длины притоков* l_1, l_2, \dots, l_n . *Рекой* называется естественный водный поток, протекающий в вытнутых понижениях земной поверхности и имеющий постоянное разработанное им русло, по которому осуществляется сток воды.

В системе рек, собирающих сток с данного бассейна, различают *главную реку*, впадающую в море или озеро, и ее притоки. Реки, непосредственно впадающие в главную реку, называются *притоками первого порядка*, далее следуют *притоки второго порядка* и т. д.

Начало реки, т. е. то место на земной поверхности, откуда она берет начало, называется истоком. Истоком реки может являться озеро (р. Абрица), болото (р. Неман), место слияния двух рек (р. Мухавец, берет начало от слияния двух каналов Муха и Вец; р. Лесная, берет начало при слиянии р. Правая Лесная и р. Левая Лесная). Небольшие реки и ручьи берут начало из родников. Нередко реки пересыхают в верховьях, и тогда за начало реки принимают место появления выработанного русла.

Следует отметить, что положение истока реки часто бывает неопределенным, особенно когда главная река образуется из двух и более рек.

Устье реки называется место впадения ее в море, озеро или другую реку. При впадении реки одним потоком устьем считается точка, лежащая на середине по отношению к урезам воды принимающих ее реки, озера или моря. Если река впадает двумя рукавами, то за устье принимается устье более крупного рукава. Поэтому при указании истока реки и устья требуется приводить географические координаты, которые определяются по картам с точностью до 1'.

Длиной реки называется расстояние между истоком и устьем, измеренное по карте. Определение проводится по карте двукратным измерением (от устья до истока, затем в обратном направлении) курвиметром или циркулем (измерителем) с постоянным раствором M в 1 или

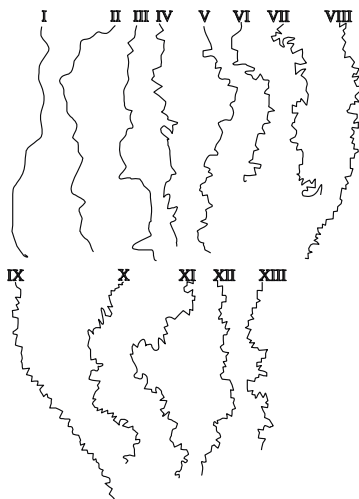
2 мм. Допустимое расхождение между количеством отложений раствора циркуля при двух измерениях не должно превышать 7 %, и для подсчета берется их среднее значение. Счет километров ведут от устья реки как от более определенной точки, чем исток, до первого притока, затем от первого до второго притока и т. д. Такое деление главной реки на участки требуется для построения гидрографической схемы.

При измерении циркулем определяются не длины дуг, а хорды и длина рек получается заниженной, поэтому измеренная длина реки (участка) или притока умножается на *поправочный коэффициент на извилистость K*, который выбирается в соответствии с типом извилистости (рис. 1.21). Полученная длина реки (участка) или притока называется вычисленной и является окончательной. Результаты вычислений длины главной реки и длины притоков заносятся в ведомости (табл. 1.6, 1.7). Длина главной реки получается как нарастающая величина ее участков от устья до истока.

Общая длина главной реки $L = \text{_____}$ км.

Длина прямой, соединяющей исток с устьем $l' = \text{_____}$ км.

Общая длина речной сети бассейна $L + \Sigma l = \text{_____}$ км.



| Номер образца | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | XIII |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Коэффициент извилистости | 1,00 | 1,01 | 1,03 | 1,05 | 1,07 | 1,11 | 1,13 | 1,17 | 1,20 | 1,24 | 1,29 | 1,32 | 1,35 |

Рис. 1.21. Образцы извилистости рек

Таблица 1.6. **Ведомость измерения длины реки _____ .**
Карта масштаба _____

| Место засечки | Число отложений раствора циркуля | | | Измеренная длина участка $L_{изм}$ | Коэффициент извилистости $K_{из}$ | Вычисленная длина участка $L=K_{из} \cdot M \cdot a$, км | Расстояние от устья, км |
|---------------|----------------------------------|----------|-------------|------------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------|
| | 1-е изм. | 2-е изм. | Среднее a | | | | |
| 0–1 | 16 | 18 | 17 | 34,0 | 1,13 | 38,4 | 38,4 |
| 1–2 | 30 | 31 | 30,5 | 61 | 1,17 | 71,4 | 109,8 |

Таблица 1.7. **Ведомость измерения длины притоков _____ .**
Карта масштаба _____

| Название притока | Число отложений раствора циркуля | | | Измеренная длина участка $L_{изм}$ | Коэффициент извилистости $K_{из}$ | Вычисленная длина участка $\ell=K_{из} \cdot M \cdot a$, км |
|------------------|----------------------------------|----------|-------------|------------------------------------|-----------------------------------|--|
| | 1-е изм. | 2-е изм. | Среднее a | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | $\Sigma \ell =$ |

6. Коэффициент извилистости реки $K_{из}$ определяется как отношение вычисленной длины реки L к длине прямой ℓ , соединяющей устье и исток (рис. 1.22), и определяется по формуле

$$K_{из} = \frac{L}{\ell}. \quad (1.22)$$

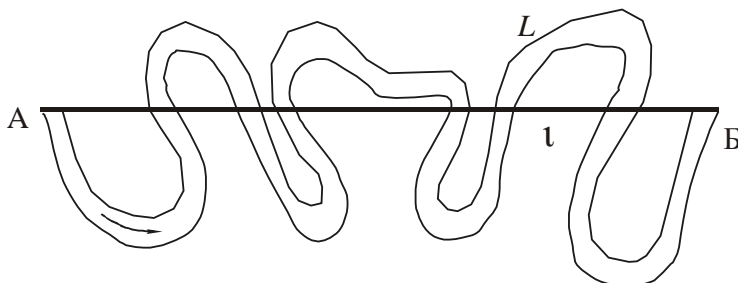


Рис. 1.22. Определение извилистости реки

При определении извилистости реки ее разбивают на отдельные участки по характеру извилистости и для каждого участка в отдельности

сти устанавливают коэффициент извилистости. Коэффициент извилистости всегда больше единицы.

Нередко река имеет ряд протоков, т. е. рукавов, образующих острова (рис. 1.23).

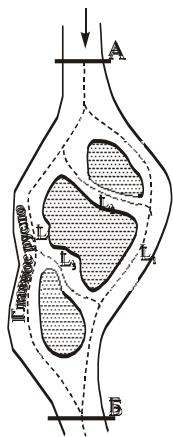


Рис. 1.23. Определение разветвленности реки

Степень разветвленности реки выражается отношением суммы длин $\sum_{j=1}^n \ell_j$ всех без исключения протоков, в том числе и участка главного русла, к длине соответствующего участка главного русла L . Такая характеристика называется *коэффициентом разветвленности* и вычисляется по формуле

$$K_p = \frac{\sum_{j=1}^n \ell_j + L}{L}. \quad (1.23)$$

Густоту речной сети определяют как отношение суммы длин всех рек бассейна к площади бассейна. Определение густоты речной сети производят несколькими способами:

а) подсчитывается суммарная длина всех рек, находящихся на данной площади, и делится на величину этой площади, т. е. густота речной сети ρ , км/км², определяется как

$$\rho = \frac{\sum \ell_j}{A}, \quad (1.24)$$

где $\sum \ell_j$ – суммарная длина всех водотоков, водосбора или участка водосбора, км;

A – площадь водосбора или участка водосбора, км².

Рассмотренный способ рекомендуется применять в тех случаях, когда речная сеть равномерна на данной площади, и для небольших площадей;

б) исследуемая площадь на карте крупного масштаба делится на квадраты со стороной 2 км, и сумма длин всех рек каждого квадрата делится на его площадь – 4 км². Этот метод дает подробную характеристику частоты речной сети для различных частей исследуемой площади. Распределение речной сети на данной территории может быть представлено линиями равной густоты – изоденсами.

7. Разность отметок Δh водной поверхности истока H_n и устья H_o или двух каких-либо точек по длине реки, выражаемая в метрах на весь участок или в метрах на километр, называется *падением реки*. Отношение величины падения Δh к длине реки L или к длине данного участка реки называется *уклоном реки*, т. е. $i = \frac{H_n - H_o}{L} = \frac{\Delta h}{L}$. При

отсутствии данных об отметках уровней средний уклон ориентировочно определяют как отношение разности отметок поверхности земли в тех же точках ($H_n - H_o$) к длине реки.

Уклон реки i представляет собой величину безразмерную; он выражается в виде десятичной дроби или промилле (‰). Например, средний уклон р. Березина

$$i = \frac{300 - 130}{226} = \frac{170 \text{ м}}{226 \text{ км}} = 0,00075, \text{ или } 0,75 \text{ ‰},$$

т. е. на 1 км протяжения реки падение в среднем составляет 0,75 м.

8. Речную систему можно представить в виде *гидрографической схемы реки*, т. е. схематического изображения речной системы (рис. 1.24). Такая схема дает наглядное представление о расположении рек, протяженности главной реки и притоков. На горизонтальной линии откладывается общая длина главной реки, а притоки наносятся на соответствующих берегах (в местах их впадения) под некоторым произвольным углом. Аналогичным способом изображаются притоки первого, второго и других порядков. На схеме наносятся названия и длины рек (притоков). На основной реке отмечаются населенные пункты, водомерные посты, гидростворы.

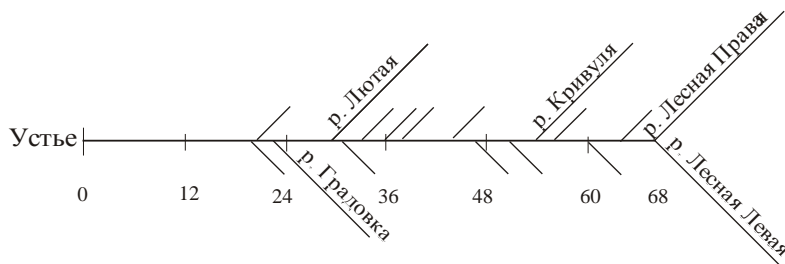


Рис. 1.24. Гидрографическая схема р. Лесная

График нарастания площади водосбора реки характеризует постепенное увеличение (нарастание) площади водосбора реки по длине от истока к устью. Построение графика осуществляется в следующем порядке. На горизонтальной оси откладывают длину главной реки в принятом масштабе, а по вертикальной – площади межпроточных участков и площади водосборов притоков в местах впадения в главную реку (рис. 1.25).

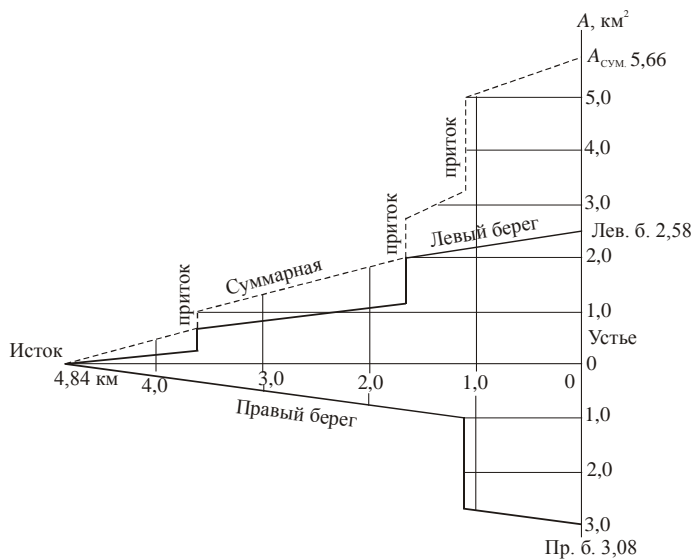


Рис. 1.25. График нарастания площади бассейна реки

Наклонные линии графика показывают постепенное нарастание площадей межприточных участков главной реки. В местах впадения притоков в главную реку проводят в вертикальном масштабе отрезки, показывающие увеличение площадей водосбора стока. Обычно графики нарастания площади речного водосбора строят отдельно для левого и правого берегов реки. Суммарный график строят последовательным суммированием площадей ординат графиков нарастания левой и правой частей водосбора.

График нарастания площади речного водосбора позволяет определить площадь, расположенную выше любого створа по длине главной реки, а также характеризует речной водосбор в отношении площадей притоков, межприточных участков, асимметрии речного бассейна и др.

Дополнительно к графику нарастания площади речного водосбора строят круговой график водосбора – диаграмму (рис. 1.26), которая характеризует распределение площади бассейна между ее притоками и межприточными участками, т. е. дает относительные размеры площадей притоков и межприточных участков правого и левого берегов.



Рис. 1.26. Круговой график распределения площади водосбора реки

Варианты

| № п.п. | Река |
|--------|------------------|
| 1 | Бася |
| 2 | Березина (Днепр) |
| 3 | Березина (Неман) |
| 4 | Беседь |
| 5 | Друть |
| 6 | Лесная |
| 7 | Мухавец |
| 8 | Оболь |
| 9 | Проня |
| 10 | Птичь |
| 11 | Случь |
| 12 | Улла |
| 13 | Щара |
| 14 | Ясельда |

2. ГИДРОМЕТРИЯ

Гидрометрия является частью науки «гидрология суши». Основными задачами гидрометрии являются: разработка методов и приборов для количественного определения и учета элементов водного режима; систематическое изучение гидрологического режима с целью получения многолетних характеристик уровней, стока воды и наносов, химического состава и температуры воды, ледовых явлений и др.

Практическая работа № 3–4. ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА УРОВНЯМИ ВОДЫ. СОСТАВЛЕНИЕ ГРАФИКОВ ПОВТОРЯЕМОСТИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ УРОВНЕЙ ВОДЫ

Цель работы: провести анализ основных результатов наблюдений за уровнями воды и построить графики колебаний, повторяемости и продолжительности уровней воды.

Оборудование: чертежные принадлежности, миллиметровая бумага формата 297×420 мм, таблица «Ежесуточные уровни воды» (прил. А, табл. А1).

Задание к работе.

1. Построить график колебаний среднесуточных уровней воды.
2. Составить ведомость повторяемости (частоты) и продолжительности стояния (обеспеченности) уровней воды.
3. Построить графики повторяемости и продолжительности уровней.

Ход выполнения работы.

При исследовании водного режима рек и озер применяются стационарные и экспедиционные методы. Стационарные наблюдения ведутся на гидрометеорологических станциях (I и II разрядов) и постах (I, II, и III разрядов).

Разряды станциям и постам присваиваются в зависимости от объема выполняемой работы. На *постах I разряда* ведут наблюдения за уровнями и температурой воды, ледовыми явлениями, измеряют расходы воды, расходы взвешенных и донных наносов, производят отбор проб воды на мутность и для химического анализа, а также метеорологические наблюдения по программе метеорологических постов I разряда.

На постах II разряда ведут наблюдения по программе постов I разряда, за исключением измерения расходов воды, взвешенных и донных наносов.

На постах III разряда ведут наблюдения за уровнем и температурой воды, ледовыми явлениями и обстановкой.

Наблюдения проводятся в два срока – в 8 и 20 ч. Результаты наблюдений за годовой период по всем элементам водного режима помещаются в Гидрологический ежегодник. Номер тома и выпуска ежегодника соответствует определенной территории, гидрометеорологические данные по которой помещены в этом ежегоднике. По результатам наблюдений строятся комплексные графики результатов гидрометрических наблюдений в виде гидрографов. *Гидрограф гидрометрической величины* – это хронологический график изменения этой величины за рассматриваемый период (сутки, месяц, год и т. д.). Могут строиться гидрографы стока (расхода воды), уровней, температуры, расходов донных и взвешенных наносов и т. д.

Построенные гидрографы используются при проектировании гидромелиоративных систем, гидроузлов, водозаборных сооружений, транспортного, промышленного и другого использования поверхностных вод территории.

Высота водной поверхности относительно условной горизонтальной плоскости сравнения называется *уровнем воды*. Уровни воды в реках и других водных объектах постоянно меняются. Эти колебания могут происходить под влиянием многих факторов: типа питания, деформации русла, хозяйственной деятельности и т. д.

Результаты измерений уровней воды заносят в полевую книжку КГ-1М(н), форма которой соответствует требованиям подготовки данных для занесения их на технические носители и обработки на ПК. В этой же книжке выполняется первичная обработка материалов наблюдений за уровнями воды и их анализ. В состав первичной обработки входят: приведение измеренных уровней к нулю графика поста, вычисление среднесуточных уровней, составление годовой таблицы «Ежесуточные уровни воды» (ЕУВ), хронологического графика колебаний среднесуточных уровней воды.

За нуль графика гидрологического поста принимают обычно условную горизонтальную плоскость сравнения, отметка которой приблизительно на 0,5 м ниже минимального уровня воды в створе поста (рис. 2.1). Уровни воды над нулем графика поста принято выражать в сантиметрах.

Среднесуточный уровень воды вычисляют как среднеарифметическое (или средневзвешенное) значение из всех отсчетов за соответст-

вующие сутки. Если измерения проведены с помощью самописца, то ленту прибора разбивают на ряд интервалов (по времени или по характерным точкам) и среднесуточный уровень определяют как среднеарифметическое значение отсчетов, соответствующих границам назначенных интервалов в пределах суток.

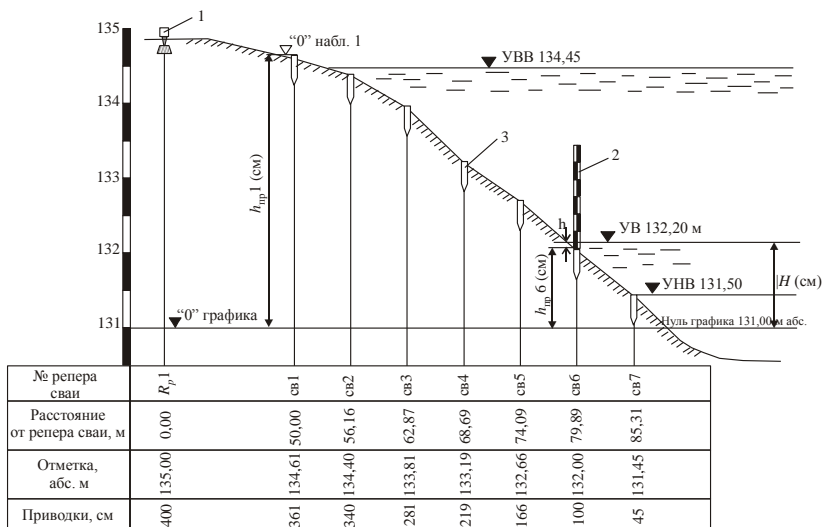


Рис. 2.1. Схема к определению уровня воды на гидрологическом посту

Среднесуточные уровни воды сводят в таблицу ЕУВ. Фазы ледового режима в этой таблице отмечают условными обозначениями:

- | | |
|------------------|---------------------------------|
|) забереги | вода течет поверх льда |
| : сало | { закраина |
| × редкий шугоход | □ подвижка льда |
| Ж густой шугоход | ▲ затор |
| ○ редкий ледоход | ▣ первый и последний ледоход |
| ● густой ледоход | ≠ начало и конец ледостава |
| ледостав | |

При построении гидрографа стока данные обозначения наносят на специально отведенную для этого горизонтальную линию шириной 4–6 мм (рис. 2.2).

В примечаниях к таблице отмечают особые явления: случаи пересыхания или промерзания реки в районе поста, отборы воды на орошение или другие нужды, сбросы сточных вод и др.

Кроме суточных, определяют также характерные уровни, к которым относятся средние, высшие и низшие уровни за каждый месяц и за год.

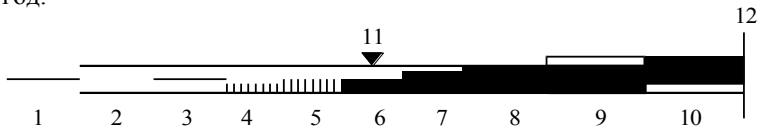


Рис. 2.2. Ледовые явления:

- 1 – сало; 2 – забереги; 3 – сало при заберегах; 4 – редкий шугоход; 5 – шугоход;
- 6 – редкий ледоход; 7 – ледоход; 8 – неподвижный ледяной покров (ледостав);
- 9 – вода течет поверх льда; 10 – закраины или лед подняло; 11 – дата зажора или затора;
- 12 – дата подвижки льда

Среднемесячные уровни вычисляют как среднеарифметическое из среднесуточных уровней, а среднегодовой – из среднемесячных.

Высший и низший уровни за соответствующие месяцы и год устанавливают путем выборки экстремальных уровней из материалов срочных наблюдений на постах. Их заносят в таблицу ЕУВ с указанием дат их наступления. Таблицы ЕУВ публикуются в Гидрологических ежегодниках.

По данным таблицы ЕУВ строят график колебаний среднесуточных уровней воды, на котором отмечают также фазы ледового режима. Для сопоставления нередко на данном чертеже совмещают графики колебаний уровней воды на соответствующем посту за несколько лет.

При проектировании и эксплуатации гидромелиоративных систем и других водохозяйственных объектов необходимо знать также такие важные характеристики, как повторяемость (частота) уровней и продолжительность (обеспеченность) их стояния в течение года или многолетнего периода.

Повторяемость и продолжительность стояния соответствующих уровней устанавливают путем статистической обработки таблицы ежедневных уровней. Результаты подсчетов сводят в ведомость и по ее данным строят кривые повторяемости и продолжительности уровней.

1. Из гидрологического ежегодника (прил. А, табл. А1) для соответствующей реки и пункта наблюдений выписывают в таблицу ЕУВ (табл. 2.1) среднесуточные, средние, высшие и низшие уровни за отдельные месяцы и год, а также условные обозначения ледовых явлений. Для зимних месяцев рядом с уровнями воды условными обозначениями в соответствии с рис. 2.2 отмечают ледовые явления.

Таблица 2.1. Ежедневные уровни воды р. Ирюм – с. Бобылево, 1979 г. Отметка нуля графика поста 68,3 м

| Дни | Месяцы | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | 219 | 218 | 220 | 223 | 470 | 148 | 136 | 98 | 85 | 212 | 116 | 104 |
| 2 | 219 | 218 | 220 | 223 | 453 | 146 | 132 | 88 | 85 | 213 | 116 | 104 |
| 3 | 219 | 218 | 220 | 223 | 413 | 150 | 138 | 84 | 84 | 213 | 108 | 108 |
| 4 | 219 | 218 | 220 | 222 | 361 | 150 | 132 | 82 | 83 | 214 | 106 | 114 |
| 5 | 219 | 218 | 221 | 222 | 319 | 142 | 128 | 82 | 82 | 214 | 104 | 119 |
| 6 | 219 | 218 | 220 | 223 | 274 | 140 | 126 | 88 | 82 | 213 | 104 | 114 |
| 7 | 219 | 218 | 219 | 223 | 246 | 142 | 127 | 94 | 81 | 212 | 108 | 108 |
| 8 | 219 | 218 | 220 | 222 | 226 | 142 | 126 | 92 | 80 | 212 | ПО | 106 |
| 9 | 218 | 218 | 221 | 222 | 212 | 144 | 122 | 90 | 79 | 212 | 108 | 104 |
| 10 | 218 | 218 | 221 | 222 | 200 | 174 | 120 | 88 | 79 | 211 | 106 | 105 |
| 11 | 218 | 219 | 221 | 222 | 184 | 222 | 116 | 86 | 79 | 212 | 108 | 108 |
| 12 | 218 | 219 | 221 | 222 | 171 | 192 | 116 | 86 | 78 | 212 | 109 | 114 |
| 13 | 218 | 219 | 221 | 222 | 153 | 170 | 122 | 86 | 79 | 210 | 109 | 114 |
| 14 | 218 | 219 | 221 | 223 | 144 | 173 | 120 | 86 | 79 | 209 | ПО | 116 |
| 15 | 218 | 219 | 221 | 224 | 153 | 220 | 118 | 87 | 79 | 212 | 111 | 119 |
| 16 | 218 | 218 | 221 | 226 | 156 | 249 | 118 | 87 | 80 | 215 | 112 | 120 |
| 17 | 219 | 219 | 221 | 226 | 156 | 250 | 121 | 92 | 80 | 215 | ПО | 118 |
| 18 | 219 | 219 | 221 | 226 | 154 | 236 | 123 | 91 | 79 | 216 | 106 | 114 |
| 19 | 219 | 220 | 220 | 228 | 150 | 220 | 120 | 90 | 79 | 218 | 105 | 109 |
| 20 | 218 | 220 | 220 | 236 | 142 | 205 | 117 | 90 | 79 | 217 | 105 | 106 |
| 21 | 218 | 220 | 221 | 265 | 134 | 194 | 114 | 89 | 80 | 217 | 106 | 102 |
| 22 | 218 | 220 | 221 | 358 | 114 | 183 | 111 | 88 | 82 | 216 | ПО | 101 |
| 23 | 214 | 220 | 221 | 383 | 136 | 171 | 109 | 88 | 84 | 216 | 113 | 101 |
| 24 | 211 | 220 | 221 | 396 | 126 | 163 | 107 | 88 | 84 | 216 | 112 | 100 |
| 25 | 213 | 220 | 221 | 396 | 132 | 155 | 106 | 87 | 102 | 216 | 111 | 100 |
| 26 | 218 | 220 | 221 | 425 | 144 | 148 | 104 | 87 | 188 | 218 | 110 | 100 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| 27 | 219 | 220 | 221 | 468 | 138 | 142 | 104 | 87 | 206 | 214 | 108 | 100 |
| 28 | 219 | 220 | 221 | 493 | 142 | 138 | 103 | 87 | 212 | 111 | 106 | 100 |
| 29 | 218 | | 221 | 494 | 145 | 140 | 102 | 87 | 213 | 112 | 106 | 101 |
| 30 | 218 | | 222 | 485 | 146 | 144 | 102 | 86 | 213 | 107 | 104 | 101 |
| 31 | 218 | | 222 | | 146 | | 100 | 86 | | 105 | | 101 |
| Уровни | | | | | | | | | | | | |
| Средний | 218 | 219 | 221 | 288 | 201 | 173 | 117 | 88 | 103 | 200 | 109 | 107 |
| Высший | 219 | 220 | 222 | 494 | 470 | 250 | 138 | 98 | 213 | 218 | 116 | 120 |
| Низший | 211 | 211 | 214 | 222 | 114 | 138 | 100 | 82 | 78 | 105 | 104 | 100 |

Средний годовой – 170 см; высший годовой – 494 см (29.04); низший годовой – 78 см (12.09).

График колебаний среднесуточных уровней воды (рис. 2.3) строят на миллиметровой бумаге формата 297×420 мм. Горизонтальный масштаб: в 1 мм – 1 сут; вертикальный – зависит от годовой амплитуды уровней (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Выбор вертикального масштаба

| Годовая амплитуда уровня, м | До 1,5 | 1,5–2,5 | 2,5–5 | 5–10 | Более 10,0 |
|-----------------------------|--------|---------|--------|--------|-------------------|
| Масштаб уровней | 1 : 5 | 1 : 10 | 1 : 20 | 1 : 50 | 1 : 100 – 1 : 200 |

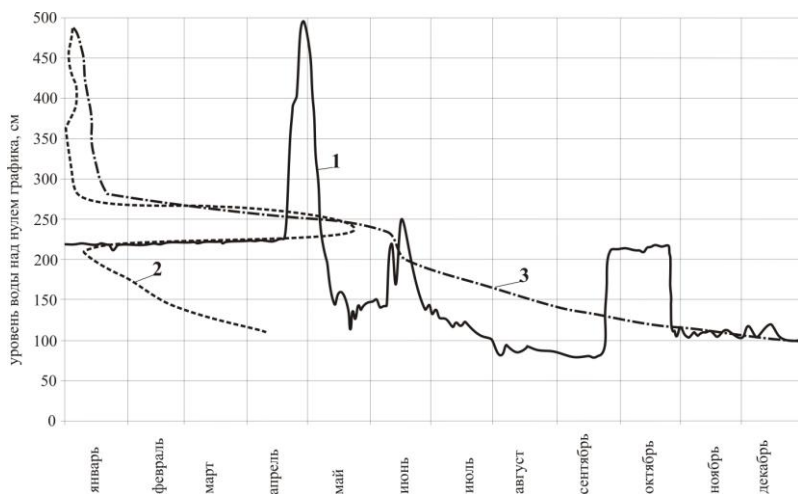


Рис. 2.3. График колебаний (1), повторяемости (2) и продолжительности (3) уровней воды р. Ирюм – с. Бобылево, 1979 г.

Фазы ледового режима отмечают в виде отдельной полосы шириной 4 мм, помещаемой над графиком уровня, с условными обозначениями согласно рис. 2.2.

На графике указывают название реки и пункта наблюдений, год и условную отметку нуля графика поста, высший и низший годовые уровни.

2. Ведомость повторяемости и продолжительности стояния уровней составляют в приведенной ниже последовательности.

Всю амплитуду колебания уровней разбивают на интервалы через 10, 20–100 см (в зависимости от амплитуды), начиная с наивысшего

H_{\max} и кончая наинизшим H_{\min} уровнем. Первый и последний интервалы могут отличаться от выбранного постоянного его значения. Число интервалов должно быть не менее 10–15. В рассматриваемом примере амплитуда уровней $A = H_{\max} - H_{\min} = 494 - 78 = 416$ см; интервал принят равным 30 см. Интервалы уровней располагают в порядке убывания в первой графе табл. 2.3. Цифры, соответствующие верхней и нижней границам смежных интервалов, не должны повторяться. Уровни воды за каждый месяц располагают в порядке убывания от H_{\max} до H_{\min} .

Пользуясь табл. 2.1, выбирают помесечно число суток стояния уровня в пределах каждого интервала и подсчитывают, сколько раз уровни каждого интервала повторялись в течение всего года. Во избежание ошибок лучше выборку проводить за каждый месяц для всех интервалов, а не по отдельным интервалам за весь год в целом и сразу же проверять сумму повторяемости за соответствующий месяц, которая должна быть равна числу дней в месяце. Результаты выборки заносят в соответствующие графы табл. 2.3.

Повторяемость уровней каждого интервала за год определяется путем суммирования повторяемостей уровней соответствующего интервала за все месяцы. Продолжительность стояния уровней (сут) вычисляют путем последовательного суммирования повторяемости уровней за год. Для последнего интервала продолжительность должна быть равна числу дней в году.

3. Графики повторяемости и продолжительности строят в тех же координатах и масштабах, что и графики колебания ежедневных уровней воды.

При построении графика повторяемости ординаты принимают равными серединам интервалов, а при построении графика продолжительности – нижним границам интервалов.

Обе кривые начинаются на оси ординат с наивысшего уровня и заканчиваются наинизшим, причем кривая повторяемости – с абсциссой, равной повторяемости минимального уровня, а кривая продолжительности – с абсциссой, равной числу суток в периоде (году). Повторяемость уровня H_{\min} определяется на основании данных табл. 2.3.

Таблица 2.3. **Повторяемость (частота) и продолжительность (обеспеченность) уровней р. Ирюм – с. Бобылево, 1979 г.**

| Интервалы уровней над нулем графика, см | Повторяемость (частота), сут | | | | | | | | | | | | | Продолжительность уровней, сут |
|---|------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|--------------------------------|
| | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | за год | |
| 511–481 | | | | 3 | | | | | | | | | 3 | 3 |
| 480–450 | | | | 1 | 2 | | | | | | | | 3 | 6 |
| 449–419 | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 7 |
| 418–388 | | | | 2 | 1 | | | | | | | | 3 | 10 |
| 387–357 | | | | 2 | 1 | | | | | | | | 3 | 13 |
| 356–326 | | | | | | | | | | | | | 0 | 13 |
| 325–295 | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | 14 |
| 294–264 | | | | 1 | 1 | | | | | | | | 2 | 16 |
| 263–233 | | | | 1 | 1 | 3 | | | | | | | 5 | 21 |
| 232–202 | 31 | 28 | 31 | 19 | 2 | 4 | | | 4 | 27 | | | 146 | 167 |
| 201–171 | | | | 3 | 6 | | | | 1 | | | | 10 | 177 |
| 170–140 | | | | | 13 | 16 | | | | | | | 29 | 206 |
| 139–109 | | | | | 6 | 1 | 23 | | | 2 | 14 | 11 | 57 | 263 |
| 108–78 | | | | | | | 8 | 31 | 25 | 2 | 16 | 20 | 102 | 365 |
| Итого | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 365 | |

Как видно из табл. 2.3 и рис. 2.3, кривая продолжительности является интегральной по отношению к кривой повторяемости. С помощью этих кривых можно определить повторяемость (частоту) или продолжительность (обеспеченность) стояния любого уровня.

Практическая работа № 5. ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕРНЫХ РАБОТ

Цель работы: провести анализ основных результатов промерных работ, определить основные морфометрические характеристики русла.

Исходные данные: выписка из книжки для записи промеров глубин (прил. А, табл. А2–А3); выписка из книжки для записи промеров глубин р. Лесная – с. Замосты (табл. 2.4).

Глубины измеряли с лодки наметкой с поддоном, расстояния – по размеченному стальному тросу. Погода – ясно, ветер – слабый по течению, русло – свободное. Уровень воды на гидрологическом посту измерялся дважды: в начале работ $H_n = 196$ см над нулем графика, в конце $H_k = 210$ см.

Задание к работе.

1. Обработать материалы промеров.
2. Построить профиль водного сечения реки.
3. Вычислить основные морфометрические характеристики водного сечения.
4. Построить кривые зависимости площади водного сечения $\omega = \omega(H)$ и ширины реки $B = B(H)$ от уровня воды.

Ход выполнения работы.

Расстояние по вертикали от свободной поверхности воды до дна реки (канала, озера, водохранилища и т. п.) называется *глубиной*. Измерения глубин воды (промерные работы) – важный вид гидрометрических работ. Они необходимы при судоходстве и лесосплаве, проектировании, строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений, определении расходов воды, наносов, объемов воды в озерах и водохранилищах.

При промерных работах применяют различные приборы и устройства (наметки, лоты, эхолоты).

Поскольку глубина воды измеряется от ее поверхности, при проведении промерных работ обязательно ведут наблюдения за уровнем воды. Уровень воды во время промеров называется рабочим H_p . Если в период выполнения промерных работ уровень не менялся, то рабочий уровень принимают за расчетный $H_{расч}$, т. е. $H_{расч} = H_p$. При незначительных изменениях уровней во время промеров (1–5 см для промеров наметкой и 5–10 см – лотом) за расчетный уровень принимают средний из наблюдаемых. В этих случаях поправки в измеренные глубины не вносят. При значительных колебаниях уровней сопоставляемые глубины, измеренные в разное время, приводят к одному уровню, который называется срезочным H_c (условным), и принимается за расчетный.

В качестве срезочного уровня часто принимают наиболее низкий уровень, наблюдавшийся в период выполнения промерных работ. Разность между рабочим H_p и срезочным H_c уровнями воды называют *срезкой*:

$$\Delta H = H_p - H_c. \quad (2.1)$$

С учетом величины срезки исправляют измеренные глубины:

$$H_{расч} = H_p \pm \Delta H. \quad (2.2)$$

По материалам промерных работ строят поперечные и продольные профили реки или водоема, определяют их морфометрические характеристики, составляют план русла реки или ложа озера и водохранилища в горизонталях или изобатах.

1. Вычисляют расчетный уровень воды. Так как за время измерения глубин уровень воды на гидростворе изменился более чем на 5 см, в качестве расчетного (срезочного) принимаем наиболее низкий уровень: $H_{\text{расч}} = H_{\text{нач}} = 196$ см.

Отметка расчетного уровня воды $H_{\text{расч}} = 138,6 + 1,96 = 140,56$ м.

Рабочие глубины на вертикалях принимают как средние из двух измерений (гр. 5, табл. 2.4). Определяют срезку: $\Delta H = H_p - H_c = H_k - H_c = 210 - 196 = 14$ см. Поскольку уровень воды во время промеров повысился, срезку ΔH равномерно распределяют между всеми промерными вертикалями и вычитают из рабочих (измеренных) глубин (гр. 6).

Таблица 2.4. Выписка из книжки для записи промеров глубин р. Лесная – с. Замосты (06.07.2001 г., нуль графика поста – 138,6 м)

| Номер промерной вертикали | Расстояние от постоянного начала, м | Глубина, м | | | | | Отметка dna реки, м | Расстояние между вертикалями, м | Площадь водного сечения между вертикалями, м ² |
|---------------------------|-------------------------------------|------------|------|---------|------------|-------------------|---------------------|---------------------------------|---|
| | | I | II | средняя | со срезкой | между вертикалями | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Урез правого берега | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,44 | 138,6 | | 0,44 |
| 1 | 4 | 0,91 | 0,86 | 0,88 | 0,87 | 1,27 | 137,73 | 1 | 1,27 |
| 2 | 5 | 1,70 | 1,66 | 1,68 | 1,67 | 1,88 | 136,93 | 1 | 1,88 |
| 3 | 6 | 2,14 | 2,06 | 2,1 | 2,09 | 2,15 | 136,51 | 1 | 2,15 |
| 4 | 7 | 2,23 | 2,22 | 2,22 | 2,21 | 2,25 | 136,39 | 1 | 2,25 |
| 5 | 8 | 2,29 | 2,30 | 2,30 | 2,29 | 2,28 | 136,31 | 1 | 2,29 |
| 6 | 9 | 2,27 | 2,31 | 2,29 | 2,28 | 2,26 | 136,32 | 1 | 2,26 |
| 7 | 10 | 2,26 | 2,23 | 2,24 | 2,23 | 2,20 | 136,37 | 1 | 2,21 |
| 8 | 11 | 2,20 | 2,18 | 2,19 | 2,18 | 2,18 | 136,42 | 1 | 2,19 |
| 9 | 12 | 2,21 | 2,20 | 2,20 | 2,19 | 2,16 | 136,41 | 1 | 2,16 |
| 10 | 13 | 2,12 | 2,16 | 2,14 | 2,13 | 2,18 | 136,47 | 1 | 2,18 |
| 11 | 14 | 2,25 | 2,21 | 2,23 | 2,22 | 2,26 | 136,38 | 1 | 2,26 |
| 12 | 15 | 2,28 | 2,31 | 2,30 | 2,29 | 2,21 | 136,39 | 1 | 2,21 |
| 13 | 16 | 2,11 | 2,16 | 2,14 | 2,13 | 1,50 | 136,47 | 1 | 1,5 |
| 14 | 17 | 0,86 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,43 | 137,74 | 1 | 0,43 |
| Урез левого берега | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 138,6 | 1 | $\omega = 27,68$ |

Отметки дна на каждой промерной вертикали вычисляют, вычитая из отметки расчетного уровня воды $H_{\text{расч}} = 138,6$ м глубину воды со срезкой (гр. 8).

2. Поперечный профиль водного сечения (рис. 2.4) строят по расстояниям промерных вертикалей от постоянного начала и глубинам (гр. 2 и 6, табл. 2.4). Вертикальный масштаб обычно принимают крупнее горизонтального. Откладывая глубины вниз от расчетного уровня и соединяя точки прямыми линиями, получают профиль дна. Разность между отметкой поверхности воды и глубиной даст отметку дна реки.

Основные характеристики

| | |
|---------------------------|-------|
| H , см | 138,6 |
| ω , м ² | 27,68 |
| B , м | 15 |
| $h_{\text{ср}}$, м | 1,85 |
| $h_{\text{макс}}$, м | 2,29 |

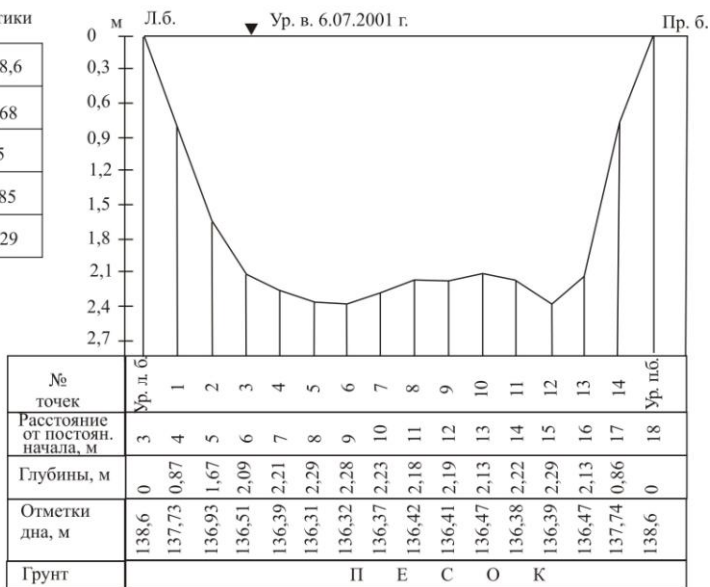


Рис. 2.4. Поперечный профиль водного сечения р. Лесная – с. Замосты

3. Для каждого профиля вычисляют основные *морфометрические характеристики*, необходимые для гидрологических и гидравлических расчетов: площадь водного сечения ω ; ширину реки или водоема B ; среднюю глубину $h_{\text{ср}}$; наибольшую глубину $h_{\text{макс}}$, гидравлический радиус R .

Площадь, ограниченную профилем дна и уровнем воды, нормально расположенную к среднему течению потока, называют *площадью водного сечения*. Ее можно определить планиметрированием профиля или

аналитически – суммированием площадей, ограниченных промерными вертикалями и поверхностью воды (рис. 2.4)

Для прибрежных участков при $h_o = h_n = 0$

$$\omega_0 = h_1 \frac{b_0}{2} \text{ и } \omega_n = h_n \frac{b_n}{2}. \quad (2.3)$$

Для всех остальных участков площади, ограниченные пробными вертикалями, представляют трапеции и могут быть вычислены по формуле

$$\omega_i = (h_i + h_{i+1}) \frac{b_i}{2}. \quad (2.4)$$

Общая площадь водного сечения

$$\omega = \frac{h_1 b_0}{2} + \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot b_1 + \dots + \frac{h_n b_n}{2}, \quad (2.5)$$

где $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ – рабочие глубины, м;

$b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ – расстояния между промерными вертикалями, м.

Результаты вычислений приведены в гр. 7, 9 и 10 табл. 2.4.

Ширину реки определяют как разность расстояний левого и правого урезом берегов от постоянного начала: $B = l_{п.б} - l_{л.б} = 18 - 3 = 15$ м.

Средняя глубина $h_{mt} = \omega/B = 27,68/15 = 1,85$ м; $B/h_{mt} = 15/1,85 = 8,11$.

Наибольшая глубина в водном сечении $h_{max} = 2,29$ м. Так как ширина реки значительно превышает среднюю и наибольшую глубину (более чем в 6 раз), гидравлический радиус принимают равным средней глубине: $R = h_{mt} = 1,85$ м.

Полученные морфометрические характеристики водного сечения реки выписывают в качестве принятых данных на рис. 2.4.

Практическая работа № 6. ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ГИДРОМЕТРИЧЕСКОЙ ВЕРТУШКИ

Цель работы: изучить устройство гидрометрической вертушки ГР-21М и научиться с ней работать.

Оборудование: гидрометрическая вертушка ГР-21М.

Задание к работе: изучить устройство гидрометрической вертушки ГР-21М.

Ход выполнения работы.

Гидрометрическая вертушка является измерительным прибором, предназначенным для измерения осредненного по времени значения

скорости течения воды в различных точках поперечного сечения потока. Принцип действия вертушки основан на вращении лопастного винта под воздействием набегающего потока. Для установления зависимости между скоростью течения воды и скоростью вращения лопастного винта каждая выпускаемая заводом вертушка тарируется, т. е. обеспечивается графиком связи $v = f(n)$. При этом в прямолинейной части графика скорости вращения лопастного винта пропорциональны скорости течения воды. Эта зависимость несколько нарушается в диапазоне малых скоростей, где особенно сказывается влияние трения в подшипниках и контактной группе. Величина трения зависит от особенностей каждой вертушки и не является постоянной.

Гидрометрическая вертушка ГР-21М (рис. 2.5) состоит из корпуса 14, стабилизатора 13, ходовой части с контактным механизмом и лопастным винтом 3, сигнального устройства.

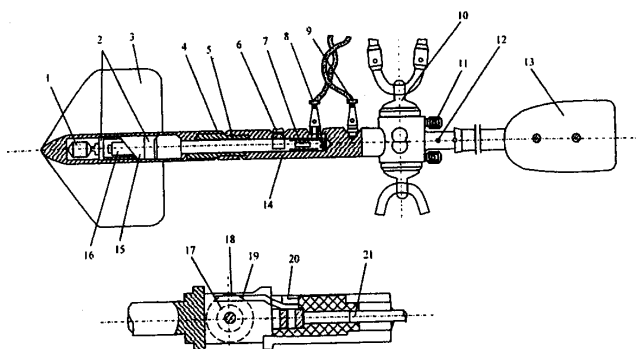


Рис. 2.5. Устройство гидрометрической вертушки ГР-21М:

- 1 – осевая гайка; 2 – шарикоподшипники; 3 – лопастной винт; 4 – зажимная муфта; 5 – ось; 6 – винт стопорный; 7 – гнездо штепселя; 8 – изолированная клемма; 9 – клемма, соединенная с корпусом; 10 – вертлюг; 11 – зажимные винты; 12 – винт стабилизатора; 13 – стабилизатор; 14 – корпус; 15 – наружная втулка; 16 – внутренняя распорная втулка; 17 – червячная шестерня; 18 – контактный штифт; 19 – контактная пружина; 20 – контактный винт; 21 – токопроводящий стержень

Корпус вертушки служит для сочленения частей вертушки, для крепления ее на штанге или вертлюге и для подключения сигнальной цепи. Ось собранной ходовой части вставляется в полость корпуса и закрепляется стопорным винтом 6. Клеммы 8 и 9 служат для крепления проводов сигнальной цепи. В тыльной части корпуса имеется втулка для крепления вертушки на штанге или вертлюге 10 зажимны-

ми винтами 11. К тыльной части корпуса при помощи винта 12 крепится стабилизатор. Сбоку втулка имеет фигурное отверстие с указателем для снятия отсчета высоты положения оси вертушки на штанге.

Стабилизатор вертушки служит для ориентирования прибора навстречу течению. Он состоит из штока и двух симметрично расположенных на конце его профилированных пластин.

Ходовая часть состоит из оси 5 с контактным механизмом, двух радиально-упорных шарикоподшипников 2, внутренней распорной втулки 16, наружной втулки 15, осевой гайки 1. Ходовая часть входит в цилиндрическую полость лопасти и крепится в ней зажимной муфтой 4.

Контактный механизм состоит из червячной шестерни 17, имеющей 20 зубьев, контактного штифта 18, контактной пружины 19, контактного винта 20 для крепления контактной пружины и токопроводящего стержня 21, изолированного от массы и соединяющего контактную пружину с гнездом штепселя 7. Контактный механизм дает одно замыкание электрической цепи за один полный оборот червячной шестерни, что соответствует 20 оборотам лопастного винта.

Электрический ток от отрицательного полюса батареи, состоящей из двух гальванических элементов, подводится к клемме со знаком «-» на панели ящика, откуда по проводу подходит к изолированной клемме 8, а затем – к штепсельному гнезду 7, по токопроводящему стержню 21 и контактной пружине 19 – на контактный штифт 18 и на шестерню 17, а через нее – на массу корпуса 14 и на массовую клемму 9. Далее с массовой клеммы по второму проводу ток идет на клемму панели со знаком «+», и через электрический звонок или лампочку накаливания – к положительному полюсу батареи.

Технические данные. Вертушка гидрометрическая ГР-21М предназначена для измерения скорости течения воды в естественных водотоках в диапазоне от 0,04 до 5 м/с. Вертушка имеет два лопастных винта, отличающихся между собой конструкцией. Винт № 1 (основной) – компонентный, диаметром 120 мм, с геометрическим шагом 200 мм. Применяется при работе со штанги. Погрешность измерения при скоростях течения от 0,2 до 2,0 м/с составляет 1,5 %. При скоростях течения воды меньше 0,2 м/с погрешность измерения – не более 10 %. Винт № 2 – некомпонентный, диаметром 120 мм, с геометрическим шагом 500 мм. Применяется во время работы с троса при скоростях течения воды более 2,0 м/с. Погрешность измерения скорости при этом не превышает 1,5 %.

Малые скорости течения не приводят лопасть вертушки во вращение. Наименьшая скорость, при которой силовое воздействие потока на лопастной винт равно величине сопротивлений, а лопастной винт вращается неравномерно, называется *начальной скоростью вертушки*. Для вертушки ГР-21М начальная скорость (винт № 1) составляет 0,04 м/с.

Критическая скорость – это скорость движения воды, при которой и выше которой влияние механических сопротивлений на вращение лопастного винта становится стабильным и незначительным. Верхняя критическая скорость лопастного винта № 2 составляет 8,0 м/с.

Подготовка вертушки к работе.

1. Открывают укладочный ящик, вынимают из него корпус вертушки с ходовой частью.

2. Легким поворотом от руки или дутьем на лопастной винт проверяют легкость вращения ходовой части.

3. При работе со штанги корпус вертушки надевают на штангу и закрепляют на ней двумя зажимными винтами.

4. Собирают электрическую сигнальную цепь.

5. До погружения вертушки в воду проверяют надежность работы контактного механизма, сигнальной цепи, а также звуковые и световые сигналы.

Уход за вертушкой. После работы вертушка и принадлежности к ней должны быть протерты сухой тряпкой и только после этого уложены в укладочный ящик. После работы в тот же день в помещении должны быть просушены полость корпуса вертушки и стабилизатор, а затем протерты тканью, слегка смоченной машинным маслом.

Ходовая часть вертушки должна быть разобрана, все детали ее промыты в керосине для удаления грязи, вновь собраны без лопастного винта и в собранном виде тщательно промыты в ванночке с чистым керосином. Отдельно промывается полость лопастного винта. После того как стечет керосин, в полость винта заливается масло, а затем окончательно собирается ходовая часть.

Ремонт вертушки, не касающийся ходовой части и не требующий специального оборудования, может производиться на месте. Другие виды ремонта выполняются в специальных мастерских. Каждая вертушка тарируется через 2 года, если она не имеет явных повреждений.

Практическая работа № 7. РАСЧЕТ РАСХОДА ВОДЫ ПО СКОРОСТЯМ, ИЗМЕРЕННЫМ ВЕРТУШКОЙ

Цель работы: вычислить расход воды аналитическим и графическим способами.

Исходные данные: результаты промеров глубин (использовать данные практической работы № 5), результаты измерения скоростей (прил. А, табл. А4).

Задание к работе: вычислить расход воды Q ($\text{м}^3/\text{с}$) по измеренным гидрометрической вертушкой скоростям.

Ход выполнения работы.

Вертикали, на которых измеряют местные скорости или непосредственно средние скорости, называют *скоростными вертикалями*. Глубину, измеренную непосредственно перед определением скоростей, называют *рабочей*. По ней устанавливают положение скоростных точек. Основным способом (при отсутствии ледяного покрова) является пятиточечный, при котором скорости измеряют: на поверхности, на глубине $0,2h$, $0,6h$, $0,8h$ и у дна. Этот способ обычно применяется при глубине более 1,5 м. Затем, зная скорость течения воды и площадь поперечного сечения русла реки, можно определить расход.

Расходом воды называется количество воды, протекающее через поперечное сечение реки в одну секунду. Сущность аналитического метода определения расхода воды в реке заключается в следующем. Измеряется площадь поперечного сечения реки (практическая работа № 5) и скорость течения воды в отдельных точках на скоростных вертикалях. Вычисление расхода производится по приближенной формуле, которая представляет собой сумму частичных расходов между скоростными вертикалями:

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n, \quad (2.6)$$

$$Q = k \cdot f_0 \cdot v_1 + \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot f_1 + \dots + k \cdot v_n \cdot f_{n+1}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.7)$$

где v_1, v_2 – средние скорости на вертикалях, $\text{м}/\text{с}$;

f_0 – площадь водного сечения между берегом и первой скоростной вертикалью, м^2 ;

f_{n+1} – площадь водного сечения между последней скоростной вертикалью и берегом, м²;

f_1, f_2, \dots, f_n – площадь водного сечения между скоростными вертикалями, м²;

k – эмпирический коэффициент, который принимается по табл. 2.5.

Таблица 2.5. Значения эмпирического коэффициента k

| Условия | Значение коэффициента |
|---|-----------------------|
| Пологий берег с нулевой глубиной на урезе | 0,7 |
| Обрывистый берег или неровная стена | 0,8 |
| Гладкая стена | 0,9 |
| Наличие мертвого пространства | 0,5 |

Скорости в отдельных точках на вертикали вычисляются по тарировочному уравнению

$$v = 0,245 \cdot n + 0,05, \text{ м/с}, \quad (2.8)$$

где n – число оборотов вертушки в секунду, которое определяется как

$$n = \frac{N}{t}, \text{ об/с}, \quad (2.9)$$

где N – общее число оборотов за время наблюдения, об.;

t – общая продолжительность измерения в точке, с (значения N и t выписываются из прил. А, табл. А4).

Средние скорости на вертикалях при измерениях в пяти точках при открытом русле вычисляются по эмпирической формуле

$$v_{\text{ср}} = 0,1 \cdot (v_{\text{пов}} + 3 \cdot v_{0,2} + 3 \cdot v_{0,6} + 2 \cdot v_{0,8} + v_{\text{дон}}), \text{ м/с}, \quad (2.10)$$

где $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость на вертикали, м/с;

$v_{\text{пов}}, v_{\text{дон}}$ – скорости на поверхности и дне реки на данной скоростной вертикали, м/с;

$v_{0,2}, v_{0,6}, v_{0,8}$ – скорости на глубине 0,2h, 0,6h, 0,8h.

Средние скорости, рассчитанные по формуле (2.10), заносятся в табл. 2.6 (гр. 7).

Расчет расходов выполняется в табл. 2.7 (гр. 5). При этом первое и последнее значения умножаются на коэффициент k , который выбирается в зависимости от типа поперечного профиля у берегов реки.

Вычисления производятся в табл. 2.6 и 2.7 и строятся эпюры распределения средней скорости и удельного расхода (рис. 2.6).

Таблица 2.6. Расчет скоростей течения воды на скоростных вертикалях

| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N , об. | t , с | n , об/с | v , м/с | v_{cp} , м/с |
|------------------------------|--------------------|-----------|---------|------------|-----------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Поверхность | 160 | 108 | 1,48 | 0,41 | 0,37 |
| | 0,2h | 160 | 112 | 1,43 | 0,40 | |
| | 0,6h | 160 | 122 | 1,31 | 0,37 | |
| | 0,8h | 160 | 142 | 1,13 | 0,33 | |
| | Дно | 160 | 169 | 0,95 | 0,28 | |
| 2 | Поверхность | 220 | 116 | 1,90 | 0,51 | 0,44 |
| | 0,2h | 220 | 124 | 1,77 | 0,48 | |
| | 0,6h | 220 | 135 | 1,63 | 0,45 | |
| | 0,8h | 220 | 161 | 1,37 | 0,38 | |
| | Дно | 220 | 178 | 1,24 | 0,35 | |
| 5 | Поверхность | 340 | 124 | 2,74 | 0,72 | 0,64 |
| | 0,2h | 340 | 129 | 2,64 | 0,70 | |
| | 0,6h | 340 | 130 | 2,62 | 0,69 | |
| | 0,8h | 340 | 176 | 1,93 | 0,52 | |
| | Дно | 340 | 199 | 1,71 | 0,47 | |
| 8 | Поверхность | 220 | 112 | 1,96 | 0,53 | 0,46 |
| | 0,2h | 220 | 120 | 1,83 | 0,50 | |
| | 0,6h | 220 | 131 | 1,68 | 0,46 | |
| | 0,8h | 220 | 157 | 1,40 | 0,39 | |
| | Дно | 220 | 174 | 1,26 | 0,36 | |
| 10 | Поверхность | 160 | 102 | 1,57 | 0,43 | 0,38 |
| | 0,2h | 160 | 106 | 1,51 | 0,42 | |
| | 0,6h | 160 | 120 | 1,33 | 0,38 | |
| | 0,8h | 160 | 144 | 1,11 | 0,32 | |
| | Дно | 160 | 167 | 0,96 | 0,28 | |

В отличие от аналитического способа, графический позволяет более точно определить величину расхода воды. При данном способе выполняются приведенные ниже построения (на листе миллиметровки стандартного формата).

1. По данным промеров глубин вычерчивается профиль поперечного сечения реки и наносится расчетный уровень воды. При построении профиля вертикальный масштаб выбирается так, чтобы h_{max} была не менее 6–10 см, а ширина реки – 10–20 см.

2. На том же листе (внизу или справа от профиля) вычерчиваются эпюры скоростей для каждой скоростной вертикали. Вертикальный масштаб эпюр берется такой же, что и для профиля, а горизонтальный выбирается таким образом, чтобы отношение v_{max} к h (для центральной вертикали) было в пределах 0,7–1,0. На эпюрах справа выписываются

значения скоростей в точках, слева – значения глубин. Эпюры проводятся плавными линиями.

Таблица 2.7. Вычисление расходов воды

| Номера скоростных вертикалей | Средняя скорость, м/с | | Площадь водного сечения между вертикалями, м ² | Расход воды между вертикалями, м ³ /с |
|------------------------------|-----------------------|-------------------|---|--|
| | на вертикалях | между вертикалями | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ур. л. б | 0,00 | | | |
| | | 0,18 | 20,7 | 3,73 |
| 1 | 0,37 | 0,40 | 76,92 | 30,77 |
| 2 | 0,44 | 0,54 | 434,88 | 234,84 |
| 5 | 0,64 | 0,55 | 392,86 | 216,07 |
| 8 | 0,46 | 0,42 | 77,30 | 32,47 |
| 10 | 0,38 | 0,19 | 45,10 | 8,57 |
| Ур.п.б. | 0,00 | | | Σ = 526,44 |

3. Для каждой скоростной вертикали вычисляется средняя скорость v_{cp} делением площади эпюры $F_{эл}$ на h :

$$v_{cp} = \frac{F_{эл}}{h} . \quad (2.11)$$

Площадь эпюры определяется методом палетки.

4. Полученные v_{cp} для скоростных вертикалей записываются в таблицу под профилем, а по их значениям над профилем строится эпюра, показывающая распределение средних скоростей по ширине реки.

5. С этой эпюры снимаются v_{cp} для всех промерных вертикалей с точностью до 0,01 м/с и записываются в таблицу под профилем.

6. Далее для каждой промерной вертикали вычисляется элементарный расход воды по формуле

$$g_{эл} = v_{cp} \cdot h , \text{ м}^3/\text{с} . \quad (2.12)$$

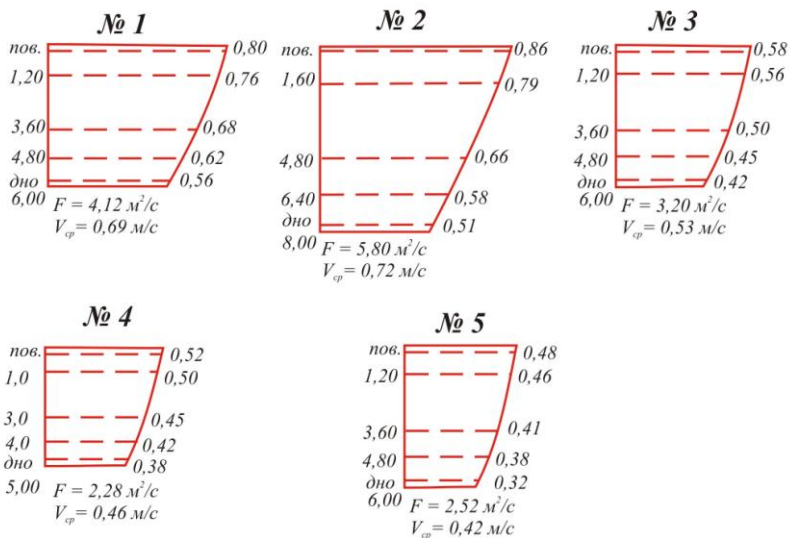
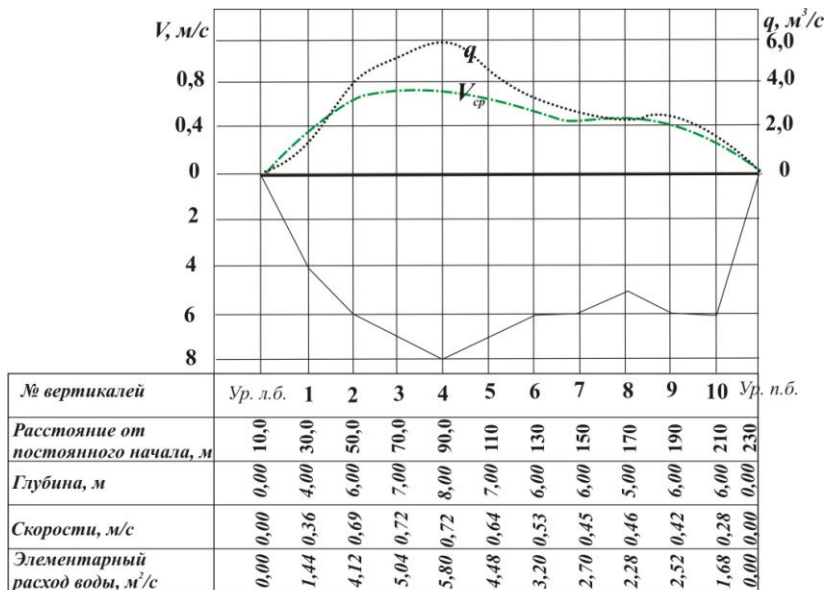


Рис. 2.6. Эпюры распределения средней скорости и удельного расхода по ширине реки

7. По значениям $g_{эл}$ над профилем строится эпюра, показывающая изменение элементарных расходов по ширине реки. Масштаб для построения этой эпюры выбирается таким образом, чтобы $g_{эл \max}$ был не более 7–10 см.

8. Расход воды через поперечное сечение русла определяется как площадь эпюры элементарных расходов.

Примечание: вычисленный таким образом расход необходимо записать на листе, где производились графические построения.

Практическая работа № 8. **РАСЧЕТ РАСХОДА ВОДЫ ПО СКОРОСТЯМ, ИЗМЕРЕННЫМ ПОПЛАВКАМИ**

Цель работы: изучить методику измерения скорости поверхностными и глубинными поплавками, вычислить расход воды по скоростям, измеренным поплавками

Исходные данные: результаты промеров глубин (прил. А, табл. А3), результаты измерения скоростей (прил. А, табл. А5).

Задание к работе: вычислить расход воды Q (m^3/c) по скоростям, измеренным поплавками.

Ход выполнения работы.

Состав и порядок измерения расхода воды поплавками (поверхностными, глубинными или поплавками-интеграторами) те же, что и при измерении расхода воды вертушкой, кроме определения скорости.

Измерение скорости течения воды поверхностными поплавками.

Выбирается относительно прямолинейный открытый участок с однообразными глубинами, шириной и продольным уклоном водной поверхности на протяжении трех-пятикратной ширины реки. По берегу параллельно основному направлению течения прокладывается магистраль и перпендикулярно к ней разбиваются три створа: верхний, средний и нижний. Расстояния между крайними створами назначаются одинаковыми и таким образом, чтобы продолжительность хода поплавка была не менее 20 с. Выше по течению на расстоянии 5–20 м разбивают пусковой створ, закрепленный вехами, с которого пускают поплавки, что позволяет им приобрести скорость течения воды при подходе к верхнему створу, остальные створы также закрепляют вехами. На основном створе при ширине реки 75–100 м натягивают размеченный трос. Измерение расстояний по тросу должно проводиться с точностью до 5 %. Например, для реки шириной 10 м трос размечается через 1 м, а расстояния между метками определяются на глаз; для реки

шириной 50 м трос следует размечать через 4 м, а расстояние отсчитывать через 2 м и т. д. Нулевое деление размеченного троса должно быть совмещено с постоянным началом. Расположение тросов показано на рис. 2.7.

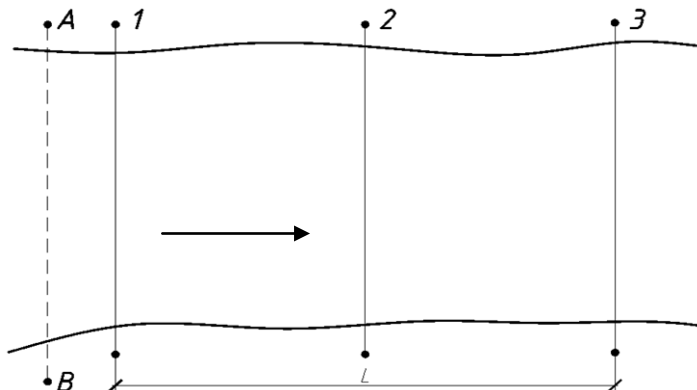


Рис. 2.7. Расположение створов для измерения скорости течения воды поплавками: 1 – верхний створ; 2 – основной створ; 3 – нижний створ; AB – пусковой створ

Состояние погоды и реки вписывается в соответствующие графы Журнала измерения скорости течения воды поверхностными поплавками (табл. 2.8) стандартного образца.

Таблица 2.8. Журнал измерения скорости течения воды поверхностными поплавками

| Номер поплавка | Расстояние от постоянного начала, м | Отсчет по секундомеру, с | | | Расстояние между створами, м | Время хода поплавка, с | Скорость, м/с | Средняя скорость в створе, м/с |
|----------------|-------------------------------------|--------------------------|---------|--------|------------------------------|------------------------|---------------|--------------------------------|
| | | верхний | средний | нижний | | | | |
| 1 | 4,5 | 10 | 42 | 73 | 60 | 63 | 0,95 | 0,75 |
| 2 | 3,0 | 16 | 58 | 100 | | 84 | 0,71 | |
| 3 | 2,8 | 20 | 67 | 115 | | 95 | 0,63 | |

Ведутся наблюдения за уровнем воды.

Измеряются глубины на основном створе.

Измерение поверхностными поплавками скорости течения воды осуществляется по всей ширине реки в следующем порядке:

– на пусковом створе забрасываются в реку последовательно 10–20 поплавков; поплавки пускают с пяти-восьми мест по ширине реки так, чтобы через основной створ они проходили группками по два-четыре поплавка;

– на верхнем створе, когда поплавок проходит его, включается секундомер;

– на основном створе в момент пересечения его поплавком отмечают расстояние от постоянного начала до поплавка в створе. На реках шириной до 20–30 м это можно делать путем наблюдения с берега при наличии перетянутого через реку размеченного троса; при большой ширине реки наблюдения ведут с лодки, а при невозможности натянуть трос через реку применяют засечки угловыми инструментами. При измерении скорости течения у берегов, где поплавки могут задерживаться прибрежной растительностью и где скорости течения малы, рекомендуется пускать поплавки на более коротком участке, разбивая для этой цели верхний и нижний створы на меньшем расстоянии между ними;

– при прохождении поплавка через нижний створ секундомер выключается – засекается конечное время и определяется время и расстояние поплавка от берега, описываются смещения и отклонения от пути его движения;

– измеряется уклон водной поверхности. Продольный уклон водной поверхности определяется нивелировкой урезов воды. Измерение расстояния между этими точками производится мерной лентой. Уклон водной поверхности характеризуется отношением $i = \frac{H_1 - H_2}{l}$, где H_1 , H_2 – отметки воды в точках, расстояние между которыми равно l .

Измерение скорости течения воды глубинными поплавками.

Глубинные поплавки применяются при очень малых скоростях течения (до 0,15–0,20 м/с), т. е. меньших, чем удвоенная начальная скорость применяемой вертушки, когда измерения вертушки малонадежны. Глубинные поплавки применяются также для определения границ мертвого пространства.

При использовании глубинных поплавков принято измерять скорости течения на вертикалях в следующих точках:

– при свободном от водной растительности русле и глубине на вертикали менее 0,5 м в одной точке – 0,6 h; при глубине более 0,5 м в двух точках – 0,2 h и 0,8 h;

– при наличии водной растительности в русле выше и ниже створа и глубине на вертикали менее 0,5 м в одной точке – 0,5h; при глубине более 0,5 м в трех точках – 0,15 h; 0,5 h, 0,85 h.

Скорости измеряют с лодки, устанавливаемой на якорь в линии створа. Створы для определения расстояния, пройденного глубинным поплавком, устраиваются из трех горизонтальных реек, располагаемых на лодке параллельно через 1 м (рис. 2.8).

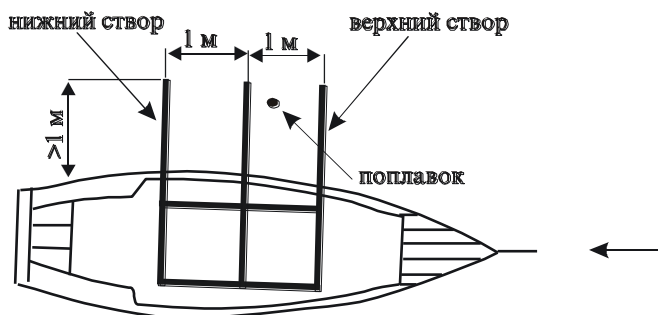


Рис. 2.8. Схема оборудования лодки для измерения скоростей глубинными поплавками

Измерение скорости течения в определенной точке по глубине производится на каждой вертикали в следующем порядке:

– створы-рейки устанавливаются на вертикали так, чтобы они были перпендикулярны направлению течения;

– пуск поплавка производится при помощи шеста на 0,25–0,50 м выше верхнего створа. При работе с лодки поплавок должен пускаться так, чтобы он проходил мимо лодки не ближе 1 м от ее борта;

– в момент прохождения поверхностного поплавка-указателя через верхний створ включается секундомер. При продолжительности хода поплавка-указателя между верхним и средним створами более 20 с секундомер останавливается в момент прохождения поплавка через средний створ и наблюдение прекращается. В этом случае записывается продолжительность хода поплавка между верхним и средним створами, т. е. на расстоянии 1 м. Если же продолжительность хода поплавка между первыми двумя створами меньше 20 с, то наблюдение

продолжается до достижения поплавком нижнего створа и записывается продолжительность хода между верхним и нижним створами, т. е. на расстоянии 2 м.

В каждой точке по глубине вертикали поплавков пускается не менее трех раз. Крайние величины продолжительности хода поплавка при трехкратной повторности не должны отличаться друг от друга более чем на 10 %. При большой разности поплавков пускается еще 2–3 раза.

Запись результатов измерений на каждой вертикали производится в Журнале измерения скорости течения воды глубинными поплавками (табл. 2.9).

Таблица 2.9. Журнал измерения скорости течения воды глубинными поплавками

| Расстояние между створами, м | Продолжительность хода, с | | | | | | | | | Скорость, м/с |
|------------------------------|---------------------------|-----|-----|---|---|---|---|---|---------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | средняя | |
| 2 | 5,6 | 5,7 | 9,5 | | | | | | 5,6 | 0,38 |
| 1 | 2,9 | 3,0 | 2,9 | | | | | | 2,9 | 0,34 |

При определении границ мертвого пространства нулевая скорость течения принимается там, где опущенный в воду поплавок стоит неподвижно или движется в обратную сторону.

При измерении скорости на определенной глубине применяют двойные глубинные поплавки. При этом погруженная часть верхнего поплавка должна быть равна по объему глубинному поплавку. Такой поплавок движется со скоростью, равной полусумме поверхностной и глубинной скоростей течения воды, а для этого необходимо сначала измерить скорость на глубине двойным поплавком, а затем поверхностным определить скорость у поверхности и вычесть показатель скорости на поверхности из показателя ее на глубине. Полученная разность и будет показателем истинной скорости на глубине вертикали.

Скорость в точке вычисляется делением длины базиса-расстояния между створами (1 или 2 м) на среднюю продолжительность хода поплавка.

Измерение скорости течения воды поплавками-интеграторами.

Поплавки-интеграторы применяются при скорости течения воды 0,10–0,20 м/с и служат для измерения средней скорости на вертикалях. Для измерения скорости на дно опускают шарик, прикрепленный ниткой к специальному устройству, состоящему из двух реек – вертикальной и горизонтальной. Поплавок закладывают в нижнюю часть рейки. Подняв накладку, освобождают поплавок, который всплывает. Определив расстояние по горизонтали от вертикальной рейки до точки всплытия поплавка и время всплытия, делят расстояние на время всплытия и получают среднюю скорость на вертикали. Среднюю скорость на вертикали v_B можно измерить путем двойного интегрирования локальных скоростей, и на первом этапе интегрирующее устройство опускается со скоростью v_1 от поверхности воды до дна за время t_1 . После достижения устройством дна интегратором служит жидкое масло, выходящее из устройства со скоростью v_2 . Комки масла пройдут по своим траекториям от дна до поверхности воды за время t_2 (рис. 2.9).

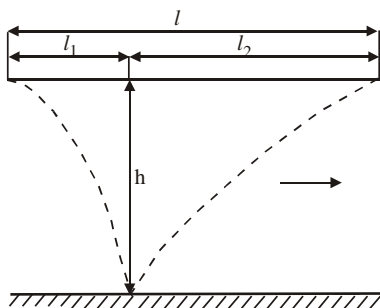


Рис. 2.9. Схема двойной интеграции скоростей течения воды

Тогда средняя скорость на вертикали определяется по формуле

$$v_B = \frac{l \cdot v_1 \cdot v_2}{th(v_1 + v_2)}. \quad (2.13)$$

Если интегрирующее устройство снабдить двумя типами всплывающих поплавков, имеющих разную массу, например масло и газ, то из одной точки дна (рис. 2.10) интеграторы будут подниматься со скоростями v_1 и v_2 и выйдут на поверхность воды соответственно за время t_1 и t_2 .

На рис. 2.10 видно, что

$$l = l_2 - l_1 = v_B \cdot t_2 - v_B \cdot t_1 = \frac{v_B \cdot h}{v_1} + \frac{v_d \cdot h}{v_2}. \quad (2.14)$$

Отсюда

$$v_B = \frac{l \cdot v_1 \cdot v_2}{h(v_2 - v_1)}. \quad (2.15)$$

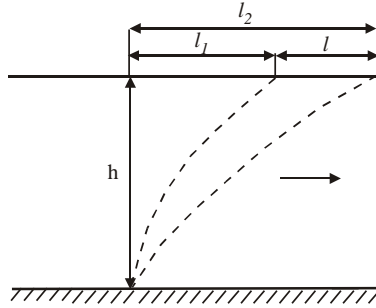


Рис. 2.10. Схема разностной интеграции скоростей течения воды

Достоинство способа заключается в том, что не требуется измерять l_1 и l_2 . Достаточно измерить только l .

При одновременном выпуске поплавков-интеграторов по всему живому сечению можно сразу определить среднюю скорость потока по формуле

$$v_{cp} = w \cdot F / \omega, \quad (2.16)$$

где w – площадь живого сечения;

F – площадь, ограниченная шириной водотока B и кривой, проведенной через точки выхода поплавков-интеграторов на поверхность воды;

ω – скорость вертикального подъема поплавков.

На небольших реках и каналах в качестве поплавков-интеграторов используют пузырьки воздуха, выходящие из перфорированного шланга, уложенного на дне водотока.

Вычисление расхода воды, измеренного гидрометрическими поверхностными поплавками.

Если измерение производится поплавками, запускаемыми по всей ширине водотока, то вычисления выполняются в приведенной ниже последовательности.

1. По данным промеров глубин вычисляется площадь живого сечения по основному створу.

2. Строится эпюра продолжительности хода поплавков и для каждой скоростной вертикали снимается с эпюры продолжительность хода поплавка и вычисляется поверхностная скорость.

3. Вычисляется величина фиктивного расхода Q_{ϕ} исходя из формулы (2.17).

4. Вычисляется действительный расход воды Q по формуле

$$Q = Q_{\phi} \cdot K_1, \quad (2.17)$$

где K_1 – переходный коэффициент от фиктивного расхода к действительному.

Наиболее точно коэффициент K_1 определяется опытным путем, т. е. по данным измерения расходов воды вертушкой и поплавками при уровнях воды, наиболее близких к уровню, при котором измерялся расход поплавками. Приняв расход, измеренный вертушкой, за действительный, величину переходного коэффициента находят из соотношения

$$K_1 = \frac{Q}{Q_{\phi}}. \quad (2.18)$$

Для определения K_1 при других отметках уровня воды производят несколько одновременных измерений и строят график зависимости K_1 от уровня, используемого в дальнейшем при измерении расхода воды поплавками.

Величину переходного коэффициента часто выражают через соотношение скоростей:

$$K_1 = \frac{v}{v_{\text{пов}}}, \quad (2.19)$$

где $v_{\text{пов}}$ – средняя поверхностная скорость.

При невозможности определить K_1 вышеописанными способами можно пользоваться эмпирической формулой

$$K_1 = \frac{C}{C + 6}, \quad (2.20)$$

где C – коэффициент Шези, значения которого приведены в прил. Б, табл. Б1 в зависимости от величины коэффициента шероховатости.

Если измерение расхода воды производится *поплавками, запускаемыми только на стрежень реки*, то его вычисление осуществляют в приведенной ниже последовательности.

1. Вычисляется площадь живого сечения.

2. Определяется наибольшая поверхностная скорость течения как среднее арифметическое из показаний трех поплавков с наибольшей скоростью.

3. Вычисляется величина фиктивного расхода Q'_ϕ по формуле

$$Q'_\phi = \bar{v}_{\max} \cdot F. \quad (2.21)$$

4. Рассчитывается величина действительного расхода Q по формуле

$$Q = Q'_\phi \cdot K_2, \quad (2.22)$$

где K_2 – переходный коэффициент от фиктивного расхода к действительному.

Величина переходного коэффициента K_2 определяется аналогично коэффициенту K_1 . При невозможности его определения экспериментальным путем можно воспользоваться формулой

$$K_2 = \frac{C}{1,34 \cdot C + 6}. \quad (2.23)$$

Ориентировочное представление о величинах переходных коэффициентов K_1 и K_2 дает прил. Б, табл. Б2.

По результатам измерений на плане делается уточнение положения основного гидрометрического створа:

- строится план участка реки на миллиметровке;
- для каждой группы поплавков вычисляется среднее время хода поплавок, а затем – скорость течения воды путем деления расстояния между крайними створами на среднюю продолжительность хода поплавков;
- на план наносится средняя траектория движения групп поплавков;
- в пересечении траекторий основного створа в масштабе откладываются векторы скоростей по касательной к траектории, после чего под планом строится векторный многоугольник скоростей.

При измерении скоростей течения по всей ширине реки вычисление расхода воды выполняется в такой последовательности:

- по данным промеров глубин вычисляется площадь водного сечения для основного створа (используются данные прил. А, табл. А3).

– по данным измерения скоростей течения воды строится эпюра продолжительности хода поплавок. С этой целью на клетчатку наносят точки для каждого поплавок. По оси абсцисс откладывают расстояния от постоянного начала (при прохождении поплавками среднего створа), по оси ординат – продолжительность хода поплавок. По нанесенным точкам проводят плавную эпюру продолжительности хода поплавок по ширине реки, при этом центры тяжести групп точек определяют на глаз. Продолжительности хода поплавок не должны отличаться более чем на 10 % в каждой из групп. При больших расхождениях результаты таких поплавок исключаются из рассмотрения. При плавном очертании эпюры на ней через равные расстояния назначают скоростные вертикали, совмещая их с промерными. В случае когда эпюра имеет перегибы, приуроченные обычно к перегибам линии дна, назначают дополнительные вертикали в местах перегибов (используются данные прил. А, табл. А3).

Пример построения эпюры дан на рис. 2.11;

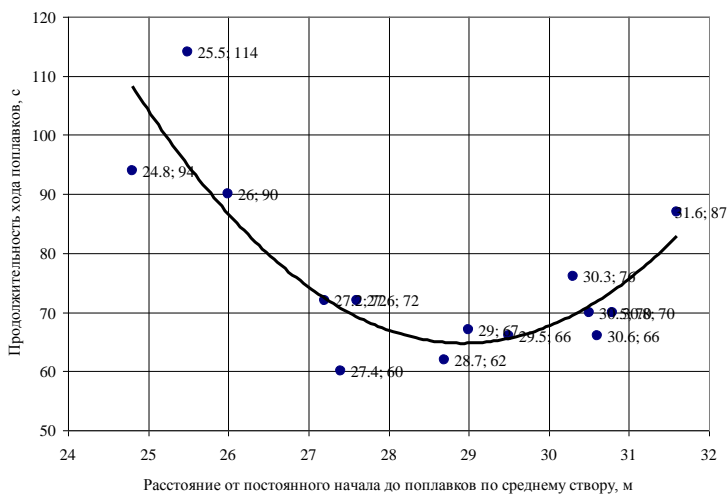


Рис. 2.11. Эпюра продолжительности хода поплавок

– для каждой скоростной вертикали снимается с эпюры продолжительность хода поплавок и вычисляется поверхностная скорость течения: $v_i = l/t$, где t – продолжительность хода поплавок; l – расстояние между верхним и нижним створами;

– вычисляется величина фиктивного расхода по формуле

$$Q_{\phi} = k \cdot v_1 \cdot f_0 + \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot f_1 + \dots + \frac{v_{n-1} + v_n}{2} \cdot f_{n-1} + k \cdot v_n \cdot f_n = 255,0 \text{ м}^3/\text{с},$$

где v_1 – поверхностные скорости на скоростных вертикалях, м/с;
 f_1 – площадь водного сечения между скоростными вертикалями, м²;
 k – эмпирический коэффициент;

– вычисляется действительный расход воды по формуле

$$Q = Q_{\phi} \cdot K = 255,26 \cdot 0,85 = 217,54 \text{ м}^3/\text{с},$$

где K – переходный коэффициент от фиктивного расхода к действительному.

Величина переходного коэффициента определяется по эмпирической формуле

$$K = \frac{C}{C + 6} = \frac{34,60}{34,60 + 6} = 0,85,$$

где C – коэффициент Шези, величина которого определяется в зависимости от значения коэффициента шероховатости n ($n = 0,04$) и величины гидравлического радиуса R .

Гидравлический радиус определяется по формуле

$$R = \frac{F}{\chi},$$

где χ – смоченный периметр, м,

F – площадь водного сечения, м².

Для равнинных рек гидравлический радиус принимается равным средней глубине. Средняя глубина определяется как

$$h_{\text{ср}} = \frac{F}{B} = \frac{1047,76}{205} = 5,11 \text{ м},$$

где B – ширина реки, м.

Вычисление ведется в табличной форме (табл. 2.10).

Над вычерченным на миллиметровой бумаге поперечным профилем створа, для которого измерялась поверхностная скорость, строится эпюра – кривая, показывающая распределение скорости по ширине реки. Выбирается масштаб скоростей (1 см – 0,2 м/с) и по ширине створа вверх в тех местах, где проходили поплавки (группа поплавков), в масштабе откладываются значения скоростей. Полученные точки соединяются плавной кривой. По эпюре скоростей находится скорость течения в каждой промерной вертикали. На поперечном профиле выписываются скорости, снятые с эпюры.

Таблица 2.10. Таблица для вычисления расхода воды, измеренного поверхностными поплавками

| Номер промерной вертикали | Расстояние от постоянного начала, м | Глубина, м | | Расстояние между промерными вертикалями, м | Площадь водного сечения, м ² | | Продолжительность хода поплавок на скоростных вертикалях, с | Поверхностная скорость, м/с | | Расход воды между скоростными вертикалями, м ³ /с |
|---------------------------|-------------------------------------|---------------|---------------------------|--|---|-------------------------------|---|-----------------------------|---------------------------|--|
| | | на вертикалях | средняя между вертикалями | | между промерными вертикалями | между скоростными вертикалями | | на скоростных вертикалях | средняя между вертикалями | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Ур. л. б. | 15 | 0,00 | | | | | | 0,00 | | |
| | | | 2,30 | 9 | 20,70 | 20,70 | | | 0,16 | 3,31 |
| 1 | 24 | 4,60 | | | | | 65 | 0,31 | | |
| | | | 6,41 | 12 | 76,92 | 76,92 | | | 0,27 | 20,88 |
| 2 | 36 | 8,22 | | | | | 85 | 0,24 | | |
| | | | 8,02 | 12 | 96,24 | | | | | |
| 3 | 48 | 7,82 | | | | | | | | |
| | | | 7,34 | 24 | 176,04 | 434,88 | | | 0,26 | 112,41 |
| 4 | 72 | 6,85 | | | | | | | | |
| | | | 6,78 | 24 | 162,60 | | | | | |
| 5 | 96 | 6,70 | | | | | 71 | 0,28 | | |
| | | | 6,39 | 24 | 153,36 | | | | | |
| 6 | 120 | 6,08 | | | | | | | | |
| | | | 5,54 | 20 | 110,80 | 392,86 | | | 0,23 | 91,37 |
| 7 | 140 | 5,00 | | | | | | | | |
| | | | 4,29 | 30 | 128,70 | | | | | |
| 8 | 180 | 3,58 | | | | | 109 | 0,18 | | |
| | | | 3,84 | 10 | 38,35 | | | | | |
| 9 | 190 | 4,09 | | | | | | | 0,23 | 18,13 |
| | | | 3,90 | 10 | 38,95 | 77,30 | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|-----|------|------|--------------|----------------|-------|----|------|------|---------------|
| 10 | 190 | 3,70 | | | | | 70 | 0,29 | | |
| | | | 2,55 | 10 | 25,50 | 45,10 | | | 0,15 | 6,77 |
| 11 | 200 | 1,40 | | | | | | | | |
| | | | 1,05 | 18 | 18,90 | | | | | |
| 12 | 218 | 0,70 | | | | | | | | |
| | | | 0,35 | 2 | 0,70 | | | | | |
| Ур. п. б. | 220 | 0,00 | | | | | | 0 | | |
| | | | | Сумма | 1047,76 | | | | | 252,87 |

Практическая работа № 9. ПОСТРОЕНИЕ КРИВЫХ РАСХОДОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕЖЕДНЕВНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ

Цель работы: построить кривые расходов при наличии однозначной зависимости между расходами и уровнями воды.

Задание к работе: построить кривые расходов ($Q = Q(H)$), средних скоростей ($v = v(H)$) и площадей водного сечения ($\omega = \omega(H)$).

Кривой расходов называется графическое изображение в прямоугольных координатах связи между расходами Q и уровнями воды H .

Верхняя часть кривой до высшего историческою горизонта (ВИГ) обычно не освещена измерениями. В этом случае кривая расходов в верхней части амплитуды колебаний уровней до ВИГ должна быть *экстраполирована* – построена по эмпирическим формулам.

Учитывая, что точность вычисления максимальных расходов, необходимых для назначения отверстий моста или плотины, в большинстве случаев зависит не столько от методики вычисления их по теории вероятности, сколько от правильного построения и экстраполяции кривой расходов, вопросу построения и экстраполяции кривой должно быть уделено особое внимание. Чтобы исключить, по возможности, субъективность в проведении кривой, она обязательно должна быть вычислена в верхней своей части несколькими методами.

Анализ исходных материалов и общие указания для построения кривой расходов. Зависимость $Q = f(H)$ часто нарушается:

- 1) изменением продольного уклона водной поверхности при подъемах и спадах воды в период паводка;
- 2) изменением живого сечения русла в связи с его деформацией;
- 3) подпором, вызванным действием искусственного вооружения, впадением притока, стеснением русла водной растительностью;
- 4) изменением шероховатости русла.

Следовательно, расход воды является функцией

$$Q = f(H, I, \omega, \gamma), \quad (2.24)$$

где H – уровень воды;

I – продольный уклон поверхности воды;

ω – площадь живого сечения,

γ – коэффициент шероховатости русла.

Однако на практике, если колебания уклонов незначительны, деформация русла невелика и коэффициент шероховатости колеблется в небольших пределах, чаще строится однозначная зависимость

$Q = f(H)$, так как некоторым рассеянием точек, дающим при проведении кривой ошибку, не превышающую точность гидрометрических измерений, можно пренебречь.

Чтобы установить степень влияния отмеченных факторов на вид кривой расходов, анализируются все исходные данные по измерению расходов и режиму реки. Для этого используются следующие материалы:

- 1) ведомость измеренных расходов воды;
- 2) технический список поста (гидроствора);
- 3) план гидрометрического участка реки;
- 4) совмещенные профили реки по гидроствору за период измерения расходов воды;
- 5) таблицы ежедневных уровней воды;
- 6) технический отчет, акты инспекции произведенных гидрометрических работ;
- 7) график колебания уровней воды по водпосту на гидростворе (или по ближайшему посту) с отметкой на нем флажками уровней, при которых измерялись расходы воды.

Прежде чем приступить к анализу материалов, необходимо: 1) установить отметки, при которых начинают затопляться поймы (левая и правая); 2) выявить измерения полных расходов воды реки и частичных расходов; 3) выявить полноценные расходы, т. е. измеренные вертушкой и обработанные по всем правилам.

При определении полноценности расходов необходимо также учитывать условия, при которых производились измерения: мертвые пространства в русле, косоструйность, ветер и волнение и пр.

Все полноценные расходы, принимаемые в качестве опорных для построения $Q = f(H)$, в таблице измеренных расходов отмечаются одним значком, неполноценные – другим.

На основании всех измерений на миллиметровой бумаге строятся предварительные зависимости гидравлических элементов русла (расходов, площадей сечения и средних скоростей течения) от расчетных уровней воды на гидростворе. По оси ординат откладываются значения уровней, а по оси абсцисс – последовательно величины Q , ω , v_{cp} , причем нули шкал ω и v_{cp} во избежание совмещения кривых сдвигаются вправо (рис. 2.12).

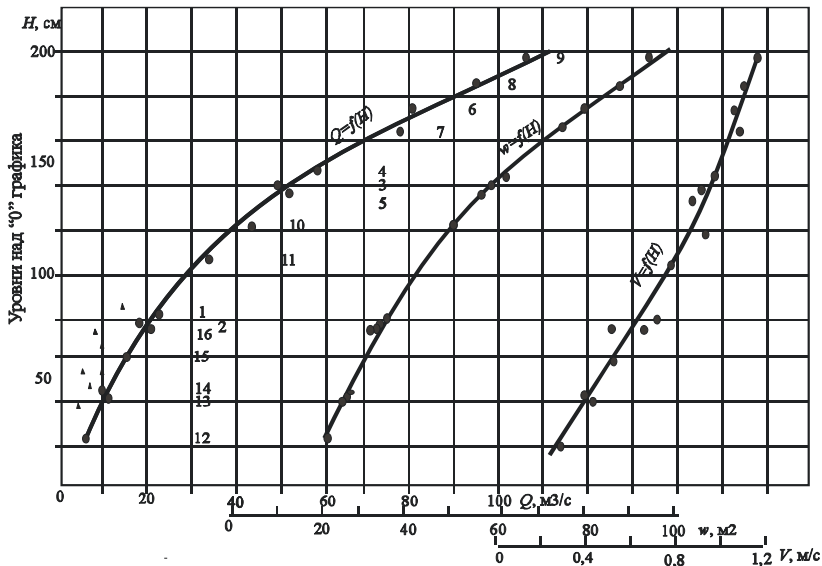


Рис. 2.12. Кривые расходов, площадей живого сечения и средних скоростей

При выборе вертикального и горизонтального масштабов для построения кривых нужно исходить из следующего: 1) кривая $Q = f(H)$ должна быть построена так, чтобы хорда, соединяющая ее концы, была расположена под углом примерно 45° к оси абсцисс; 2) каждая из кривых $\omega = f(H)$ и $v_{cp} = f(H)$ должна быть расположена под углом около 60° к оси абсцисс.

Сведения о применяемых при построении кривых масштабах даны в табл. 2.11.

Таблица 2.11. Масштабы, применяемые при построении кривых гидравлических элементов реки

| Гидравлические элементы | Обозначения | Размерность | Масштаб изображения в 1 см |
|-------------------------|-------------|-------------------|-----------------------------------|
| Уровни воды | H | м | 0,2; 0,5; 1,0 |
| Расходы воды | Q | м ³ /с | 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000 |
| Площади сечения реки | ω | м ² | 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000 |
| Скорости течения | v_{cp} | м/с | 0,1; 0,2; 0,3 |

Расходы и скорости на графике обозначаются: измеренные вертушкой – кружками; определенные поплавками – треугольниками; вычисленные разными методами (например, морфометрически) – каким-либо другим знаком. Площади сечения реки обозначаются любым зна-

ком, например кружками. Если кривые гидравлических элементов строятся за несколько лет наблюдений, тогда обозначения (кружки, треугольники и пр.) за каждый год закрашиваются каким-либо одним цветом. Все полноценные расходы и скорости обводятся кружками. Против каждого измеренного Q , ω и v_{cp} на чертеже проставляется номер, присвоенный им в ведомости измеренных расходов. Каждая кривая строится от руки, на глаз, или по лекалу с таким расчетом, чтобы она занимала среднее положение относительно точек. При этом следует обязательно проверять правильность проведения кривых Q и v_{cp} по зависимости $Q = \omega \cdot v_{cp}$ при разных H . Иначе говоря, если кривая $Q = f(H)$ построена правильно, произведение площади на среднюю скорость течения снятых с кривых $\omega = f(H)$ и $v_{cp} = f(H)$ при одной и той же отметке H должно быть равно расходу воды, лежащему на кривой $Q = f(H)$ при той же отметке H .

При расположении точек Q , ω , v_{cp} широкими полосами для облегчения проведения кривых их следует разбить на группы по интервалам уровня, например: расходы, определенные при H от 2,00 до 2,5 м, составят одну группу, измеренные при H от 2,51 до 3,00 м – другую. Затем вместо каждой группы точек на график наносят центр тяжести, объединяющий группу.

При наличии измерений расходов воды в главном русле и в пойме строятся кривые $Q = f(H)$, $\omega = f(H)$ и $v_{cp} = f(H)$ для русла и поймы по отдельности и суммарные.

Анализ измеренных расходов производится в хронологическом порядке. Для этой цели удобно пользоваться графиком колебания уровня, на котором флажками помечены измеренные расходы. При анализе построения кривых для открытого (без ледяного покрова) русла различают следующие основные случаи расположения точек Q , ω , v_{cp} .

1. Точки Q , ω , v_{cp} тесно группируются около своих кривых или лежат на них; кривая $Q = f(H)$ – выпуклая к оси ординат, зависимость $\omega = f(H)$ – почти прямая, а кривая $v_{cp} = f(H)$ – слабоогнутая к оси ординат.

Эти данные указывают на то, что измерения расходов произведены правильно и условий, нарушающих однозначность кривой расходов, нет.

2. Точки Q , ω , v_{cp} располагаются полосами, внутри которых они хронологически обособленно группируются.

Это указывает на то, что русло деформируется или неверно определены уровни воды.

3. Точки ω тесно группируются около прямой или лежат на ней, что указывает на устойчивость русла, а точки Q и v_{cp} расположены так же, как во втором случае.

Это указывает на то, что или наблюдается переменный подпор, или же неверно были определены скорости течения.

4. Точки ω располагаются так же, как и в предыдущем случае, но значения Q на подъеме расположены правее, на спаде – левее, на гребне паводка – между ними и при межени тесно группируются около кривой; так же расположены точки v_{cp} .

В данном случае имеет место паводочная петля.

5. Зависимость $\omega=f(H)$ тесная, но точки Q и v_{cp} в летний сезон отклоняются влево от своих кривых.

Эти данные указывают на то, что русло не деформируется, но вследствие его сильного зарастания водной растительностью увеличивается шероховатость, замедляется течение и, следовательно, уменьшается расход (в сравнении с расходом, измеренным при одном и том же уровне, но в русле, свободном от растительности).

Построение кривой расходов с учетом уклона водной поверхности (паводочные петли). На рис. 2.13 показаны продольные профили водной поверхности, соответствующие моментам подъема, пика и спада паводка на рассматриваемом створе.

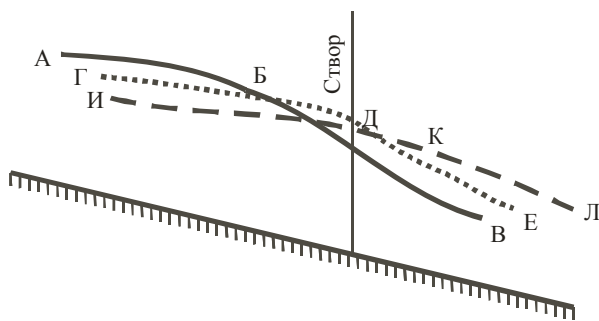


Рис. 2.13. Продольный профиль водной поверхности в половодье

Как видно, при подъеме воды (положение уровня AB) уклон резко вырастает, при достижении пика (линия $ГДЕ$) он уменьшается. В связи с этим скорости течения и расходы воды при одних и тех же уровнях на подъеме больше, чем на спаде, и вследствие этого для средних и больших и большинства малых рек кривая расхо-

дов воды имеет вид петли, ветвь подъема которой расположена правее ветви спада. В верхней части петли наступает максимум сначала расхода, а затем – уровня. В связи с тем что ежегодно наблюдаются наивысшие горизонты разной высоты, кривые подъема и спада имеют самый разнообразный вид.

При низких меженных уровнях ветви соединяются в одну, являющуюся кривой постоянной связи между расходами и уровнями. Разъединение кривой $Q = f(H)$ на ветви подъема и спада наблюдается на высоте уровня, соответствующего началу ясно выраженного подъема и концу ясно выраженного спада воды.

Если для данного створа имеется несколько петлеобразных кривых, установленных по замеренным расходам, тогда строятся три кривые (рис. 2.14): одна – средняя для подъема, вторая – средняя для спада и третья (пунктирная) так называемая «нормальная кривая», соединяющая точки смыкания ветвей подъема и спада.

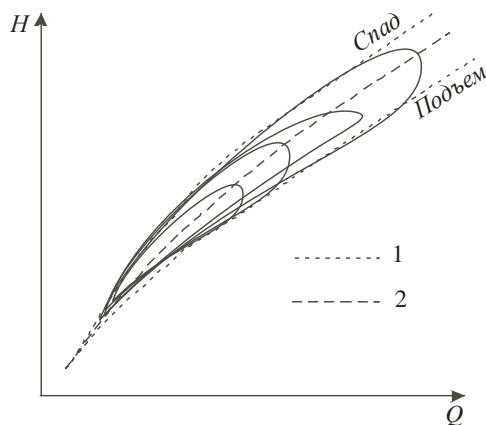


Рис. 2.14. Схема экстраполяции паводочных петель и «нормальной кривой»

Следовательно, строго говоря, определение максимального расхода нужно производить по кривой подъема, дающей наибольшее значение расхода, чем по кривой спада. И поэтому, если имеются многолетние данные о максимальных расходах на подъеме, расчетный расход следует определять по этим данным. Однако в подавляющем большинстве случаев, вследствие отсутствия измерений расходов и на подъеме и на спаде за многолетний период, обычно подсчет суточного стока и опре-

деление расчетного максимального расхода производится по «нормальной кривой».

Перенесение кривой $Q = f(H)$ из одного створа в другой. Большей частью расходный створ бывает расположен выше или ниже расчетного створа, в связи с чем возникает необходимость переноса кривой $Q = f(H)$ на этот створ. Перенос кривой расходов возможен, если между этими створами: 1) есть кривая связи соответственных уровней; 2) участок реки бесприточный и приращение площади бассейна незначительно, находится в пределах точности гидрометрических работ.

Определяем по кривой связи соответственные уровни H_a и H_b (рис. 2.15), для которых в обоих створах принимаем одинаковые расходы Q_1, Q_2, Q_3 . Затем по координатам Q_6 и H_6 строим кривую $Q_6=f(H)$ для расчетного створа.

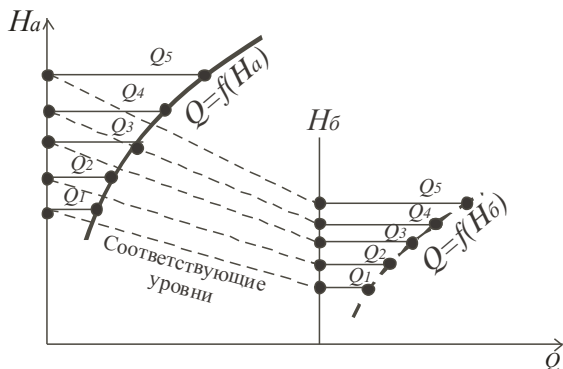


Рис. 2.15. Перенос кривой расходов из одного створа в другой

Экстраполяция кривых и методы построения приближенных кривых расходов. В большинстве случаев измеренными расходами бывает освещено 60–80 % общей амплитуды колебания уровней, в связи с чем кривую расходов приходится экстраполировать до наивысшего и наинизшего уровней воды.

Если имеются устойчивые зависимости $Q=f(H)$, $\omega=f(H)$ и $v_{cp}=f(H)$, установленные гидрометрическим способом для нижней и средней частей общей амплитуды колебания уровней, то экстраполяция кривой расходов производится следующим способом. Вначале экстраполируют до ВИГ кривые ω и v_{cp} : первую – по вычисленным при разных отметках площадям сечения русла с помощью профиля, вторую – графически с учетом общего направления кривой $v_{cp}=f(H)$. Затем по произ-

ведениям значений ω и $v_{\text{ср}}$, снимаемых с этих кривых при одних и тех же уровнях, определяют расходы, по которым и проводят кривую $Q=f(H)$ до ВИГ.

Экстраполяция кривых расходов по формуле Шези. Наиболее распространенной формулой для определения скорости течения воды является формула Шези

$$v = C\sqrt{R \cdot I}, \quad (2.25)$$

где v – скорость течения, м/с;

C – скоростной коэффициент;

R – гидравлический радиус, м;

I – уклон водной поверхности.

Формулы для вычисления скоростного коэффициента C

1. Формула Н. Н. Павловского для определения скоростного коэффициента C является основной при гидравлических и гидрологических расчетах:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^y, \quad (2.26)$$

где n – коэффициент шероховатости русла;

R – гидравлический радиус, м;

y – переменный показатель степени.

Формула (2.26) выведена для $0,1 < R < 3$ м.

Коэффициент шероховатости n определяется по прил. А, табл. А6. Показатель степени y зависит от коэффициента шероховатости и гидравлического радиуса:

$$y = 2,5 \cdot \sqrt{n} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{R} \cdot (\sqrt{n} - 0,10). \quad (2.27)$$

Для приближенных расчетов можно использовать более простые формулы:

$$\begin{cases} y \approx 1,5 \cdot \sqrt{n} & \text{при } R < 1\text{ м;} \\ y \approx 1,3 \cdot \sqrt{n} & \text{при } R > 1\text{ м.} \end{cases} \quad (2.28)$$

2. Формула Базена для метровых размеров имеет вид

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}, \quad (2.29)$$

где γ – коэффициент шероховатости, определяемый по прил. А, табл. А7;

R – гидравлический радиус, м.

3. Формула Маннинга имеет следующий вид:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}. \quad (2.30)$$

Правила экстраполяции кривых расходов

Для широких рек, имеющих параболическое очертание поперечного профиля, гидравлический радиус R близок к средней глубине $H_{\text{cp}} = \omega/B$, где ω – живое сечение, B – ширина реки. Поэтому для упрощения расчетов R заменяем через H_{cp} и тогда

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot I} = C \cdot \sqrt{H_{\text{cp}} \cdot I}. \quad (2.31)$$

Подставляя в эту формулу значение скоростного коэффициента C , определяемого по разным формулам, получаем средние скорости течения:

по Шези – Павловскому:

$$v = \frac{1}{n} \cdot H_{\text{cp}}^{y+0,5} \cdot \sqrt{I}, \text{ м/с}; \quad (2.32)$$

по Шези – Маннингу – Срибному:

$$v = \frac{1}{n} \cdot H_{\text{cp}}^{x+0,5} \cdot \sqrt{I}, \text{ м/с}; \quad (2.33)$$

по Шези – Базену:

$$v = \frac{87 \cdot \sqrt{H_{\text{cp}} I}}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{H_{\text{cp}}}}}, \text{ м/с}. \quad (2.34)$$

Расход воды вычисляется по формуле

$$Q = \omega \cdot v, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.35)$$

Вычисление расходов по этому методу производится как для экстраполяции кривых $Q=f(H)$, так и для построения кривых при отсутствии замеренных расходов.

Если по рассматриваемому створу имеются надежные расходы воды, определенные вертушкой, и данные об уклонах, площадях сечения и средних глубинах, то для более обоснованной экстраполяции кривой $Q=f(H)$ коэффициенты шероховатости как для русла, так и для поймы следует вычислять на основании этих данных и принимать их в качестве расчетных. Коэффициенты шероховатости в этом случае вычисляются следующим способом.

Скоростной коэффициент C из уравнения Шези равен:

$$C = \frac{Q}{\omega \cdot \sqrt{H_{\text{cp}} \cdot i}}, \quad (2.36)$$

где ω , H_{cp} , i – соответственно площадь живого сечения, м^2 , средняя глубина, м, продольный уклон водной поверхности.

Имея вычисленное по формуле (2.36) значение C , коэффициент шероховатости получаем:

а) из формулы Н. Н. Павловского:

$$n = \frac{H_{\text{cp}}^y}{C}; \quad (2.37)$$

б) из формулы Маннинга–Скрибного:

$$n = \frac{H_{\text{cp}}^x}{C}; \quad (2.38)$$

в) из формулы Базена:

$$\gamma = \sqrt{H_{\text{cp}}} \cdot \left(\frac{87}{C} - 1 \right). \quad (2.39)$$

При наличии явной зависимости вычисленных по одной из этих формул коэффициентов шероховатости от уровней H эта зависимость экстраполируется до наивысших и наинизших уровней графически, причем следует иметь в виду, что с увеличением глубины коэффициент шероховатости уменьшается. При отсутствии зависимости коэффициента шероховатости от уровней его значения, вычисленные на основании измеренных расходов, принимаются средними для главного русла и средними для каждого рода поверхности поймы.

При наличии устойчивых кривых $Q=f(H)$, $\omega=f(H)$ и $v_{\text{cp}}=f(H)$, освещенных гидрометрическими наблюдениям в нижней и средней частях амплитуды колебания уровней, и наличии профиля по створу до отметок на 1,0–1,5 м выше ВИГ и сведений о покрытости русла и поймы экстраполяция кривой $Q=f(H)$ до наивысших и наинизших уровней производится по Шези следующим образом:

1) определяется продольный уклон поверхности воды при наивысших уровнях (по непосредственным наблюдениям либо по меткам, оставленным паводком на местности; в крайнем случае при отсутствии этих данных для расчета можно принять средний уклон при межени) и при минимальных уровнях по непосредственным наблюдениям;

2) вычисляются площади сечения русла и поймы при 3–4 наивысших уровнях, включая ВИГ, и при наинизшем уровне, и по этим дан-

ным строятся зависимости $\omega=f(H)$ для русла, поймы и для всего сечения реки;

3) определяются средние глубины русла и поймы (для участков с различной покрытостью) при отмеченных выше уровнях;

4) по натурным данным для русла и поймы в зависимости от характеристики их покрытости назначаются коэффициенты шероховатости;

5) для русла и поймы при тех же 3–4 наивысших уровнях и при наинизшем уровне по одной из формул (2.32) – (2.34) вычисляются скорости, а затем – расходы воды, и по этим данным экстраполируются зависимости $v_{cp}=f(H)$ и $Q=f(H)$ до наивысших и наинизших уровней.

Ход выполнения работы.

Исходные данные.

1. Профиль сечения реки по расчетному створу.
2. Высший исторический горизонт, установленный по показаниям старожилов (соответствует отметке 280,46 м).
3. Продольный уклон водной поверхности, определенный нивелированием меток высоких вод, оставленных паводком на местности ($i = 0,00043$).
4. Сведения о грунтах ложа реки и проток.
5. По ситуационному плану реки установлено, что на некоторых участках направление потока не перпендикулярно створу, т. е. наблюдается косина потока. В таких случаях на профиле даны углы α отклонения направления потока от нормали к створу.

Требуется.

1. Определить ширины, площади водного сечения и средние глубины русла и поймы.
2. Назначить коэффициенты шероховатости и вычислить средние скорости и расходы воды для русла, проток и отдельных участков поймы с разной степенью покрытости.
3. Определить общий расход реки при ВИГ 280,46 м.

Пример решения.

1. Исходя из описания поймы, русла и проток, разбиваем профиль на возможно более крупные участки с различными коэффициентами шероховатости и разными средними глубинами при ВИГ. Такая разбивка по характерным морфометрическим признакам дана на профиле (рис. 2.16) и в табл. 2.12, где приведены также вычисленные ширины, площади сечения и средние глубины при ВИГ для указанных характерных участков реки. Например, средняя глубина на участке от пикета 8+00 до пикета 8+70 при $\omega=156 \text{ м}^2$ и $B=70 \text{ м}$ $H_{cp}=156/70=2,23 \text{ м}$.

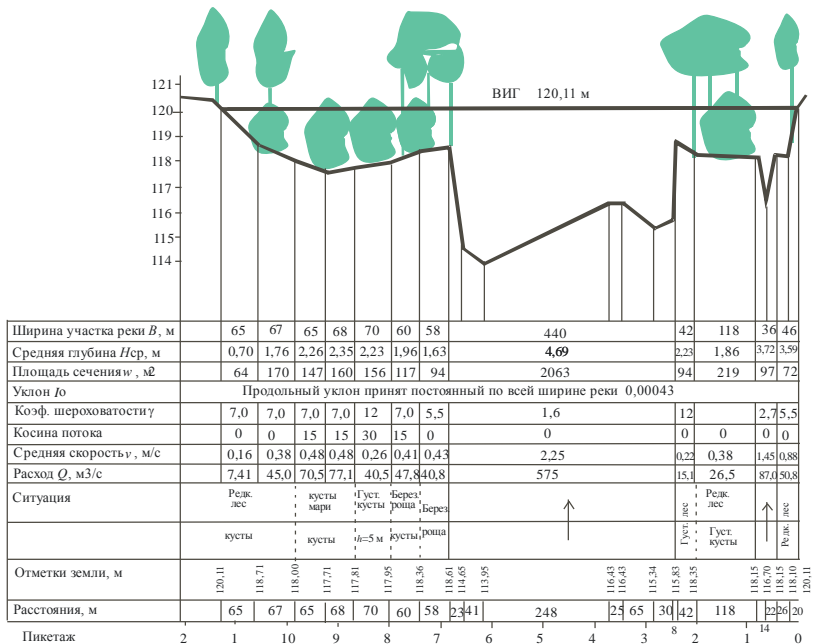


Рис. 2.16. Поперечный профиль реки в расчетном створе

2. Коэффициенты шероховатости русла, проток и поймы назначаем по Базену (прил. А, табл. А7).

Расходы воды вычисляем для отдельных, выбранных, характерных участков реки по формуле Шези с учетом косины потока α (в расчет вводим $\cos \alpha$):

$$Q = \omega \cdot \cos \alpha \cdot v_{cp} = \omega \cdot \cos \alpha \cdot C \cdot \sqrt{H_{cp}} \cdot i, \text{ м}^3/\text{с},$$

где C – скоростной коэффициент, определяемый по формуле Базена

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{H_{cp}}}}$$

Например, определяем расход для участка реки от пикета 8+00 до 8+70, где $\omega=156 \text{ м}^2$, $H_{cp}=2,23 \text{ м}$, $\gamma=12$, $i=0,00043$ и косина потока $\alpha=30^\circ$ ($\cos 30^\circ=0,87$).

Скоростной коэффициент

$$C = \frac{87}{1 + \frac{12}{\sqrt{2,23}}} = 9,62.$$

Скорость течения воды

$$v_{cp} = 9,62 \cdot \sqrt{2,23 \cdot 0,00043} = 0,29 \text{ м/с.}$$

Следовательно,

$$Q = 156 \cdot 0,87 \cdot 0,29 = 40,5 \text{ м}^3/\text{с.}$$

3. При ВИГ 120,11 м общий расход реки в расчетном створе $Q = 1084 \text{ м}^3/\text{с}$ (табл. 2.12).

Исходные данные.

1. Профиль сечения реки по расчетному створу.

2. Описание створа: река в расчетном створе имеет главное русло, сложенное мелкозернистым песком, и пойму, заросшую кустарником и лесом, а далее от реки, на участке шириной 1306 м, кроме того, пере-сеченную озерами.

3. Кривая $Q=f(H)$ освещена измеренными вертушкой расходами на 68 % общей амплитуды колебания уровней (рис. 2.17). Горизонт высоких вод наблюдался на отметке 660 см над нулем графика поста. Уклон водной поверхности i , определенный нивелированием уровня воды при наивысшем замеренном расходе, равен для русла и поймы 0,000055.

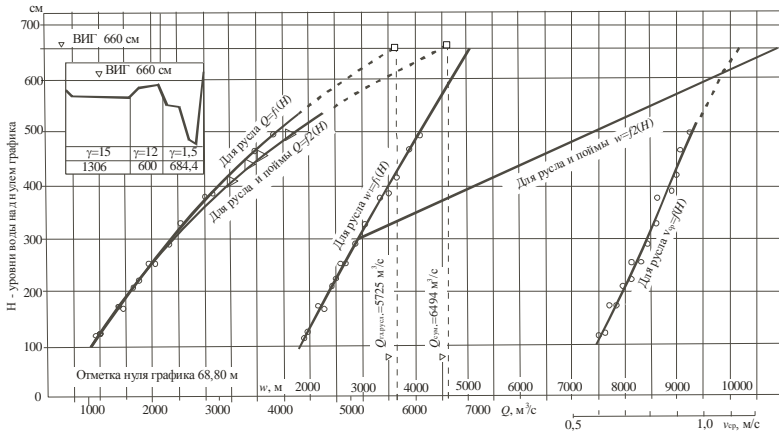


Рис. 2.17. Экстраполяция кривой расходов по Шези – Базену

Таблица 2.12. Расчет расхода воды по створу реки при горизонте 120,11 м ($I=0,00043$)

| Пикеты | В, м | Характеристика поверхности поймы, русла | γ | α | $\cos \alpha$ | ω , м ² | H_{cp} , м | $v_{cp} = \frac{87\sqrt{H_{cp} \cdot I}}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{H_{cp}}}} \cos \alpha$, м/с | $Q = \omega \cdot v_{cp}$ | Процент от общего расхода |
|---------------------|------------|---|----------|----------|---------------|---------------------------|--------------|---|---------------------------|---------------------------|
| | | | | | | | | | | |
| 0+46 | 46 | Редкий лес | 5,5 | 0 | 1 | 58 | 3,59 | 0,88 | 50,8 | |
| 0+82 | 36 | Протока | 2,7 | 0 | 1 | 60 | 3,72 | 1,45 | 87,0 | |
| 2+00 | 118 | Редкий лес, кусты | 7,5 | 0 | 1 | 70 | 1,86 | 0,38 | 26,5 | |
| 2+42 | 42 | Густой березняк | 12 | 0 | 1 | 68 | 1,63 | 0,22 | 15,1 | |
| | 242 | Правая пойма | | | | 256 | | | 179 | 16,5 |
| 6+82 | 440 | Главное русло | 1,6 | 0 | 1 | 2063 | 4,69 | 2,25 | 575 | 53,1 |
| 7+40 | 58 | Березовая роща | 5,5 | 0 | 1 | 94 | 1,63 | 0,43 | 40,8 | |
| 8+00 | 60 | То же, кусты | 7,0 | 15 | 0,97 | 117 | 1,96 | 0,41 | 47,8 | |
| 8+70 | 70 | Густые кусты | 12 | 30 | 0,87 | 156 | 2,23 | 0,26 | 40,5 | |
| 9+38 | 68 | Кусты мари | 7,0 | 15 | 0,97 | 160 | 2,35 | 0,48 | 77,1 | |
| 10+03 | 65 | Кусты мари | 7,0 | 0 | 1 | 147 | 2,26 | 0,48 | 70,5 | |
| 10+70 | 67 | Редкий лес, кусты | 7,0 | 0 | 1 | 118 | 1,76 | 0,38 | 45,0 | |
| 11+35 | 65 | Редкий лес, кусты | 7,0 | 0 | 1 | 46 | 0,70 | 0,16 | 7,41 | |
| | 453 | Левая пойма | | | | 838 | | | 329 | 30,4 |
| Общий расход | | | | | | | | | 1084 | 100 |

Требуется: экстраполировать кривую $Q=f(H)$ на максимальный расход, определяемый по формуле Шези – Базена, при уровне 660 см над нулем графика поста.

Пример решения. Максимальный расход воды реки при уровне 660 см определяем по формуле Шези – Базена

$$Q_{\text{max}} = \omega \cdot v_{\text{cp}} = \omega \cdot \frac{87 \cdot \sqrt{H_{\text{cp}} \cdot i}}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{H_{\text{cp}}}}}$$

Вычисляем для поперечного профиля реки в расчетном створе гидравлические элементы русла и поймы при уровне воды 660 см над нулем графика: ширины B , площади поперечного сечения ω и средние глубины H_{cp} . Результаты вычислений приведены в табл. 2.13.

Назначаем по прил. А, табл. А7 коэффициенты шероховатости: для главного русла, сложенного мелкозернистым песком, $\gamma = 1,50$; для поймы, заросшей кустарником и лесом, $\gamma = 12$; для поймы, заросшей кустарником и лесом и пересеченной озерами, $\gamma = 15$.

Вычисление максимального расхода воды по указанной выше формуле и установленным гидравлическим элементам русла и поймы приведено в табл. 2.13. Как видно, расходы воды получились следующие:

для главного русла

$$Q = 5725 \text{ м}^3/\text{с};$$

для главного русла и поймы:

$$Q = 5725 + 99 + 670 = 6494 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Таблица 2.13. Расчет расхода воды по створу реки при уровне 660 см ($i=0,000055$)

| Элементы | Обозначение | Главное русло | Пойма | |
|--|-----------------|---------------|------------|------------|
| | | | Участок №1 | Участок №2 |
| Уровень воды над нулем графика, см | H | 660 | 660 | 660 |
| Ширина участка (русла, поймы), м | B | 684,4 | 600 | 1306 |
| Площадь сечения, м ² | w | 5056 | 1103 | 4787 |
| Средняя глубина, м | H_{cp} | 7,40 | 1,84 | 3,68 |
| Коэффициент шероховатости | | 1,50 | 12 | 15 |
| Уклон водной поверхности | | 0,000055 | | |
| $v_{\text{cp}} = 87 \cdot \sqrt{H_{\text{cp}} \cdot i} / \left(1 + \frac{\gamma}{\sqrt{H_{\text{cp}}}} \right)$, м/с | | 1,13 | 0,09 | 0,14 |
| $Q = \omega \cdot v_{\text{cp}}$, м ³ /с | | 5725 | 99 | 670 |
| Процент от общего расхода | | 88,2 | 1,5 | 10,3 |

На эти расходы и экстраполируем кривые $Q = f(H)$ по отдельности для русла и русла с поймой (см. рис. 2.17).

Экстраполяция кривой расходов на максимальные расходы, определенные по зависимости Q_{\max} от площади бассейна.

Этот метод экстраполяции кривых расходов применим к хорошо изученным в гидрологическом отношении рекам, максимальные расходы которых в период половодья увеличиваются по длине реки, а также если на рассматриваемом створе зафиксированы один или несколько (за разные годы) наивысших катастрофических уровней и их даты.

Метод экстраполяции состоит в том, что по всем расходным створам, расположенным выше и ниже рассматриваемого створа, определяются максимальные расходы (и их даты) наивысшего половодья, которым была охвачена вся площадь бассейна, и определяются площади водосбора по всем гидростворам и в том числе по расчетному створу. Затем максимальные расходы половодья за данный год при соответствующих площадях водосбора наносятся на логарифмические координаты и устанавливается графическая зависимость $Q_{\max}=f(A)$. При прямолинейной зависимости (в логарифмических координатах) выводится ее уравнение $Q_{\max}=BA^n$. Расход воды в расчетном створе или снимается с графика при значении A до этого створа, или вычисляется по этой формуле и затем наносится на экстраполируемую кривую расходов при наивысшем уровне, наблюдаемом (на расчетном створе) в год рассматриваемого паводка.

Если для расчетного створа известны не один, а несколько наивысших уровней половодий и их годы, то за каждый соответствующий год по всем гидростворам так же, как изложено выше, строится зависимость $Q_{\max}=f(A)$. По этим связям для рассматриваемого створа определяются расходы, которые затем наносятся на экстраполируемую часть кривой расходов при соответствующих наблюдаемых наивысших уровнях.

Исходные данные.

1. Кривая $Q=f(H)$, освещенная гидрометрическими измерениями на 70 % общей амплитуды колебания уровней для расчетного створа на р. Западная Двина.

2. Наивысший уровень половодья 1931 г. величиной 7,5 м над нулем графика водопоста.

3. Площадь водосбора до расчетного створа $A = 55000 \text{ км}^2$.

4. Сведения о максимальных расходах половодья 1931 г. и площадях водосбора по гидростворам, расположенным выше и ниже расчетного створа (табл. 2.14).

Таблица 2.14. **Максимальные расходы воды и площади водосбора р. Западная Двина**

| Пункт | Площадь водосбора A , км ² | Максимальный расход половодья 1931 г. Q_{\max} , м ³ /с |
|----------------|---|--|
| д. Усть-Горяне | 16900 | 2200 |
| г. Витебск | 27270 | 3320 |
| д. Бояры | 41410 | 4460 |
| г. Двинск | 59953 | 6760 |
| г. Екабпилс | 65555 | 7800 |
| с. Липши | 80100 | 8675 |

Требуется: экстраполировать кривую расходов воды р. Западная Двина в расчетном створе на максимальный расход половодья 1931 г., относящийся к уровню высоких вод в 7,5 м над нулем графика водопоста.

Пример решения. Для определения максимального расхода половодья 1931 г. в расчетном створе значения Q_{\max} при соответствующих площадях водосбора A (табл. 2.14) нанесены в логарифмические координаты (рис. 2.18). Как видно, значения расходов расположились на прямой линии.

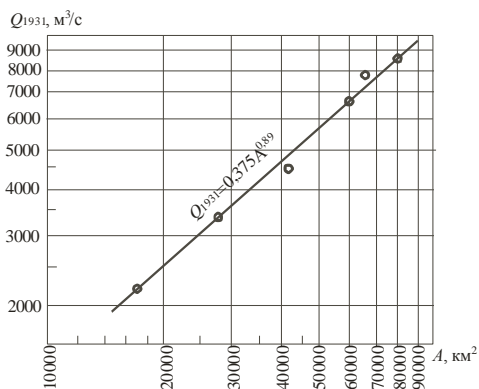


Рис. 2.18. Зависимость максимальных расходов половодья 1931 г. от площади бассейна р. Западная Двина

Уравнение этой зависимости можно вывести, используя метод наименьших квадратов или при помощи специальной компьютерной программы, например, Microsoft Excel:

$$Q_{1931} = 0,375 \cdot F^{0,89}.$$

Подставляя в эту формулу величину площади бассейна до расчетного створа $A=55000 \text{ км}^2$, получаем максимальный расход половодья 1931 г.:

$$Q_{1931} = 0,375 \cdot 55000^{0,89} = 6250 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Полученный расход относим к наблюдаемому в 1931 г. наивысшему уровню 7,5 м над нулем графика поста и на него экстраполируем кривую расходов.

Практическая работа № 10. **ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ ПРИБОРОВ** **ДЛЯ ВЗЯТИЯ ПРОБ ВЗВЕШЕННЫХ И ДОННЫХ НАНОСОВ**

Цель работы: изучить принципы действия приборов для взятия проб взвешенных и донных наносов.

Оборудование: батометр Н. Н. Жуковского, батометр-бутылка, вакуумный батометр, пробоотборник наносов типа ОТТ, фотомутномер, фильтровальный прибор В. Р. Куприна, донный батометр Б. В. Полякова, батометр-сетка ПИ-29.

Задание к работе: изучить принципы действия приборов для взятия проб взвешенных и донных наносов.

Ход выполнения работы.

Приборы для отбора проб на мутность. Приборы для отбора проб воды на мутность называются *батометрами*. По принципу действия они подразделяются на батометры мгновенного и длительного заполнения. *Батометры мгновенного заполнения* применяют для исследования пульсации мутности путем последовательного взятия проб. При отборе проб батометрами мгновенного наполнения необходимо брать пробы в каждой точке с некоторой повторностью. Из приборов этого типа наиболее известен батометр Н. Н. Жуковского (рис. 2.19). В настоящее время батометры мгновенного наполнения используются только при проведении научных исследований для определения мгновенных значений мутности.

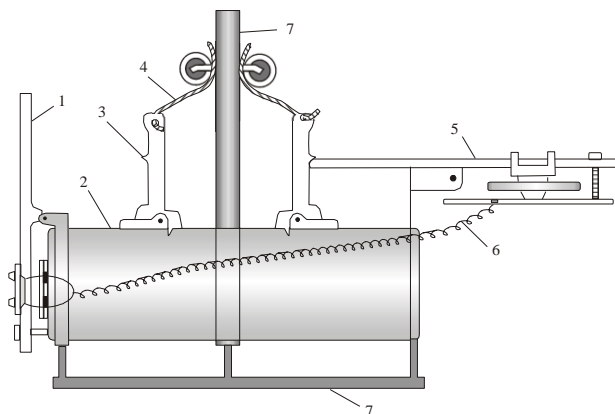


Рис. 2.19. Батометр Н. Н. Жуковского:
 1 – крышка; 2 – полый цилиндр; 3 – спусковой механизм; 4 – шнур;
 5 – открытая крышка; 6 – пружина; 7 – штанга

Батометр мгновенного наполнения Н. Н. Жуковского представляет собой металлический цилиндр 2, к которому на шарнирах прикреплены крышки 1 с резиновыми прокладками. При опускании прибора в воду на заданную глубину крышки находятся в открытом состоянии. Спусковой механизм 3 приводится в действие посылочным грузом, с помощью пружин 6 крышки захлопываются. Затем батометр извлекают на поверхность, а пробы воды переливают в бутылки и отправляют в лабораторию.

Для погружения батометра на заданную глубину используются лебедки «Нева» или «Луга». Емкость батометра – от 1 до 5 л.

Батометры длительного наполнения при взятии пробы воды выдерживают в каждой точке в течение времени, необходимого для наполнения прибора водой, что позволяет в той или иной степени учитывать пульсацию мутности. В настоящее время промышленностью выпускается три типа батометров длительного наполнения, которые используются на сети гидрологических станций и постов: батометр-бутылка на штанге (ГР-16, ГР-16М), батометр-бутылка в грузе (ГР-15М) и вакуумный батометр (ГР-61М).

На рис. 2.20 приведена схема батометра-бутылки на штанге, который состоит из литровой стеклянной бутылки, вставленной в металлическую обойму, прикрепленную к штанге с помощью муфты и винта под углом 25° к горизонтальной плоскости. Бутылка снабжена метал-

лической головкой с двумя вставленными трубками, одна из которых отогнута по течению и служит для выпуска воздуха из бутылки во время ее наполнения, а другая направлена против течения и служит для забора воды. На обе трубки в зависимости от скорости течения навинчиваются наконечники различных диаметров.

При глубине более 3 м батометр-бутылка вставляется в чугунный обтекаемый грунт, опускаемый на тросе. Продолжительность заполнения прибора водой определяют опытным путем.

Вакуумный батометр ГР-61 (рис. 2.21) – наиболее совершенный прибор для взятия проб воды на определение мутности, он является сетевым прибором гидрометслужбы. Вакуумный батометр может применяться на любых реках и позволяет производить измерения точечным способом (при глубинах от 0,1 до 20 м и скорости течения до 0,5 м/с) и интеграционным способом (при глубинах от 1 до 20 м и скорости течения до 0,5 м/с, при глубинах от 1 до 10 м и скорости до 1 м/с и от 1 до 5 м при скорости до 2,5 м/с).

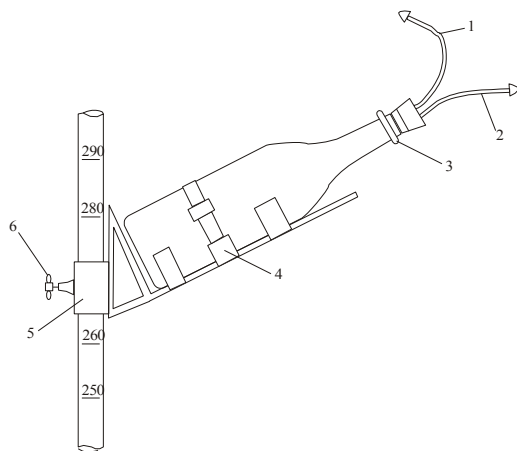


Рис. 2.20. Батометр-бутылка на штанге:
1 – воздухоотводящая трубка; 2 – водозаборная трубка;
3 – металлическая головка; 4 – обойма;
5 – муфта для штанги; 6 – зажимной винт

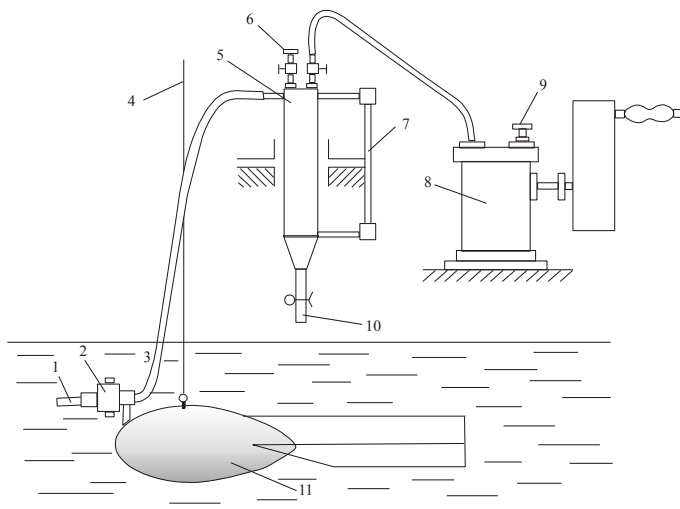


Рис. 2.21. Схема вакуумного батометра:

- 1 – заборный наконечник; 2 – держатель; 3 – резиновый шланг;
- 4 – трос; 5 – вакуумная камера; 6 – кран для выпуска воздуха;
- 7 – водомерное стекло; 8 – насос; 9 – отверстие для выхода воздуха;
- 10 – трубка для выпуска воды;
- 11 – гидрометрический груз

Принцип действия прибора основан на всасывании воды путем создания разрежения воздуха в вакуумной камере прибора со скоростью, близкой к местной скорости течения воды. Батометр можно применять как на штанге, так и на тросе. Между взятием проб необходимо выгнать оставшуюся воду из шланга обратно в реку. Этим достигается удаление осевших в шланге наносов. При переходе с придонной точки одной вертикали к поверхностной точке последующей вертикали необходимо промыть шланг, чтобы избежать завышения результатов.

Пробоотборник наносов типа ОТТ предназначен для взятия проб воды на мутность точечным или интеграционным способом. Пробоотборник состоит из шести баллонов (бутылок) вместимостью по 2 л каждый. Оптимальный режим работы прибора – в диапазоне глубин от 0,2 до 10 м при скорости течения 0,3–30 м/с. Водозаборный наконечник имеет диаметр 8 м. При отборе проб с дистанционной установки

открытие и закрытие бутылок осуществляется с электропульта. На рис. 2.22 представлена схема пробоотборника наносов типа ОТТ.

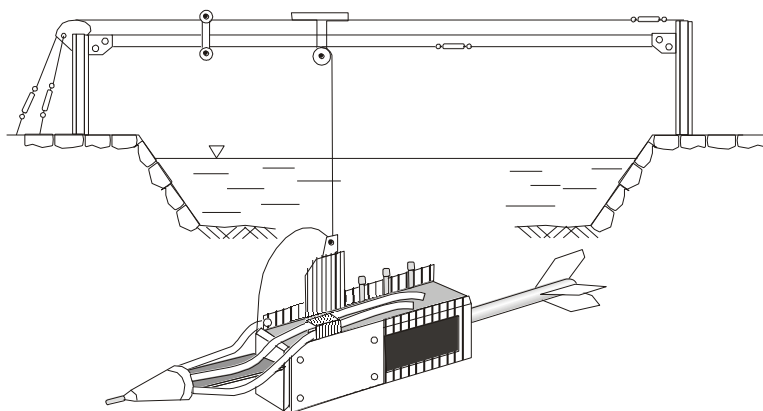


Рис. 2.22. Схема пробоотборника наносов типа ОТТ

В отдельных случаях, при отсутствии или повреждении стандартного батометра, допускается брать пробы на мутность обычной литровой бутылкой с пробкой. К пробке прикрепляется шнур для выдерживания ее на заданной глубине. Бутылку укрепляют на штанге или грузе под углом 25° к горизонтали с помощью обоймы. Пробы берутся точечным способом. Бутылка с закрытой пробкой опускается на заданную глубину, устанавливается горлышком навстречу течению, и с помощью шнура выдергивается пробка, после наполнения бутылки водой она извлекается на поверхность.

Приборы для отбора проб на мутность, основанные на взятии некоторого объема воды с последующим отделением твердой фракции, просты в эксплуатации и широко применяются на гидromетрической сети. Однако недостатками этих приборов является трудоемкость и длительность взятия проб, а также невозможность проведения непрерывных измерений концентрации взвешенных наносов. Это снижает точность получаемых результатов, не позволяет автоматизировать процесс измерений. В связи с этим в настоящее время разрабатываются приборы для определения мутности, основанные на оптических эффектах.

Фотометрический (оптический) способ определения мутности основан на явлении ослабления светового излучения при прохождении

его через слой воды со взвешенными частицами наносов за счет рассеяния света или регистрации отраженного от частиц наносов света.

В настоящее время имеются многочисленные разработки приборов для измерения мутности фотометрическим методом. Эти приборы называются *фотомутномерами* (*консистомерами*).

Работа фотомутномера основана на измерении тока, возникающего в фотоэлементе под действием светового луча, проходящего через воду, содержащую взвешенные наносы (рис. 2.23). Для регистрации тока может применяться чувствительный зеркальный гальванометр, но чаще применяют запись на шлейфном осциллографе предварительно усиленного сигнала.

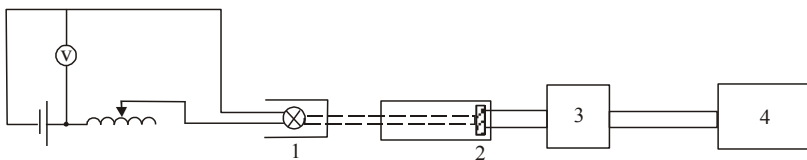


Рис. 2.23. Принципиальная схема фотомутномера:
1 – источник света; 2 – фотоэлемент; 3 – усилитель; 4 – осциллограф

Главным недостатком приборов этого класса является необходимость иметь калибровочную кривую распределения частиц по крупности. Задача оценки распределения взвешенных в воде частиц наносов по крупности для естественных речных потоков и водоемов довольно трудная и в настоящее время может быть решена только лишь путем отбора проб и последующего их анализа в лабораторных условиях. Это значительно снижает эффективность фотометрического метода и даже делает его практически непригодным для применения в полевой гидрометрии.

При анализе проб воды на мутность возникает необходимость провести скоростное (под давлением) фильтрование проб воды (рис. 2.24).

Фильтрационный прибор ГР-60 состоит из прозрачного литрового баллона, верхнее отверстие которого закрыто металлической втулкой с крышковой и штуцером с надетым на него резиновым шлангом. Второй конец шланга присоединен ко второму специальному штуцеру. На фланце нижнего отверстия баллона имеется металлическое кольцо с резиновой прокладкой, обеспечивающее плотное соединение баллона с металлическим конусом. На верхней части конуса установлена металлическая сетка, на которую укладывается бумажный фильтр. С по-

мощью насоса подается дополнительное давление во внутреннюю полость баллона и манометра. Перед началом фильтрования внутреннюю полость баллона промывают чистой водой. Для этого нужно закрепить крышку со штуцером, наполнить баллон водой и дать ей свободно стечь в сосуд через металлический конус.

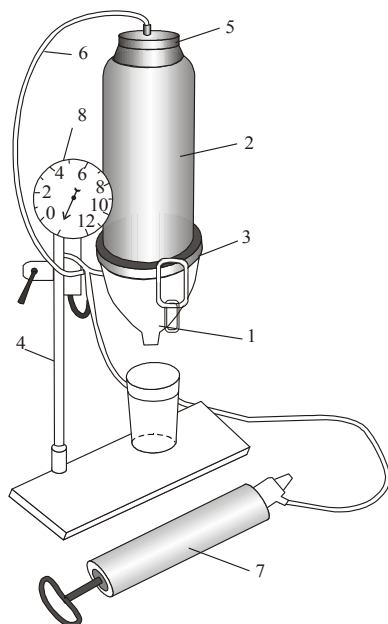


Рис. 2.24. Фильтровальный прибор В. Р. Куприна:
 1 – фильтровальная камера; 2 – стеклянный баллон;
 3 – крышка фильтровальной камеры; 4 – штатив;
 5 – крышка со штуцером; 6 – резиновый шланг;
 7 – ручной насос; 8 – манометр

Фильтрование взятых проб производят в следующем порядке: открывают зажим и крышку со штуцером, баллон несколько отклоняют на шарнире. На сетку воронки строго по центру укладывают чистый, предварительно смоченный водой бумажный фильтр, баллон устанавливают на место и зажим закрывают. В баллон через верхнее отверстие вливают пробу воды, и под давлением вода быстро фильтруется. Отфильтрованная вода стекает в мерный сосуд.

Давление в баллоне создают в зависимости от мутности воды и характера наносов. При незначительной мутности и песчано-пылеватом характере наносов давление можно ограничить до 0,5–1,0 атмосфер. При большой мутности ($\rho=1 \text{ кг/м}^3$ и более) и при наличии в воде тонких илистых частиц фильтрование протекает медленно, и давление может быть постепенно доведено до 2–3 атмосфер, но не более. После того как вода профильтруется, необходимо через верхнее отверстие баллона выпустить остаток сжатого воздуха, для чего на один-два оборота отвинтить крышку со штуцером. Производить выпуск сжатого воздуха открытием зажима недопустимо во избежание травм рук и повреждения баллона.

По окончании фильтрования прибор следует промыть и протереть насухо чистой тряпкой.

Приборы для взятия проб донных наносов. Количество влекомых по дну наносов невелико и составляет 1–5 % от количества взвешенных наносов на равнинных реках.

Для взятия проб донных наносов применяются специальные приборы – *наносоуловители*, называемые донными батометрами. Батометр устанавливается на дно, где удерживается некоторое время, улавливая влекомые наносы на участке дна по ширине, равной входному отверстию прибора. После подъема прибора определяют объем и вес пробы, а также проводят ее анализ.

Батометры для донных наносов подразделяются на две группы:

- батометры для мелких донных наносов (песок, гравий);
- батометры для крупных донных наносов (гравий, галька).

Среди батометров для мелких донных наносов в настоящее время наибольшее распространение получили батометры Б. В. Полякова и «Дон». Первый (рис. 2.25) состоит из трамплина 1, корпуса с ловушкой 2 и хвоста 3 для установки прибора по течению. По трамплину наносы поступают в съемную ванночку-ловушку с поперечными перегородками. Ловушка устанавливается в корпусе с крышками. При опускании прибора на дно крышки раскрываются, а при подъеме и натяжении тросов прибор закрывается.

Батометр Полякова применяется для песчаных наносов при скоростях течения 0,7–0,8 м/с.

Батометр «Дон» применяется при скоростях течения до 1,5 м/с и улавливает наносы размером до 5 мм. Он представляет собой усовершенствованную конструкцию того же типа.

Расход влекомых наносов определяется одновременно с определением расхода взвешенных наносов и расхода воды на том же гидрометрическом створе. Батометр опускается на дно трамплином против течения. При наличии на дне гряд батометр устанавливается на верхнем скате. Время наблюдения на каждой вертикали определяется из расчета, чтобы было уловлено не менее 20–30 г наносов за один прием.

На каждой вертикали производится 3–5 приемов измерения, а в расчет принимается среднее значение. Из ловушки наносы перемещаются в сосуд, который отправляется в лабораторию для обработки.

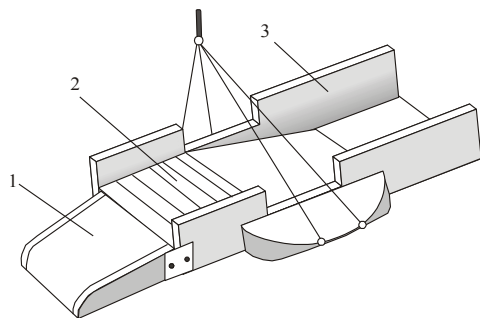


Рис. 2.25. Донный батометр Б. В. Полякова:
1 – трамплин; 2 – корпус с ловушкой;
3 – хвост

Для взятия проб донных наносов, состоящих из гравия и галечника, имеется несколько разновидностей батометров. Основной частью батометров этого вида являются сетчатые мешки или ящики.

Батометр-сетка ПИ-29 состоит из сеточной ловушки и лебедки, установленных на штанге. Ловушка – сетчатый мешок и рамка – является заборной частью батометра. Размеры ячеек сетки мешка составляют 10×10 мм. В комплект входит также дополнительный сетчатый мешок с размерами ячеек 5×5 мм. Батометр-сетка ПИ-29 (рис. 2.26) предназначен для улавливания влекомых наносов крупностью от 5 до 100 мм при глубинах до 2 м и скорости течения до 4 м/с. Прибор рассчитан на работу со штангой длиной до 6 м.

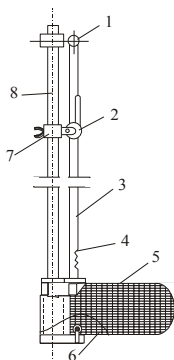


Рис. 2.26. Батометр-сетка ПИ-29:
1, 6 – ролики;
2 – лебедка; 3 – стальной канат;
4 – пружина;
5 – сетка; 7 – муфта;
8 – штанга гидрометрическая

Преимущество батометра ПИ-29 перед другими аналогичными приборами заключается в подвижности ловушки, что позволяет производить отбор проб на любой высоте от дна потока и вынимать ее при помощи лебедки без извлечения штанги.

Практическая работа № 11. РАСЧЕТ РАСХОДА ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ АНАЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Цель работы: изучить аналитический способ расчета взвешенных наносов.

Задание к работе: рассчитать расход взвешенных наносов аналитическим способом.

Ход выполнения работы.

Мутность определяется количеством твердых наносов в единице объема воды:

$$\delta_{ed} = \frac{m \cdot 10^6}{Q}, \quad (2.40)$$

где m – масса наносов в пробе, г;

Q – объем пробы, мл.

Единичные пробы воды на мутность берут суммарным (в двух точках – $0,2h$ и $0,8h$), одноточечным ($0,6h$) или интеграционным способами в зависимости от глубины потока, степени излученности реки.

При интеграционном способе проба берется путем плавного перемещения прибора по глубине вертикали от поверхности до дна потока и обратно. При вместимости прибора 1 л объем пробы должен составлять 800–950 мл. Этот способ применяют, если изменение гидравлических характеристик потока происходит быстро.

Количество и сроки проведения измерений расходов наносов устанавливают на все фазы гидрологического режима (половодье, дождевые паводки, устойчивая межень). На равнинных реках обычно производят 20–25 измерений, на горных реках – до 30–40 измерений. Наибольшее количество измерений в году падает на период половодья (10–12).

На больших и средних реках при изменении расхода взвешенных наносов основным способом отбирают две пробы на вертикали (на глубине $0,2h$ и $0,8h$), на малых – одну (на глубине $0,6h$).

При средней мутности реки 10–20 г/м³ пробы, отобранные в двух точках на вертикали (на глубине 0,2h и 0,8h), сливают для анализа в один сосуд.

Отбор проб в одной точке вертикали (на глубине 0,6h) производят с двукратной повторностью и также сливают в один сосуд.

При мутности менее 20 г/м³ пробы можно объединять не только по вертикали, но и по всему сечению, получая таким образом среднюю мутность всего потока. При ледяном покрове измерение мутности на вертикалях производят в точках 0,2h и 0,8h рабочей глубины.

Вычисление расхода взвешенных наносов *аналитическим методом* производится по формулам в зависимости от способа взятия проб на мутность.

При одноточечном и двухточечном способах взятия проб в точках 0,2h; 0,6h и 0,8h рабочей глубины средний расход наносов определяют по формулам

$$\alpha_{\text{cp}} = \alpha_{0,6}; \quad (2.41)$$

$$\alpha_{\text{cp}} = 0,5 \cdot (\alpha_{0,2} + \alpha_{0,8}). \quad (2.42)$$

Расход взвешенных наносов определяют по формуле

$$R_{\delta} = 0,01 \left[S_1 Q_0 + \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right) \cdot Q_1 + \dots + \left(\frac{S_{n-1} + S_n}{2} \right) \cdot Q_{n-1} + S_n Q_n \right], \quad (2.43)$$

где S_1, S_2, \dots, S_n – средние единичные расходы на отдельных скоростных вертикалях;

Q_0 – частичный расход воды между берегом (границей мертвого пространства) и первой скоростной вертикалью;

Q_1, \dots, Q_{n-1} – частичные расходы воды между соседними вертикалями;

Q_n – частичный расход воды между последней вертикалью и берегом.

По расходу взвешенных наносов R_{δ} и расходу воды Q вычисляют среднюю мутность для всего живого сечения потока δ :

$$\delta = \frac{1000 R_{\delta}}{Q}. \quad (2.44)$$

При объединении взятых на всех вертикалях проб в одну пробу, характеризующую мутность, расход наносов вычисляют по формуле

$$R_{\delta} = 0,001 \cdot \delta_{\text{cp}} \cdot Q. \quad (2.45)$$

Донные наносы равнинных рек изучают на основе отбора проб в русле, которые приурочены к скоростным вертикалям. Всего в русле

отбирается 5–12 проб. Отборы могут быть выполнены отборником проб донных отложений ГР-86, штанговым дночерпателем ГР-91, донным шупом ГР-69 и дночерпателем Д-4.

В основу вычислений донных наносов положено определение элементарного расхода донных наносов по формуле

$$q = \frac{100p}{tl}, \quad (2.46)$$

где p – масса частиц донных наносов, г;

t – продолжительность отбора пробы батометром, с;

l – ширина входного отверстия батометра, см.

Зная элементарные расходы по сечению, общий расход можно получить аналитическим или графическим способом.

При аналитическом способе общий расход подсчитывают по формуле

$$q = 0,01 \cdot \left(\frac{q_1}{2} \cdot b_0 + \frac{q_1 + q_2}{2} \cdot b_1 + \dots + \frac{q_{n-1} + q_n}{2} \cdot b_{n-1} + \frac{q_n}{2} \cdot b_n \right), \quad (2.47)$$

где q_1, q_2, \dots, q_n – элементарные расходы на каждой из скоростных вертикалей, г/мс;

b_1, b_2, \dots, b_{n-1} – расстояния между вертикалями, м;

b_0 и b_n – расстояния от крайних вертикалей до урезов воды, м.

3. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ

Практическая работа № 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМЫ ГОДОВОГО СТОКА ПРИ НАЛИЧИИ, НЕДОСТАТОЧНОСТИ И ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Цель работы: изучить методику расчета нормы годового стока при наличии, недостаточности и отсутствии данных гидрометрических наблюдений.

Задание к работе.

1. Определить норму годового стока при наличии данных гидрометрических наблюдений.
2. Определить норму годового стока при недостаточности данных гидрометрических наблюдений.
3. Рассчитать годовые расходы воды расчетной обеспеченности при отсутствии данных гидрометрических наблюдений.

Ход выполнения работы.

Определение нормы годового стока при наличии данных гидрометрических наблюдений. Определение расчетных гидрологических характеристик должно основываться на данных гидрометеорологических наблюдений, в том числе регулярных наблюдений последних лет, опубликованных в специальных документах в области гидрологии; дополнительно должны учитываться данные инженерно-гидрометеорологических изысканий.

Одной из основных характеристик гидрологического режима реки, которая используется в гидрологических расчетах при определении других характеристик стока, является средняя многолетняя величина, или *норма годового стока*.

Норма стока – среднее значение за многолетний период при неизменных физико-географических условиях и одинаковом уровне хозяйственной деятельности в бассейне реки, включающей несколько (не менее двух) четных замкнутых циклов колебаний водности, при увеличении которых средняя арифметическая величина не меняется или слабо изменяется. При наличии данных гидрометрических наблюдений норма стока \bar{Q} определяется по формуле

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \quad (3.1)$$

где Q_i – годовичные значения расходов воды, м³/с;
 n – число лет гидрометрических наблюдений.

Расход воды Q – количество воды (м³/с), протекающей в единицу времени через данное живое сечение реки. Расход воды округляют до трех значащих цифр.

Продолжительность рассматриваемого периода считается достаточной, а период репрезентативен (представителен), если средняя квадратическая погрешность расчетного значения гидрологической характеристики не превышает 10 % для годового и сезонного стока, 20 % – для максимального и минимального стоков.

Среднеквадратическое отклонение (погрешность) σ – мера рассеивания (дисперсия) значений гидрометеорологической характеристики от ее среднего значения. Случайные средние квадратические отклонения выборочных средних $\sigma_{\bar{Q}}$ в процентах определяются с учетом автокорреляции по приближенной зависимости

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{1+r(1)}{1-r(1)}} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

где C_v – коэффициент вариации (изменчивости) ряда годовых величин стока, который можно определить методом моментов по формуле

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n - 1}}, \quad (3.3)$$

где k_i – модульный коэффициент рассматриваемой гидрологической характеристики, определяемый по формуле

$$k_i = \frac{Q_i}{Q}, \quad (3.4)$$

$r(1)$ – коэффициент автокорреляции, который находится по формуле

$$r(1) = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (Q_i - \bar{Q}_1) \cdot (Q_{i+1} - \bar{Q}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (Q_i - \bar{Q}_1)^2 \cdot \sum_{i=2}^n (Q_i - \bar{Q}_2)^2}}, \quad (3.5)$$

где

$$\bar{Q}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} Q_i}{n-1}, \quad (3.6)$$

$$\bar{Q}_2 = \frac{\sum_{i=2}^n Q_i}{n-1}. \quad (3.7)$$

Коэффициент автокорреляции $r(\tau)$ характеризует связь ряда гидрологических величин с этим же рядом, сдвинутым на некоторый интервал времени τ . Коэффициент автокорреляции позволяет судить о случайности и независимости значений характеристики ряда. Значения $r(1) \leq 0,2$ считаются несущественными.

Модульные коэффициенты характеризуют водность данного года. Так, годы с модульным коэффициентом, большим единицы, являются многоводными, а годы с модульным коэффициентом меньше единицы – маловодными.

Пример расчета.

Требуется определить норму годового стока при наличии данных наблюдений для р. Оресса – с. Андреевка. Исходный ряд наблюдений за годовым стоком приведен в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Годовые расходы воды р. Оресса – с. Андреевка за 1966–2000 гг.

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| № п/п | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Год | 2 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 |
| Q_i , м ³ /с | 3 | 19,7 | 20,3 | 20,0 | 16,9 | 26,5 | 20,9 | 13,7 | 15,7 | 19,2 | 23,1 | 14,7 |

Продолжение табл. 3.1

| | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 2 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 |
| 3 | 18,3 | 20,1 | 21,5 | 29,2 | 23,8 | 23,0 | 18,7 | 8,9 | 12,5 | 12,8 | 11,0 | 14,3 |

Окончание табл. 3.1

| | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| 2 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
| 3 | 14,3 | 18,3 | 18,4 | 11,5 | 21,0 | 21,8 | 13,9 | 12,3 | 15,7 | 30,2 | 23,6 | 14,8 |

По формуле (3.1) определяем норму годового стока р. Оресса – с. Андреевка:

$$\bar{Q} = \frac{640,6}{35} = 18,3 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для определения репрезентативности ряда находим среднюю квадратическую ошибку по формуле (3.2). Предварительно вычисляем коэффициент вариации и коэффициент автокорреляции. Расчеты сводим в табл. 3.2 и 3.3.

Таблица 3.2. Определение модульных коэффициентов р. Оресса – с. Андреевка

| № п/п | Год | Q_b , м ³ /с | k_i | k_{i-1} | $(k_i-1)^2$ |
|----------------|------|---------------------------|-----------|------------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 1966 | 19,7 | 1,076 | 0,076 | 0,006 |
| 2 | 1967 | 20,3 | 1,109 | 0,109 | 0,012 |
| 3 | 1968 | 20,0 | 1,093 | 0,093 | 0,009 |
| 4 | 1969 | 16,9 | 0,923 | -0,077 | 0,006 |
| 5 | 1970 | 26,5 | 1,448 | 0,448 | 0,201 |
| 6 | 1971 | 20,9 | 1,142 | 0,142 | 0,020 |
| 7 | 1972 | 13,7 | 0,749 | -0,251 | 0,063 |
| 8 | 1973 | 15,7 | 0,858 | -0,142 | 0,020 |
| 9 | 1974 | 19,2 | 1,049 | 0,049 | 0,002 |
| 10 | 1975 | 23,1 | 1,262 | 0,262 | 0,069 |
| 11 | 1976 | 14,7 | 0,803 | -0,197 | 0,039 |
| 12 | 1977 | 18,3 | 1,000 | 0,000 | 0,000 |
| 13 | 1978 | 20,1 | 1,098 | 0,098 | 0,010 |
| 14 | 1979 | 21,5 | 1,175 | 0,175 | 0,031 |
| 15 | 1980 | 29,2 | 1,595 | 0,595 | 0,355 |
| 16 | 1981 | 23,8 | 1,300 | 0,300 | 0,090 |
| 17 | 1982 | 23,0 | 1,257 | 0,257 | 0,066 |
| 18 | 1983 | 18,7 | 1,022 | 0,022 | 0,000 |
| 19 | 1984 | 8,9 | 0,484 | -0,516 | 0,266 |
| 20 | 1985 | 12,5 | 0,683 | -0,317 | 0,100 |
| 21 | 1986 | 12,8 | 0,699 | -0,301 | 0,090 |
| 22 | 1987 | 11,0 | 0,601 | -0,399 | 0,159 |
| 23 | 1988 | 14,3 | 0,781 | -0,219 | 0,048 |
| 24 | 1989 | 14,3 | 0,781 | -0,219 | 0,048 |
| 25 | 1990 | 18,3 | 1,000 | 0,000 | 0,000 |
| 26 | 1991 | 18,4 | 1,005 | 0,005 | 0,000 |
| 27 | 1992 | 11,5 | 0,628 | -0,372 | 0,138 |
| 28 | 1993 | 21,0 | 1,147 | 0,147 | 0,022 |
| 29 | 1994 | 21,8 | 1,191 | 0,191 | 0,037 |
| 30 | 1995 | 13,9 | 0,759 | -0,241 | 0,058 |
| 31 | 1996 | 12,3 | 0,672 | -0,328 | 0,108 |
| 32 | 1997 | 15,7 | 0,858 | -0,142 | 0,020 |
| 33 | 1998 | 30,2 | 1,650 | 0,650 | 0,423 |
| 34 | 1999 | 23,6 | 1,289 | 0,289 | 0,084 |
| 35 | 2000 | 14,8 | 0,809 | -0,191 | 0,037 |
| Сумма | | 640,6 | 35 | 0,0 | 2,63 |
| Среднее | | 18,3 | | | |

Для контроля вычислений необходимо иметь в виду, что сумма модульных коэффициентов за расчетный ряд лет должна быть равна числу лет (в нашем случае $n = 35$), а сумма значений $(k_i - 1)$ должна равняться нулю.

Таблица 3.3. Вспомогательная таблица для вычисления коэффициента автокорреляции р. Оресса – с. Андреевка

| Год | Q_{i1} | Год | Q_{i2} | $Q_{i1} - \bar{Q}_1$ | $Q_{i2} - \bar{Q}_2$ | $(Q_{i1} - \bar{Q}_1)^2$ | $(Q_{i2} - \bar{Q}_2)^2$ |
|----------------|--------------|------|--------------|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1966 | 19,7 | 1967 | 20,3 | 1,29 | 2,04 | 1,67 | 4,15 |
| 1967 | 20,3 | 1968 | 20,0 | 1,89 | 1,74 | 3,59 | 3,02 |
| 1968 | 20,0 | 1969 | 16,9 | 1,59 | -1,36 | 2,54 | 1,85 |
| 1969 | 16,9 | 1970 | 26,5 | -1,51 | 8,24 | 2,27 | 67,87 |
| 1970 | 26,5 | 1971 | 20,9 | 8,09 | 2,64 | 65,51 | 6,96 |
| 1971 | 20,9 | 1972 | 13,7 | 2,49 | -4,56 | 6,22 | 20,81 |
| 1972 | 13,7 | 1973 | 15,7 | -4,71 | -2,56 | 22,15 | 6,56 |
| 1973 | 15,7 | 1974 | 19,2 | -2,71 | 0,94 | 7,32 | 0,88 |
| 1974 | 19,2 | 1975 | 23,1 | 0,79 | 4,84 | 0,63 | 23,41 |
| 1975 | 23,1 | 1976 | 14,7 | 4,69 | -3,56 | 22,03 | 12,69 |
| 1976 | 14,7 | 1977 | 18,3 | -3,71 | 0,04 | 13,73 | 0,00 |
| 1977 | 18,3 | 1978 | 20,1 | -0,11 | 1,84 | 0,01 | 3,38 |
| 1978 | 20,1 | 1979 | 21,5 | 1,69 | 3,24 | 2,87 | 10,49 |
| 1979 | 21,5 | 1980 | 29,2 | 3,09 | 10,94 | 9,57 | 119,64 |
| 1980 | 29,2 | 1981 | 23,8 | 10,79 | 5,54 | 116,51 | 30,67 |
| 1981 | 23,8 | 1982 | 23,0 | 5,39 | 4,74 | 29,10 | 22,45 |
| 1982 | 23,0 | 1983 | 18,7 | 4,59 | 0,44 | 21,11 | 0,19 |
| 1983 | 18,7 | 1984 | 8,9 | 0,29 | -9,36 | 0,09 | 87,64 |
| 1984 | 8,9 | 1985 | 12,5 | -9,51 | -5,76 | 90,36 | 33,20 |
| 1985 | 12,5 | 1986 | 12,8 | -5,91 | -5,46 | 34,88 | 29,83 |
| 1986 | 12,8 | 1987 | 11,0 | -5,61 | -7,26 | 31,43 | 52,73 |
| 1987 | 11,0 | 1988 | 14,3 | -7,41 | -3,96 | 54,85 | 15,70 |
| 1988 | 14,3 | 1989 | 14,3 | -4,11 | -3,96 | 16,86 | 15,70 |
| 1989 | 14,3 | 1990 | 18,3 | -4,11 | 0,04 | 16,86 | 0,00 |
| 1990 | 18,3 | 1991 | 18,4 | -0,11 | 0,14 | 0,01 | 0,02 |
| 1991 | 18,4 | 1992 | 11,5 | -0,01 | -6,76 | 0,00 | 45,72 |
| 1992 | 11,5 | 1993 | 21,0 | -6,91 | 2,74 | 47,69 | 7,50 |
| 1993 | 21,0 | 1994 | 21,8 | 2,59 | 3,54 | 6,73 | 12,52 |
| 1994 | 21,8 | 1995 | 13,9 | 3,39 | -4,36 | 11,52 | 19,02 |
| 1995 | 13,9 | 1996 | 12,3 | -4,51 | -5,96 | 20,30 | 35,54 |
| 1996 | 12,3 | 1997 | 15,7 | -6,11 | -2,56 | 37,28 | 6,56 |
| 1997 | 15,7 | 1998 | 30,2 | -2,71 | 11,94 | 7,32 | 142,52 |
| 1998 | 30,2 | 1999 | 23,6 | 11,79 | 5,34 | 139,10 | 28,50 |
| 1999 | 23,6 | 2000 | 14,8 | 5,19 | -3,46 | 26,98 | 11,98 |
| Сумма | 625,8 | | 620,9 | | | | |
| Среднее | 18,4 | | 18,3 | 0,0 | 0,0 | 869,1 | 879,7 |

Определяем коэффициент автокорреляции по формуле (3.5):

$$r(1) = \frac{325,4}{\sqrt{869,1 \cdot 879,7}} = 0,37.$$

По формуле (3.3) находим коэффициент вариации:

$$C_v = \sqrt{\frac{2,63}{35-1}} = 0,28.$$

Тогда средняя квадратическая ошибка будет равна:

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{0,28}{\sqrt{35}} \cdot \sqrt{\frac{1+0,37}{1-0,37}} \cdot 100\% = 7,0\%.$$

Полученная ошибка меньше допустимой ($\sigma_{\bar{Q}} = 7,0\% < 10\%$), следовательно, значение нормы стока $\bar{Q} = 18,3 \text{ м}^3/\text{с}$ определено с допустимой точностью и может использоваться в дальнейшем.

Определение нормы годового стока при недостаточности данных гидрометрических наблюдений. При недостаточности данных гидрометрических наблюдений параметры кривых распределения вероятностей гидрологических характеристик, а также основных элементов расчетного гидрографа необходимо приводить к многолетнему периоду с привлечением данных наблюдений пунктов-аналогов.

Приведение рассматриваемых гидрологических характеристик осуществляют в случаях, когда средняя квадратическая погрешность расчетного значения гидрологической характеристики превышает 10 % для годового и сезонного стоков, 20 % – для максимального и минимального стоков.

Основные требования при выборе пунктов-аналогов:

- однотипность стока реки-аналога и исследуемой реки;
- возможная географическая близость расположения водосборов;
- площади водосборов не должны различаться более чем в 10 раз, а при проектировании объектов мелиоративного строительства и мелких прудов – более чем в 20 раз;
- однородность условий формирования стока, сходство климатических условий, однотипность почв (грунтов) и гидрогеологических условий, близкая степень озерности, залесенности, заболоченности и распаханности водосборов;
- отсутствие факторов, существенно искажающих естественный речной сток (регулирование стока, сбросы и изъятие воды).

При выборе пункта-аналога основным критерием является наличие синхронности в колебаниях речного стока расчетного створа и створ-аналогов, которые количественно выражают через коэффициент парной или множественной корреляции между стоком в этих пунктах.

Коэффициент корреляции R – мера тесноты связи между рассматриваемыми характеристиками (переменными). Частный коэффициент корреляции изменяется в пределах от -1 до 1 , чем ближе к единице, тем теснее связь.

Приведение гидрологических рядов и их параметров распределения к многолетнему периоду, как правило, осуществляют аналитическими методами. Для предварительного приведения допускается использование графических и графоаналитических методов.

При расчете параметров распределения и значений стока за отдельные годы Q_i с использованием аналитических методов, основанных на регрессионном анализе, должны соблюдаться следующие условия:

$$n' \geq (6-10); \quad R \geq R_{кр}; \quad \frac{R}{\sigma_R} \geq S_{кр}; \quad \frac{B}{\sigma_R} \geq t_{кр}, \quad (3.8)$$

где n' – число совместных лет наблюдений в приводимом пункте и пунктах-аналогах ($n' \geq 6$ при одном аналоге, $n' \geq 10$ при двух и более аналогах) или число пунктов-аналогов при восстановлении с привлечением кратковременных наблюдений ($n' \geq 6$);

R – коэффициент парной или множественной корреляции между значениями стока исследуемой реки и значениями стока в пунктах-аналогах;

B – коэффициент уравнения регрессии;

σ_R – средняя квадратическая погрешность коэффициента регрессии;

$R_{кр}$ – критическое значение коэффициента парной или множественной корреляции (обычно задается $r \geq 0,7$);

$S_{кр}$, $t_{кр}$ – критические значения отношений $\frac{R}{\sigma_R}$ и $\frac{B}{\sigma_R}$ соответственно

(обычно задаются $\geq 2,0$).

Если хотя бы один из коэффициентов уравнения регрессии не удовлетворяет условию (3.8), то это уравнение не используют для приведения к многолетнему периоду.

Приведение параметров кривых распределения ежегодных вероятностей превышения рассматриваемой гидрологической характеристи-

ки (расходы воды Q , модуль стока q , уровень воды H) к многолетнему периоду осуществляется в двух вариантах.

1. Средняя многолетняя величина \bar{Q} ($\text{м}^3/\text{с}$) определяется по формуле

$$\bar{Q}_N = \bar{Q}_n + r \cdot \left[\frac{\sigma_n}{\sigma_{n,a}} \right] \cdot (\bar{Q}_{N,a} - \bar{Q}_{n,a}), \quad (3.9)$$

где $\bar{Q}_n, \bar{Q}_{n,a}$ – среднеарифметические значения гидрологической характеристики соответственно для исследуемой реки и реки-аналога, вычисленные за период совместных наблюдений, $\text{м}^3/\text{с}$;

r – коэффициент корреляции между гидрологическими характеристиками исследуемой реки и реки-аналога, вычисленный за период совместных наблюдений;

$\bar{Q}_N, \bar{Q}_{N,a}$ – норма стока за N -летний период соответственно для исследуемой реки и реки-аналога, $\text{м}^3/\text{с}$;

$\sigma_n, \sigma_{n,a}$ – средние квадратические отклонения гидрологической характеристики за совместный период n лет соответственно для исследуемой реки и реки-аналога.

Относительную среднюю квадратическую погрешность приведенной к многолетнему периоду нормы стока определяют по формуле

$$\varepsilon_{\bar{Q}_N} = \frac{100 \cdot \sigma_n}{\bar{Q}_N \cdot \sqrt{n}} \sqrt{1 + r^2 \cdot \left(\frac{n \cdot \sigma_{N,a}^2}{N \cdot \sigma_{n,a}^2} - 1 \right)}. \quad (3.10)$$

Коэффициент вариации $C_{v,N}$ определяют по формуле

$$C_{v,N} = \frac{\sigma_n}{\bar{Q} \cdot \sqrt{1 - r^2 \cdot \left[1 - \frac{\sigma_{n,a}^2}{\sigma_{N,a}^2} \right]}}, \quad (3.11)$$

где $\sigma_{N,a}$ – среднее квадратическое отклонение гидрологической характеристики реки-аналога за N -летний период.

2. По погодишно восстановленным по уравнениям регрессии значениям гидрологической характеристики совместно с данными гидрометрических наблюдений рассчитываются параметры кривых распределения.

Систематическое преуменьшение коэффициента вариации исключается путем дополнительного расчета погодичных величин Q_i' по формуле

$$Q_i' = \frac{(Q_i - \bar{Q}_n)}{R} + \bar{Q}_n, \quad (3.12)$$

где Q_i' – погодичные значения гидрологических характеристик, рассчитанные по уравнению регрессии;

\bar{Q}_n – среднее значение приводимого ряда за совместный с пунктом-аналогом период.

Графический метод приведения к многолетнему периоду допускается применять на начальных стадиях проектирования, а также в тех случаях, когда он является единственно возможным для определения среднего многолетнего значения (нормы) стока. Графические зависимости могут быть построены при наличии не менее шести соответственных значений речного стока в расчетном створе и створе-аналог. Зависимости считают удовлетворительными, если коэффициент корреляции между стоком в приводимом пункте и пункте-аналог не менее 0,7. При прямолинейной зависимости норму стока в приводимом пункте определяют непосредственно по норме стока реки-аналога.

Пример расчета.

Требуется определить норму годового стока для р. Нача – с. Горовцы. Исходный ряд наблюдений дан в табл. 3.4.

Таблица 3.4. Годовые расходы воды р. Нача – с. Горовцы за 1951–1964 гг.,

$A = 212 \text{ км}^2$

| № п/п | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | ... | 13 | 14 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| Год | 1951 | 1952 | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | ... | 1963 | 1964 |
| $Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$ | 1,84 | 1,30 | 1,68 | 0,73 | 1,71 | 1,82 | 1,36 | ... | 1,16 | 0,90 |

По формуле (3.1) определяется норма годового стока:

$$\bar{Q} = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} = \frac{19,48}{14} = 1,39 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По формуле (3.2) необходимо рассчитать относительную среднюю квадратическую ошибку, так как длина фактического ряда наблюдений за годовым стоком недостаточна и норма годового стока, рассчитанная по формуле (3.1), отличается от истинного значения.

При нахождении средней квадратической ошибки требуется определить коэффициент изменчивости C_v . Для более удобного вычисления коэффициента вариации заполняется табл. 3.5.

Таблица 3.5. Определение коэффициента изменчивости на р. Нача – с. Горовцы

| № п/п | $Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$ | $K_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}}$ | $K_i - 1$ | $(K_i - 1)^2$ |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|------------|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 1,84 | 1,32 | 0,32 | 0,155 |
| 2 | 1,30 | 0,94 | -0,06 | 0,000 |
| 3 | 1,68 | 1,21 | 0,21 | 0,074 |
| 4 | 0,73 | 0,53 | -0,47 | 0,200 |
| 5 | 1,71 | 1,23 | 0,23 | 0,087 |
| 6 | 1,82 | 1,31 | 0,31 | 0,143 |
| 7 | 1,36 | 0,98 | -0,02 | 0,001 |
| 8 | 1,79 | 1,29 | 0,29 | 0,127 |
| 9 | 1,00 | 0,72 | -0,28 | 0,059 |
| 10 | 0,62 | 0,45 | -0,55 | 0,281 |
| 11 | 0,94 | 0,68 | -0,32 | 0,083 |
| 12 | 2,63 | 1,89 | 0,89 | 0,985 |
| 13 | 1,16 | 0,83 | -0,17 | 0,015 |
| 14 | 0,90 | 0,65 | -0,35 | 0,101 |
| Сумма | 19,48 | 14,0 | 0,0 | 2,312 |
| Среднее | 1,39 | | | |

По формуле (3.3) определяется коэффициент изменчивости:

$$C_v = \sqrt{\frac{2,312}{14 - 1}} = 0,42,$$

а по формуле (3.5) – коэффициент автокорреляции: $r(1) = -0,16$.

Средняя квадратическая ошибка

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{0,42}{\sqrt{14}} \cdot \sqrt{\frac{1 + (-0,16)}{1 - (-0,16)}} \cdot 100 \% = 13,2 \%$$

Полученная ошибка больше допустимой ($\sigma_{\bar{Q}} = 13,2 \% > 10 \%$), следовательно, значение нормы стока $\bar{Q} = 1,39 \text{ м}^3/\text{с}$ определено с ошибкой, превышающей допустимую, и не может использоваться для дальнейших расчетов.

При выборе реки-аналога руководствовались требованиями, изложенными выше. В результате анализа рек, имеющих достаточную длину ряда для определения нормы стока, за реку-аналог принимается р. Западная Двина – г. Полоцк с числом лет совместных наблюдений $n = 14$ и коэффициентом корреляции с исследуемой рекой $r = 0,79$. Исходный ряд наблюдений приведен в табл. 3.6.

Таблица 3.6. Годовые расходы воды р. Западная Двина – г. Полоцк за 1947–1981 гг.

| | | | | | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|
| № п/п | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | ... | 33 | 34 | 35 |
| Год | 1947 | 1948 | 1949 | 1950 | 1951 | ... | 1979 | 1980 | 1981 |
| $Q_{г}, \text{м}^3/\text{с}$ | 323 | 279 | 256 | 332 | 265 | ... | 259 | 305 | 305 |

Для продления короткого ряда наблюдений при аналитическом методе подсчитываются коэффициент корреляции и параметры уравнения регрессии (табл. 3.7). Используются два метода продления: аналитический (по уравнению регрессии) и графический (по графику связи).

Таблица 3.7. Определение коэффициента корреляции и параметров уравнения регрессии

| Годы | Расходы воды, $\text{м}^3/\text{с}$ | | $\Delta y = y_i - \bar{y}$ | $\Delta x = x_i - \bar{x}$ | Δy^2 | Δx^2 | $\Delta y \cdot \Delta x$ |
|----------------|-------------------------------------|-------------|----------------------------|----------------------------|--------------|---------------|---------------------------|
| | $Q(y)$ | $Q_A(x)$ | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1951 | 1,84 | 265 | 0,45 | -60 | 0,20 | 3626 | -27,01 |
| 1952 | 1,30 | 313 | -0,09 | -12 | 0,01 | 149 | 1,12 |
| 1953 | 1,68 | 448 | 0,29 | 123 | 0,08 | 15076 | 35,43 |
| 1954 | 0,73 | 237 | -0,66 | -88 | 0,44 | 7782 | 58,35 |
| 1955 | 1,71 | 342 | 0,32 | 17 | 0,10 | 282 | 5,35 |
| 1956 | 1,82 | 387 | 0,43 | 62 | 0,18 | 3817 | 26,48 |
| 1957 | 1,36 | 400 | -0,03 | 75 | 0,00 | 5593 | -2,35 |
| 1958 | 1,79 | 445 | 0,40 | 120 | 0,16 | 14349 | 47,74 |
| 1959 | 1,00 | 283 | -0,39 | -42 | 0,15 | 1782 | 16,52 |
| 1960 | 0,62 | 239 | -0,77 | -86 | 0,60 | 7433 | 66,51 |
| 1961 | 0,94 | 297 | -0,45 | -28 | 0,20 | 796 | 12,74 |
| 1962 | 2,63 | 501 | 1,24 | 176 | 1,53 | 30901 | 217,72 |
| 1963 | 1,16 | 209 | -0,23 | -116 | 0,05 | 13506 | 26,90 |
| 1964 | 0,90 | 187 | -0,49 | -138 | 0,24 | 19103 | 67,92 |
| Сумма | 19,48 | 4553 | 0,00 | 0,00 | 3,96 | 124194 | 553,42 |
| Среднее | 1,39 | 325 | | | | | |

Определяются среднеквадратические отклонения рядов:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{124194}{14-1}} = 97,74; \quad (3.13)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3,96}{14-1}} = 0,55. \quad (3.14)$$

Коэффициент корреляции

$$R = \frac{\sum [(y_i - \bar{y}) \cdot (x_i - \bar{x})]}{\sqrt{\sum \Delta x^2 \cdot \sum \Delta y^2}} = \frac{553,42}{\sqrt{124194 \cdot 3,96}} = 0,79. \quad (3.15)$$

Вероятная ошибка коэффициента корреляции

$$E_p = \pm 0,674 \cdot \frac{1-R^2}{\sqrt{n}} = \pm 0,674 \cdot \frac{1-0,79^2}{\sqrt{14}} = \pm 0,100. \quad (3.16)$$

Наиболее вероятное значение коэффициента корреляции $R = 0,79 \pm 0,100$.

Норма годового стока р. Нача – с. Горовцы определяется по формуле (3.9):

$$\bar{Q}_N = 1,39 + 0,79 \cdot \frac{0,55}{97,74} \cdot (293 - 325) = 1,25 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Относительная средняя квадратическая погрешность приведенной к многолетнему периоду нормы стока определяется по формуле (3.10):

$$\varepsilon_{\bar{Q}_N} = \frac{100 \cdot 0,55}{1,25 \cdot \sqrt{14}} \sqrt{1 + 0,79^2 \cdot \left(\frac{14 \cdot 75,5^2}{35 \cdot 97,7^2} - 1 \right)} = 8,5 \text{ \%}.$$

Коэффициент вариации $C_{v,N}$ определяется по формуле (3.11):

$$C_{v,N} = \frac{0,55}{1,25 \cdot \sqrt{1 - 0,79^2 \cdot \left[1 - \frac{97,7^2}{75,5^2} \right]}} = 0,37.$$

Для погодичного восстановления составляется уравнение регрессии. Коэффициент регрессии, представляющий тангенс угла наклона линии связи к оси абсцисс, определяется по формуле

$$K_{y/x} = R \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x} = 0,79 \cdot \frac{0,55}{97,74} = 0,0044. \quad (3.17)$$

Уравнение прямой регрессии

$$(Q - \bar{Q}) = K_{y/x} \cdot (Q_A - \bar{Q}_A); \quad (Q - 1,39) = 0,0044 \cdot (Q_A - 325);$$

$$Q = 0,0044 \cdot Q_A - 0,04. \quad (3.18)$$

Для проверки правильности расчета строится линия по уравнению прямой регрессии (рис. 3.1).

При продлении ряда графическим методом строится график связи расходов исследуемой реки с расходами реки-аналога.

Для этого используются данные, приведенные в табл. 3.6.

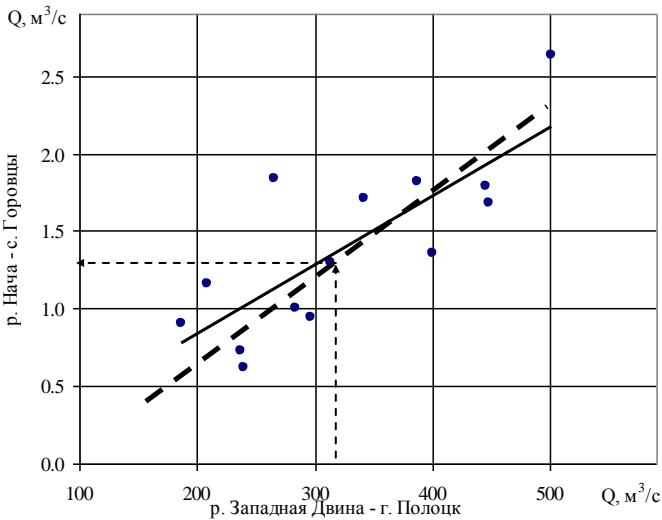


Рис. 3.1. Графики связи средних годовых расходов воды р. Западная Двина – г. Полоцк и р. Нача – с. Горовцы:
 ————— графический метод; - - - - - аналитический метод

Приведение исходного ряда к длительному периоду наблюдения осуществляется по двум методам: графическому – значения расходов воды снимаются по графику с использованием расходов реки-аналога; аналитическому – значения расходов воды определяются по уравнению прямой регрессии с использованием расходов реки-аналога. Результаты сводятся в табл. 3.8. При этом в гр. 3 и 4 переписываются наблюдаемые значения, а восстановленные значения расходов (по двум методам) берутся в скобки.

Таблица 3.8. Восстановленные и наблюдаемые расходы воды
р. Нача – с. Горовцы

| Годы | Q_d , м ³ /с | Q , м ³ /с (по графику) | Q , м ³ /с (по уравнению) | Q , м ³ /с (принятые к расчету) |
|----------------|---------------------------|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1947 | 323 | (1,37) | (1,38) | (1,42) |
| 1948 | 279 | (1,17) | (1,19) | (1,17) |
| 1949 | 256 | (1,07) | (1,09) | (1,04) |
| 1950 | 332 | (1,41) | (1,42) | (1,47) |
| 1951 | 265 | 1,84 | 1,84 | 1,84 |
| 1952 | 313 | 1,30 | 1,30 | 1,30 |
| 1953 | 448 | 1,68 | 1,68 | 1,68 |
| 1954 | 237 | 0,73 | 0,73 | 0,73 |
| 1955 | 342 | 1,71 | 1,71 | 1,71 |
| 1956 | 387 | 1,82 | 1,82 | 1,82 |
| 1957 | 400 | 1,36 | 1,36 | 1,36 |
| 1958 | 445 | 1,79 | 1,79 | 1,79 |
| 1959 | 283 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 1960 | 239 | 0,62 | 0,62 | 0,62 |
| 1961 | 297 | 0,94 | 0,94 | 0,94 |
| 1962 | 501 | 2,63 | 2,63 | 2,63 |
| 1963 | 209 | 1,16 | 1,16 | 1,16 |
| 1964 | 187 | 0,90 | 0,90 | 0,90 |
| 1965 | 253 | (1,05) | (1,07) | (1,03) |
| 1966 | 307 | (1,30) | (1,31) | (1,33) |
| 1967 | 227 | (0,94) | (0,96) | (0,88) |
| 1968 | 273 | (1,15) | (1,16) | (1,14) |
| 1969 | 196 | (0,80) | (0,82) | (0,71) |
| 1970 | 315 | (1,34) | (1,35) | (1,37) |
| 1971 | 257 | (1,05) | (1,09) | (1,05) |
| 1972 | 217 | (0,89) | (0,91) | (0,83) |
| 1973 | 210 | (0,86) | (0,88) | (0,79) |
| 1974 | 234 | (0,97) | (0,99) | (0,92) |
| 1975 | 286 | (1,21) | (1,22) | (1,21) |
| 1976 | 212 | (0,87) | (0,89) | (0,80) |
| 1977 | 279 | (1,17) | (1,19) | (1,17) |
| 1978 | 387 | (1,69) | (1,66) | (1,77) |
| 1979 | 258 | (1,08) | (1,10) | (1,05) |
| 1980 | 305 | (1,29) | (1,30) | (1,32) |
| 1981 | 305 | (1,29) | (1,30) | (1,32) |
| Среднее | 293 | 1,24 | 1,25 | 1,24 |

Систематическое преуменьшение коэффициента вариации исключается путем дополнительного расчета погодических величин Q_i' по

формуле (3.12). Например, для восстановленного значения за 1947 г. имеем: $\bar{Q}_i = (1,38 - 1,25) / 0,79 + 1,25 = 1,42 \text{ м}^3/\text{с}$.

Для дальнейших расчетов принимается гидрологический ряд расходов из гр. 5 табл. 3.8. При этом норма стока $\bar{Q} = 1,24 \text{ м}^3/\text{с}$. Средняя квадратическая ошибка $\delta_{\bar{Q}} = 5,8 \%$. Коэффициент вариации $C_v = 0,34$ и автокорреляции $r(1) = 0,02$.

Таким образом, норма стока с учетом продления ряда р. Нача – с. Горовцы $\bar{Q} = 1,24 \pm 0,07 \text{ м}^3/\text{с}$.

Полученные величины нормы стока р. Нача – с. Горовцы различными методами близки между собой, следовательно, рассчитанная величина отражает реальную картину.

Расчет годовых расходов воды расчетной обеспеченности при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. При отсутствии данных гидрометрических наблюдений в расчетном створе применяют региональные методы расчета гидрологических характеристик, основанные на результатах обобщения данных гидрометеорологических наблюдений в районе проектирования.

При отсутствии наблюдений за стоком в расчетном створе параметры распределения (среднюю величину, коэффициент вариации, отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации и коэффициент автокорреляции) определяют по рекам-аналогам.

В случае невозможности подобрать реку-аналог среднее многолетнее значение стока (норму) \bar{q} допускается определять по картам изолиний, построенным для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений, а также по карте изолиний, приведенной в нормативной литературе.

При этом в значения среднего многолетнего стока, определенные по районной карте, следует вводить поправки на влияние местных азональных факторов. Среднее многолетнее значение стока (в модулях или слоях стока) для расчетного пункта (центра тяжести водосбора) определяют линейной интерполяцией между изолиниями стока.

В случае пересечения водосбора несколькими изолиниями определяется средневзвешенное значение.

Для малых водотоков (площадь водосбора менее 100 км^2) норма стока ($\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$) определяется с учетом генетических составляющих годового стока:

$$\bar{q} = q_{\text{пов}} + k_{\text{др}} \cdot q_{\text{подз}}, \quad (3.19)$$

где $q_{\text{пов}}$ – норма модуля поверхностного стока, определяемая по рекам-аналогам. При невозможности подобрать реку-аналог допускается определять норму поверхностного стока M ($\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$) по картам, построенным для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений, а также по карте изолиний, приведенной в нормативных документах;

$k_{\text{др}}$ – коэффициент, учитывающий неполное дренирование подземных вод;

$q_{\text{подз}}$ – подземная составляющая зональных значений нормы модуля стока, определяемая по разности общего и поверхностного стока ($\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$).

Расчетам годового стока малых водотоков должно предшествовать их полевое обследование на предмет установления вида питания водотока, наличия родников на водосборе, выклиниваний подземных вод, установления первой критической площади $A_{1\text{кр}}$, т. е. площади водосбора, при которой водоток начинает получать подземное питание.

Коэффициент, учитывающий неполное дренирование подземных вод, вычисляют по формуле

$$k_{\text{др}} = th[a \cdot (A - A_{1\text{кр}})^b], \quad (3.20)$$

где $A - A_{1\text{кр}}$ – действующая площадь водосбора, км^2 ;

a, b – коэффициенты, зависящие от величин критической площади $A_{1\text{кр}}$, вычисляемые по формулам

$$a = 0,8 \cdot A_{1\text{кр}}^{-0,8}; \quad (3.21)$$

$$b = 1 - 0,72 \cdot A_{1\text{кр}}^{-0,29}. \quad (3.22)$$

В случае невозможности проведения полевого обследования величину первой критической площади допускается вычислять по формуле

$$A_{1\text{кр}} = \frac{0,98}{\rho^2} + \frac{1,5 \cdot L_{\text{T}}}{\sqrt{i_{\text{T}}}}, \quad (3.23)$$

где ρ – плотность гидрографической сети, $\text{км}/\text{км}^2$;

L_{T} – длина русла основного тальвега, км ;

i_{T} – уклон русла основного тальвега, ‰.

Для водосборов площадью менее или равной первой критической годовой сток равен поверхностному стоку $k_{\text{др}} = 0$.

Годовой расход расчетной обеспеченности вычисляют по формуле

$$Q_{\text{P}} = \bar{q} \cdot A \cdot k_{\text{P}}, \quad (3.24)$$

где \bar{q} – средний многолетний годовой модуль стока, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$;

A – площадь водосбора до расчетного створа, км^2 ;

k_p – модульный коэффициент расчетной обеспеченности.

При невозможности подобрать реку-аналог значение коэффициента вариации C_v неисследованных рек допускается определять по картам изолиний, построенным для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений, или по районным эмпирическим формулам, в которые вводят поправки на аazonальные факторы, а также с помощью карты изолиний.

Для малых водотоков при определении коэффициента вариации C_v вводится поправочный коэффициент K_{C_v} , вычисляемый по формуле

$$K_{C_v} = 1 + 4,8 \cdot \exp(-5,3 \cdot C_v) \cdot [(A - A_{1кр}) + 1]^n, \quad (3.25)$$

где C_v – коэффициент вариации, определяемый по карте изолиний;

n – показатель степени, определяемый по формуле

$$n = 0,83 \cdot C_v - 1,1. \quad (3.26)$$

При $A=A_{1кр}$ поправочный коэффициент K_{C_v} принимается равным единице.

Расчетные значения отношения коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации, а также коэффициента автокорреляции между стоком смежных лет $r(1)$ следует принимать как среднее из значений, установленных по данным группы рек с наиболее продолжительными наблюдениями за рассматриваемой гидрологической характеристикой в гидрологически однородном районе с учетом площадей водосборов и других аazonальных факторов.

Пример расчета.

Требуется определить среднегодовой расход воды расчетной обеспеченности 95 % р. Саморувки в створе д. Зарудье. Площадь водосбора $A=124 \text{ км}^2$; координаты центра водосбора: $25^\circ 32'$; $52^\circ 10'$.

Расчет производится в следующем порядке:

1) по картам изолиний (прил. Г, рис. Г9 – Г10) определяются значения нормы годового стока и коэффициент вариации: $\bar{q}=3,6 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$, $C_v=0,39$; соотношение C_q/C_v принимается равным 2,0;

2) значение ординаты обеспеченности 95 % определяется по таблице кривых трехпараметрического гамма-распределения (прил. Г, табл. Г3) ($k_{95\%}=0,460$);

3) по формуле (3.24) вычисляется расход воды $P=95\%$:

$$Q_{95\%} = 3,6 \cdot 124 \cdot 0,460 \cdot 10^{-3} = 0,21 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Требуется определить среднегодовой расход воды расчетной обеспеченности 95 % канала без названия у д. Сухое. Площадь водосбора $A=18,2 \text{ км}^2$; уклон русла основного тальвега $i_m=0,2 \text{ ‰}$; длина русла основного тальвега $L_m=3,2 \text{ км}$; густота гидрографической сети $\rho=1,2 \text{ км/км}^2$, координаты центра водосбора: $25^\circ 30'$; $52^\circ 10'$.

Расчет производится в следующем порядке:

1) по картам изолиний (прил. Г, рис. Г9 – Г11) определяются нормы годового, поверхностного стока и коэффициент вариации: $q_{\text{год}}=3,6 \text{ л/(с·км}^2)$; $q_{\text{пов}}=3,0 \text{ л/(с·км}^2)$; $C_v=0,39$; соотношение C_v/C_v принимается равным 2,0;

2) по формуле (3.23) определяется величина первой критической площади:

$$A_{\text{кр}} = \frac{0,98}{1,2^2} + \frac{1,5 \cdot 3,2}{\sqrt{0,2}} = 11,4 \text{ км}^2;$$

3) коэффициент неполноты дренирования подземных вод определяется по формуле (3.20)

$$k_{\text{др}} = th \cdot [0,114 \cdot (18,2 - 11,4)^{0,64}] = 0,385.$$

Параметры a и b , входящие в формулу, рассчитаны по формулам (3.21), (3.22):

$$a = 0,8 \cdot 11,4^{-0,8} = 0,114, \quad b = 1 - 0,72 \cdot 11,4^{-0,29} = 0,64;$$

4) норма годового стока определяется по формуле (3.19):

$$\bar{q} = 3,0 + 0,385 \cdot (3,6 - 3,0) = 3,2 \text{ л/(с·км}^2);$$

5) рассчитывается поправочный коэффициент K_{C_v} по формуле (3.25) и определяется исправленное значение $C_{v \text{ испр}}$ по формуле (3.26):

$$K_{C_v} = 1 + 4,8 \cdot \exp(-5,3 \cdot 0,39) \cdot [(18,2 - 11,4) + 1]^{0,83 \cdot 0,39 - 1,1} = 1,12,$$

$$C_{v \text{ испр}} = C_v \cdot K_{C_v} = 0,39 \cdot 1,12 = 0,44;$$

6) значение ординаты обеспеченности 95 % определяется по таблице трехпараметрического гамма-распределения (прил. Г, табл. Г3) ($k_{95\%}=0,406$);

7) определяется среднегодовой расход воды обеспеченности 95 % по формуле (3.24):

$$Q_{95\%} = 3,2 \cdot 18,2 \cdot 0,406 \cdot 10^{-3} = 0,024 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Практическая работа № 13.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
АНАЛИТИЧЕСКОЙ И ЭМПИРИЧЕСКОЙ КРИВЫХ
ОБЕСПЕЧЕННОСТИ

Цель работы: освоить методику определения статистических параметров аналитической и эмпирической кривых обеспеченности.

Оборудование: миллиметровка.

Задание к работе: определить статистические параметры аналитической и эмпирической кривых обеспеченности методом наибольшего правдоподобия и методом моментов.

Ход выполнения работы.

При наличии данных длительных гидрометрических наблюдений используются следующие методы определения коэффициентов вариации и асимметрии: метод моментов, метод наибольшего правдоподобия и графоаналитический метод (метод квантилей Алексева).

Для определения годового стока различной обеспеченности используются кривые распределения или обеспеченности. В общем случае, если рассматривать изменяющийся (вариационный) стоковый ряд, вид кривой обеспеченности зависит от средней арифметической величины ряда (нормы стока), коэффициента вариации C_v и коэффициента асимметрии C_s .

Коэффициент вариации (изменчивости) – безразмерный статистический параметр, характеризующий изменчивость гидрометеорологической величины относительно ее среднего значения.

Коэффициент асимметрии – безразмерный статистический параметр, характеризующий степень несимметричности распределения ряда рассматриваемой гидрометеорологической величины относительно ее среднего значения.

Расчетные коэффициенты вариации C_v и асимметрии C_s для биномиального распределения методом моментов определяются по формулам

$$C_v = \left(a_1 + \frac{a_2}{n} \right) + \left(a_3 + \frac{a_4}{n} \right) \cdot \tilde{C}_v + \left(a_5 + \frac{a_6}{n} \right) \cdot \tilde{C}_v^2; \quad (3.27)$$

$$C_s = \left(b_1 + \frac{b_2}{n} \right) + \left(b_3 + \frac{b_4}{n} \right) \cdot \tilde{C}_s + \left(b_5 + \frac{b_6}{n} \right) \cdot \tilde{C}_s^2, \quad (3.28)$$

где a_1 – a_6 , b_1 – b_6 – коэффициенты, определяемые по прил. Г, табл. Г1 и Г2 в зависимости от соотношения \tilde{C}_s/\tilde{C}_v и коэффи-

циента автокорреляции между смежными числами ряда;

\tilde{C}_v , \tilde{C}_s – соответственно смещенные коэффициенты вариации и асимметрии, определяемые по формулам

$$\tilde{C}_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n - 1}}; \quad (3.29)$$

$$\tilde{C}_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{C_v^3 \cdot (n - 1)(n - 2)}. \quad (3.30)$$

При $C_v < 0,6$ и $C_s < 1,0$ коэффициенты вариации и асимметрии допускается определять по формулам (3.29) и (3.30) без введения поправок.

Среднеквадратическая ошибка коэффициента вариации находится по формуле

$$\sigma_{C_v} = \frac{C_v}{n + 4 \cdot C_v^2} \cdot \sqrt{\frac{n \cdot (1 + C_v^2)}{2}} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot C_v \cdot r(1)^2}{1 + r(1)}\right) \cdot 100\%. \quad (3.31)$$

Для определения коэффициентов вариации и асимметрии методом наибольшего правдоподобия сначала вычисляются статистики λ_2 и λ_3 . Расчетные коэффициенты вариации и асимметрии определяются в зависимости от статистик λ_2 и λ_3 по формулам

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg k_i}{n - 1}, \quad (3.32)$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \lg k_i}{n - 1}. \quad (3.33)$$

Значения C_v и C_s определяют по специальным номограммам (прил. Г, рис. Г1 – Г7) как функции статистик λ_2 и λ_3 .

Для построения эмпирических кривых обеспеченности необходимо определить обеспеченность каждого члена стокового ряда.

Ежегодная вероятность превышения (обеспеченность) расхода воды P (%) – это вероятность появления расхода, равного или превышающего заданное значение. Чем больше вероятность превышения, тем меньше значение гидрометеорологической характеристики, и на-

оборот. Для определения эмпирических обеспеченностей применяется формула

$$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100 \% , \quad (3.34)$$

где m – порядковый номер убывающего ряда;
 n – число членов ряда.

От обеспеченности можно перейти к *вероятной повторяемости в годах* N расхода, равного или превышающего заданный, используя следующие формулы:

$$\text{при } P \leq 50 \% \quad N = \frac{100}{P} , \quad (3.35)$$

$$\text{при } P \geq 50 \% \quad N = \frac{100}{1-P} . \quad (3.36)$$

Если, используя формулу (3.36), вычислить обеспеченность всех членов данного ряда, расположенного в убывающем порядке, то можно по полученным значениям обеспеченности и отвечающим им значениям расходов воды построить эмпирическую кривую обеспеченности. Однако из-за отсутствия длительных рядов наблюдений такая кривая не позволит определить расходы воды редкой повторяемости (в 100, 500, 1000 лет). Эмпирическую кривую необходимо экстраполировать. Для этой цели используются теоретические кривые распределения (трехпараметрическое гамма-распределение и распределение Пирсона III типа), для построения которых необходимо вычислить коэффициент вариации C_v и асимметрии C_s и рассчитать ординаты теоретических кривых.

Пример расчета.

Требуется определить годовой расход воды r . Оресса – с. Андреевка 97 % обеспеченности. Исходный ряд наблюдений за годовым стоком приведен в табл. 3.9.

Таблица 3.9. Годовые расходы воды r . Оресса – с. Андреевка за 1966–2009 гг.

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| № п/п | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Год | 2 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 |
| Q_i , м ³ /с | 3 | 19,7 | 20,3 | 20,0 | 16,9 | 26,5 | 20,9 | 13,7 | 15,7 | 19,2 | 23,1 | 14,7 |

Продолжение табл. 3.9

| | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 2 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 |
| 3 | 18,3 | 20,1 | 21,5 | 29,2 | 23,8 | 23,0 | 18,7 | 8,9 | 12,5 | 12,8 | 11,0 | 14,3 |

Продолжение табл. 3.9

| | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| 2 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
| 3 | 14,3 | 18,3 | 18,4 | 11,5 | 21,0 | 21,8 | 13,9 | 12,3 | 15,7 | 30,2 | 23,6 | 14,8 |

Окончание табл. 3.9

| | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 |
| 2 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| 3 | 18,3 | 14,9 | 12,9 | 20,5 | 23,4 | 16,0 | 14,8 | 15,2 | 17,1 |

1. *Метод наибольшего правдоподобия.* Данный метод заключается в том, что в качестве оценки для неизвестного параметра принимают такое его значение, при котором функция правдоподобия (произведение вероятностей наблюдаемых величин) достигает наибольшего возможного значения. Применяется при любой изменчивости стока.

Значения годовых расходов воды Q_i располагаются в убывающем порядке, определяется эмпирическая ежегодная вероятность превышения по формуле (3.34). Рассчитываются модульные коэффициенты k_i по формуле (3.4), а также $\lg k_i$ и произведение $k_i \cdot \lg k_i$. Расчет ведется в табличной форме (табл. 3.10).

Таблица 3.10. **Параметры кривой распределения годовых расходов воды р. Оресса – с. Андреевка, рассчитанные методом наибольшего правдоподобия**

| № п/п | Год | $Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$ | $Q_i^{\text{убыв}}, \text{ м}^3/\text{с}$ | $P, \%$ | k_i | $\lg k_i$ | $k_i \cdot \lg k_i$ |
|-------|------|-----------------------------|---|---------|-------|-----------|---------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 1966 | 19,7 | 30,2 | 2,2 | 1,68 | 0,225 | 0,377 |
| 2 | 1967 | 20,3 | 29,2 | 4,4 | 1,62 | 0,210 | 0,341 |
| 3 | 1968 | 20,0 | 26,5 | 6,7 | 1,47 | 0,168 | 0,247 |
| 4 | 1969 | 16,9 | 23,8 | 8,9 | 1,32 | 0,121 | 0,160 |
| 5 | 1970 | 26,5 | 23,6 | 11,1 | 1,31 | 0,118 | 0,154 |
| 6 | 1971 | 20,9 | 23,4 | 13,3 | 1,30 | 0,114 | 0,148 |
| 7 | 1972 | 13,7 | 23,1 | 15,6 | 1,28 | 0,108 | 0,139 |
| 8 | 1973 | 15,7 | 23,0 | 17,8 | 1,28 | 0,106 | 0,136 |
| 9 | 1974 | 19,2 | 21,8 | 20,0 | 1,21 | 0,083 | 0,101 |
| 10 | 1975 | 23,1 | 21,5 | 22,2 | 1,19 | 0,077 | 0,092 |
| 11 | 1976 | 14,7 | 21,0 | 24,4 | 1,17 | 0,067 | 0,078 |
| 12 | 1977 | 18,3 | 20,9 | 26,7 | 1,16 | 0,065 | 0,075 |
| 13 | 1978 | 20,1 | 20,5 | 28,9 | 1,14 | 0,056 | 0,064 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------|------|--------------|------|------|--------------|---------------|--------------|
| 14 | 1979 | 21,5 | 20,3 | 31,1 | 1,13 | 0,052 | 0,059 |
| 15 | 1980 | 29,2 | 20,1 | 33,3 | 1,12 | 0,048 | 0,054 |
| 16 | 1981 | 23,8 | 20,0 | 35,6 | 1,11 | 0,046 | 0,051 |
| 17 | 1982 | 23,0 | 19,7 | 37,8 | 1,09 | 0,039 | 0,043 |
| 18 | 1983 | 18,7 | 19,2 | 40,0 | 1,07 | 0,028 | 0,030 |
| 19 | 1984 | 8,9 | 18,7 | 42,2 | 1,04 | 0,017 | 0,017 |
| 20 | 1985 | 12,5 | 18,4 | 44,4 | 1,02 | 0,010 | 0,010 |
| 21 | 1986 | 12,8 | 18,3 | 46,7 | 1,02 | 0,007 | 0,007 |
| 22 | 1987 | 11,0 | 18,3 | 48,9 | 1,02 | 0,007 | 0,007 |
| 23 | 1988 | 14,3 | 18,3 | 51,1 | 1,02 | 0,007 | 0,007 |
| 24 | 1989 | 14,3 | 17,1 | 53,3 | 0,95 | -0,022 | -0,021 |
| 25 | 1990 | 18,3 | 16,9 | 55,6 | 0,94 | -0,027 | -0,026 |
| 26 | 1991 | 18,4 | 16,0 | 57,8 | 0,89 | -0,051 | -0,045 |
| 27 | 1992 | 11,5 | 15,7 | 60,0 | 0,87 | -0,059 | -0,052 |
| 28 | 1993 | 21,0 | 15,7 | 62,2 | 0,87 | -0,059 | -0,052 |
| 29 | 1994 | 21,8 | 15,2 | 64,4 | 0,84 | -0,073 | -0,062 |
| 30 | 1995 | 13,9 | 14,9 | 66,7 | 0,83 | -0,082 | -0,068 |
| 31 | 1996 | 12,3 | 14,8 | 68,9 | 0,82 | -0,085 | -0,070 |
| 32 | 1997 | 15,7 | 14,8 | 71,1 | 0,82 | -0,085 | -0,070 |
| 33 | 1998 | 30,2 | 14,7 | 73,3 | 0,82 | -0,088 | -0,072 |
| 34 | 1999 | 23,6 | 14,3 | 75,6 | 0,79 | -0,100 | -0,079 |
| 35 | 2000 | 14,8 | 14,3 | 77,8 | 0,79 | -0,100 | -0,079 |
| 36 | 2001 | 18,3 | 13,9 | 80,0 | 0,77 | -0,112 | -0,087 |
| 37 | 2002 | 14,9 | 13,7 | 82,2 | 0,76 | -0,119 | -0,090 |
| 38 | 2003 | 12,9 | 12,9 | 84,4 | 0,72 | -0,145 | -0,104 |
| 39 | 2004 | 20,5 | 12,8 | 86,7 | 0,71 | -0,148 | -0,105 |
| 40 | 2005 | 23,4 | 12,5 | 88,9 | 0,69 | -0,158 | -0,110 |
| 41 | 2006 | 16,0 | 12,3 | 91,1 | 0,68 | -0,165 | -0,113 |
| 42 | 2007 | 14,8 | 11,5 | 93,3 | 0,64 | -0,195 | -0,124 |
| 43 | 2008 | 15,2 | 11,0 | 95,6 | 0,61 | -0,214 | -0,131 |
| 44 | 2009 | 17,1 | 8,9 | 97,8 | 0,49 | -0,308 | -0,152 |
| Сумма | | 793,7 | | | 44,09 | -0,617 | 0,687 |
| Среднее | | 18,0 | | | | | |

Расчетный коэффициент вариации и коэффициент асимметрии определяется в зависимости от статистик λ_2 и λ_3 , которые определяются по формулам (3.32), (3.33).

$$\lambda_2 = \frac{-0,617}{44-1} = -0,014; \quad \lambda_3 = \frac{0,678}{44-1} = 0,016.$$

Используя номограмму (прил. Г, рис. Г3) определяем $C_v = 0,27$ при $C_s = 3,0 C_v$. Далее по этим параметрам определяем модульные коэффициенты для трехпараметрического гамма-распределения (прил. Г,

табл. Г3). Результаты заносим в табл. 3.11 и, используя $\bar{Q}=18,0 \text{ м}^3/\text{с}$, определяем ординаты аналитической кривой по формуле

$$Q_p = k_p \cdot \bar{Q}, \quad (3.37)$$

где k_p – модульный коэффициент различной обеспеченности.

Таблица 3.11. Ординаты аналитической кривой трехпараметрического гамма-распределения годовых расходов р. Оресса – с. Андреевка

| | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $P, \%$ | 0,01 | 0,1 | 1 | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 95 | 99 | 99,9 |
| k_p | 2,156 | 1,861 | 1,583 | 1,367 | 1,267 | 1,122 | 0,978 | 0,856 | 0,711 | 0,622 | 0,543 |
| Q_p | 38,8 | 33,5 | 28,5 | 24,6 | 22,8 | 20,2 | 17,6 | 15,4 | 12,8 | 11,2 | 9,77 |

Определяем среднеквадратические ошибки нормы годового стока и коэффициента вариации с учетом автокорреляции ($r(1)=0,36$) по формулам (3.2) и (3.31):

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{0,27}{\sqrt{44}} \cdot \sqrt{\frac{1+0,36}{1-0,36}} \cdot 100 \% = 5,9 \%;$$

$$\sigma_{c_v} = \frac{0,27}{44 + 4 \cdot 0,27^2} \cdot \sqrt{\frac{44 \cdot (1 + 0,27^2)}{2}} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 0,27 \cdot 0,36^2}{1 + 0,36} \right) \cdot 100 \% = 3,1 \%.$$

Полученные среднеквадратические ошибки нормы стока и коэффициента корреляции не превышают допустимых значений $5,9 \% < 10 \%$ и $3,1 \% < 10 \%$.

2. *Метод моментов.* Выравнивание эмпирических кривых распределения заключается в том, что эмпирическая кривая заменяется такой теоретической кривой, моменты площади которой равны моментам площади эмпирической кривой. Из этого следует, что среднее арифметическое значение переменной, или первый момент эмпирической кривой, приравнивается к первому моменту математической кривой. Среднеквадратическое отклонение, или коэффициент вариации, представляющий собой второй момент эмпирической кривой, приравнивается ко второму моменту математической кривой. Коэффициент асимметрии, или третий момент эмпирической кривой, приравнивается к третьему моменту математической кривой. Эти положения составляют суть метода моментов, на основе которого выполняется выравнивание эмпирических кривых распределения с помощью аналитических кривых распределения. Данный метод обычно применяется в случае,

если изменчивость годового стока невелика и характеризуется коэффициентами вариации $C_v \leq 0,50$.

Расчет статистических параметров кривой распределения годовых расходов воды приведен в табл. 3.12.

По полученным значениям вычисляем смещенные коэффициенты вариации и асимметрии по формулам (3.29) и (3.30):

$$\tilde{C}_v = \sqrt{\frac{3,024}{44-1}} = 0,27, \quad \tilde{C}_s = \frac{44 \cdot 0,408}{0,27^3 \cdot (44-1)(44-2)} = 0,51 \cdot$$

Поскольку $C_v < 0,6$ и $C_s < 1,0$, коэффициенты вариации и асимметрии принимаем без введения поправок:

$$\frac{\tilde{C}_s}{\tilde{C}_v} = \frac{0,51}{0,27} = 1,9.$$

Таблица 3.12. Параметры кривой распределения годовых расходов воды р. Оресса – с. Андреевка, рассчитанные методом моментов

| Год | $Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$ | $Q_i^{\text{убыв}}, \text{ м}^3/\text{с}$ | $P, \%$ | k_i | k_{i-1} | $(k_{i-1})^2$ | $(k_{i-1})^3$ |
|------|-----------------------------|---|---------|-------|-----------|---------------|---------------|
| 1966 | 19,7 | 30,2 | 2,2 | 1,68 | 0,68 | 0,459 | 0,311 |
| 1967 | 20,3 | 29,2 | 4,4 | 1,62 | 0,62 | 0,387 | 0,241 |
| 1968 | 20,0 | 26,5 | 6,7 | 1,47 | 0,47 | 0,223 | 0,105 |
| 1969 | 16,9 | 23,8 | 8,9 | 1,32 | 0,32 | 0,104 | 0,033 |
| 1970 | 26,5 | 23,6 | 11,1 | 1,31 | 0,31 | 0,097 | 0,030 |
| 1971 | 20,9 | 23,4 | 13,3 | 1,30 | 0,30 | 0,090 | 0,027 |
| 1972 | 13,7 | 23,1 | 15,6 | 1,28 | 0,28 | 0,080 | 0,023 |
| 1973 | 15,7 | 23,0 | 17,8 | 1,28 | 0,28 | 0,077 | 0,021 |
| 1974 | 19,2 | 21,8 | 20,0 | 1,21 | 0,21 | 0,045 | 0,009 |
| 1975 | 23,1 | 21,5 | 22,2 | 1,19 | 0,19 | 0,038 | 0,007 |
| 1976 | 14,7 | 21,0 | 24,4 | 1,17 | 0,17 | 0,028 | 0,005 |
| 1977 | 18,3 | 20,9 | 26,7 | 1,16 | 0,16 | 0,026 | 0,004 |
| 1978 | 20,1 | 20,5 | 28,9 | 1,14 | 0,14 | 0,019 | 0,003 |
| 1979 | 21,5 | 20,3 | 31,1 | 1,13 | 0,13 | 0,016 | 0,002 |
| 1980 | 29,2 | 20,1 | 33,3 | 1,12 | 0,12 | 0,014 | 0,002 |
| 1981 | 23,8 | 20,0 | 35,6 | 1,11 | 0,11 | 0,012 | 0,001 |
| 1982 | 23,0 | 19,7 | 37,8 | 1,09 | 0,09 | 0,009 | 0,001 |
| 1983 | 18,7 | 19,2 | 40,0 | 1,07 | 0,07 | 0,004 | 0,000 |
| 1984 | 8,9 | 18,7 | 42,2 | 1,04 | 0,04 | 0,002 | 0,000 |
| 1985 | 12,5 | 18,4 | 44,4 | 1,02 | 0,02 | 0,000 | 0,000 |
| 1986 | 12,8 | 18,3 | 46,7 | 1,02 | 0,02 | 0,000 | 0,000 |
| 1987 | 11,0 | 18,3 | 48,9 | 1,02 | 0,02 | 0,000 | 0,000 |
| 1988 | 14,3 | 18,3 | 51,1 | 1,02 | 0,02 | 0,000 | 0,000 |
| 1989 | 14,3 | 17,1 | 53,3 | 0,95 | -0,05 | 0,002 | 0,000 |

Окончание табл. 3.12

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------|--------------|--------------|------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 1990 | 18,3 | 16,9 | 55,6 | 0,94 | -0,06 | 0,004 | 0,000 |
| 1991 | 18,4 | 16,0 | 57,8 | 0,89 | -0,11 | 0,012 | -0,001 |
| 1992 | 11,5 | 15,7 | 60,0 | 0,87 | -0,13 | 0,016 | -0,002 |
| 1993 | 21,0 | 15,7 | 62,2 | 0,87 | -0,13 | 0,016 | -0,002 |
| 1994 | 21,8 | 15,2 | 64,4 | 0,84 | -0,16 | 0,024 | -0,004 |
| 1995 | 13,9 | 14,9 | 66,7 | 0,83 | -0,17 | 0,030 | -0,005 |
| 1996 | 12,3 | 14,8 | 68,9 | 0,82 | -0,18 | 0,032 | -0,006 |
| 1997 | 15,7 | 14,8 | 71,1 | 0,82 | -0,18 | 0,032 | -0,006 |
| 1998 | 30,2 | 14,7 | 73,3 | 0,82 | -0,18 | 0,034 | -0,006 |
| 1999 | 23,6 | 14,3 | 75,6 | 0,79 | -0,21 | 0,042 | -0,009 |
| 2000 | 14,8 | 14,3 | 77,8 | 0,79 | -0,21 | 0,042 | -0,009 |
| 2001 | 18,3 | 13,9 | 80,0 | 0,77 | -0,23 | 0,052 | -0,012 |
| 2002 | 14,9 | 13,7 | 82,2 | 0,76 | -0,24 | 0,057 | -0,014 |
| 2003 | 12,9 | 12,9 | 84,4 | 0,72 | -0,28 | 0,080 | -0,023 |
| 2004 | 20,5 | 12,8 | 86,7 | 0,71 | -0,29 | 0,083 | -0,024 |
| 2005 | 23,4 | 12,5 | 88,9 | 0,69 | -0,31 | 0,093 | -0,029 |
| 2006 | 16,0 | 12,3 | 91,1 | 0,68 | -0,32 | 0,100 | -0,032 |
| 2007 | 14,8 | 11,5 | 93,3 | 0,64 | -0,36 | 0,130 | -0,047 |
| 2008 | 15,2 | 11,0 | 95,6 | 0,61 | -0,39 | 0,151 | -0,059 |
| 2009 | 17,1 | 8,9 | 97,8 | 0,49 | -0,51 | 0,258 | -0,131 |
| Сумма | 793,7 | 793,7 | | 44,0 | 0,092 | 3,024 | 0,408 |
| Среднее | 18,0 | 18,0 | | | | | |

Полученное соотношение близко к 2,0, поэтому для дальнейших расчетов принимается $\frac{\tilde{C}_s}{\tilde{C}_v} = 2,0$. Определяются среднеквадратические ошибки нормы годового стока и коэффициента вариации, так как коэффициент вариации в обоих методах получился равным 0,27, то и соответствующие ошибки будут одинаковыми, а именно:

$$\sigma_{\bar{Q}} = 5,9 \% , \sigma_{C_v} = 3,1 \% .$$

Полученная ошибка нормы стока не превышает допустимого значения $5,9 \% < 10 \%$, следовательно, продолжительность рассматриваемого периода достаточна.

По принятым параметрам $C_s = 0,51$ и норме стока вычисляем ординаты биномиальной кривой распределения (табл. 3.13). Число Фостера (Φ_p) определяем по прил. Г, табл. Г4. Модульный коэффициент рассчитываем по формуле

$$k_p = \Phi_p \cdot C_v + 1, \quad (3.38)$$

где Φ_p – нормированное отклонение ординаты кривой обеспеченности.

Таблица 3.13. Ординаты аналитической кривой биномиального распределения годовых расходов р. Оресса – с. Андреевка (для метода моментов)

| $P, \%$ | 0,01 | 0,1 | 1 | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 95 | 99 | 99,9 |
|----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Φ_p | 4,85 | 3,83 | 2,69 | 1,78 | 1,33 | -0,09 | -0,72 | -1,48 | -1,65 | -1,95 | -2,39 |
| k_p | 2,31 | 2,03 | 1,73 | 1,48 | 1,36 | 0,98 | 0,81 | 0,60 | 0,55 | 0,47 | 0,35 |
| Q_p | 41,6 | 36,6 | 31,1 | 26,6 | 24,4 | 17,6 | 14,5 | 10,8 | 10,0 | 8,54 | 6,38 |

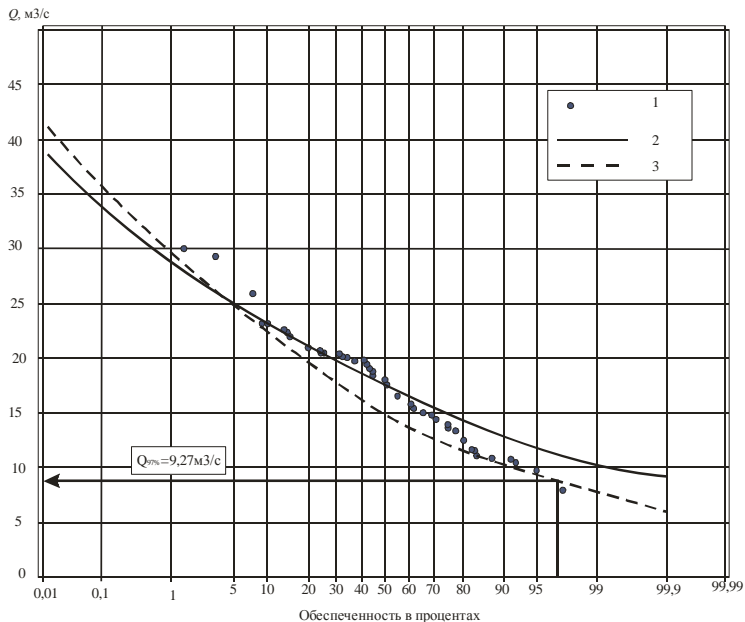


Рис. 3.2. Кривые распределения годовых расходов р. Оресса – с. Андреевка:
 1 – эмпирические точки; 2 – трехпараметрическое гамма-распределение;
 3 – биномиальное распределение

По полученным данным на клетчатке вероятности строятся аналитические кривые трехпараметрического гамма-распределения (табл. 3.11) и биномиального распределения (табл. 3.13), а также наносятся эмпирические точки (табл. 3.10, гр. 4, 5) годовых расходов воды р. Оресса – с. Андреевка.

Анализируя рис. 3.2, делаем вывод, что наибольшее соответствие эмпирическим точкам наблюдается у кривой биномиального распределения, по которой снимаем искомое значение годового стока заданной обеспеченности $Q_{97\%} = 9,27 \text{ м}^3/\text{с}$.

Практическая работа № 14. ПОСТРОЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ И ЭМПИРИЧЕСКОЙ КРИВЫХ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ГОДОВОГО СТОКА

Цель работы: изучить особенности построения гистограммы и эмпирической кривой обеспеченности среднегодовых расходов воды.

Исходные данные: среднегодовые расходы воды ($\text{м}^3/\text{с}$) р. Западная Двина – г. Витебск по данным наблюдений за 93 года (1879–1940 гг., 1945–1975 гг.) (табл. 3.14).

Задание к работе: построить гистограмму и эмпирическую кривую обеспеченности среднегодовых расходов воды р. Западная Двина – г. Витебск.

Ход выполнения работы.

1. Выбирают из табл. 3.14 наибольший и наименьший среднегодовые расходы: $Q_{\max} = 375 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_{\min} = 100 \text{ м}^3/\text{с}$. Вычисляют амплитуду расходов: $A = 375 - 100 = 275 \text{ м}^3/\text{с}$.

2. Назначают число интервалов $c = 10$ каждый длиной $\Delta Q_i = A/c = 275/10 = 27,5 \text{ м}^3/\text{с}$ или, округляя до ближайшего удобного значения, принимают $\Delta Q_i = 30 \text{ м}^3/\text{с}$.

3. Подсчитывают абсолютные частоты n_i или число попаданий расходов в данный i -й интервал. Определяют относительные частоты m_i , выражая для этого абсолютные частоты каждого интервала в долях от общего числа расходов $n = 93$ ($m_i = n_i/n$). После этого находят накопленные относительные частоты Σm , представляющие собой сумму относительных частот, начиная с первого интервала и кончая данным.

Все результаты расчетов сводят в табл. 3.15.

Контроль вычислений: $\sum_{i=1}^c n_i = n$ (гр. 3), $\sum_{i=1}^c m_i = 1$ (гр. 4).

4. Откладывая в выбранном масштабе на оси ординат нижние границы интервалов ΔQ_i (гр. 2), а на оси абсцисс относительные частоты m_i попаданий расходов в эти интервалы, строят на миллиметровке гистограмму I – ступенчатый график распределения относительных частот по выбранным интервалам (рис. 3.3). На этом же листе по данным гр. 5 вычерчивают эмпирическую кривую обеспеченности среднегодовых расходов воды 2. При этом накопленные относительные частоты Σm_i относят к нижним границам интервалов.

Таблица 3.14. Среднегодовые расходы воды р. Западная Двина – г. Витебск, м³/с

| | | | | | | | |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| Год | Q | Год | Q | Год | Q | Год | Q |
| 1879 | 300 | 1903 | 268 | 1926 | 254 | 1953 | 351 |
| 1880 | 251 | 1904 | 189 | 1927 | 375 | 1954 | 171 |
| 1881 | 223 | 1905 | 319 | 1928 | 265 | 1955 | 235 |
| 1882 | 146 | 1906 | 219 | 1929 | 226 | 1956 | 270 |
| 1883 | 218 | 1907 | 211 | 1930 | 233 | 1957 | 296 |
| 1884 | 218 | 1908 | 360 | 1931 | 242 | 1958 | 324 |
| 1885 | 160 | 1909 | 250 | 1932 | 309 | 1959 | 202 |
| 1886 | 212 | 1910 | 179 | 1933 | 304 | 1960 | 186 |
| 1887 | 256 | 1911 | 196 | 1934 | 170 | 1961 | 222 |
| 1888 | 175 | 1912 | 176 | 1935 | 244 | 1962 | 362 |
| 1889 | 176 | 1913 | 196 | 1936 | 199 | 1963 | 130 |
| 1890 | 137 | 1914 | 202 | 1937 | 156 | 1964 | 124 |
| 1891 | 190 | 1915 | 207 | 1938 | 179 | 1965 | 172 |
| 1892 | 232 | 1916 | 265 | 1939 | 101 | 1966 | 223 |
| 1893 | 200 | 1917 | 329 | 1940 | 153 | 1967 | 159 |
| 1894 | 231 | 1918 | 184 | 1945 | 218 | 1968 | 190 |
| 1895 | 272 | 1919 | 161 | 1946 | 202 | 1969 | 140 |
| 1896 | 212 | 1920 | 145 | 1947 | 243 | 1970 | 216 |
| 1897 | 179 | 1921 | 100 | 1948 | 200 | 1971 | 172 |
| 1898 | 174 | 1922 | 251 | 1949 | 196 | 1972 | 154 |
| 1899 | 310 | 1923 | 247 | 1950 | 259 | 1973 | 153 |
| 1900 | 204 | 1924 | 217 | 1951 | 178 | 1974 | 166 |
| 1901 | 207 | 1925 | 201 | 1952 | 233 | 1975 | 209 |
| 1902 | 375 | | | | | | |

Таблица 3.15. Эмпирическое распределение среднегодовых расходов воды р. Западная Двина – г. Витебск

| Номер интервала | Интервал расходов ΔQ_i , м ³ /с | Частота | | Накопленная относительная частота Σm_i |
|-----------------|--|------------------|-----------------------------|--|
| | | абсолютная n_i | относительная $m_i = n_i/n$ | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 399–370 | 2 | 0,0215 | 0,0215 |
| 2 | 369–340 | 3 | 0,0323 | 0,0538 |
| 3 | 339–310 | 4 | 0,0430 | 0,0968 |
| 4 | 309–280 | 4 | 0,0430 | 0,1398 |
| 5 | 279–250 | 11 | 0,1183 | 0,2581 |
| 6 | 249–220 | 13 | 0,1398 | 0,3979 |
| 7 | 219–190 | 25 | 0,2688 | 0,6667 |
| 8 | 189–160 | 18 | 0,1935 | 0,8602 |
| 9 | 159–130 | 10 | 0,1075 | 0,9677 |
| 10 | 129–100 | 3 | 0,0323 | 1,0000 |
| | | Σ 93 | Σ 1,0000 | – |

Гистограмма распределения показывает, что наибольшую частоту за период наблюдений имели расходы воды р. Западная Двина – г. Витебск в интервале 190–219 м³/с – 0,27, или 27 % всех случаев; вправо и влево от этого интервала частота уменьшается. Положение интервала наибольшей частоты относительно среднеарифметического всего ряда наблюдений (равного 222 м³/с и входящего в интервал 220–249) указывает на наличие положительной ($C_s > 0$) асимметрии в распределении расходов, так как чаще наблюдаются расходы меньше среднеарифметического.

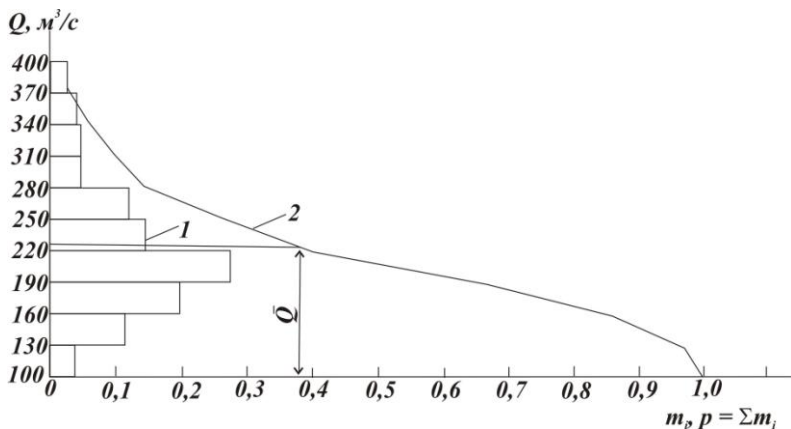


Рис. 3.3. Гистограмма (1) и эмпирическая кривая обеспеченности (2) среднегодовых расходов р. Западная Двина – г. Витебск за период 1879–1940, 1945–1975 гг.

Эмпирическая кривая обеспеченности, или кривая накопленных частот, позволяет определить эмпирическую вероятности превышения любого заданного расхода воды и, наоборот, по заданной обеспеченности найти соответствующий ей расход воды. Например, обеспеченность расхода воды 265 м³/с по кривой равна 0,195, или 19,5 %. Это означает, что в каждом году с вероятностью 19,5 % можно ожидать среднегодовой расход 265 м³/с или больше, т. е. расход 265 м³/с обеспечен в 19,5 % всех случаев. С вероятностью 100–19,5=80,5 % среднегодовой расход воды будет меньше 265 м³/с.

Исходные данные: среднегодовые расходы воды (м³/с) р. Урал – г. Верхнеуральск по данным наблюдений за 25 лет (1956–1980 гг.).

Задание к работе: построить эмпирическую кривую обеспеченности среднегодовых расходов воды, выразив ее ординаты в модульных коэффициентах.

Ход выполнения работы.

1. Эмпирическую кривую обеспеченности строят по второму, наиболее распространенному способу, так как для первого способа недостаточна продолжительность имеющегося ряда наблюдений. Все необходимые данные и результаты вычислений помещают в табл. 3.16.

Хронологический ряд наблюденных среднегодовых расходов воды р. Урал – г. Верхнеуральск за 25 лет (гр. 3) располагают в порядке убывания (гр. 4). Подсчитывают среднеарифметическое $\bar{Q} = 204,35/25 = 8,174 \text{ м}^3/\text{с}$ (третья цифра после запятой необходима только для промежуточных расчетов).

Таблица 3.16. Вычисление эмпирической обеспеченности среднегодовых расходов воды р. Урал – г. Верхнеуральск

| № п/п | Годы | Среднегодовые расходы Q , $\text{м}^3/\text{с}$ | Q в порядке убывания, $\text{м}^3/\text{с}$ | $K_m = \frac{Q_m}{\bar{Q}}$ | $P_m = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%$ |
|-------|------|---|---|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 1956 | 6,05 | 17,9 | 2,190 | 3,85 |
| 2 | 1957 | 9,46 | 14,2 | 1,737 | 7,69 |
| 3 | 1958 | 8,52 | 14,2 | 1,737 | 11,5 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 24 | 1979 | 5,23 | 1,92 | 0,235 | 92,3 |
| 25 | 1980 | 7,50 | 1,15 | 0,141 | 196,2 |
| | | $\Sigma 204,35$ | $\Sigma 204,35$ | $\Sigma 25,000$ | |

Далее (гр. 5) выражают каждый m -й член ранжированного в порядке убывания ряда в долях среднеарифметического: $K_m = \frac{Q_m}{\bar{Q}}$, т. е. в виде модульных коэффициентов: $K_1 = 17,9/8,174 = 2,190$, $K_2 = 14,2/8,174 = 1,737$; ... ; $K_{25} = 1,15/8,174 = 0,141$.

2. Для каждого m -го модульного коэффициента вычисляют соответствующую ему эмпирическую обеспеченность (гр. 6):

$$P_1 = \frac{1}{25+1} \cdot 100 = 3,85\% ; P_2 = \frac{2}{25+1} \cdot 100 = 7,69\% ;$$

$$P_{25} = \frac{25}{25+1} \cdot 100 = 96,2\% .$$

Контроль вычислений: $\sum_{m=1}^n K_m = n$ (допустимое отклонение $\pm 0,005$).

3. Вычисленные значения K_m и p_m наносят на график и по ним проводят осредненную на глаз эмпирическую кривую обеспеченности среднегодовых расходов воды (в модульных коэффициентах) р. Днепр – г. Верхнеуральск (рис. 3.4).

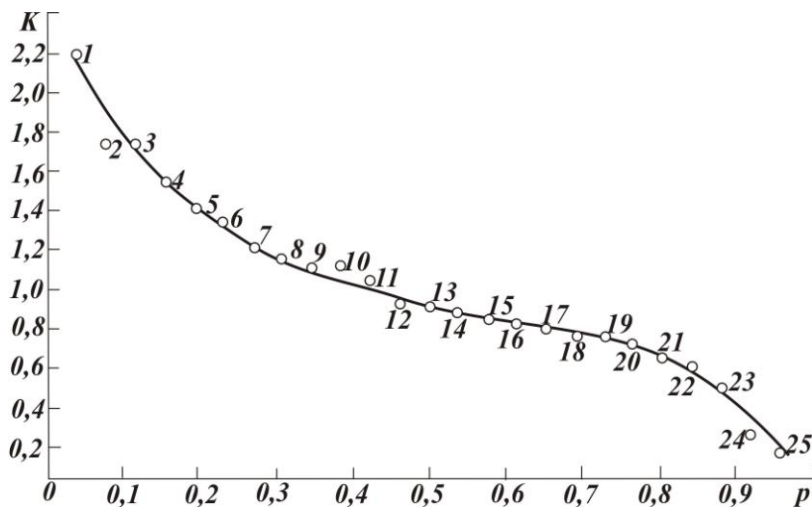


Рис. 3.4. Эмпирическая кривая обеспеченности среднегодовых расходов воды р. Урал – г. Верхнеуральск за период 1956–1980 гг.

Практическая работа № 15. РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ТАЛЫХ И ДОЖДЕВЫХ ВОД ПРИ НАЛИЧИИ И ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Цель работы: изучить методику расчета максимальных расходов талых и дождевых вод при наличии и отсутствии данных наблюдений.

Задание к работе.

1. Произвести расчет максимальных расходов талых вод при наличии данных наблюдений.
2. Произвести расчет максимальных расходов талых вод при отсутствии данных наблюдений.

3. Произвести расчет максимальных расходов дождевых вод при отсутствии данных наблюдений.

Ход выполнения работы.

Расчет максимальных расходов талых вод при наличии данных наблюдений. Расчеты максимальных расходов являются обязательными и считаются одной из наиболее ответственных задач в составе проектов гидротехнических сооружений и мелиоративных систем.

От правильного определения максимальных расходов воды и размеров водопропускных отверстий зависит не только стоимость сооружений, но также бесперебойность и безаварийность их работы. Занижение максимальных расходов приводит к разрушению сооружений, затоплению прилегающих территорий, материальному ущербу и человеческим жертвам. Завышение максимальных расходов увеличивает стоимость сооружения, что снижает его экономическую эффективность.

Расчетные гидрологические характеристики максимального стока воды рек весеннего половодья и дождевых паводков определяются по теоретическим кривым обеспеченности так же, как и значения средних годовых расходов (практическая работа № 13).

Статистическими параметрами кривых обеспеченности максимальных и минимальных расходов являются средние многолетние значения максимальных \bar{Q}_{\max} и минимальных \bar{Q}_{\min} расходов, коэффициент вариации C_v и коэффициент асимметрии C_s . Вычисляются они теми же способами, что и соответствующие параметры годового стока. Определяются среднеквадратические ошибки параметров кривых обеспеченности максимальных расходов воды $\delta_{Q_{\max}}$, δ_{C_v} .

Расчетные значения отношения коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации следует принимать как среднее из значений, установленных по данным группы рек с наиболее продолжительными наблюдениями за стоком.

Для рек с продолжительностью стояния максимальных расходов воды сутки и более расчет производится по среднесуточным значениям, менее суток – по мгновенным расходам воды. При прохождении максимального расхода воды между сроками наблюдений его значение определяют на основе установления соотношения между мгновенными и среднесуточными его значениями по данным измерений других лет с наибольшими расходами воды или по данным рек-аналогов.

При невозможности разделения максимальных годовых расходов воды на максимальные расходы дождевых и талых вод допускается

построение кривых распределения ежегодных вероятностей превышения максимальных расходов воды независимо от их происхождения.

Расчетные максимальные расходы воды зарегулированных рек определяются исходя из расчетного максимального расхода воды реки в естественном незарегулированном состоянии с изменением его в результате хозяйственной деятельности в бассейне реки и трансформации проектируемыми или действующими водохранилищами.

Расчетная ежегодная вероятность превышения максимальных расходов воды устанавливается на основании норм проектирования речных гидротехнических сооружений, защитных сооружений на водохранилищах и в нижнем бьефе гидроузлов, гидротехнических сооружений мелиоративных систем и систем водоснабжения, включая насосные станции.

Пример расчета.

Определение расчетных величин максимальных расходов ежегодной вероятности превышения (обеспеченности) при наличии данных наблюдений производится в приведенном ниже порядке.

Расчет величин максимальных расходов при наличии данных наблюдений будем вести по методу наибольшего правдоподобия. Исходный ряд наблюдений дан в табл. 3.17.

Таблица 3.17. Максимальные расходы воды р. Оресса – с. Андреевка за 1950–2009 гг., $A=3580 \text{ км}^2$

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| Год | 1950 | 1951 | 1952 | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 |
| $Q_{\max is}, \text{ м}^3/\text{с}$ | 30,3 | 77,7 | 14,9 | 79,0 | 14,7 | 103 | 239,0 | 41,6 | 264 |

Продолжение табл. 3.17

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Год | 1959 | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 |
| $Q_{\max is}, \text{ м}^3/\text{с}$ | 40,0 | 32,0 | 33,7 | 65,8 | 90,2 | 52,7 | 68,0 | 132,0 | 71,5 |

Продолжение табл.3.17

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Год | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 |
| $Q_{\max is}, \text{ м}^3/\text{с}$ | 85,9 | 77,2 | 119 | 82,8 | 21,3 | 35,7 | 26,1 | 28,1 | 88,4 |

Продолжение табл. 3.17

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Год | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
| $Q_{\max is}, \text{ м}^3/\text{с}$ | 33,8 | 57,8 | 92,1 | 75,6 | 75,5 | 44,2 | 61,2 | 16,4 | 41,1 |

Продолжение табл. 3.17

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Год | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
| $Q_{\max i}, \text{M}^3/\text{c}$ | 36,2 | 63,5 | 29,9 | 21,7 | 25,6 | 39,7 | 22,8 | 45,4 | 66,8 |

Продолжение табл. 3.17

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Год | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
| $Q_{\max i}, \text{M}^3/\text{c}$ | 43,0 | 65,8 | 18,9 | 42,0 | 85,9 | 35,7 | 48,6 | 61,4 | 57,1 |

Окончание табл. 3.17

| | | | | | | |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Год | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| $Q_{\max i}, \text{M}^3/\text{c}$ | 61,7 | 78,8 | 61,9 | 62,0 | 35,1 | 33,1 |

Определяется среднее максимальное значение расхода воды по формуле (3.1):

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{\max i}}{n} = \frac{3654,9}{60} = 60,9 \text{M}^3/\text{c}.$$

Значения максимального расхода воды ($Q_{\max i}$) располагаются в убывающем порядке, и определяется эмпирическая ежегодная вероятность превышения по формуле (3.34). Рассчитываются модульные коэффициенты k_i , а также $\lg k_i$ и произведения $k_i \cdot \lg k_i$. Результаты расчетов записываются в табл. 3.18.

Таблица 3.18. Параметры кривой распределения максимального расхода воды р. Оресса – с. Андреевка, рассчитанные методом наибольшего правдоподобия

| Номер члена ряда | Год | $Q_{\max i}, \text{M}^3/\text{c}$ | $Q_{\max i \text{ убыв}}, \text{M}^3/\text{c}$ | $P, \%$ | $k_i = \frac{Q_{\max i \text{ убыв}}}{\bar{Q}}$ | $\lg k_i$ | $k_i \cdot \lg k_i$ |
|------------------|------|-----------------------------------|--|---------|---|---------------|---------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 1950 | 30,3 | 264 | 1,6 | 4,33 | 0,637 | 2,760 |
| 2 | 1951 | 77,7 | 239 | 3,3 | 3,92 | 0,594 | 2,329 |
| 3 | 1952 | 14,9 | 132 | 4,9 | 2,17 | 0,336 | 0,728 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 58 | 2007 | 62,0 | 16,4 | 95,1 | 0,27 | -0,570 | -0,153 |
| 59 | 2008 | 35,1 | 14,9 | 96,7 | 0,24 | -0,612 | -0,150 |
| 60 | 2009 | 33,1 | 14,7 | 98,4 | 0,24 | -0,617 | -0,149 |
| Сумма | | 3654,9 | | | 60,0 | -4,898 | 5,170 |
| Среднее | | 60,9 | | | | | |

По данным табл. 3.18 на клетчатку вероятности наносятся эмпирические точки (гр. 5 и 6) и строится сглаженная эмпирическая кривая обеспеченности (рис. 3.5).

Вычисляются суммы $\sum_{i=1}^n \lg k_i = -4,898$ и $\sum_{i=1}^n k_i \cdot \lg k_i = 5,170$ для определения статистик λ_2 и λ_3 , которые рассчитываются по формулам

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg k_i}{n-1} = \frac{-4,898}{60-1} = -0,083; \quad \lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \cdot \lg k_i}{n-1} = \frac{5,170}{60-1} = 0,088.$$

По специальным номограммам (прил. Г, табл. Г3) в соответствии с вычисленными статистиками λ_2 и λ_3 , определяется коэффициент вариации $C_v = 0,77$, отношение $C_v/C_v=5,0$. Далее по этим параметрам и $\bar{Q}_{\max} = 60,9 \text{ м}^3/\text{с}$ согласно данным прил. Г, табл. Г3 вычисляются ординаты кривой трехпараметрического гамма-распределения и заносятся в табл. 3.19.

Таблица 3.19. **Ординаты аналитической кривой трехпараметрического гамма-распределения р. Оресса – с. Андреевка**

| | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $P, \%$ | 0,01 | 0,1 | 1 | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 95 | 99 |
| k_p | 12,11 | 7,207 | 3,937 | 2,353 | 1,839 | 1,214 | 0,792 | 0,525 | 0,305 | 0,215 |
| $Q_{\max p}, \text{ м}^3/\text{с}$ | 737 | 439 | 240 | 143 | 112 | 73,9 | 48,2 | 32,0 | 18,6 | 13,1 |

По данным та Т

о

$$Q'_{\max 1\%} = 3,937 \cdot 60,9 = 240 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q'_{\max 5\%} = 2,353 \cdot 60,9 = 143 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q'_{\max 10\%} = 1,839 \cdot 60,9 = 112 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q'_{\max 25\%} = 1,214 \cdot 60,9 = 73,9 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Модульный коэффициент K_p определяется по прил. Г, табл. Г3 для трехпараметрического гамма-распределения в зависимости от C_v и C_v/C_v для заданной обеспеченности максимальных расходов.

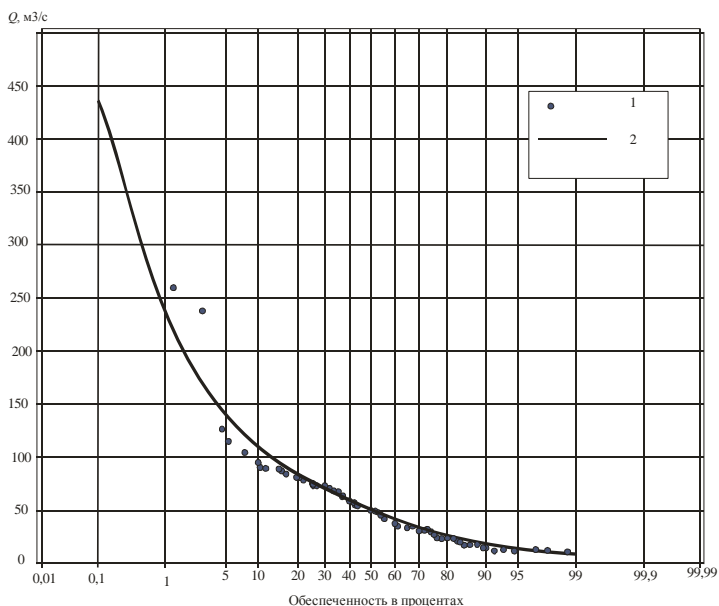


Рис. 3.5. Кривые распределения максимальных расходов воды весеннего половодья р. Оресса – с. Андреевка:
1 – эмпирические точки; 2 – трехпараметрическое гамма-распределение

2. *Расчет максимальных расходов талых вод при отсутствии данных наблюдений.* Максимальным расчетным расходом воды называют расход, на пропуск которого рассчитывают водопропускные и водосбросные отверстия гидротехнических сооружений, мостовые отверстия и т. д. Занижение максимального расчетного расхода приводит к переполнению водохранилищ и разрушению сооружений, что влечет

за собой значительный материальный ущерб.

В настоящее время в строительном проектировании расчетная схема определения максимальных расходов воды при отсутствии данных наблюдений основана на эмпирической редуцированной формуле, учитывающей редуцирование коэффициента дружности половодья по площади водосбора. Методы расчета максимальных расходов воды рек весеннего половодья, изложенные в настоящем разделе, следует применять при расчете для водосборов с площадями от элементарно малых (менее 1 км²) до 20 000 км².

При наличии рек-аналогов расчетный максимальный расход воды весеннего половодья Q_P (м³/с) заданной ежегодной вероятности превышения определяется по редуцированной формуле

$$Q_P = \frac{K_0 \cdot h_P \cdot \mu \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2}{(A+1)^{0,20}} \cdot A, \quad (3.39)$$

где K_0 – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья, который рассчитывают как среднее из значений, определенных по данным нескольких рек-аналогов обратным путем из формулы (3.39);

h_P – расчетный слой суммарного весеннего стока (без срезки грунтового питания) (мм) ежегодной вероятности превышения $P\%$;

μ – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоев стока и максимальных расходов воды (табл. 3.20);

δ – коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер;

δ_1, δ_2 – коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода воды соответственно в залесенных и заболоченных водосборах;

A – площадь водосбора до расчетного створа реки, км².

При обосновании в формулу (3.39) допускается введение дополнительных параметров, учитывающих влияние естественных и искусственных факторов на формирование максимального стока воды рек весеннего половодья.

Таблица 3.20. Значения коэффициента μ , учитывающего неравенство параметров слоя стока и максимальных расходов

| Водосбор | Значения коэффициента μ при различной обеспеченности, % | | | |
|---------------------------|--|------|------|------|
| | 1 | 5 | 10 | 25 |
| Правые притоки р. Припять | 1,0 | 0,93 | 0,87 | 0,81 |
| Прочие реки Беларуси | 1,0 | 0,90 | 0,84 | 0,75 |

Расчетный слой стока h_p (мм) определяется следующими методами:
 – по данным рек-аналогов;
 – в зависимости от коэффициента вариации C_v и соотношения C_s/C_v , а также среднего многолетнего слоя стока весеннего половодья h_0 .

Средний многолетний слой весеннего стока h_0 (мм) и коэффициент вариации слоя стока C_v определяются по данным рек-аналогов, а при невозможности их подбора – интерполяцией по картам, построенным для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений, а также по картам изолиний, приведенным в нормативных документах.

Расчетный слой весеннего половодья определяется по формуле

$$h_p = k_p \cdot \bar{h}, \quad (3.40)$$

где k_p – модульный коэффициент расчетной обеспеченности, определяемый по прил. Г, табл. Г3 для трехпараметрического гамма-распределения в зависимости от коэффициента вариации C_v и соотношения C_s/C_v . Коэффициент вариации слоя стока C_v определяется по прил. Г, рис. Г13. Соотношение C_s/C_v принимается по табл. 3.21;

\bar{h} – средний многолетний слой стока весеннего половодья (мм), определяемый по картам изолиний прил. Г, рис. Г12.

Для рек с площадями водосбора менее 200 км² в значения C_v , полученные по карте изолиний, следует вводить поправочный коэффициент k_{C_v} , учитывающий величину площади водосбора и определяемый по формуле

$$k_{C_v} = 1,3 - 0,0014 \cdot A, \quad (3.41)$$

где A – площадь водосбора до расчетного створа реки, км².

Таблица 3.21. Соотношения C_s/C_v для водосборов Беларуси

| Территория | Значение соотношения C_s/C_v |
|--|--------------------------------|
| Бассейн р. Западная Двина | 2 |
| Бассейн р. Неман и левобережные притоки р. Припять | 3 |
| Бассейны р. Днепр, Сож, Березина, правобережные притоки р. Припять | 4 |

Расчетное значение отношения коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации C_s/C_v устанавливается по рекам-аналогам.

Коэффициент δ , учитывающий снижение максимального стока рек, зарегулированных проточными озерами, определяется по формуле

$$\delta = \frac{1}{1 + c \cdot A_{\text{оз}}}, \quad (3.42)$$

где c – коэффициент, принимаемый в зависимости от среднего многолетнего слоя весеннего стока h_0 . При $h_0 \geq 100$ мм $c=0,2$; при $h_0=50$ мм $c=0,3$; при h_0 , изменяющемся от 100 до 50 мм, c находят интерполяцией;

$A_{\text{оз}}$ – средневзвешенная озерность водосбора в процентах, определяемая по формуле

$$A_{\text{оз}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot A_i}{A^2} \cdot 100, \quad (3.43)$$

где S_i – площади зеркал озер, км²;

A_i – площади водосборов озер, км²;

A – площадь водосбора до расчетного створа реки, км².

Если река и ее притоки вытекают из озер, водосборы которых занимают значительную часть площади водосбора реки ($A'_{\text{оз}} > 50$ %), то средневзвешенную озерность $A_{\text{оз}}$ вычисляется по формуле

$$A_{\text{оз}} = \frac{(A'_{\text{оз}} - 2)}{0,92}, \quad (3.44)$$

где $A'_{\text{оз}}$ – относительная озерность в процентах, определяемая как

$$A'_{\text{оз}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot 100}{A}. \quad (3.45)$$

Если озера расположены на водосборе вне главного русла и основных притоков, значение δ следует принимать равным 0,8 независимо от степени озерности.

Влияние прудов, регулирующих меженный сток, при расчете максимальных расходов воды вероятности превышения $P < 5$ % не учитывается, а при $P \geq 5$ % допускается уменьшение расчетного значения расхода воды до 10 %.

Коэффициент δ_1 , учитывающий снижение максимальных расходов воды в залесенных бассейнах, определяется по формуле

$$\delta_1 = \frac{\alpha_1}{(A_{л} + 1)^{0,22}}, \quad (3.46)$$

где α_1 – параметр, учитывающий расположение леса на водосборе (табл. 3.22);

$A_{л}$ – залесенность водосбора, %.

При $A_{л} < 3$ % или при $A_{ос} > 20$ % $\delta_1 = 1$, при $A_{л} > 30$ % $\alpha_1 = 1,0$.

Таблица 3.22. Значения коэффициента α_1

| Расположение леса на водосборе | Залесенность водосбора $A_{л}$, % | | |
|---|------------------------------------|-------|-------|
| | 3–9 | 10–19 | 20–30 |
| В верхней части водосбора | 0,85 | 0,80 | 0,75 |
| Равномерное | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| В нижней и прирусловой частях водосбора | 1,20 | 1,25 | 1,30 |

Коэффициент δ_2 , учитывающий снижение максимального расхода воды заболоченных водосборов, определяется по формуле

$$\delta_2 = 1 - \beta \cdot \lg(0,1 \cdot A_{б} + 1), \quad (3.47)$$

где β – коэффициент, учитывающий тип болот и преобладающий механический состав почв (грунтов) вокруг болота и заболоченных земель (табл. 3.23);

$A_{б}$ – заболоченность водосбора, %.

Таблица 3.23. Значения коэффициента β

| Типы болот и почвогрунтов на водосборе | β |
|--|---------|
| Низинные болота и заболоченные леса и луга на водосборах, сложенных супесчаными и легкосуглинистыми почвами (грунтами) | 0,8 |
| Болота разных типов на водосборе | 0,7 |
| Верховые болота на водосборах, сложенных супесчаными и легкосуглинистыми почвами (грунтами) | 0,5 |
| Верховые болота на водосборах, сложенных среднесуглинистыми и глинистыми почвами (грунтами) | 0,3 |

Внутриболотные озера, рассредоточенные по водосбору и расположенные вне главного русла и основных притоков, следует включать в значение относительной площади болот.

При заболоченности менее 3 % или проточной средневзвешенной озерности более 6 % коэффициент δ_2 принимают равным единице.

При невозможности подобрать реку-аналог расчетные максимальные мгновенные расходы воды Q_p заданной ежегодной вероятности превышения P допускается определять по формуле

$$Q_p = \frac{K'_0 \cdot h_p \cdot \mu \cdot \delta}{1000 \cdot (A+1)^{0,20}} \cdot A, \quad (3.48)$$

где обозначения параметров h_p, μ, δ, A те же, что и в формуле (3.39), а параметр K'_0 определяется по формуле

$$K'_0 = \frac{9,15}{\exp(0,02 \cdot A_{л}) \cdot [1 + 0,07 \cdot (A_{б} + A_{\text{мел.зем}})]} + \frac{1,18}{10^{\frac{0,14}{i}}} + 0,77, \quad (3.49)$$

где $A_{л}$ – относительная залесенность водосбора (%), вычисленная с учетом площадей, занимаемых лесом заболоченным и лесом по суходолу;

$A_{б} + A_{\text{мел.зем}}$ – относительная заболоченность водосбора (%), включающая болота, заболоченные земли и мелиорированные земли на осушенных болотах;

i – уклон водотока, ‰.

Площади мелиорированных земель на водосборе определяются по данным водохозяйственных организаций. Если собрать такие сведения не представляется возможным, допускается площади мелиорированных земель $A_{\text{мел.зем}}$ (км²) определять по зависимости от длины Σl (км) открытой мелиоративной сети по формуле

$$A_{\text{мел.зем}} = 0,21 \cdot \Sigma l. \quad (3.50)$$

Расходы воды весеннего половодья малых рек при соответствующем обосновании допускается определять по упрощенным генетическим формулам.

Пример расчета.

1. Требуется определить максимальные расходы воды весеннего половодья различной расчетной обеспеченности р. Оресса в створе с. Верхутино с использованием реки-аналога. Площадь водосбора $A=520$ км².

Определение максимальных расходов воды весеннего половодья при отсутствии данных наблюдений и наличии реки-аналога производится в нижеприведенной последовательности.

1. По табл. 3.20 определяется коэффициент μ для заданных обеспеченностей: $\mu_{1\%}=1,0$; $\mu_{5\%}=0,90$; $\mu_{10\%}=0,84$; $\mu_{25\%}=0,75$.

2. По прил. Г, рис. Г13 определяется коэффициент вариации $C_v=0,62$, далее по табл. 3.21 находится соотношение $C_s/C_v=3$ и далее по прил. Г, табл. Г3 вычисляются модульные коэффициенты требуемых обеспеченностей: $k_{1\%}=3,156$; $k_{5\%}=2,18$; $k_{10\%}=1,782$; $k_{25\%}=1,264$. По кар-

там изолиний прил. Г, рис. Г12 определяется средний многолетний слой стока весеннего половодья $\bar{h}=50$ мм. Далее по формуле (3.40) рассчитывается слой суммарного весеннего стока каждой обеспеченности:

$$\begin{aligned} h_{1\%} &= 3,156 \cdot 50 = 158 \text{ мм}; & h_{5\%} &= 2,18 \cdot 50 = 109 \text{ мм}; \\ h_{10\%} &= 1,782 \cdot 50 = 89,1 \text{ мм}; & h_{25\%} &= 1,264 \cdot 50 = 63,2 \text{ мм}. \end{aligned}$$

3. Рассчитывается коэффициент $\delta_{оз}$, учитывающий влияние озер, по формуле (3.42), в которой коэффициент $c=0,30$; так как $\bar{h}=50$ мм, коэффициент озерности $A_{оз}=1\%$: $\delta = \frac{1}{1+0,30 \cdot 1} = 0,77$.

4. Рассчитывается коэффициент δ_1 , учитывающий влияние леса, по формуле (2.46), в которой $A_л=67\%$; коэффициент, зависящий от природной зоны и расположения леса на водосборе, определяется по табл. 3.22 ($\alpha_1=1,0$): $\delta_1 = \frac{1,0}{(67+1)^{0,22}} = 0,40$.

5. Рассчитывается коэффициент δ_2 , учитывающий влияние болот, по формуле (3.47), в которой $A_б=46\%$ (суммарная площадь болот, заболоченных земель и заболоченного леса); коэффициент, учитывающий тип болот и преобладающий механический состав, определяется по табл. 2.23 ($\beta=0,7$): $\delta_2 = 1 - 0,7 \cdot \lg(0,1 \cdot 46 + 1) = 0,48$.

6. Определяется коэффициент дружности весеннего половодья K_0 по формуле (3.49). Для этого необходимо подобрать реку-аналог. Как показал анализ имеющейся гидрологической информации, рекой-аналогом может послужить р. Оресса в створе с. Андреевка. Воспользуемся результатами расчетов, в которых получены значения максимальных расходов воды весеннего половодья различной обеспеченности $Q'_{\max 1\%} = 240 \text{ м}^3/\text{с}$ и коэффициент вариации $C_v=0,77$. Рассчитываются остальные параметры, необходимые для вычисления коэффициента дружности половодья. По табл. 3.21 определяется соотношение $C_s/C_v=3$ и далее по прил. Г, табл. Г3 вычисляются модульные коэффициенты требуемых обеспеченностей ($k_{1\%}=3,937$). По картам изолиний прил. Г, рис. Г13 определяется средний многолетний слой стока весеннего половодья $\bar{h}=50$ мм. Далее рассчитывается для водосбора р. Оресса в створе с. Андреевка слой суммарного весеннего стока $\bar{h}_{1\%}=3,937 \cdot 50=197$ мм; коэффициент озерности $\delta=0,77$ ($c=0,30$, $\bar{h}=50$ мм, $A_{оз}=1\%$); коэффициент, учитывающий влияние леса, $\delta_1=0,45$

($A_1=36\%$, $\alpha_1=1,0$); коэффициент, учитывающий влияние болот, $\delta_2=0,54$ ($A_6=25\%$; $\beta=0,7$).

Коэффициент дружности весеннего половодья K_0 для водосбора р. Оресса в створе с. Андреевка

$$K_0 = \frac{Q_p \cdot (A+1)^{0,20}}{h_p \cdot \mu \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot A} = \frac{240 \cdot (3580+1)^{0,20}}{197 \cdot 1,0 \cdot 0,77 \cdot 0,45 \cdot 0,54 \cdot 3580} = 0,009 \cdot$$

7. Рассчитываются максимальные расходы воды весеннего половодья заданных обеспеченностей путем подстановки полученных значений коэффициентов в формулу (3.39), $A=3580 \text{ км}^2$:

$$Q_{1\%} = \frac{0,009 \cdot 1,0 \cdot 158 \cdot 0,77 \cdot 0,40 \cdot 0,48}{(520+1)^{0,20}} \cdot 520 = 31,3 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{5\%} = \frac{0,009 \cdot 0,9 \cdot 109 \cdot 0,77 \cdot 0,40 \cdot 0,48}{(520+1)^{0,20}} \cdot 520 = 19,4 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{10\%} = \frac{0,009 \cdot 0,84 \cdot 89,1 \cdot 0,77 \cdot 0,40 \cdot 0,48}{(520+1)^{0,20}} \cdot 520 = 14,8 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{25\%} = \frac{0,009 \cdot 0,75 \cdot 63,2 \cdot 0,77 \cdot 0,40 \cdot 0,48}{(520+1)^{0,20}} \cdot 520 = 9,39 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Требуется определить максимальные расходы воды весеннего половодья различной расчетной обеспеченности р. Оресса в створе с. Верхутино без использования реки-аналога. Площадь водосбора $A=520 \text{ км}^2$, относительная залесенность водосбора 67 %, относительная заболоченность водосбора 67 %, площадь мелиорированных земель на водосборе 10 %, уклон водотока 0,23 %.

По формуле (3.49) определяем параметр дружности половодья:

$$K'_0 = \frac{9,15}{\exp(0,02 \cdot 67) \cdot [1 + 0,07 \cdot (67 + 10)]} + \frac{1,18}{10^{0,23}} + 0,77 = 1,44.$$

По формуле (3.48) определяем расход расчетной обеспеченности, используя значения h_p , μ , δ , A , полученные выше:

$$Q_{1\%} = \frac{1,44 \cdot 158 \cdot 1,0 \cdot 0,77}{1000 \cdot (520+1)^{0,20}} \cdot 520 = 26,1 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{5\%} = \frac{1,44 \cdot 109 \cdot 0,9 \cdot 0,77}{1000 \cdot (520+1)^{0,20}} \cdot 520 = 16,2 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{10\%} = \frac{1,44 \cdot 89,1 \cdot 0,84 \cdot 0,77}{1000 \cdot (520 + 1)^{0,20}} \cdot 520 = 12,3 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{25\%} = \frac{1,44 \cdot 63,2 \cdot 0,75 \cdot 0,77}{1000 \cdot (520 + 1)^{0,20}} \cdot 520 = 7,82 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расхождение в результатах вычисленных максимальных расходов воды весеннего половодья не превышает 20 %, что свидетельствует о корректности полученных значений, поэтому окончательный результат можно принять как среднее арифметическое.

Расчет максимальных расходов дождевых вод при отсутствии данных наблюдений. Выбор типа расчетной формулы для определения максимального срочного расхода воды дождевого паводка заданной вероятности превышения $Q_{P\%}$ приведен в табл. 3.24.

Расчетная формула типа I (редукционная) для определения $Q_{P\%}$ ($\text{м}^3/\text{с}$) при наличии одной или нескольких рек-аналогов имеет вид

$$Q_{P\%} = q_{P\%,a} \cdot \varphi_M \frac{\delta \cdot \delta_2}{\delta_a \cdot \delta_{2a}} \cdot A, \quad (3.51)$$

где $q_{P\%,a}$ – модуль максимального срочного расхода воды реки-аналога расчетной вероятности превышения $P\%$ ($\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$), рассчитываемый по формуле

$$q_{P\%,a} = \frac{Q_{P\%,a}}{A_a}, \quad (3.52)$$

где $Q_{P\%,a}$ – максимальный расход воды дождевого паводка вероятности превышения $P\%$, $\text{м}^3/\text{с}$;

A_a – площадь водосбора реки-аналога, км^2 ;

φ_M – коэффициент, учитывающий редукцию максимального модуля стока дождевого паводка $q_{1\%}$ с увеличением площади водосбора A (км^2); рассчитывается в зависимости от значения коэффициента k_Φ , представляющего соотношение коэффициентов формы водосбора исследуемой реки и реки-аналога:

$$k_\Phi \approx \frac{L \cdot A_a^{0,56}}{A^{0,56} \cdot L_a}, \quad (3.53)$$

где L и L_a – гидрографическая длина водотока для исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км ;

A и A_a – площадь водосбора для исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км^2 ;

δ, δ_a – соответственно для исследуемой реки и реки-аналога коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода воды проточными озерами; определяются по формуле (3.42) при $c=0,2$, при наличии сведений только об относительной озерности $c=0,11$;

δ_2, δ_{2a} – соответственно для исследуемой реки и реки-аналога коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода воды вследствие заболоченности водосбора; определяются по формуле (3.47) при $\beta=0,5$.

Таблица 3.24. Условия применения расчетных формул по определению максимального расхода воды дождевого паводка заданной вероятности

| Тип формулы | Расчетная формула | Площадь водосбора реки | Учитываемые характеристики бассейна | Методические возможности формулы |
|-------------|---|------------------------|--|--|
| I | Эмпирическая редуцированная формула (3.51) при наличии реки-аналога | $A > 50 \text{ км}^2$ | Гидрографические характеристики русла, озерность, заболоченность, средняя высота водосбора | Расчет $Q_{\max, P\%}$ без учета наиболее вероятных календарных сроков его прохождения |
| II | Эмпирическая редуцированная формула (3.56) при отсутствии реки-аналога | $A > 0 \text{ км}^2$ | То же | То же |
| III | Формула предельной интенсивности стока (3.58): – при наличии реки аналога; – при отсутствии реки-аналога; | $A < 50 \text{ км}^2$ | Гидрографические характеристики русла и водосбора, озерность, тип и механический состав почв водосбора, наибольший суточный максимум осадков в году, интенсивность осадков | « |
| IV | Объемные, генетические и другие формулы, основанные на расчете стока по осадкам, в том числе через индексы предшествующего увлажнения | $A > 0 \text{ км}^2$ | Гидрографические характеристики русла и водосбора, озерность, заболоченность, инфильтрационные свойства почв, уровень подземных вод, стокоформирующие одно- и многосуточные осадки по календарным периодам года (на уровне декад и месяцев), показатель увлажненности почв | Расчет $Q_{\max, P\%}$ с учетом календарных сроков летне-осеннего сезона и имеющихся представлений о формировании потерь стока |

Значение коэффициента φ_m определяют по формуле

$$\varphi_m = \begin{cases} \left(\frac{A_a}{A}\right)^n & \text{при } k_\Phi \leq 1,5; \\ \left(\frac{\Phi_a}{\Phi}\right)^{n_1} & \text{при } k_\Phi > 1,5, \end{cases} \quad (3.54)$$

где Φ и Φ_a – гидроморфометрический параметр русла для исследуемой реки и реки-аналога соответственно, определяемый по формуле

$$\Phi = \frac{1000 \cdot L}{m_p \cdot i_p^n \cdot A^n}, \quad (3.55)$$

где L и A – то же, что в формуле (3.53);

m_p – гидравлические параметры, характеризующие состояние и шероховатость русла водотока (приведены в табл. 3.25);

i_p – средневзвешенный уклон русла водотока, ‰;

n и n_1 – степенные коэффициенты, отражающие редукцию максимального модуля стока дождевого паводка $q_{1\%}$ с увеличением площади водосбора A , км², равные соответственно $1/3$ и $1/4$ (приведены в табл. 3.26).

Таблица 3.25. Значения параметра m_p

| Характеристики русел и пойм | m_p , м/мин |
|--|---------------|
| Чистые русла постоянных равнинных рек; русла периодически пересыхающих водотоков | 11 |
| Извилистые, частично заросшие русла больших и средних рек; периодически пересыхающие водотоки, несущие во время паводка большое количество наносов | 9 |
| Сильно засоренные и извилистые русла периодически пересыхающих водотоков | 7 |

Таблица 3.26. Значения коэффициентов редукции модуля максимального расхода воды n и n_1

| Водосборы рек | Значения коэффициентов | |
|---|------------------------|-------|
| | n | n_1 |
| Западная Двина, Неман, левобережные притоки Припяти, Западный Буг | 0,22 | 0,60 |
| Березина, Днепр, Сож | 0,30 | 0,80 |
| Правобережные притоки Припяти | 0,50 | 1,1 |

Расчетный максимальный срочный расход воды дождевого паводка определяют по формуле (3.51) на основе использования одной или нескольких рек-аналогов с учетом полученных значений степенных коэффициентов n и n_1 и формул для учета регулирующего влияния естественных и искусственных факторов.

При наличии значений степенных коэффициентов n и n_1 , а также расчетных формул по определению поправочных коэффициентов δ , δ_a , δ_2 и δ_{2a} , полученных на основе региональных обобщений, допускается их использование при выполнении расчетов по формуле (3.51).

При невозможности подобрать реку-аналог максимальные мгновенные расходы воды дождевых паводков Q_p (м³/с) обеспеченности 10 % определяются по формуле типа II, которая имеет вид

$$Q_p = \frac{q_{10\%} \cdot \delta \cdot \lambda_{P\%}}{\Phi^{0,8}} \cdot A, \quad (3.56)$$

где $q_{10\%}$ – модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения $P=10$ %, который определяется интерполяцией между данными наблюдений соседних гидрологически изученных рек в исследуемом районе или по карте прил. Г, рис. Г14;

Φ – морфологический параметр русла, определяемый по формуле (3.55);

A – площадь водосбора до расчетного створа, км²;

δ – то же, что и в формуле (3.51);

$\lambda_{P\%}$ – переходный коэффициент от максимальных срочных расходов воды ежегодной вероятности превышения $P=10$ % к значениям другой вероятности превышения $P<25$ %; который назначают по данным гидрологически изученных рек в исследуемом районе на основе установления соотношения (3.57) или по значениям, приведенным в табл. 3.27.

$$\lambda_{P\%} = \frac{Q_{P\%}}{Q_{10\%}}. \quad (3.57)$$

Таблица 3.27. Значения переходного коэффициента λ_p в формуле (3.56)

| | | | | | | |
|---------------------------|------|------|------|------|-----|------|
| Вероятность превышения, % | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 25 |
| Значения коэффициента | 1,96 | 1,65 | 1,47 | 1,29 | 1,0 | 0,64 |

Расчетная формула типа III для определения максимального мгновенного расхода воды дождевых паводков $Q_{P\%}$ ($\text{м}^3/\text{с}$) на водосборах площадью менее 50 км^2 имеет вид

$$Q_{P\%} = q'_{1\%} \cdot \varphi \cdot H'_{1\%} \cdot \delta \cdot \lambda_{P\%} \cdot A, \quad (3.58)$$

где $q'_{1\%}$ – относительный модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения $P=1\%$ ($\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$), представляющий отношение

$$q'_{1\%} = \frac{q_{1\%}}{\varphi \cdot H'_{1\%}}; \quad (3.59)$$

определяют для исследуемого района в зависимости от гидроморфометрического параметра русла Φ_P и продолжительности склонового добега $\tau_{\text{ск}}$ (мин) по данным, приведенным в табл. 3.28;

φ – сборный коэффициент стока;

$H'_{1\%}$ – максимальный суточный слой осадков вероятности превышения $P=1\%$ (мм), определяемый по данным ближайших метеорологических станций, имеющих наибольшую длительность наблюдений;

$\lambda_{P\%}$ – переходный коэффициент от максимальных мгновенных расходов воды ежегодной вероятности превышения $P=1\%$ к максимальным расходам другой вероятности превышения, который принимается аналогично формуле (3.57) или по значениям, приведенным в табл. 3.29;

δ, A – то же, что в формуле (3.56).

Гидроморфометрический параметр русла исследуемой реки Φ_P определяют по формуле

$$\Phi_P = \frac{1000 \cdot L}{m_p \cdot i_p^{1/3} \cdot A^{1/4} \cdot (\varphi \cdot H'_{1\%})^{1/4}}, \quad (3.60)$$

где L, m_p, i_p, A – то же, что в формуле (3.55).

Сборный коэффициент φ при наличии рек-аналогов определяется по формуле

$$\varphi = \frac{q_{1\%,a}}{16,67 \cdot \bar{\psi}(\tau_{\text{сб}}) \cdot \delta \cdot H'_{1\%}} \cdot \left(\frac{i_{\text{ск}}}{i_{\text{ск},a}} \right)^{n_2} \cdot \left(\frac{A_a + 1}{A + 1} \right)^{0,07}, \quad (3.61)$$

где $q_{1\%,a}$ – модуль максимального срочного расхода воды реки-аналога ежегодной вероятности превышения $P=1\%$, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$;

δ, A, A_a – то же, что в формулах (3.51) и (3.52);

$i_{\text{ск}}, i_{\text{ск},a}$ – средний уклон склонов исследуемой реки и реки-аналога, %;

n_2 – степенной коэффициент, определяемый в зависимости от механического состава почв (табл. 3.30);

$16,67 \bar{\Psi}(\tau_6)$ – ордината кривой редукции осадков, приведенная в табл. 3.31;

τ_6 – продолжительность бассейнового добегаания (мин), определяемая по формуле

$$\tau_6 = 1,2 \cdot \tau_p^{1,1} + \tau_{ск}, \quad (3.62)$$

где τ_p – продолжительность руслового добегаания (мин), которая определяется по формуле

$$\tau_p = \frac{1000 \cdot L}{m_p \cdot i_p^{1/3} \cdot A^{1/4} \cdot q_{1\%}^{1/4}}, \quad (3.63)$$

где L, m_p, i_p, A – то же, что в формуле (3.55);

$\tau_{ск}$ – продолжительность склонового добегаания, которую допускается принимать равной:

60 – при заболоченности менее 20 %;

100 – « « от 20 % до 40 %;

50 – « « более 40 %.

Таблица 3.28. Максимальные модули стока $q'_{1\%}$ ежегодной вероятности превышения 1 %, выраженные в долях произведения $\varphi \cdot H'_{1\%}$ при $\delta=1$

| Продолжительность склонового добегаания $\tau_{ск}$, мин | Значение $q'_{1\%}$ при Φ_p , равном | | | | | | | | |
|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| 10 | 0,53 | 0,51 | 0,41 | 0,31 | 0,19 | 0,12 | 0,093 | 0,072 | 0,059 |
| 30 | 0,35 | 0,33 | 0,26 | 0,21 | 0,14 | 0,10 | 0,080 | 0,064 | 0,053 |
| 60 | 0,19 | 0,18 | 0,16 | 0,14 | 0,11 | 0,082 | 0,066 | 0,054 | 0,047 |
| 100 | 0,12 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,084 | 0,070 | 0,058 | 0,048 | 0,041 |
| 150 | 0,088 | 0,086 | 0,080 | 0,075 | 0,065 | 0,055 | 0,047 | 0,040 | 0,035 |
| 200 | 0,070 | 0,068 | 0,065 | 0,060 | 0,056 | 0,050 | 0,039 | 0,034 | 0,031 |

Окончание табл. 3.28

| Продолжительность склонового добегаания ($\tau_{ск}$), мин | Значение $q'_{1\%}$ при Φ_p , равном | | | | | | | |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 70 | 80 | 90 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |
| 10 | 0,050 | 0,041 | 0,036 | 0,031 | 0,019 | 0,013 | 0,010 | 0,0083 |
| 30 | 0,045 | 0,038 | 0,034 | 0,030 | 0,018 | 0,013 | 0,010 | 0,0083 |
| 60 | 0,040 | 0,035 | 0,031 | 0,028 | 0,018 | 0,013 | 0,010 | 0,0083 |
| 100 | 0,036 | 0,032 | 0,028 | 0,026 | 0,017 | 0,012 | 0,0097 | 0,0081 |
| 150 | 0,031 | 0,028 | 0,026 | 0,023 | 0,016 | 0,012 | 0,0094 | 0,0079 |
| 200 | 0,028 | 0,025 | 0,023 | 0,021 | 0,015 | 0,011 | 0,0091 | 0,0076 |

Таблица 3.29. Значения переходного коэффициента λ_p в формуле (3.58)

| Водосборы рек | Значения коэффициента λ_p при различной вероятности превышения P , % | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 25 |
| Западная Двина, Неман, левобережные притоки Припяти, Западный Буг | 1,0 | 0,85 | 0,77 | 0,67 | 0,55 | 0,36 |
| Березина, Днепр, Сож | 1,0 | 0,83 | 0,74 | 0,62 | 0,46 | 0,28 |
| Правобережные притоки Припяти | 1,0 | 0,70 | 0,58 | 0,42 | 0,30 | 0,14 |

Таблица 3.30. Значения коэффициентов ϕ_0 и n_2 в зависимости от типа почв

| Механический состав почв | Значения коэффициентов | |
|---------------------------------|------------------------|-------|
| | ϕ_0 | n_2 |
| Глинистые и тяжелосуглинистые | 0,56 | 0,50 |
| Среднесуглинистые и суглинистые | 0,38 | 0,65 |
| Супесчаные, песчаные | 0,30 | 0,80 |

Таблица 3.31. Таблица величин ординат **осредненных кривых редукции осадков, определяемых по произведению $16,67 \overline{\psi}(\tau_6)$, и величин относительной интенсивности осадков $\psi(\tau_6)$ при $\tau_6 = 150$ мин**

| Значение $16,67 \overline{\psi}(\tau_6)$ для τ_6 , мин, равных | | | | | | | | | | Относительная интенсивность осадков $\psi(\tau_{6=150\text{мин}})$ |
|---|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--|
| 5 | 10 | 20 | 40 | 60 | 90 | 150 | 300 | 720 | 1440 | |
| 0,67 | 0,53 | 0,40 | 0,25 | 0,19 | 0,14 | 0,088 | 0,048 | 0,022 | 0,012 | 0,79 |

Продолжительность склонового добегаания $\tau_{ск}$ (мин) приведена в табл. 3.32 в зависимости от гидроморфологического параметра склонов $\Phi_{ск}$, вычисляемого по формуле

$$\Phi_{ск} = \frac{\sqrt{1000 \cdot L_{ск}}}{m_{ск} \cdot i_{ск}^{1/4} \sqrt{\varphi \cdot H'_{1\%}}}, \quad (3.64)$$

где $L_{ск}$ – средняя длина безруслых склонов водосбора, км, определяемая по формуле

$$L_{ск} = \frac{1}{\gamma \cdot \rho}, \quad (3.65)$$

где ρ – густота русловой и овражно-балочной сети водосбора, км/км²;

γ – коэффициент, принимаемый для односкатных склонов равным 0,9, для двухскатных – 1,8;

$m_{\text{СК}}$ – коэффициент, характеризующий шероховатость склонов водосборов, принимаемый равным 0,15 для кочковатых склонов (или населенных пунктов с застройкой более 20 %); 0,25 для ровных (без кочек) склонов с обычным травяным покровом; 0,3 для спланированных, грунтовых склонов;

$\varphi, H'_{1\%}$ – то же, что и в формуле (3.58).

Таблица 3.32. Значение $\tau_{\text{СК}}$ в зависимости от гидроморфологической характеристики склонов водосбора $\Phi_{\text{СК}}$

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\Phi_{\text{СК}}$ | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 10 | 12 |
| $\tau_{\text{СК}}$, МИН | 2,3 | 5,0 | 8,0 | 11 | 15 | 19 | 28 | 39 | 53 | 67 | 85 | 105 | 130 | 180 |

При отсутствии рек-аналогов сборный коэффициент стока φ определяется по формуле

$$\varphi = \frac{1,2 \cdot \varphi_0}{(A + 1)^{0,07}} \cdot \left(\frac{i_{\text{СК}}}{50} \right)^{n_2}, \quad (3.66)$$

где φ_0 – сборный коэффициент стока для водосбора, который определяется в зависимости от механического состава почв (табл. 3.30);

$n_2, i_{\text{СК}}$ – то же, что в формуле (3.61).

Для среднего уклона водосбора $i_{\text{В}} \geq 150 \text{‰}$ сборный коэффициент φ определяется по формуле (3.66) при $i_{\text{В}} = 150 \text{‰}$, при $i_{\text{В}} \leq 15 \text{‰}$ расчет ведется при уклоне $i_{\text{В}} = 15 \text{‰}$.

При различной крутизне склонов или значительной пестроте почвогрунтов, слагающих исследуемый водосбор, сборный коэффициент стока φ принимают как средневзвешенное значение.

Величины слоев дождевого стока при наличии рек-аналогов принимаются независимо от площади водосбора рек равными величинам расчетных слоев дождевого стока аналогов.

Расчетный слой дождевого паводка $h_{P\%}$ для водосборов площадью менее 50 км^2 при отсутствии рек-аналогов следует определять по формуле

$$h_{P\%} = \varphi \cdot H'_{1\%} \cdot \lambda'_{P\%}, \quad (3.67)$$

где φ и $H'_{1\%}$ – то же, что в формуле (3.58);

$\lambda'_{P\%}$ – переходный коэффициент от слоя стока дождевого паводка вероятности превышения $P=1\%$ к слоям других вероятностей превышения, определяемый по табл. 3.33 или по формуле

$$\lambda'_{P\%} = \frac{H'_{P\%}}{H'_{1\%}}, \quad (3.68)$$

где $H'_{P\%}$ – слой максимальных суточных осадков вероятности превышения соответственно $P\%$, мм, который определяется по кривым распределения суточных осадков.

Величины расчетных слоев дождевого стока для водосборов площадью более 50 км^2 при отсутствии рек-аналогов определяются по данным гидрометрических постов соседних рек интерполяцией или по карте изолиний.

Таблица 3.33. Значения переходного коэффициента λ'_P

| Водосборы рек | Переходный коэффициент λ'_P при различной обеспеченности $P, \%$ | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 25 |
| Западная Двина, Неман, Западный Буг, левобережные притоки Припяти, Березина, Днепр, Сож | 1,0 | 0,87 | 0,79 | 0,68 | 0,52 | 0,35 |
| Правобережные притоки Припяти | 1,0 | 0,77 | 0,68 | 0,56 | 0,28 | 0,10 |

Средние суточные максимальные расходы воды \bar{Q}_C дождевого стока следует определять по гидрометрическим данным рек-аналогов. При отсутствии рек-аналогов значение \bar{Q}_C , $\text{м}^3/\text{с}$, допускается определять по формуле

$$\bar{Q}_C = \frac{Q_P}{k'_\tau}, \quad (3.69)$$

где Q_P – расчетный максимальный мгновенный расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$, ежегодной вероятности превышения P ;

k'_τ – переходный коэффициент от срочных максимальных расходов воды к средним суточным, который рассчитывается по формуле

$$k'_\tau = \frac{b}{(A+1)^{m_1}}, \quad (3.70)$$

где A – площадь водосбора, км^2 ;

b, m_1 – параметры, значения которых приведены в табл. 3.34.

Таблица 3.34. Значения параметров b и m_1

| Водосборы рек | Значения параметров | |
|---|---------------------|-------|
| | b | m_1 |
| Западная Двина | 1,8 | 0,09 |
| Неман, Западный Буг, левобережные притоки Припяти, Днепр, Березина, Сож | 4,5 | 0,19 |
| Правобережные притоки Припяти | 5,0 | 0,20 |

Максимальные расходы воды дождевых паводков $Q_{P\%}$, м³/с, ежегодной вероятности $P\%$ для расчета сооружений осушительных и осушительно-увлажнительных систем при площади водосбора менее 50 км² и отсутствии рек-аналогов допускается определять по формуле

$$Q_{P\%} = \bar{q} \cdot A \cdot k_P, \quad (3.71)$$

где \bar{q} – средний многолетний модуль стока дождевых паводков, м³/(с·км²);

A – площадь водосбора, км²;

k_P – модульный коэффициент расчетной ежегодной вероятности превышения.

Средний многолетний модуль стока дождевых паводков, м³/(с·км²), определяется по формуле

$$\bar{q} = a \cdot \frac{B_{\text{cp}}^{0,25} \cdot i_{\text{в}}^{0,143} \cdot (1 + 0,5 \cdot \rho)}{(A + 1)^{0,25} \cdot (1 + 0,2 \cdot A_{\text{оз}}) \cdot (1 + 0,02 \cdot A_{\text{б}}) \cdot (1 + 0,02 \cdot A_{\text{л.з}}) \cdot (1 + 0,01 \cdot A_{\text{л.с}})}, \quad (3.72)$$

где a – физико-географический параметр, определяемый по данным рек-аналогов, а при невозможности их подбора – интерполяцией по картам, построенным для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений или по карте изолиний прил. Г, рис. Г15;

B_{cp} – средняя ширина водосбора, км;

$i_{\text{в}}$ – средний уклон водосбора, ‰;

ρ – густота речной сети (учитываются водотоки длиной $L \geq 2,0$ км), км/км²;

$A_{\text{оз}}$ – средневзвешенная озерность водосбора, ‰;

$A_{\text{б}}$ – относительная заболоченность водосбора, ‰;

$A_{\text{л.з}}$ – относительная площадь заболоченного леса на водосборе, ‰;

$A_{\text{л.с}}$ – относительная площадь сухого леса на водосборе, ‰.

Коэффициент вариации средних многолетних модулей стока воды дождевых паводков определяется по формуле

$$C_v = \frac{a'}{(A+10)^{0,05} (\bar{q} + 1)^{0,10}}, \quad (3.73)$$

где a' – физико-географический параметр, определяемый по данным рек-аналогов, а при невозможности их подбора – интерполяцией по картам, построенным для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений или по карте изолиний прил. Г, рис. Г16;

A, \bar{q} – то же, что и в формуле (3.71).

Отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации модулей стока дождевых паводков для рек бассейна Западной Двины принимается $C_s=2C_v$; для рек бассейна Немана и левобережных притоков Припяти – $C_s=3C_v$; для рек бассейнов Днепра, Сожа, Березины, правобережных притоков Припяти – $C_s=4C_v$.

Пример расчета.

1. Определить максимальный расход дождевого паводка вероятности превышения 1 % р. Саморувка у д. Зарудье. Характеристики водосбора: $A=74 \text{ км}^2$; $L=17 \text{ км}$; $i_p=0,88 \text{ ‰}$; $\rho=0,85 \text{ км/км}^2$; $A_{оз}=0$; $A_6=6 \text{ ‰}$; $A_{л.з}=3 \text{ ‰}$; $A_{л.с}=11 \text{ ‰}$.

Выполнение расчетов методом аналогии

1. Используются данные наблюдений по реке-аналогу (р. Неслуха – д. Рудск) со следующими характеристиками водосбора: $A=340 \text{ км}^2$; $L=24,5 \text{ км}$; $i_p=0,57 \text{ ‰}$; $A_{оз}=0$; $A_6=12 \text{ ‰}$. Максимальный расход воды 1%-ной обеспеченности равен $24,0 \text{ м}^3/\text{с}$, что соответствует модулю стока, равному $0,071 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$.

2. Для определения $Q_{p\%}$ ($\text{м}^3/\text{с}$) используется расчетная формула типа I, так как имеется река-аналог и площадь водосбора $A=74 \text{ км}^2 > 50 \text{ км}^2$.

3. По формуле (3.53) вычисляется коэффициент, характеризующий форму водосбора:

$$k_\Phi \approx \frac{17 \cdot 340^{0,56}}{74^{0,56} \cdot 24,5} \approx 1,6.$$

4. По формуле (3.55) вычисляются гидроморфометрические параметры русла для исследуемой реки и реки-аналога, при этом гидравлический параметр, характеризующий состояние и шероховатость русла водотока, принимаем равным 11 (табл. 3.25):

$$\Phi_{\text{Саморувка}} = \frac{1000 \cdot 17}{11 \cdot 0,88^{0,33} \cdot 74^{0,25}} = 550;$$

$$\Phi_{\text{Неслуха}} = \frac{1000 \cdot 24,5}{11 \cdot 0,57^{0,33} \cdot 340^{0,25}} = 624,4.$$

5. По формуле (3.54) определяется значение коэффициента φ_m для условия $k_\Phi > 1,5$ и принимается $n_1 = 0,60$ (табл. 3.26):

$$\varphi_m = \left(\frac{\Phi_a}{\Phi} \right)^{n_1} = \left(\frac{624,4}{550} \right)^{0,60} = 1,08.$$

6. По формуле (3.42) определяются коэффициенты δ , учитывающие снижение максимального стока рек, зарегулированных проточными озерами:

$$\delta_{\text{Саморувка}} = \frac{1}{1 + 0,11 \cdot 0} = 1; \quad \delta_{\text{Неслуха}} = \frac{1}{1 + 0,11 \cdot 0} = 1.$$

7. По формуле (3.47) определяются коэффициенты δ_2 , учитывающие максимальный расход воды заболоченных водосборов:

$$\delta_{\text{Саморувка}} = 1 - 0,5 \cdot \lg(0,1 \cdot 6 + 1) = 0,90;$$

$$\delta_{\text{Неслуха}} = 1 - 0,5 \cdot \lg(0,1 \cdot 12 + 1) = 0,83.$$

8. По формуле (3.52) вычисляется модуль максимального срочного расхода воды реки-аналога расчетной вероятности превышения $P = 1\%$:

$$q_{1\%,a} = \frac{24,0}{340} = 0,071 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2).$$

9. Вычисляется максимальный расход воды дождевого паводка р. Саморувка расчетной вероятности превышения $P = 1\%$:

$$Q_{1\%} = 0,071 \cdot 1,08 \cdot \frac{1,0 \cdot 0,90}{1,0 \cdot 0,83} \cdot 74 = 6,15 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Рассчитать максимальные расходы воды обеспеченности 1 % и 10 % дождевого паводка канала без названия у с. Сухое. Характеристики водосбора: $A = 18,2 \text{ км}^2$; $A_{оз} = 0$; $i_p = 0,2 \%$; $L = 3,2 \text{ км}$.

Выполнение расчетов при отсутствии аналога

1. Для определения максимального мгновенного расхода воды дождевых паводков $Q_{10\%}$, ($\text{м}^3/\text{с}$) обеспеченности 10 % используется формула типа II (3.56), поскольку невозможно подобрать реку-аналог.

2. Определяется модуль максимального срочного расхода воды $q_{10\%}=7,0$ ежегодной вероятности превышения $P=10\%$ по карте (прил. Г, рис. Г14).

3. По формуле (3.42) определяется коэффициент δ , учитывающий снижение максимального стока рек, зарегулированных проточными озерами:

$$\delta = \frac{1}{1 + 0,11 \cdot 0} = 1.$$

4. Принимается $m_p=11$ (табл. 3.25) и определяется морфологическая характеристика русла в расчетном створе по формуле (3.55):

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 3,2}{11 \cdot 0,2^{0,33} \cdot 18,2^{0,25}} = 239,6.$$

5. Определяется максимальный мгновенный расход воды дождевых паводков $Q_{10\%}$ обеспеченности 10% по формуле (3.56):

$$Q_{10\%} = \frac{7,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0}{239,6^{0,8}} \cdot 18,2 = 1,59 \text{ м}^3/\text{с}.$$

6. Определяется переходный коэффициент от обеспеченности 10% к обеспеченности 1%, по табл. 3.27 $\lambda_{1\%}=1,96$, и рассчитывается максимальный мгновенный расход воды дождевых паводков $Q_{1\%}$ обеспеченности 1% по формуле (3.56):

$$Q_{1\%} = \frac{7,0 \cdot 1,0 \cdot 1,96}{239,6^{0,8}} \cdot 18,2 = 3,12 \text{ м}^3/\text{с}.$$

3. Рассчитать максимальный расход воды летне-осеннего паводка обеспеченности 1% и 10% канала Л-1 в створе ПК 12+20. Характеристики водосбора: $A=0,77 \text{ км}^2$; $A_{оз}=0$; $L=0,75 \text{ км}$; грунты – супесчаные; $i_о=13,6\%$; $i_p=4,19\%$; $\rho=2,17 \text{ км/км}^2$. Водосбор находится в бассейне р. Беседь.

Выполнение расчетов при отсутствии аналога по формуле предельной интенсивности стока

1. Для определения максимального мгновенного расхода воды дождевых паводков $Q_{p\%}$ ($\text{м}^3/\text{с}$) используется расчетная формула типа III (3.58) предельной интенсивности стока при отсутствии рек-аналогов.

2. Принимается сборный коэффициент стока для водосбора $\phi_о=0,30$, степенной коэффициент $n_2=0,80$ (табл. 3.40 (супесчаные поч-

вы)); поскольку $i_b=13,6 < 15$ ‰, расчет ведется при уклоне $i_b=15$ ‰ и определяется сборный коэффициент стока φ :

$$\varphi = \frac{1,2 \cdot 0,3}{(1 + 0,77)^{0,07}} \cdot \left(\frac{15,0}{50} \right)^{0,8} = 0,13 \cdot$$

3. Определяется максимальный суточный слой осадков вероятности превышения $P=1\%$ по метеорологической станции Гомель: $H_{1\%}=111$ мм.

4. Принимается гидравлический параметр, характеризующий состояние и шероховатость русла водотока, $m_p=9$ (табл. 3.25) и по формуле (3.60) рассчитывается гидроморфометрический параметр русла исследуемой реки Φ_p :

$$\Phi_p = \frac{1000 \cdot 0,75}{9 \cdot 4,19^{1/3} \cdot 0,77^{1/4} \cdot (0,13 \cdot 111)^{1/4}} = 28,4 \cdot$$

5. Принимается густота русловой и вращно-балочной сети водосбора $\rho=2,17$ км/км², $\gamma=1,8$ (двухскатный склон), и определяется средняя длина безрусловых склонов водосбора $L_{ск}$ по формуле (3.65):

$$L_{ск} = \frac{1}{1,8 \cdot 2,17} = 0,26 \text{ км.}$$

6. Принимается коэффициент, характеризующий шероховатость склонов водосборов, $m_{ск}=0,15$ (для кочковатых склонов), и по формуле (3.64) рассчитывается значение гидроморфологического параметра склонов $\Phi_{ск}$:

$$\Phi_{ск} = \frac{\sqrt{1000 \cdot 0,26}}{0,15 \cdot 13,6^{0,25} \sqrt{0,13 \cdot 111}} = 14,7 \cdot$$

7. По табл. 3.32 в зависимости от гидроморфологического параметра склонов $\Phi_{ск}=14,7$ определяется продолжительность склонового добега: $\tau_{ск}=180$ мин.

8. По табл. 3.28 в зависимости от $\Phi_p=28,4$ и $\tau_{ск}=180$ определяется значение относительного модуля максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения $P=1\%$: $q'_{1\%}=0,053$ м³/(с·км²).

9. По формуле (3.42) определяется коэффициент δ , учитывающий снижение максимального стока рек, зарегулированных проточными озерами: $\delta = \frac{1}{1 + 0,11 \cdot 0} = 1 \cdot$

10. По формуле (3.58) определяется максимальный мгновенный расход воды дождевых паводков обеспеченности 1 %:

$$Q_{P\%} = 0,053 \cdot 0,13 \cdot 111 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,77 = 0,59 \text{ м}^3/\text{с}.$$

11. По табл. 3.29 принимается переходный коэффициент от максимальных расходов ежегодной вероятности $P=1\%$ к максимальному расходу вероятности превышения 10 % ($\lambda_{10\%}=0,46$), и по формуле (3.58) рассчитывается максимальный мгновенный расход воды дождевых паводков обеспеченности 10 %:

$$Q_{P\%} = 0,053 \cdot 0,13 \cdot 111 \cdot 1,0 \cdot 0,46 \cdot 0,77 = 0,59 \text{ м}^3/\text{с}.$$

4. Рассчитать максимальный расход воды летне-осеннего паводка обеспеченности 1 % и 10 % канала Л-3 в створе ПК 17+20. Характеристики водосбора: $A=7,5 \text{ км}^2$; $A_{оз}=0$; $L=1,75 \text{ км}$; грунты – песчаные; $i_в=21,6 \text{ ‰}$; $i_р=5,20 \text{ ‰}$; $\rho=1,52 \text{ км/км}^2$. Водосбор находится в бассейне р. Лесная.

Выполнение расчетов при наличии аналога по формуле предельной интенсивности стока

1. Для определения максимального мгновенного расхода воды дождевых паводков $Q_{P\%}$ ($\text{м}^3/\text{с}$) используется расчетная формула типа III (3.58) предельной интенсивности стока при наличии реки-аналога.

2. Используются данные наблюдений по реке-аналогу (река без названия) со следующими характеристиками водосбора: $A=10,4 \text{ км}^2$; $L=3,5 \text{ км}$; $i_в=17,8 \text{ ‰}$; $i_р=5,70 \text{ ‰}$; $A_{оз}=0$; $\rho=1,52 \text{ км/км}^2$; максимальный расход воды обеспеченности 1 % $Q_{1\%}=4,95 \text{ м}^3/\text{с}$, что соответствует модулю стока $q_{1\%}=0,476 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$; максимальный суточный слой осадков вероятности превышения $P=1 \text{ ‰}$ $H_{1\%}=105 \text{ мм}$.

3. По формуле (3.42) определяется коэффициент δ , учитывающий снижение максимального стока рек, зарегулированных проточными озерами:

$$\delta = \frac{1}{1+0,11 \cdot 0} = 1.$$

4. Определяется максимальный суточный слой осадков вероятности превышения $P=1\%$ по метеорологической станции Брест: $H_{1\%}=105 \text{ мм}$.

5. С использованием данных реки-аналога рассчитывается сборный коэффициент ϕ . Для этого:

по формуле (3.63) определяется продолжительность руслового добега, при этом принимаем $m_p=11$ (табл. 3.25):

$$\tau_p = \frac{1000 \cdot 3,5}{11 \cdot 5,70^{1/3} \cdot 10,4^{1/4} \cdot 0,476^{1/4}} = 120 \text{ мин};$$

продолжительность склонового добегаания $\tau_{ск}$ принимается ориентировочно равной 60 мин;

по формуле (3.62) рассчитывается бассейновое время добегаания:

$$\tau_6 = 1,2 \cdot 120^{1,1} + 60 = 292 \text{ мин};$$

по табл. 3.31 по типовой кривой редукции осадков при $\tau_6 = 292$ мин величина $\bar{\Psi}(\tau_6) = 0,05$;

по табл. 3.30 определяется параметр $n_2 = 0,80$ (песчаные почвы) и по формуле (3.61) вычисляется сборный коэффициент φ :

$$\varphi = \frac{0,476}{0,05 \cdot 1,0 \cdot 105} \cdot \left(\frac{21,6}{17,8}\right)^{0,80} \cdot \left(\frac{10,4+1}{7,5+1}\right)^{0,07} = 0,11.$$

6. По формуле (3.65) при $\gamma = 1,8$ (двухскатный склон) рассчитывается средняя длина безрусловых склонов водосбора:

$$L_{ск} = \frac{1}{1,8 \cdot 1,52} = 0,37 \text{ км.}$$

7. Принимается $m_{ск} = 0,25$ (ровный (без кочек) склон с обычным травяным покровом), и по формуле (3.64) вычисляется значение гидро-морфологического параметра склонов $\Phi_{ск}$:

$$\Phi_{ск} = \frac{\sqrt{1000 \cdot 0,37}}{0,25 \cdot 17,8^{1/4} \cdot \sqrt{0,11 \cdot 105}} = 11,0.$$

8. По табл. 3.32 для $\Phi_{ск}^1$ определяется продолжительность склонового добегаания:

$$\tau_{ск} = 155 \text{ мин.}$$

¹ Для $\Phi_{ск} > 12$ выполняются следующие дополнительные расчеты:

– для заданных значений $\tau_{ск}$ (5, 10, 20, 40, 60, 90, 150, 300, 720, 1440 мин и т. д.) по кривым редукции осадков (табл. 3.31) определяются соответствующие

им значения $(\psi(\tau))$ и по формуле $\Phi_{ск} = \tau_{ск} \left[\bar{\Psi}(\tau_{ск}) \right]^{1/2}$ рассчитываются значения $\Phi_{ск}$;

– согласно проведенным расчетам строятся зависимости $\tau_{ск} = f(\Phi_{ск})$;

– по зависимости $\tau_{ск} = f(\Phi_{ск})$ для $\Phi_{ск} > 12$ определяется значение $\tau_{ск}$.

9. При сравнении принятого и рассчитанного значения $\tau_{\text{ск}}$ отмечается их значительное расхождение, поэтому необходимо произвести дополнительный расчет. Принимаем $\tau_{\text{ск}}=155$ мин.

$$10. \tau_6 = 1,2 \cdot 120^{1,1} + 155 = 387 \text{ мин.}$$

$$11. 16,67 \bar{\psi}(\tau_6) = 0,043.$$

$$12. \varphi = \frac{0,476}{0,043 \cdot 1,0 \cdot 105} \cdot \left(\frac{21,6}{17,8} \right)^{0,80} \cdot \left(\frac{10,4+1}{7,5+1} \right)^{0,07} = 0,13.$$

$$13. \Phi_{\text{ск}} = \frac{\sqrt{1000 \cdot 0,37}}{0,25 \cdot 17,8^{1/4} \cdot \sqrt{0,13 \cdot 105}} = 10,1.$$

$$14. \tau_{\text{ск}}=135 \text{ мин.}$$

15. При сравнении принятого и рассчитанного значения $\tau_{\text{ск}}$ отмечается их значительное расхождение, поэтому необходимо произвести дополнительную итерацию. Принимаем $\tau_{\text{ск}}=135$ мин.

$$16. \tau_6 = 1,2 \cdot 120^{1,1} + 135 = 367 \text{ мин.}$$

$$17. 16,67 \bar{\psi}(\tau_6) = 0,044.$$

$$18. \varphi = \frac{0,476}{0,044 \cdot 1,0 \cdot 105} \cdot \left(\frac{21,6}{17,8} \right)^{0,80} \cdot \left(\frac{10,4+1}{7,5+1} \right)^{0,07} = 0,12.$$

$$19. \Phi_{\text{ск}} = \frac{\sqrt{1000 \cdot 0,37}}{0,25 \cdot 17,8^{1/4} \cdot \sqrt{0,12 \cdot 105}} = 10,5.$$

$$20. \tau_{\text{ск}}=142 \text{ мин.}$$

21. При сравнении значений $\tau_{\text{ск}}$, вычисленных при второй и третьей итерации, отмечается их незначительное расхождение; принимаем $\tau_{\text{ск}}=142$ мин.

22. По формуле (3.60) определяется гидроморфометрический параметр русла:

$$\Phi_p = \frac{1000 \cdot 1,75}{11 \cdot 5,20^{1/3} \cdot 1,75^{1/4} \cdot (0,12 \cdot 105)^{1/4}} = 42,6.$$

23. По табл. 3.28 в зависимости от $\Phi_p = 42,6$ и $\tau_{\text{ск}}=142$ мин определяется максимальный модуль стока ежегодной вероятности превышения 1 %: $q'_{1\%} = 0,045$.

24. Максимальный расход воды исследуемого водотока ежегодной вероятности превышения 1 % определяется по формуле (3.58):

$$Q_{P\%} = 0,045 \cdot 0,12 \cdot 105 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 7,5 = 4,25 \text{ м}^3/\text{с}.$$

25. По табл. 3.29 принимается переходный коэффициент от максимальных расходов ежегодной вероятности $P=1\%$ к максимальному расходу вероятности превышения 10% ($\lambda_{10\%}=0,55$) и по формуле (3.58) рассчитывается максимальный мгновенный расход воды дождевых паводков обеспеченности 10%:

$$Q_{P\%} = 0,045 \cdot 0,12 \cdot 105 \cdot 1,0 \cdot 0,55 \cdot 7,5 = 2,34 \text{ м}^3/\text{с}.$$

5. Рассчитать максимальный расход воды летне-осеннего дождевого паводка обеспеченности 10% канала без названия у д. Сухое. Характеристики водосбора: $A=18,2 \text{ км}^2$; $L=3,2 \text{ км}$; $i_B=0,2\%$; $\rho=1,2 \text{ км/км}^2$; $V_{cp}=5,69 \text{ км}$; $A_{оз}=0$; $A_{б}=0\%$; $A_{л.3}=2,0\%$; $A_{л.с}=10\%$; координаты центра водосбора – $25^\circ 30'$; $52^\circ 10'$.

Выполнение расчетов методами IV группы

1. По прил. Г, рис. Г15 находится физико-географический параметр $a=65$, и далее по формуле (3.72) определяется средний многолетний модуль стока дождевых паводков (\bar{q}):

$$\bar{q} = 65 \cdot \frac{5,69^{0,25} \cdot 0,2^{0,143} \cdot (1+0,5 \cdot 1,2)}{(18,2+1)^{0,25} \cdot (1+0,02 \cdot 0) \cdot (1+0,02 \cdot 2) \cdot (1+0,01 \cdot 10)} = 53,3 \text{ л/(с} \cdot \text{км}^2\text{)}.$$

2. По формуле (3.73) определяется коэффициент вариации:

$$C_v = \frac{1,9}{(18,2+10)^{0,05} \cdot (53,3+1)^{0,10}} = 1,08,$$

где 1,9 – физико-географический параметр, определяемый по прил. Г, рис. Г16.

Соотношение C_s/C_v принимается равным 3,0 (бассейн р. Пина).

3. По прил. Г, табл. Г3 определяется значение модульного коэффициента $k_{10\%}=2,21$.

4. По формуле (3.71) рассчитывается максимальный расход дождевого паводка обеспеченности 10% канала без названия у д. Сухое:

$$Q_{10\%} = 53,3 \cdot 18,2 \cdot 2,21 \cdot 10^{-3} = 2,14 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Практическая работа № 16.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ВЕЛИЧИН МЕЖЕННЫХ
И МИНИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РЕК
ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Цель работы: изучить методику расчета меженных и минимальных расходов воды рек при отсутствии данных наблюдений.

Задание к работе:

1. Произвести расчет меженных расходов воды рек при отсутствии данных наблюдений.
2. Произвести расчет минимальных расходов воды рек при отсутствии данных наблюдений.

Ход выполнения работы.

1. *Определение расчетных величин меженных расходов воды рек при отсутствии данных наблюдений.* Расчетные расходы среднемеженного стока $Q_{\text{ср.меж}}$ ($\text{м}^3/\text{с}$) определяются по формуле

$$Q_{\text{ср.меж}} = \bar{q}_{\text{меж}} \cdot A, \quad (3.74)$$

где $\bar{q}_{\text{меж}}$ – средний многолетний модуль среднемеженного стока, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$, принимаемый по данным рек-аналогов. При невозможности подобрать реку-аналог используются карты изолиний, построенные для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений, а также карта изолиний, приведенная в прил. Г, рис. Г17;

A – расчетная площадь водосбора, км^2 .

Пример расчета.

Рассчитать среднемеженный расход воды обеспеченности 50 % р. Саморувки у д. Зарудье. Характеристики водосбора: $A=74 \text{ км}^2$; $A_6=6 \%$; $A_{\text{л.з}}=3,0 \%$; $A_{\text{л.с}}=11 \%$; на водосборе проведены мелиоративные работы; длина открытой мелиоративной сети равна 66,7 км; земли осушенные, преимущественно торфяные; координаты центра водосбора – $25^\circ 32'$; $52^\circ 10'$.

Расчет производится в следующем порядке:

- 1) по карте изолиний (прил. Г, рис. Г17) определяется среднемеженный модуль стока обеспеченности 50 %: $\bar{q}_{\text{меж}}=1,8 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$;
- 2) по формуле (3.74) вычисляется среднемеженный расход воды обеспеченности 50 %:

$$Q_{50\%}=1,8 \cdot 74 \cdot 10^{-3}=0,13 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. *Определение расчетных величин минимальных расходов воды рек при отсутствии данных наблюдений.* Минимальные 30-суточные (среднемесячные) расходы воды на реках с площадью водосбора более 1000 км² за летне-осенний и зимний периоды определяют по рекам-аналогам или интерполяцией между величинами стока по соседним водосборам, имеющим многолетние наблюдения за минимальными расходами с учетом боковой приточности и данных полевых гидрометеорологических изысканий в расчетном створе.

При невозможности использовать реки-аналоги для расчета минимальных 30-суточных (среднемесячных) расходов применяют методы пространственной интерполяции минимального 30-суточного модуля стока 95%-ной обеспеченности для зимнего или летне-осеннего сезона.

Минимальный сток воды на реках с площадью водосбора менее 1000 км² $Q_{p\%}$ (м³/с) рассчитывают по зависимости минимальных 30-суточных расходов воды 95%-ной обеспеченности от площади водосбора для районов, однородных по условиям формирования минимального стока. В общем виде эта зависимость имеет вид

$$Q_{95\%} = q_{95\%} \cdot (A - A_{1кр})^n, \quad (3.75)$$

где $q_{95\%}$ – элементарный модуль минимального 30-суточного летне-осеннего или зимнего стока, зависящий от физико-географических условий, определяемый по окружающим рекам-аналогам или по картам изолиний, построенным для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений, (м³/(с·км²)), а также для летне-осеннего стока – по карте изолиний, приведенной в прил. Г, рис. Г18, а для зимнего в зависимости от района (прил. Г, рис. Г19) – по табл. 3.35;

$A_{1кр}$ – первая критическая площадь (км²), определяемая по формуле (3.23);

n – показатель степени редукции расхода воды обеспеченности 95 % по величине действующей площади водосбора ($A - A_{1кр}$), принимаемый для летне-осеннего периода равным 1,07, а для зимнего периода в зависимости от района (прил. Г, рис. Г19) – по табл. 3.35.

Таблица 3.35. Значения параметров $q_{95\%} \cdot 10^{-4}$ (м³/(с·км²)) и n

| Район | Параметры | |
|-------|------------|------|
| | $q_{95\%}$ | n |
| I | 0,6 | 1,03 |
| II | 2,4 | 0,92 |
| III | 6,3 | 0,90 |
| IV | 0,6 | 0,89 |
| V | 0,6 | 1,00 |

Минимальный 30-суточный (среднемесячный) расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$) других обеспеченностей определяется по формуле

$$Q_p = a \cdot Q_{95\%} + \frac{b \cdot A}{1000}, \quad (3.76)$$

где a и b – эмпирические коэффициенты регрессии, определяемые как средние значения по данным рек-аналогов с учетом гидрогеологических условий, глубины вреза русла реки и других факторов минимального стока. В случае невозможности подобрать реки-аналоги можно использовать значения a и b , приведенные в табл. 3.36.

Таблица 3.36. Значения коэффициентов регрессии a и b

| Обеспеченность, % | Коэффициенты | |
|-------------------|--------------|-------|
| | a | b |
| 50 | 1,22 | 0,64 |
| 75 | 1,16 | 0,27 |
| 90 | 1,07 | 0,08 |
| 97 | 0,97 | -0,03 |

Минимальный среднесуточный расход воды расчетной обеспеченности определяют по формуле

$$Q_{p_{\text{сут}}} = a \cdot Q_p - \frac{b \cdot A}{1000}, \quad (3.77)$$

где a и b – эмпирические коэффициенты регрессии, определяемые как средние по району по связи суточных и 30-суточных минимальных расходов рек-аналогов. В случае невозможности подобрать реки-аналоги можно для летне-осеннего периода принять $a=0,89$, $b=0,09$, а для зимнего – $a=0,86$, $b=0,11$ соответственно;

A – площадь бассейна до расчетного створа, км^2 .

Пример расчета.

Выполнение расчетов методом аналогии

Определить минимальные среднемесячные и среднесуточные расходы воды за летний период обеспеченности 75 % р. Саморувки в створе д. Зарудье. Характеристики водосбора: $A=74 \text{ км}^2$; $i_m=0,88 \text{ ‰}$; $L_m=17 \text{ км}$; $\rho=0,85 \text{ км/км}^2$.

1. Для реки-аналога, за которую принята р. Неслуха – д. Рудск, с характеристиками водосбора: $A=340 \text{ км}^2$; $i_r=0,57\%$; $L_r=24,5 \text{ км}$; $\rho=0,54 \text{ км/км}^2$ и для расчетной реки по формуле (3.23) определяется первая критическая площадь ($A_{1кр}$):

$$A_{1кр \text{ Неслухи}} = \frac{0,98}{0,54^2} + \frac{1,5 \cdot 24,5}{\sqrt{0,57}} = 52 \text{ км}^2;$$

$$A_{1кр \text{ Саморувки}} = \frac{0,98}{0,85^2} + \frac{1,5 \cdot 17}{\sqrt{0,88}} = 28,5 \text{ км}^2.$$

2. Для реки-аналога определяется параметр $q_{л}$ расчетной формулы (3.75):

$$q_{л} = \frac{0,29 \cdot 1000}{(340 - 52)^{1,07}} = 0,68,$$

где 0,29 – минимальный среднемесячный расход воды обеспеченности 95 % реки-аналога, $\text{м}^3/\text{с}$.

3. По формуле (3.75) рассчитывается среднемесячный минимальный расход воды обеспеченности 95 % в расчетном створе:

$$Q_{95\%} = 0,68 \cdot 10^{-3} \cdot (74 - 28,5)^{1,07} = 0,040 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Переход от расхода воды обеспеченности 95% к обеспеченности 75 % осуществляется по уравнению (3.76):

$$Q_{75\%} = 1,16 \cdot 0,040 + \frac{0,27 \cdot 74}{1000} = 0,0464 + 0,02 = 0,066 \text{ м}^3/\text{с}.$$

4. Минимальный среднесуточный расход воды определяется по уравнению (3.77)

$$Q_{75\% \text{ сут}} = 0,89 \cdot 0,066 - \frac{0,09 \cdot 74}{1000} = 0,052 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Определить минимальные среднемесячные и среднесуточные расходы воды за зимний период обеспеченности 97 % р. Саморувки в створе д. Зарудье. Характеристики водосбора: $A=74 \text{ км}^2$; $L_m=17 \text{ км}$; $i_m=0,88 \%$; $\rho=0,85 \text{ км/км}^2$.

1. Для реки-аналога, за которую принята р. Неслуха – д. Рудск, и для расчетной реки по формуле (3.23) определяется первая критическая площадь водосбора $A_{1кр}$:

$$A_{1кр \text{ Саморувки}} = \frac{0,98}{0,85^2} + \frac{1,5 \cdot 17}{\sqrt{0,88}} = 28,5 \text{ км}^2.$$

2. Для реки-аналога определяется параметр q_s по расчетной формуле (3.75):

$$q_3 = \frac{0,27 \cdot 1000}{(340 - 52)^{0,89}} = 1,74,$$

где 0,27 – минимальный среднемесячный расход воды обеспеченности 95 % за зимний период реки-аналога, м³/с.

3. Показатель степени n принимается по IV району ($n=0,89$) согласно табл. 3.35.

4. По формуле (3.75) рассчитывается среднемесячный минимальный расход воды обеспеченности 95 % в расчетном створе:

$$Q_{95\%} = 1,74 \cdot 10^{-4} \cdot (74 - 28,5)^{0,89} = 0,052 \text{ м}^3/\text{с}.$$

5. Среднемесячный расход воды обеспеченности 97 % определяется по уравнению (3.76) с использованием коэффициентов регрессии, приведенных в табл. 3.36:

$$Q_{97\%} = 0,97 \cdot 0,052 - \frac{-0,03 \cdot 74}{1000} = 0,053 \text{ м}^3/\text{с}.$$

6. Переход от среднемесячного расхода воды обеспеченности 97 % к равнообеспеченному среднесуточному осуществляется по уравнению (3.77):

$$Q_{97\% \text{ сут}} = 0,86 \cdot 0,053 - \frac{0,11 \cdot 74}{1000} = 0,037 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Выполнение расчетов при отсутствии аналога

Определить минимальный срочный расход воды за летний период обеспеченности 90 % канала без названия у д. Сухое. Характеристики водосбора: $A=18,2 \text{ км}^2$; $i_m=0,2 \text{ ‰}$; $L_m=3,2 \text{ км}$; $\rho=1,2 \text{ км/км}^2$.

1. Определяется $A_{1\text{кр}}$ по формуле (3.23):

$$A_{1\text{кр}} = \frac{0,98}{1,2^2} + \frac{1,5 \cdot 3,2}{\sqrt{0,2}} = 11,4 \text{ км}^2.$$

2. По карте изолиний (прил. Г, рис. Г18) определить параметр q_d :

$$q_d = 0,5.$$

3. По формуле (3.75) рассчитывается расход воды обеспеченности 95 %:

$$Q_{95\%} = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot (18,2 - 11,4)^{1,07} = 0,0038 \text{ м}^3/\text{с}.$$

4. Расход воды обеспеченности 90 % определяется по уравнению (3.76) с использованием коэффициентов регрессии, приведенных в табл. 3.36:

$$Q_{90\%} = 1,07 \cdot 0,0038 + \frac{0,08 \cdot 18,2}{1000} = 0,005 \text{ м}^3/\text{с}.$$

5. По формуле (3.77) вычисляются значения суточного расхода воды обеспеченности 90 %:

$$Q_{90\% \text{ сут}} = 0,89 \cdot 0,005 - \frac{0,09 \cdot 18,2}{1000} = 0,003 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Определить минимальный среднесуточный расход воды за зимний период обеспеченности 97 % канала без названия у д. Сухое. Характеристики водосбора: $A=18,2 \text{ км}^2$; $i_m=0,2 \text{ ‰}$; $L_m=3,2 \text{ км}$; $\rho=1,2 \text{ км}/\text{км}^2$.

1. Определяется $A_{1\text{кр}}$ по формуле (3.23):

$$A_{1\text{кр}} = \frac{0,98}{1,2^2} + \frac{1,5 \cdot 3,2}{\sqrt{0,2}} = 11,4 \text{ км}^2.$$

2. По табл. 3.35 определяются параметры q_3 и n : $q_3=0,6$; $n=0,89$.

3. Определяется среднемесячный расход воды обеспеченности 95 % по формуле (3.75):

$$Q_{95\%} = 0,6 \cdot 10^{-4} \cdot (18,2 - 11,4)^{0,89} = 0,003 \text{ м}^3/\text{с}.$$

4. Расход воды обеспеченности 97 % определяется по уравнению (3.76) с использованием коэффициентов регрессии, приведенных в табл. 3.36:

$$Q_{97\%} = 0,97 \cdot 0,003 - \frac{0,03 \cdot 18,2}{1000} = 0,0024 \text{ м}^3/\text{с}.$$

5. По формуле (3.77) вычисляются значения суточного расхода воды обеспеченности 97 %:

$$Q_{97\% \text{ сут}} = 0,86 \cdot 0,0024 - \frac{0,11 \cdot 18,2}{1000} \approx 0 \text{ м}^3/\text{с},$$

т. е. имеем дело с временным водотоком, пересыхающим в экстремально засушливый год при обеспеченности 97 %.

Практическая работа № 17. СОСТАВЛЕНИЕ БАТИГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОХРАНИЛИЩА

Цель работы: научиться составлять батиграфические характеристики водохранилища.

Задание к работе: составить батиграфические характеристики водохранилища.

Ход выполнения работы.

Водохранилище – искусственно созданный водоем для хранения воды и регулирования стока.

К основным характеристикам водохранилища относят зависимости площади водной поверхности F и объема воды V от уровня H или глубины h в нем. Кривую $F=F(H)$ или $F=F(h)$ называют *кривой площадью водной поверхности водохранилища*, кривую $V=V(H)$ или $V=V(h)$ – *кривой объемов водохранилища*. Часто эти кривые наносят на один график и называют *батиграфическими кривыми*.

Различают статистический и динамический объемы. *Статистический объем* – объем воды, подсчитанный в предположении, что поверхность воды в водохранилище горизонтальная. *Динамический объем* – объем, вычисленный с учетом кривой свободной поверхности в водохранилище.

Исходным материалом для построения кривой площадей водохранилища служат крупномасштабные топографические карты. Площади водной поверхности водохранилища F , соответствующие различным уровням воды H , считая поверхность воды горизонтальной, определяют путем планиметрирования площадей, заключенных между отдельными горизонталями и створом плотины, замыкающим горизонтали у берегов. Кривую $F=F(H)$ строят в прямоугольных координатах: на оси ординат откладывают уровни H , на оси абсцисс – площадь F . С повышением уровня воды площадь водной поверхности увеличивается.

Объем первого придонного слоя определяют по формуле усеченного параболоида

$$\Delta V_1 = \frac{2}{3} \cdot F_1 \cdot \Delta H_{1,2}, \quad (3.78)$$

где ΔV_1 – частный объем водохранилища между дном и 1-й горизонталью, м³;

F_1 – площадь зеркала водохранилища на отметке 1;

$\Delta H_{1,2}$ – разница отметок горизонталей, м.

При дальнейшем приращении уровня воды ΔH объем, заключенный между смежными уровнями, может быть определен по упрощенной формуле

$$\Delta V_{i+1} = \frac{1}{2} \cdot (F_i + F_{i+1}) \cdot H_{i,i+1}. \quad (3.79)$$

Объем воды в водохранилище, соответствующий отметке H , получают суммированием частных объемов, расположенных ниже этого уровня:

$$V_n = \sum_{i=1}^n \Delta V_i. \quad (3.80)$$

Важной характеристикой водохранилища является средняя глубина, которая определяется по следующей формуле:

$$h_{\text{ср}i} = \frac{V_i}{F_i}. \quad (3.81)$$

Средняя глубина $h_{\text{ср}}$ с повышением уровня воды может изменяться в сторону увеличения или уменьшения.

Построение топографических характеристик (рис. 3.6) производится по следующей схеме. Выбирается топографический план местности района проектируемого водохранилища (согласно исходным данным прил. Д). Сечение горизонталей принимается согласно заданному варианту.

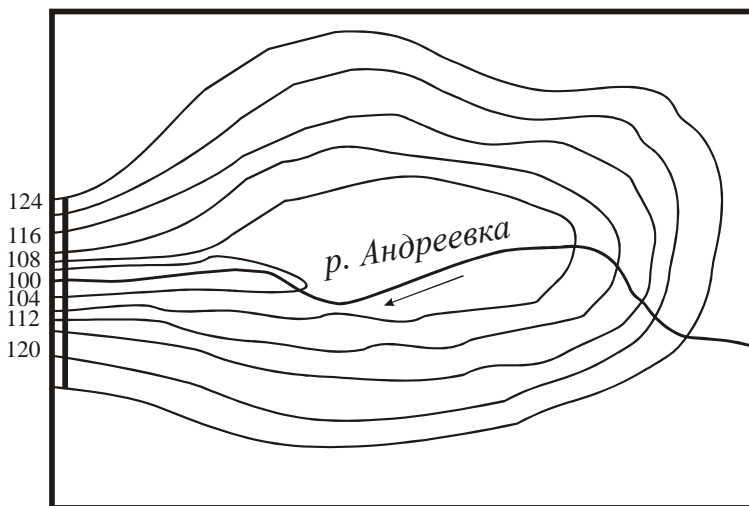


Рис. 3.6. Топоплан района строительства водохранилища

Горизонтали топографического плана наносятся на миллиметровую бумагу, и выбирается место расположения плотины (самое узкое место, перпендикулярно горизонталям), определяются площади водного зеркала, соответствующие каждой горизонтали. Для измерения площади водного зеркала i -й горизонтали подсчитывается количество квадратов (считаются как полные, так и неполные квадраты) площадью 1 мм^2 , ограниченное этой горизонталью, и умножается на масштаб (М: 1 : 20 000). Результаты расчетов ведутся в табличной форме (табл. 3.37).

Таблица 3.37. Определение топографических характеристик водохранилища

| H_{is} , м | ΔH_{is} , м | F_{is} , млн. м ² | $F_{ср.}$, млн. м ² | ΔV_{is} , млн. м ³ | V_{is} , млн. м ³ | $h_{ср.}$, м |
|--------------|---------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 100 | | 0,0 | | | 0 | 0 |
| 104 | 4 | 0,98 | 0,98 | 3,92 | 3,92 | 4,00 |
| 108 | 4 | 2,70 | 1,84 | 7,36 | 11,28 | 4,18 |
| 112 | 4 | 4,10 | 3,40 | 13,60 | 24,88 | 6,07 |
| 116 | 4 | 6,88 | 5,49 | 21,96 | 46,84 | 6,81 |
| 120 | 4 | 9,55 | 8,215 | 32,86 | 79,70 | 8,35 |
| 124 | | 12,10 | 10,825 | 43,30 | 123,00 | 10,17 |

По результатам расчетов строятся графики зависимости $F=F(H)$, $V=V(H)$ и $h_{ср.}=h_{ср.}(H)$ (рис. 3.7).

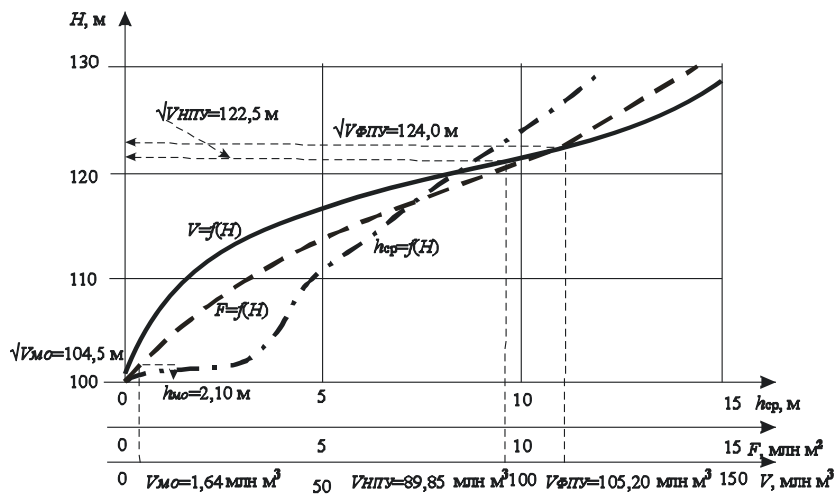


Рис. 3.7. Характеристики водохранилища

Создание водохранилища вносит изменение в водный баланс территории вследствие затопления и подтопления ее части, подпора и повышения уровня грунтовых вод. Результатом этих изменений являются дополнительные потери воды, учет которых необходим для пра-

вильного определения объема водохранилища и составления баланса водных ресурсов при регулировании стока.

Основными видами потерь являются испарение с водной поверхности и фильтрация.

Потери на испарение являются следствием замены некоторой части суши водосбора водным зеркалом в результате создания водохранилища. Изменение объема стока до и после создания водохранилища определяется дополнительными потерями на испарение ($Z_{\text{доп}}$), рассчитываемыми по формуле

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{в}} - X \cdot (1 - \alpha_{\text{с}}), \quad (3.82)$$

где $Z_{\text{в}}$ – испарение с водной поверхности, мм;

X – норма осадков для района проектирования, мм;

$\alpha_{\text{с}}$ – коэффициент стока (для Беларуси принимается равным 0,35).

Значения $Z_{\text{в}}$ и X приведены в табл. 3.38. Дополнительные потери на испарение вычисляются за период открытого русла, в первом приближении их можно распределять пропорционально среднемесячным температурам воздуха и дефициту влажности. В работе принимается единое для всех районов распределение испарения по месяцам (табл. 3.39).

Отрицательное значение в марте показывает, что расчетное испарение в марте перекрывается величиной растаявшего льда. Расчетное испарение за декабрь – февраль принимается равным нулю.

Таблица 3.38. Средние значения за год испарения с водной поверхности и осадков

| Область проектирования | Испарение с водной поверхности $Z_{\text{в}}$, мм | Норма осадков X , мм |
|------------------------|--|------------------------|
| Брестская | 600 | 550 |
| Витебская | 560 | 650 |
| Гомельская | 620 | 600 |
| Гродненская | 570 | 700 |
| Минская | 570 | 650 |
| Могилевская | 580 | 600 |

Таблица 3.39. Испарение по месяцам года $Z_{\text{доп}}$, %

| III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | Сумма |
|-----|----|----|----|-----|------|----|---|----|-------|
| -8 | 4 | 10 | 18 | 26 | 24 | 16 | 8 | 2 | 100 |

Потери на фильтрацию происходят через дно и борта водохранилища, тело плотины, основание и в обход плотины, а также через не-

плотности затворов водопропускных и транспортных сооружений гидротурбины и неработающих турбин (затворы, шлюзные ворота, направляющие аппараты и т. д.).

В результате сложности и недостаточной изученности явления фильтрации расчет потерь на фильтрацию представляет большие затруднения. При расчетах используются нормативные данные в виде слоя воды с поверхности зеркала водохранилища или в процентах от среднего объема водохранилища в зависимости от гидрогеологических условий (табл. 3.40).

Таблица 3.40. **Норма потерь на фильтрацию из водохранилища**

| Гидрогеологические условия | Слой потерь на фильтрацию за год, см | Норма потерь от среднего объема водохранилища, % | |
|----------------------------|--------------------------------------|--|----------|
| | | за год | за месяц |
| Хорошие | 0–50 | 5–10 | 0,5–1 |
| Средние | 50–100 | 10–20 | 1–1,5 |
| Плохие | 100–200 | 20–40 | 1,5–3 |

Хорошие гидрогеологические условия соответствуют случаю, когда ложе водохранилища сложено на значительную глубину практически водонепроницаемыми породами (глины, плотные осадочные или массивные кристаллические породы без трещин).

Средние гидрогеологические условия соответствуют маловодонепроницаемым грунтам чаши водохранилища.

Плохие гидрогеологические условия характеризуются водопроницаемыми породами (трещиноватые песчаники, известняки, сланцы и др.), особенно наличием карстовых пород, создается отток из водохранилища на питание грунтовых вод.

Пример расчета.

Рассчитываем суммарную годовую величину слоя дополнительного испарения по формуле (3.82), принимая значения Z_B и X из табл. 3.38 для Гомельской области, где расположено с. Андреевка:

$$Z_{\text{доп}} = 620 - 600 \cdot (1 - 0,35) = 230 \text{ мм.}$$

Принимая величину 230 мм за 100 %, распределяем значения дополнительного испарения по месяцам согласно типовому распределению. Расчет ведем в табличной форме (табл. 3.41).

Таблица 3.41. **Испарение по месяцам года для р. Оресса – с. Андреевка**

| Месяцы | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | Сумма |
|-----------------------------|-------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-------|
| $Z_{\text{доп}}, \%$ | –8 | 4 | 10 | 18 | 26 | 24 | 16 | 8 | 2 | 100 |
| $Z_{\text{доп}}, \text{мм}$ | –18,4 | 9,2 | 23,0 | 41,4 | 59,8 | 55,2 | 36,8 | 18,4 | 4,6 | 230,0 |

Потери воды на фильтрацию принимаем для средних гидрологических условий 1 % в месяц, или 12 % в год, от наличного объема воды в водохранилище.

Практическая работа № 18. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЕЗНОГО И ПОЛНОГО ОБЪЕМА ВОДОХРАНИЛИЩА

Цель работы: научиться рассчитывать полезный и полный объем водохранилища.

Задание к работе: рассчитать полезный и полный объем водохранилища.

Ход выполнения работы.

Параметры водохранилища, определяющие его размеры, устанавливают на основе водохозяйственного расчета. Объем воды в водохранилище подразделяют на мертвый и полезный.

Мертвый объем ($V_{\text{УМО}}$) – это постоянная часть полного объема водохранилища, которая в нормальных условиях эксплуатации не сбрасывается и в регулировании стока не участвует.

Уровень мертвого объема (УМО) – уровень поверхности воды, ограничивающий этот объем сверху.

Главной задачей водохозяйственного расчета водохранилища является определение полезного объема и выбор отметки НПУ.

Полезный объем ($V_{\text{ПЛЗ}}$) – основной объем водохранилища, непосредственно используемый для регулирования стока. Он расположен выше УМО и ограничен сверху нормальным подпорным уровнем.

Нормальный подпорный уровень (НПУ) – наивысший проектный подпорный уровень верхнего бьефа, который может поддерживаться в нормальных условиях эксплуатации гидротехнических сооружений.

Полный объем водохранилища ($V_{\text{ПЛН}}$) соответствует отметке НПУ и равен сумме полезного и мертвого объемов:

$$V_{\text{ПЛН}} = V_{\text{НПУ}} = V_{\text{УМО}} + V_{\text{ПЛЗ}}. \quad (3.83)$$

Мертвый объем и соответствующий ему УМО определяют с учетом ряда условий. На реках, транспортирующих большое количество наносов, мертвый объем необходим для аккумуляции твердого стока, чтобы предотвратить уменьшение полезного объема в течение расчетного срока службы водохранилища.

На водохранилищах, используемых для коммунально-бытового водоснабжения и рыбного хозяйства, главными факторами, определяю-

щими мертвый объем и УМО, являются санитарно-технические требования и условия обеспечения необходимого качества воды. Согласно этим требованиям средняя глубина воды в водохранилище при УМО не должна быть более 1,5–2,0 м, а площадь мелководья с глубинами менее 2 м – не более 30–35 % поверхности воды в водохранилище.

При транспортном использовании водохранилища УМО определяют как минимальный навигационный уровень, обеспечивающий необходимые глубины для судоходства.

Водохранилище вносит изменения в гидравлический режим водотока: уменьшаются уклоны свободной поверхности, скорости течения, транспортирующая способность, увеличиваются глубины потока. Вследствие этого наносы, влекаемые потоком по дну или во взвешенном состоянии, осаждаются и откладываются в чаше водохранилища. Процесс заполнения водохранилища наносами называют *заилением*. Заиление главным образом определяется взвешенными наносами. Большое влияние на процесс заиления водохранилища оказывают колебания уровней воды в нем при сработке и наполнении.

Мертвый объем должен обеспечивать аккумуляцию наносов и отвечать санитарно-техническим условиям. В соответствии с этим определяется объем заиления водохранилища за период его работы исходя из объемов годовых наносов:

$$V_{\text{н.год}} = 31,5 \cdot \bar{\rho} \cdot \bar{Q} \cdot \gamma^{-1}, \quad (3.84)$$

где $V_{\text{н.год}}$ – объем наносов за год, м³;

\bar{Q} – норма годового стока, м³/с;

$\bar{\rho}$ – норма годовой мутности, г/м³;

γ – объемный вес наносов, т/м³.

Зная величину заиления за год и срок службы водохранилища, определяем объем заиления водохранилища за период его эксплуатации:

$$V_{\text{н}}' = V_{\text{н.год}} \cdot T, \quad (3.85)$$

где $V_{\text{н}}'$ – объем наносов за период эксплуатации, м³;

T – срок службы водохранилища, лет.

Среднегодовое количество наносов в водохранилище в общем виде можно представить как сумму объемов заиления и наносов от переработки берегов после наполнения водохранилища по формуле

$$V = V_{\text{н}}' + V_{\text{п.б}}, \quad (3.86)$$

где $V_{\text{п.б}}$ – объем наносов в водохранилище от переработки берегов (принимается равным 5 % от объема заиления), м³:

$$V_{п.б} = 0,05 \cdot V'_н. \quad (3.87)$$

Полученная величина полного объема заиления проверяется на соответствие санитарно-техническим условиям. По топографическим кривым (см. рис. 3.4) определяется средняя глубина водохранилища. Если полученная глубина больше минимально допустимой, то принимается полный объем заиления за мертвый объем, т. е. $V=V_{МО}$. Если средняя глубина водохранилища получена меньше допустимой, тогда принимается глубина $h_{ср}=2,0$ м и определяется мертвый объем водохранилища.

Водохозяйственный расчет водохранилища – совокупность расчетов по установлению основных параметров водохранилища и режима его работы. Основные параметры водохранилища (объем, отдача) и режим его работы устанавливаются путем сопоставления и анализа расчетного стока и планового потребления.

Наполнение водохранилища до $V_{НПУ}$ происходит к началу максимального дефицита, а опорожнение до $V_{УМО}$ – к его окончанию. Расчет по второму варианту регулирования стока выполняют в порядке, обратном ходу времени, от момента $V_{УМО}$, последовательно вычисляя объем наполнений и сбросов на начало каждого интервала времени. Для первого интервала времени конечное наполнение равно начальному плюс потери воды.

Потери воды из водохранилища на испарение и фильтрацию за расчетный интервал времени Δt вычисляют, используя топографические характеристики водохранилища. При этом расчетный объем воды в водохранилище за определяемый интервал времени находят как сумму начального и конечного наполнений без учета потерь:

$$V_{РАСЧ} = \frac{(V_{ПРЕД} + V_{ОК})}{2}, \quad (3.88)$$

где $V_{ПРЕД}$ и $V_{ОК}$ – предварительный и окончательный объемы расчетного периода, млн. м³.

$$V_{ПРЕД_i} = V_{ОК_i} + (W - \sum q), \quad (3.89)$$

где $V_{ОК_i}$ – окончательный объем воды в водохранилище за предыдущий интервал времени, млн. м³;

W – приток воды в данный интервал времени, млн. м³;

q – водопотребление в данный интервал времени, млн. м³.

Для соответствующего предварительного объема по топографическим характеристикам *определяется* площадь зеркала водохранилища, по которой рассчитываются потери на испарение по формуле

$$W_Z = \frac{Z_{\text{доп}} \cdot F}{1000}, \quad (3.90)$$

где W_Z – объем потерь на испарение, млн. м³;
 $Z_{\text{доп}}$ – дополнительные потери на испарение, мм;
 F – площадь зеркала, млн. м².

Потери на фильтрацию принимаются в зависимости от грунтовых пород, подстилающих водохранилище.

Предварительное (начальное) наполнение для второго интервала времени принимают равным наполнению в конце первого интервала плюс разность стока и отдачи воды за рассматриваемый интервал и т. д. Окончательный объем на расчетный период вычисляется как

$$V_{\text{ок}} = V_{\text{перед}} + W_{\text{п}}, \quad (3.91)$$

где $W_{\text{п}}$ – сумма потерь за расчетный период, млн. м³.

Расчет ведется в табличной форме построчно. В результате находят конечные наполнения, а также сбросы излишков воды для каждого интервала времени и всего расчетного периода по формуле

$$R = V_{\text{ок}} + (W - \sum q) - V_{\text{ниж}} - W_{\text{п}}, \quad (3.92)$$

где R – объем сброса, млн. м³.

Проверка правильности расчета производится по общему уравнению водного баланса

$$\sum W = \sum q + \sum W_{\text{п}} + \sum R. \quad (3.93)$$

Пример расчета.

Определить объем водохранилища сезонно-годового регулирования на р. Оресса в створе с. Андреевка. Норма годового стока $\bar{Q} = 18,0$ м³/с; годовая мутность $\bar{\rho} = 55$ г/м³; срок службы водохранилища $T = 50$ лет; среднемесячные расходы воды; объемный вес наносов $\gamma = 1$ т/м³; гидрогеологические условия – средние.

Определяется объем заиления водохранилища, расположенного на р. Оресса у с. Андреевка, исходя из объемов годовых наносов, по формуле (3.84):

$$V_{\text{н.год}} = 31,5 \cdot 55 \cdot 18,0 \cdot 1 = 31185 \text{ м}^3.$$

После определения величины заиления за один год вычисляется объем заиления водохранилища за период его эксплуатации $T=50$ лет по формуле (3.85):

$$V'_n = 31185 \cdot 50 = 1559250 \text{ м}^3 = 1,56 \text{ млн. м}^3.$$

Определяется объем наносов в водохранилище от переработки берегов (принимается равным 5 % от объема заиления) по формуле (3.87):

$$V_{\text{п.б}} = 0,05 \cdot 1,56 = 0,08 \text{ млн. м}^3.$$

Далее определяется полный объем заиления:

$$V = 1,56 + 0,08 = 1,64 \text{ млн. м}^3.$$

Откладывается полученный объем на графике топографических характеристик (рис. 3.4) и определяется средняя глубина водохранилища $h_{\text{ср}} = 2,10$ м, что больше минимально допустимой 1,5–2,0 м. Следовательно, мертвый объем водохранилища $V_{\text{УМО}} = 1,64$ млн. м³. Определяется отметка $\nabla \text{УМО} = 104,5$ м, которая показывается на графике.

Расчет водохранилища ведется в табличной форме (табл. 3.42). Заполнение таблицы расчета водохранилища начинается с многоводного периода в году, которым является весна (весеннее половодье), т. е. с марта месяца.

В гр. 2 заносится приток воды, полученный в результате внутригодового распределения стока.

В гр. 3 – потребление (в работе принимаем 75 % от суммы притока) и распределяется равномерно по месяцам:

$$q_i = \frac{0,75 \cdot \sum W_i}{12} = \frac{0,75 \cdot 288,63}{12} = 18,04 \text{ млн. м}^3.$$

В гр. 4 и 5 заносится разность между притоком и потреблением в зависимости от полученного знака: если разность получилась со знаком «–», то она заносится в гр. 5, а если со знаком «+», – в гр. 4.

В гр. 9 заносится испарение по месяцам $Z_{\text{доп}}$.

Дальнейший расчет ведется построчно. На начало многоводной фазы, т. е. на начало марта и конец февраля, записывается объем $V_{\text{УМО}} = 1,64$ млн. м³, это значение заносится в гр. 6 и 13. Расчет ведется в обратном порядке, т. е. снизу вверх. К окончательному объему на

конец февраля прибавляется недостаток в феврале по формуле (3.89):
 $V_{\text{ПРЕДШ}}^{\text{II}} = 1,64 + 12,24 = 13,88$ млн. м³.

Полученный результат записывается на начало февраля в гр. 6. Расчетный объем в феврале находится по формуле (3.88) и записывается в гр. 7: $V_{\text{РАСЧ}}^{\text{II}} = \frac{(1,64 + 13,88)}{2} = 7,76$ млн. м³.

По полученному расчетному объему находится площадь водного зеркала по топографическим характеристикам (рис. 3.4) и записывается значение в гр. 8.

Потери на испарение определяются по формуле (3.90) для данного месяца и записываются в гр. 10: $W_z^{\text{II}} = \frac{0 \cdot 0,83}{1000} = 0$ млн. м³.

Потери на фильтрацию принимаются равными 1 % (средние гидро-геологические условия) от величины расчетного объема, и полученный результат записывается в гр. 11: $W_{\text{Ф}}^{\text{II}} = 0,01 \cdot 7,76 = 0,078 \approx 0,08$ млн. м³.

Далее находятся суммарные потери и записываются в гр. 12:

$$W_{\text{П}}^{\text{II}} = 0 + 0,075 = 0,075 \text{ млн. м}^3.$$

Таким образом, находится окончательный объем на начало февраля и записывается в гр. 13:

$$V_{\text{ОКШ}}^{\text{II}} = 13,88 + 0,08 = 13,96 \text{ млн. м}^3.$$

К окончательному объему на конец января прибавляется недостаток в январе по формуле (3.89): $V_{\text{ПРЕДШ}}^{\text{III}} = 13,96 + 8,54 = 22,50$ млн. м³.

Полученный результат записывается на начало января в гр. 6. Расчетный объем в январе находится по формуле (3.88) и записывается в гр. 7: $V_{\text{РАСЧ}}^{\text{III}} = \frac{(13,96 + 22,50)}{2} = 18,23$ млн. м³.

Далее расчет ведется аналогично до многоводной фазы, т. е. до максимального объема, который соответствует $V_{\text{НПУ}} = 89,85$ млн. м³, а затем расчет начинается сверху. В этом случае потери отнимаются, так как идем «ходом вперед» и получаем для конца марта предварительный объем $V_{\text{ПРЕДШ}}^{\text{K}} = 1,64 + 104,96 = 106,60$ млн. м³, но данный объем превышает объем при НПУ, поэтому принимаем предварительный объем в данном месяце $V_{\text{ПРЕДШ}}^{\text{K}} = V_{\text{НПУ}} = 89,85$ млн. м³, следовательно, излишки воды в этом месяце сбрасываются. Объем сброса находится по формуле (3.92): $R_1 = 1,64 + 104,96 - 0,34 - 89,85 = 16,41$ млн. м³.

Сбросы в апреле и мае рассчитываются аналогичным образом. После определения всех объемов подсчитывается сумма притока, потребления, потерь и сбросов. Далее проводится проверка правильности расчета водохранилища: $288,63=216,47+7,95+64,21$. Поскольку проверка выполняется, расчет произведен верно.

По полученному объему $V_{НПУ}=89,85$ млн. м³ находится по топографическим характеристикам отметка $\nabla НПУ=122,5$ м и наносится на график (рис. 3.5).

Полезный объем водохранилища определяем по формуле (3.83):

$$V_{ПЛЗ} = 89,85 - 1,64 = 88,21 \text{ млн. м}^3.$$

Таблица 3.42. Расчет водохранилища сезонно-годового регулирования стока

| Ме- ся- цы | Объем, млн. м ³ | | Разность | | Предварительный объем $V_{пред}$, млн. м ³ | Расчетный объем $V_{расч}$, млн. м ³ | Площадь зеркала F, млн. м ² | Дополнительное испарение $Z_{доп}$, мм | Объем потерь, млн. м ³ | | | Окончательный объем $V_{ок}$, млн. м ³ | Сброс R, млн. м ³ |
|------------------|----------------------------|-----------------------|-----------|--------------|--|--|--|---|-----------------------------------|-----------------------|---------------|--|------------------------------|
| | Приток W | Потребление, $\sum q$ | Избытки + | Недостатки - | | | | | на испарение W_z | на фильтрацию $W_{ф}$ | Всего $W_{п}$ | | |
| I | | | | | 1,64 | | | | | | | 1,64 | |
| II | | | | | | | | | | | | | |
| III | 123,00 | 18,04 | 104,96 | | | 45,74 | 6,36 | -18,4 | -0,12 | 0,46 | 0,34 | | 16,41 |
| | | | | | 89,85 | | | | | | | 89,85 | |
| IV | 61,80 | 18,04 | 43,76 | | | 89,85 | 10,21 | 9,2 | 0,09 | 0,90 | 0,99 | | 42,77 |
| | | | | | 89,85 | | | | | | | 89,85 | |
| V | 24,20 | 18,04 | 6,16 | | | 89,85 | 10,21 | 23 | 0,23 | 0,90 | 1,13 | | 5,03 |
| | | | | | 88,58 | | | | | | | 89,85 | |
| VI | 13,00 | 18,04 | | 5,04 | | 86,06 | 9,83 | 41,4 | 0,41 | 0,86 | 1,27 | | |
| | | | | | 82,25 | | | | | | | 83,54 | |
| VII | 5,77 | 18,04 | | 12,27 | | 76,12 | 8,79 | 59,8 | 0,53 | 0,76 | 1,29 | | |
| | | | | | 68,95 | | | | | | | 69,98 | |
| VIII | 4,04 | 18,04 | | 14,00 | | 61,95 | 7,53 | 55,2 | 0,42 | 0,62 | 1,04 | | |
| | | | | | 54,25 | | | | | | | 54,95 | |
| IX | 3,46 | 18,04 | | 14,58 | | 46,96 | 6,38 | 36,8 | 0,23 | 0,47 | 0,70 | | |
| | | | | | 39,24 | | | | | | | 39,67 | |
| X | 6,06 | 18,04 | | 11,98 | | 33,25 | 5,2 | 18,4 | 0,10 | 0,33 | 0,43 | | |
| | | | | | 26,99 | | | | | | | 27,26 | |
| XI | 14,40 | 18,04 | | 3,64 | | 25,17 | 4,39 | 4,6 | 0,02 | 0,25 | 0,27 | | |
| | | | | | 23,12 | | | | | | | 23,35 | |

Окончание табл. 3.42

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|--------------|---------------|---------------|---|-------|-------|-------|------|---|------|------|-------------|-------|--------------|
| <i>XII</i> | 17,60 | 18,04 | | 0,44 | | 22,90 | 4,18 | 0 | 0,00 | 0,23 | 0,23 | | |
| | | | | | 22,50 | | | | | | | 22,68 | |
| <i>I</i> | 9,50 | 18,04 | | 8,54 | | 18,23 | 3,48 | 0 | 0,00 | 0,18 | 0,18 | | |
| | | | | | 13,88 | | | | | | | 13,96 | |
| <i>II</i> | 5,80 | 18,04 | | 12,24 | | 7,76 | 0,83 | 0 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | | |
| | | | | | 1,64 | | | | | | | 1,64 | |
| Сумма | 288,63 | 216,47 | | | | | | | | | 7,95 | | 64,21 |

ЛИТЕРАТУРА

1. Волчек, А. А. Гидрометрическая практика: пособие / А. А. Волчек, В. К. Курсаков, Ан. А. Волчек. – Горки: БГСХА, 2011. – 200 с.
2. Железняков, Г. В. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока / Г. В. Железняков, Т. А. Неговская, Е. Е. Овчаров; под ред. Г. В. Железняка. – М.: Колос, 1984. – 205 с.
3. Методические указания к выполнению практических заданий и курсовой работе по курсу «Инженерная гидрология и регулирование стока» / сост.: А. А. Волчек, Ю. В. Стефаненко, Ан. А. Волчек. – Брест: БрГТУ, 2010. – 68 с.
4. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения. Технический кодекс установившейся практики ТКП 45-3.04-168-2009(02250)/ Минск: РУП «Стройтехнорм», 2010. – 55 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Исходные данные для выполнения заданий раздела 2

Таблица А1. Ежесуточные уровни воды, м

| р. Сож – г. Славгород, 1953 г. Отметка нуля графика – 128,19 м | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| Числа | Месяцы | | | | | | | | | | | |
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| 1 | 174 | 104 | 103 | 360 | 287 | 126 | 181 | 84 | 86 | 111 | 80 | 112 |
| 2 | 168 | 104 | 104 | 415 | 280 | 124 | 159 | 108 | 91 | 107 | 80 | 110 |
| 3 | 166 | 104 | 106 | 422 | 273 | 120 | 134 | 126 | 98 | 105 | 78 | 110 |
| 4 | 162 | 107 | 106 | 400 | 267 | 116 | 117 | 137 | 104 | 103 | 76 | 114 |
| 5 | 160 | 110 | 107 | 369 | 257 | 109 | 106 | 146 | 108 | 99 | 74 | 116 |
| 6 | 160 | 108 | 108 | 339 | 248 | 108 | 100 | 154 | 110 | 96 | 74 | 110 |
| 7 | 158 | 108 | 110 | 325 | 235 | 108 | 95 | 162 | 109 | 94 | 72 | 110 |
| 8 | 152 | 108 | 111 | 311 | 226 | 107 | 93 | 170 | 110 | 93 | 72 | 120 |
| 9 | 148 | 106 | 110 | 301 | 219 | 102 | 90 | 174 | 109 | 92 | 81 | 126 |
| 10 | 142 | 105 | 112 | 295 | 213 | 98 | 91 | 176 | 106 | 91 | 86 | 126 |
| 11 | 139 | 105 | 111 | 290 | 209 | 90 | 86 | 175 | 106 | 90 | 77 | 124 |
| 12 | 136 | 104 | 111 | 287 | 211 | 86 | 84 | 175 | 106 | 89 | 72 | 135 |
| 13 | 130 | 104 | 112 | 285 | 216 | 84 | 86 | 173 | 107 | 87 | 75 | 146 |
| 14 | 126 | 104 | 111 | 281 | 223 | 82 | 82 | 168 | 111 | 84 | 77 | 138 |
| 15 | 122 | 104 | 110 | 275 | 228 | 81 | 83 | 162 | 116 | 83 | 78 | 133 |
| 16 | 120 | 104 | 110 | 271 | 236 | 84 | 88 | 156 | 122 | 82 | 78 | 128 |
| 17 | 120 | 102 | 111 | 264 | 245 | 84 | 97 | 150 | 129 | 82 | 80 | 125 |
| 18 | 120 | 102 | 112 | 260 | 246 | 88 | 106 | 144 | 138 | 80 | 80 | 120 |
| 19 | 120 | 100 | 111 | 250 | 245 | 100 | 109 | 136 | 143 | 78 | 76 | 118 |
| 20 | 117 | 100 | 112 | 245 | 239 | 107 | 107 | 132 | 148 | 78 | 76 | 114 |
| 21 | 115 | 100 | 114 | 243 | 230 | 124 | 102 | 130 | 152 | 77 | 76 | 112 |
| 22 | 115 | 100 | 115 | 245 | 220 | 151 | 99 | 122 | 154 | 77 | 79 | 107 |
| 23 | 114 | 100 | 116 | 246 | 215 | 166 | 95 | 116 | 152 | 78 | 76 | 108 |
| 24 | 113 | 100 | 116 | 248 | 207 | 175 | 91 | 110 | 147 | 81 | 66 | 108 |
| 25 | 113 | 100 | 118 | 252 | 200 | 185 | 92 | 104 | 142 | 82 | 97 | 112 |
| 26 | 112 | 101 | 124 | 255 | 191 | 193 | 85 | 98 | 136 | 81 | 98 | 110 |
| 27 | 110 | 102 | 151 | 257 | 179 | 201 | 82 | 94 | 131 | 81 | 102 | 110 |
| 28 | 110 | 103 | 208 | 263 | 170 | 204 | 78 | 89 | 126 | 80 | 106 | 111 |
| 29 | 110 | | 250 | 273 | 158 | 203 | 76 | 86 | 120 | 81 | 110 | 111 |
| 30 | 108 | | 271 | 283 | 150 | 197 | 75 | 84 | 116 | 81 | 110 | 110 |
| 31 | 106 | | 295 | | 139 | | 77 | 84 | | 80 | | 107 |

Продолжение табл. А1

| р. Сож – г. Славгород, 1954 г. Отметка нуля графика – 128,19 м | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|----|-----|-----|-----|----|-----|------|----|----|-----|-----|
| Числа | Месяцы | | | | | | | | | | | |
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| 1 | 106 | 86 | 87 | 248 | 239 | 85 | 42 | 45 | 37 | 43 | 73 | 113 |
| 2 | 105 | 86 | 87 | 260 | 225 | 84 | 41 | 45 | 35 | 46 | 72 | 105 |
| 3 | 102 | 86 | 88 | 250 | 219 | 77 | 40 | 43 | 33 | 49 | 71 | 96 |
| 4 | 101 | 84 | 88 | 255 | 213 | 72 | 43 | 45 | 34 | 50 | 71 | 95 |
| 5 | 100 | 84 | 91 | 268 | 206 | 68 | 42 | 47 | 31 | 55 | 70 | 91 |
| 6 | 100 | 86 | 94 | 281 | 199 | 65 | 42 | 47 | 30 | 57 | 69 | 86 |
| 7 | 96 | 86 | 96 | 289 | 192 | 61 | 42 | 47 | 29 | 59 | 69 | 83 |
| 8 | 94 | 86 | 100 | 298 | 184 | 58 | 46 | 45 | 30 | 61 | 67 | 83 |
| 9 | 92 | 86 | 102 | 302 | 178 | 56 | 50 | 43 | 29 | 63 | 65 | 81 |
| 10 | 92 | 87 | 104 | 301 | 170 | 56 | 51 | 42 | 29 | 65 | 67 | 79 |
| 11 | 89 | 87 | 107 | 300 | 162 | 55 | 50 | 43 | 30 | 67 | 65 | 77 |
| 12 | 88 | 87 | 110 | 295 | 154 | 53 | 50 | 43 | 31 | 67 | 69 | 76 |
| 13 | 86 | 87 | 110 | 289 | 145 | 60 | 49 | 41 | 31 | 66 | 73 | 77 |
| 14 | 84 | 88 | 112 | 281 | 137 | 59 | 48 | 41 | 33 | 65 | 76 | 77 |
| 15 | 84 | 88 | 114 | 275 | 131 | 56 | 46 | 41 | 32 | 67 | 81 | 79 |
| 16 | 82 | 87 | 115 | 271 | 126 | 54 | 44 | 40 | 33 | 63 | 83 | 81 |
| 17 | 82 | 87 | 115 | 266 | 122 | 54 | 44 | 39 | 33 | 59 | 86 | 80 |
| 18 | 82 | 88 | 116 | 262 | 116 | 54 | 44 | 37 | 32 | 56 | 87 | 81 |
| 19 | 81 | 90 | 115 | 259 | 112 | 56 | 42 | 36 | 32 | 57 | 85 | 81 |
| 20 | 80 | 89 | 114 | 261 | 107 | 58 | 40 | 34 | 31 | 59 | 81 | 81 |
| 21 | 80 | 88 | 113 | 267 | 104 | 58 | 40 | 34 | 34 | 61 | 77 | 84 |
| 22 | 80 | 88 | 113 | 277 | 100 | 55 | 40 | 35 | 35 | 63 | 75 | 87 |
| 23 | 81 | 88 | 114 | 277 | 96 | 51 | 37 | 35 | 38 | 68 | 72 | 91 |
| 24 | 82 | 89 | 116 | 273 | 95 | 48 | 38 | 35 | 38 | 71 | 65 | 95 |
| 25 | 84 | 88 | 118 | 267 | 96 | 46 | 37 | 35 | 38 | 72 | 71 | 98 |
| 26 | 85 | 87 | 128 | 263 | 94 | 46 | 37 | 36 | 39 | 77 | 77 | 101 |
| 27 | 85 | 88 | 139 | 258 | 93 | 45 | 41 | 37 | 39 | 77 | 90 | 103 |
| 28 | 85 | 88 | 157 | 251 | 91 | 44 | 41 | 41 | 37 | 79 | 104 | 105 |
| 29 | 84 | | 186 | 245 | 86 | 44 | 43 | 41 | 40 | 78 | 114 | 105 |
| 30 | 84 | | 207 | 237 | 84 | 42 | 43 | 40 | 41 | 76 | 117 | 101 |
| 31 | 86 | | 226 | | 82 | | 44 | 38 | | 75 | | 99 |

| р. Сож – п.г.т. Чечерск, 1953 г. Отметка нуля графика – 119,67 м | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| Числа | Месяцы | | | | | | | | | | | |
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| 1 | 328 | 238 | 234 | 413 | 414 | 340 | 330 | 218 | 232 | 268 | 216 | 224 |
| 2 | 326 | 237 | 234 | 484 | 424 | 332 | 332 | 222 | 231 | 262 | 214 | 232 |
| 3 | 322 | 238 | 234 | 565 | 430 | 322 | 332 | 232 | 232 | 258 | 214 | 238 |
| 4 | 320 | 238 | 236 | 586 | 427 | 312 | 328 | 244 | 234 | 253 | 212 | 240 |
| 5 | 318 | 238 | 236 | 568 | 422 | 304 | 318 | 258 | 238 | 250 | 212 | 238 |
| 6 | 316 | 237 | 238 | 542 | 418 | 295 | 305 | 271 | 242 | 246 | 209 | 234 |
| 7 | 312 | 237 | 240 | 516 | 414 | 285 | 289 | 283 | 244 | 242 | 208 | 244 |
| 8 | 306 | 237 | 240 | 490 | 408 | 276 | 274 | 292 | 246 | 242 | 204 | 251 |
| 9 | 299 | 236 | 242 | 475 | 403 | 270 | 264 | 300 | 248 | 238 | 198 | 255 |
| 10 | 292 | 235 | 243 | 464 | 398 | 265 | 252 | 304 | 250 | 235 | 196 | 259 |
| 11 | 284 | 234 | 244 | 454 | 394 | 259 | 246 | 308 | 251 | 232 | 190 | 259 |
| 12 | 276 | 234 | 244 | 445 | 390 | 254 | 244 | 310 | 250 | 230 | 201 | 256 |
| 13 | 274 | 234 | 243 | 440 | 386 | 249 | 240 | 312 | 249 | 228 | 210 | 260 |
| 14 | 269 | 234 | 243 | 436 | 382 | 246 | 236 | 313 | 249 | 226 | 214 | 254 |
| 15 | 265 | 234 | 243 | 432 | 380 | 242 | 234 | 314 | 250 | 226 | 212 | 242 |
| 16 | 262 | 234 | 243 | 429 | 380 | 238 | 232 | 313 | 252 | 224 | 212 | 236 |
| 17 | 258 | 233 | 243 | 426 | 382 | 235 | 230 | 313 | 254 | 222 | 214 | 230 |
| 18 | 254 | 233 | 244 | 422 | 383 | 238 | 232 | 311 | 258 | 220 | 210 | 226 |
| 19 | 252 | 233 | 245 | 418 | 384 | 242 | 237 | 307 | 264 | 218 | 212 | 223 |
| 20 | 250 | 232 | 245 | 414 | 388 | 246 | 242 | 302 | 270 | 216 | 212 | 219 |
| 21 | 248 | 232 | 245 | 412 | 392 | 254 | 246 | 296 | 275 | 216 | 215 | 215 |
| 22 | 246 | 232 | 246 | 408 | 394 | 264 | 246 | 290 | 282 | 216 | 212 | 212 |
| 23 | 244 | 232 | 248 | 406 | 394 | 276 | 244 | 282 | 284 | 214 | 212 | 214 |
| 24 | 243 | 232 | 250 | 404 | 390 | 286 | 241 | 275 | 286 | 214 | 219 | 216 |
| 25 | 243 | 232 | 256 | 403 | 382 | 296 | 236 | 267 | 290 | 214 | 209 | 216 |
| 26 | 242 | 232 | 283 | 402 | 373 | 305 | 232 | 260 | 290 | 216 | 201 | 218 |
| 27 | 241 | 232 | 334 | 402 | 368 | 313 | 227 | 252 | 288 | 216 | 198 | 220 |
| 28 | 240 | 232 | 392 | 404 | 363 | 318 | 224 | 246 | 282 | 216 | 201 | 222 |
| 29 | 239 | | 411 | 406 | 357 | 322 | 222 | 242 | 276 | 216 | 208 | 225 |
| 30 | 239 | | 400 | 408 | 351 | 326 | 220 | 238 | 272 | 216 | 217 | 229 |
| 31 | 238 | | 400 | | 344 | | 218 | 234 | | 216 | | 232 |

Продолжение табл. А1

| р. Сож – п.г.т. Чечерск, 1954 г. Отметка нуля графика – 119,67 м | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| Числа | Месяцы | | | | | | | | | | | |
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| 1 | 234 | 214 | 220 | 340 | 408 | 234 | 176 | 176 | 169 | 172 | 210 | 195 |
| 2 | 234 | 214 | 221 | 340 | 402 | 237 | 174 | 176 | 166 | 174 | 208 | 208 |
| 3 | 232 | 216 | 222 | 347 | 398 | 241 | 173 | 176 | 166 | 176 | 208 | 218 |
| 4 | 230 | 216 | 222 | 351 | 392 | 235 | 174 | 176 | 164 | 178 | 206 | 220 |
| 5 | 230 | 216 | 224 | 356 | 388 | 228 | 176 | 175 | 163 | 180 | 206 | 222 |
| 6 | 230 | 216 | 226 | 396 | 383 | 222 | 176 | 176 | 162 | 184 | 204 | 222 |
| 7 | 230 | 216 | 229 | 413 | 378 | 218 | 178 | 177 | 161 | 186 | 204 | 219 |
| 8 | 228 | 216 | 232 | 423 | 373 | 214 | 177 | 177 | 160 | 190 | 204 | 215 |
| 9 | 228 | 216 | 240 | 435 | 368 | 210 | 176 | 176 | 160 | 193 | 204 | 212 |
| 10 | 226 | 216 | 244 | 446 | 363 | 205 | 178 | 175 | 158 | 194 | 202 | 212 |
| 11 | 224 | 216 | 248 | 451 | 358 | 202 | 180 | 174 | 158 | 196 | 202 | 210 |
| 12 | 222 | 217 | 249 | 452 | 353 | 200 | 181 | 173 | 158 | 198 | 204 | 210 |
| 13 | 220 | 218 | 250 | 448 | 348 | 198 | 181 | 172 | 158 | 198 | 206 | 210 |
| 14 | 218 | 218 | 250 | 443 | 343 | 196 | 180 | 172 | 159 | 198 | 208 | 208 |
| 15 | 218 | 219 | 252 | 438 | 338 | 205 | 180 | 172 | 159 | 198 | 210 | 208 |
| 16 | 216 | 220 | 253 | 434 | 332 | 203 | 178 | 171 | 162 | 198 | 212 | 207 |
| 17 | 216 | 220 | 254 | 428 | 322 | 198 | 176 | 170 | 162 | 196 | 214 | 208 |
| 18 | 216 | 219 | 256 | 424 | 314 | 194 | 176 | 169 | 162 | 192 | 216 | 208 |
| 19 | 214 | 220 | 257 | 418 | 304 | 192 | 174 | 168 | 161 | 193 | 218 | 210 |
| 20 | 214 | 220 | 257 | 415 | 296 | 192 | 174 | 166 | 161 | 192 | 219 | 210 |
| 21 | 212 | 220 | 256 | 412 | 287 | 194 | 172 | 166 | 161 | 193 | 217 | 212 |
| 22 | 212 | 220 | 256 | 412 | 276 | 195 | 170 | 164 | 164 | 196 | 216 | 214 |
| 23 | 212 | 221 | 264 | 414 | 266 | 195 | 168 | 164 | 166 | 198 | 212 | 217 |
| 24 | 213 | 221 | 282 | 418 | 258 | 192 | 168 | 164 | 167 | 200 | 212 | 220 |
| 25 | 214 | 221 | 303 | 423 | 252 | 188 | 168 | 165 | 167 | 204 | 223 | 223 |
| 26 | 214 | 220 | 320 | 425 | 248 | 186 | 170 | 166 | 168 | 204 | 204 | 227 |
| 27 | 214 | 220 | 324 | 423 | 246 | 184 | 172 | 166 | 169 | 206 | 198 | 230 |
| 28 | 214 | 220 | 328 | 420 | 246 | 182 | 172 | 165 | 170 | 208 | 190 | 232 |
| 29 | 214 | | 333 | 416 | 244 | 180 | 173 | 166 | 171 | 210 | 185 | 234 |
| 30 | 214 | | 336 | 412 | 240 | 178 | 176 | 169 | 172 | 211 | 184 | 234 |
| 31 | 215 | | 340 | | 236 | | 176 | 169 | | 212 | | 236 |

Продолжение табл. А1

| р. Сож – г. Гомель, 1953 г. Отметка нуля графика – 115,34 м | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|----|-----|-----|
| Числа | Месяцы | | | | | | | | | | | |
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| 1 | 132 | 54 | 31 | 305 | 304 | 203 | 94 | 35 | 42 | 66 | 36 | 14 |
| 2 | 132 | 51 | 30 | 351 | 308 | 195 | 96 | 34 | 38 | 64 | 36 | 15 |
| 3 | 132 | 52 | 29 | 386 | 320 | 188 | 98 | 33 | 36 | 64 | 35 | 16 |
| 4 | 132 | 54 | 28 | 444 | 326 | 181 | 100 | 33 | 34 | 62 | 34 | 20 |
| 5 | 131 | 54 | 32 | 496 | 334 | 173 | 100 | 35 | 33 | 60 | 32 | 27 |
| 6 | 132 | 53 | 35 | 522 | 340 | 164 | 101 | 40 | 34 | 59 | 30 | 34 |
| 7 | 136 | 52 | 28 | 522 | 341 | 156 | 100 | 46 | 34 | 59 | 25 | 33 |
| 8 | 144 | 50 | 28 | 513 | 339 | 146 | 98 | 54 | 37 | 58 | 18 | 26 |
| 9 | 148 | 48 | 28 | 498 | 334 | 137 | 94 | 58 | 40 | 56 | 7 | 23 |
| 10 | 145 | 48 | 29 | 477 | 328 | 128 | 88 | 60 | 42 | 55 | 9 | 22 |
| 11 | 142 | 46 | 29 | 458 | 324 | 117 | 80 | 65 | 43 | 54 | 18 | 18 |
| 12 | 136 | 46 | 28 | 440 | 315 | 112 | 72 | 67 | 43 | 52 | 18 | 8 |
| 13 | 126 | 44 | 30 | 423 | 307 | 107 | 67 | 70 | 44 | 51 | 20 | 0 |
| 14 | 117 | 43 | 30 | 410 | 297 | 103 | 61 | 72 | 45 | 50 | 21 | 3 |
| 15 | 110 | 42 | 28 | 398 | 290 | 100 | 58 | 74 | 45 | 48 | 22 | 5 |
| 16 | 102 | 41 | 28 | 388 | 284 | 96 | 55 | 76 | 44 | 47 | 22 | 5 |
| 17 | 98 | 40 | 26 | 380 | 276 | 90 | 52 | 78 | 44 | 46 | 23 | 8 |
| 18 | 97 | 40 | 26 | 372 | 269 | 87 | 50 | 79 | 45 | 46 | 22 | 10 |
| 19 | 99 | 40 | 24 | 365 | 262 | 83 | 48 | 80 | 46 | 44 | 22 | 10 |
| 20 | 97 | 38 | 24 | 360 | 256 | 79 | 47 | 81 | 48 | 43 | 18 | 9 |
| 21 | 93 | 37 | 22 | 355 | 250 | 76 | 47 | 80 | 50 | 42 | 17 | 14 |
| 22 | 91 | 37 | 22 | 348 | 246 | 76 | 48 | 80 | 52 | 41 | 18 | 16 |
| 23 | 85 | 36 | 20 | 340 | 244 | 75 | 50 | 76 | 54 | 41 | 16 | 14 |
| 24 | 81 | 34 | 21 | 333 | 243 | 76 | 51 | 73 | 56 | 40 | -19 | 11 |
| 25 | 77 | 32 | 28 | 326 | 242 | 78 | 50 | 69 | 59 | 39 | -4 | 13 |
| 26 | 74 | 31 | 54 | 320 | 239 | 81 | 48 | 64 | 62 | 38 | -6 | 13 |
| 27 | 72 | 31 | 88 | 316 | 235 | 84 | 46 | 60 | 64 | 38 | -7 | 14 |
| 28 | 70 | 31 | 131 | 312 | 230 | 88 | 44 | 56 | 66 | 38 | 0 | 15 |
| 29 | 70 | | 162 | 308 | 224 | 89 | 40 | 52 | 66 | 38 | 8 | 15 |
| 30 | 64 | | 202 | 304 | 218 | 92 | 38 | 49 | 66 | 38 | 12 | 14 |
| 31 | 58 | | 251 | | 210 | | 36 | 45 | | 37 | | 12 |

Продолжение табл. А1

| р. Сож – д. Ускосы, 1954 г. Отметка нуля графика – 154,57 м | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|----|-----|-----|-----|----|-----|------|----|-----|-----|-----|
| Числа | Месяцы | | | | | | | | | | | |
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| 1 | 61 | 62 | 72 | 170 | 104 | 59 | 44 | 60 | 38 | 90 | 94 | 77 |
| 2 | 60 | 68 | 73 | 178 | 100 | 58 | 46 | 62 | 36 | 94 | 90 | 78 |
| 3 | 62 | 71 | 74 | 230 | 98 | 54 | 44 | 59 | 34 | 94 | 91 | 77 |
| 4 | 62 | 68 | 72 | 264 | 108 | 52 | 32 | 56 | 36 | 94 | 90 | 70 |
| 5 | 62 | 69 | 74 | 306 | 116 | 51 | 52 | 56 | 31 | 93 | 89 | 75 |
| 6 | 62 | 70 | 72 | 394 | 120 | 50 | 54 | 56 | 25 | 96 | 90 | 70 |
| 7 | 62 | 70 | 73 | 406 | 116 | 50 | 58 | 58 | 32 | 97 | 94 | 72 |
| 8 | 62 | 70 | 72 | 414 | 107 | 50 | 68 | 62 | 34 | 94 | 94 | 70 |
| 9 | 60 | 70 | 76 | 406 | 102 | 52 | 66 | 51 | 34 | 96 | 86 | 72 |
| 10 | 60 | 66 | 75 | 384 | 96 | 49 | 64 | 56 | 30 | 97 | 88 | 72 |
| 11 | 62 | 70 | 71 | 349 | 89 | 45 | 68 | 54 | 30 | 94 | 88 | 72 |
| 12 | 64 | 68 | 80 | 304 | 86 | 44 | 64 | 52 | 34 | 90 | 90 | 72 |
| 13 | 64 | 72 | 77 | 258 | 85 | 50 | 62 | 52 | 29 | 90 | 96 | 76 |
| 14 | 60 | 68 | 75 | 238 | 85 | 50 | 56 | 50 | 33 | 92 | 100 | 74 |
| 15 | 59 | 70 | 86 | 242 | 84 | 53 | 50 | 51 | 42 | 89 | 98 | 74 |
| 16 | 62 | 72 | 75 | 262 | 83 | 62 | 50 | 42 | 65 | 85 | 96 | 74 |
| 17 | 61 | 72 | 76 | 324 | 83 | 65 | 50 | 42 | 68 | 89 | 94 | 72 |
| 18 | 62 | 58 | 74 | 369 | 72 | 64 | 46 | 40 | 58 | 88 | 92 | 79 |
| 19 | 65 | 68 | 73 | 362 | 76 | 50 | 52 | 39 | 67 | 86 | 88 | 83 |
| 20 | 63 | 70 | 70 | 326 | 74 | 52 | 45 | 37 | 71 | 92 | 86 | 80 |
| 21 | 62 | 69 | 69 | 268 | 74 | 48 | 46 | 44 | 62 | 96 | 89 | 85 |
| 22 | 61 | 62 | 74 | 224 | 73 | 46 | 47 | 46 | 74 | 99 | 91 | 87 |
| 23 | 66 | 68 | 76 | 196 | 70 | 43 | 46 | 43 | 74 | 101 | 84 | 82 |
| 24 | 62 | 70 | 78 | 172 | 73 | 40 | 47 | 41 | 76 | 106 | 74 | 88 |
| 25 | 64 | 71 | 79 | 152 | 62 | 42 | 54 | 41 | 76 | 101 | 75 | 87 |
| 26 | 65 | 72 | 80 | 137 | 62 | 50 | 53 | 40 | 81 | 96 | 78 | 90 |
| 27 | 67 | 62 | 86 | 128 | 67 | 54 | 54 | 32 | 82 | 97 | 82 | 83 |
| 28 | 69 | 61 | 102 | 121 | 65 | 43 | 58 | 41 | 80 | 94 | 81 | 84 |
| 29 | 70 | | 126 | 114 | 61 | 44 | 62 | 36 | 86 | 93 | 77 | 87 |
| 30 | 67 | | 138 | 104 | 66 | 43 | 62 | 36 | 88 | 94 | 78 | 82 |
| 31 | 64 | | 154 | | 58 | | 60 | 40 | | 97 | | 85 |

Продолжение табл. А1

| р. Сож – г. Чериков, 1953 г. Отметка нуля графика – 132,40 м | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| Числа | Месяцы | | | | | | | | | | | |
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| 1 | 392 | 328 | 336 | 646 | 568 | 384 | 370 | 322 | 338 | 368 | 322 | 342 |
| 2 | 384 | 327 | 336 | 709 | 560 | 378 | 358 | 327 | 350 | 364 | 321 | 341 |
| 3 | 380 | 327 | 338 | 713 | 551 | 374 | 348 | 342 | 359 | 360 | 320 | 339 |
| 4 | 380 | 327 | 340 | 688 | 542 | 367 | 342 | 360 | 361 | 354 | 317 | 341 |
| 5 | 380 | 326 | 340 | 658 | 531 | 362 | 338 | 371 | 364 | 350 | 313 | 344 |
| 6 | 378 | 326 | 342 | 636 | 518 | 356 | 332 | 383 | 368 | 347 | 302 | 347 |
| 7 | 376 | 326 | 342 | 616 | 506 | 350 | 332 | 398 | 370 | 343 | 298 | 348 |
| 8 | 374 | 326 | 342 | 606 | 494 | 342 | 331 | 414 | 369 | 340 | 293 | 345 |
| 9 | 366 | 326 | 342 | 596 | 485 | 335 | 332 | 424 | 364 | 338 | 294 | 344 |
| 10 | 364 | 326 | 342 | 590 | 476 | 328 | 330 | 433 | 362 | 336 | 286 | 339 |
| 11 | 358 | 327 | 340 | 586 | 470 | 326 | 326 | 436 | 361 | 334 | 294 | 336 |
| 12 | 352 | 328 | 341 | 582 | 470 | 326 | 326 | 438 | 365 | 334 | 316 | 334 |
| 13 | 346 | 328 | 341 | 580 | 476 | 324 | 324 | 434 | 369 | 332 | 323 | 333 |
| 14 | 342 | 328 | 340 | 573 | 484 | 326 | 323 | 429 | 378 | 327 | 323 | 338 |
| 15 | 340 | 327 | 340 | 566 | 494 | 331 | 330 | 422 | 388 | 327 | 322 | 340 |
| 16 | 340 | 327 | 340 | 558 | 506 | 329 | 344 | 411 | 396 | 326 | 320 | 344 |
| 17 | 338 | 324 | 338 | 550 | 511 | 330 | 358 | 400 | 409 | 325 | 317 | 346 |
| 18 | 337 | 322 | 337 | 541 | 513 | 335 | 365 | 390 | 420 | 326 | 315 | 345 |
| 19 | 336 | 324 | 338 | 533 | 512 | 344 | 364 | 385 | 430 | 324 | 316 | 348 |
| 20 | 333 | 324 | 340 | 526 | 509 | 364 | 358 | 379 | 436 | 322 | 316 | 348 |
| 21 | 333 | 324 | 340 | 521 | 505 | 394 | 351 | 372 | 435 | 322 | 328 | 349 |
| 22 | 333 | 326 | 341 | 520 | 498 | 408 | 347 | 366 | 431 | 323 | 334 | 350 |
| 23 | 333 | 328 | 342 | 519 | 492 | 420 | 341 | 360 | 424 | 325 | 332 | 350 |
| 24 | 331 | 330 | 343 | 522 | 482 | 436 | 338 | 355 | 416 | 326 | 306 | 350 |
| 25 | 331 | 330 | 346 | 526 | 472 | 444 | 334 | 349 | 406 | 325 | 298 | 352 |
| 26 | 331 | 331 | 355 | 532 | 460 | 445 | 330 | 343 | 398 | 324 | 303 | 354 |
| 27 | 331 | 332 | 385 | 540 | 447 | 438 | 325 | 337 | 391 | 326 | 317 | 354 |
| 28 | 332 | 333 | 461 | 558 | 432 | 423 | 320 | 330 | 386 | 326 | 329 | 352 |
| 29 | 332 | | 512 | 572 | 417 | 406 | 318 | 328 | 378 | 328 | 334 | 350 |
| 30 | 331 | | 548 | 572 | 404 | 386 | 318 | 328 | 371 | 329 | 337 | 342 |
| 31 | 330 | | 600 | | 389 | | 320 | 330 | | 326 | | 337 |

| р. Сож – г. Чериков, 1954 г. Отметка нуля графика – 132,40 м | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| Числа | Месяцы | | | | | | | | | | | |
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| 1 | 334 | 303 | 307 | 457 | 510 | 330 | 272 | 283 | 270 | 278 | 313 | 310 |
| 2 | 332 | 302 | 309 | 481 | 503 | 322 | 272 | 282 | 269 | 281 | 311 | 318 |
| 3 | 330 | 300 | 311 | 512 | 495 | 318 | 273 | 284 | 268 | 285 | 312 | 316 |
| 4 | 327 | 300 | 311 | 539 | 487 | 314 | 272 | 286 | 267 | 292 | 310 | 312 |
| 5 | 324 | 303 | 313 | 561 | 477 | 310 | 272 | 287 | 265 | 294 | 311 | 308 |
| 6 | 322 | 305 | 315 | 567 | 469 | 303 | 274 | 286 | 263 | 298 | 310 | 305 |
| 7 | 317 | 305 | 317 | 582 | 460 | 300 | 272 | 284 | 263 | 304 | 308 | 302 |
| 8 | 314 | 304 | 319 | 602 | 448 | 298 | 22 | 282 | 261 | 306 | 306 | 300 |
| 9 | 312 | 306 | 320 | 612 | 443 | 296 | 275 | 280 | 261 | 307 | 305 | 299 |
| 10 | 310 | 306 | 320 | 613 | 438 | 296 | 278 | 280 | 262 | 309 | 304 | 298 |
| 11 | 308 | 308 | 320 | 605 | 430 | 294 | 282 | 281 | 262 | 310 | 303 | 297 |
| 12 | 306 | 310 | 322 | 598 | 418 | 292 | 282 | 282 | 261 | 308 | 306 | 298 |
| 13 | 306 | 310 | 325 | 576 | 409 | 290 | 282 | 280 | 265 | 307 | 311 | 298 |
| 14 | 304 | 312 | 327 | 561 | 400 | 288 | 282 | 280 | 267 | 306 | 313 | 297 |
| 15 | 301 | 312 | 328 | 557 | 394 | 290 | 281 | 280 | 267 | 303 | 318 | 298 |
| 16 | 299 | 312 | 327 | 555 | 388 | 286 | 280 | 278 | 267 | 300 | 322 | 299 |
| 17 | 299 | 310 | 328 | 553 | 382 | 292 | 279 | 277 | 267 | 298 | 324 | 300 |
| 18 | 300 | 310 | 326 | 554 | 374 | 299 | 278 | 274 | 266 | 296 | 324 | 302 |
| 19 | 300 | 310 | 328 | 557 | 367 | 301 | 275 | 272 | 265 | 296 | 322 | 304 |
| 20 | 300 | 309 | 328 | 564 | 363 | 306 | 270 | 270 | 265 | 296 | 318 | 306 |
| 21 | 301 | 309 | 326 | 576 | 359 | 297 | 269 | 270 | 267 | 298 | 314 | 308 |
| 22 | 302 | 308 | 325 | 577 | 354 | 290 | 267 | 271 | 269 | 304 | 312 | 312 |
| 23 | 301 | 309 | 326 | 573 | 349 | 282 | 267 | 271 | 271 | 306 | 308 | 316 |
| 24 | 300 | 308 | 326 | 567 | 346 | 284 | 269 | 269 | 273 | 307 | 288 | 318 |
| 25 | 300 | 308 | 328 | 561 | 344 | 280 | 271 | 269 | 273 | 314 | 273 | 322 |
| 26 | 302 | 308 | 330 | 553 | 342 | 278 | 273 | 269 | 273 | 320 | 294 | 323 |
| 27 | 301 | 308 | 338 | 545 | 337 | 276 | 275 | 273 | 275 | 322 | 298 | 326 |
| 28 | 302 | 306 | 362 | 535 | 332 | 276 | 275 | 277 | 273 | 324 | 300 | 328 |
| 29 | 302 | | 387 | 527 | 328 | 274 | 277 | 277 | 275 | 326 | 303 | 324 |
| 30 | 303 | | 406 | 518 | 328 | 274 | 279 | 275 | 277 | 324 | 309 | 321 |
| 31 | 303 | | 429 | | 336 | | 280 | 273 | | 318 | | 324 |

Таблица А2. Журналы промеров глубин

| Профиль № 01 10 апреля 1981 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 265,60 м | | | Профиль № 02 10 апреля 1981 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 254,20 м | | |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м | Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м |
| Ур.л.б. | 15 | 0,00 | Ур.л.б. | 12 | 0,00 |
| 1 | 24 | 4,60 | 1 | 18 | 3,60 |
| 2 | 36 | 8,22 | 2 | 27 | 7,10 |
| 3 | 48 | 7,82 | 3 | 36 | 6,82 |
| 4 | 72 | 6,85 | 4 | 54 | 6,95 |
| 5 | 96 | 6,70 | 5 | 72 | 5,70 |
| 6 | 120 | 6,08 | 6 | 90 | 5,08 |
| 7 | 140 | 5,00 | 7 | 108 | 4,00 |
| 8 | 170 | 3,58 | 8 | 121 | 2,58 |
| 9 | 180 | 4,09 | 9 | 135 | 3,09 |
| 10 | 190 | 3,70 | 10 | 144 | 2,70 |
| 11 | 200 | 1,40 | 11 | 153 | 1,20 |
| 12 | 218 | 0,70 | 12 | 162 | 0,42 |
| Ур.п.б. | 220 | 0,00 | Ур.п.б. | 166 | 0,00 |
| Профиль № 03 1 июня 1982 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 214,31 м | | | Профиль № 04 1 июня 1982 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 215,21 м | | |
| Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м | Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м |
| Ур.л.б. | 29 | 0,00 | Ур.л.б. | 52 | 0,00 |
| 1 | 56 | 0,32 | 1 | 80 | 3,30 |
| 2 | 93 | 0,90 | 2 | 110 | 6,82 |
| 3 | 130 | 3,20 | 3 | 140 | 6,52 |
| 4 | 168 | 3,49 | 4 | 170 | 6,56 |
| 5 | 206 | 3,08 | 5 | 200 | 5,40 |
| 6 | 242 | 4,50 | 6 | 230 | 4,78 |
| 7 | 280 | 5,48 | 7 | 270 | 3,70 |
| 8 | 318 | 6,20 | 8 | 300 | 2,26 |
| 9 | 354 | 6,35 | 9 | 330 | 2,79 |
| 10 | 420 | 7,32 | 10 | 360 | 2,40 |
| 11 | 470 | 7,72 | 11 | 390 | 1,00 |
| 12 | 510 | 4,10 | 12 | 420 | 0,40 |
| Ур.п.б. | 540 | 0,00 | Ур.п.б. | 450 | 0,00 |

| Профиль № 05 14 мая 1980 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 253,21 м | | | Профиль № 06 14 мая 1980 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 204,52 м | | |
|---|-------------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м | Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м |
| Ур.л.б. | 17 | 0,00 | Ур.л.б. | 11 | 0,00 |
| 1 | 28 | 4,10 | 1 | 16 | 2,30 |
| 2 | 42 | 7,72 | 2 | 24 | 6,80 |
| 3 | 56 | 7,32 | 3 | 33 | 5,50 |
| 4 | 70 | 6,35 | 4 | 49 | 5,40 |
| 5 | 94 | 6,20 | 5 | 65 | 4,43 |
| 6 | 117 | 5,45 | 6 | 81 | 3,76 |
| 7 | 141 | 4,50 | 7 | 94 | 2,74 |
| 8 | 164 | 3,08 | 8 | 114 | 1,16 |
| 9 | 175 | 3,49 | 9 | 122 | 1,80 |
| 10 | 187 | 3,20 | 10 | 130 | 1,48 |
| 11 | 200 | 1,80 | 11 | 138 | 1,00 |
| 12 | 211 | 0,90 | 12 | 146 | 0,46 |
| Ур.п.б. | 220 | 0,00 | Ур.п.б. | 150 | 0,00 |
| | | | | | |
| Профиль № 07 2 июня 1982 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 200,80 м | | | Профиль № 08 2 июня 1982 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 220,06 м | | |
| Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м | Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м |
| Ур.л.б. | 19 | 0,00 | Ур.л.б. | 10 | 0,00 |
| 1 | 29 | 4,15 | 1 | 16 | 0,32 |
| 2 | 43 | 7,72 | 2 | 24 | 0,90 |
| 3 | 58 | 7,32 | 3 | 33 | 3,20 |
| 4 | 88 | 6,35 | 4 | 49 | 3,49 |
| 5 | 117 | 6,46 | 5 | 65 | 3,08 |
| 6 | 141 | 5,48 | 6 | 81 | 4,50 |
| 7 | 175 | 4,57 | 7 | 94 | 5,48 |
| 8 | 204 | 3,08 | 8 | 114 | 6,20 |
| 9 | 218 | 3,69 | 9 | 122 | 6,35 |
| 10 | 234 | 3,27 | 10 | 130 | 7,32 |
| 11 | 248 | 0,94 | 11 | 138 | 7,72 |
| 12 | 266 | 0,32 | 12 | 146 | 4,10 |
| Ур.п.б. | 278 | 0,00 | Ур.п.б. | 150 | 0,00 |

| Профиль № 09 12 июня 1982 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 211,26 м | | | Профиль № 10 12 июня 1982 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 218,10 м | | |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м | Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м |
| Ур.л.б. | 10 | 0,00 | Ур.л.б. | 19 | 0,00 |
| 1 | 18 | 2,30 | 1 | 29 | 4,20 |
| 2 | 28 | 6,81 | 2 | 43 | 8,50 |
| 3 | 38 | 5,50 | 3 | 58 | 7,64 |
| 4 | 48 | 5,42 | 4 | 88 | 6,87 |
| 5 | 60 | 4,43 | 5 | 117 | 6,72 |
| 6 | 70 | 3,78 | 6 | 143 | 6,23 |
| 7 | 80 | 2,74 | 7 | 175 | 5,41 |
| 8 | 90 | 1,16 | 8 | 204 | 4,09 |
| 9 | 100 | 1,80 | 9 | 218 | 3,76 |
| 10 | 108 | 1,48 | 10 | 234 | 1,48 |
| 11 | 118 | 1,00 | 11 | 248 | 1,20 |
| 12 | 128 | 0,46 | 12 | 268 | 0,70 |
| Ур.п.б. | 134 | 0,00 | Ур.п.б. | 274 | 0,00 |
| | | | | | |
| Профиль № 11 1 июня 1982 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 211,10 м | | | Профиль № 12 1 июня 1982 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 211,12 м | | |
| Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м | Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м |
| Ур.л.б. | 16 | 0,00 | Ур.л.б. | 16 | 0,00 |
| 1 | 25 | 4,27 | 1 | 25 | 0,59 |
| 2 | 37 | 7,86 | 2 | 37 | 1,30 |
| 3 | 50 | 7,22 | 3 | 50 | 3,60 |
| 4 | 75 | 6,40 | 4 | 75 | 4,19 |
| 5 | 100 | 6,10 | 5 | 100 | 3,42 |
| 6 | 125 | 5,67 | 6 | 125 | 5,60 |
| 7 | 150 | 4,60 | 7 | 150 | 6,28 |
| 8 | 175 | 3,08 | 8 | 175 | 6,80 |
| 9 | 187 | 3,51 | 9 | 187 | 6,74 |
| 10 | 200 | 3,40 | 10 | 200 | 7,90 |
| 11 | 212 | 0,97 | 11 | 212 | 8,40 |
| 12 | 227 | 0,26 | 12 | 227 | 4,50 |
| Ур.п.б. | 230 | 0,00 | Ур.п.б. | 230 | 0,00 |

| Профиль № 13 12 мая 1980 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 255,42 м | | | Профиль № 14 12 мая 1980 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 253,16 м | | |
|---|-------------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м | Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м |
| Ур.л.б. | 16 | 0,00 | Ур.л.б. | 15 | 0,00 |
| 1 | 25 | 0,95 | 1 | 26 | 0,40 |
| 2 | 37 | 1,70 | 2 | 38 | 1,20 |
| 3 | 50 | 4,70 | 3 | 50 | 2,70 |
| 4 | 75 | 4,09 | 4 | 63 | 3,10 |
| 5 | 100 | 4,58 | 5 | 85 | 2,58 |
| 6 | 125 | 6,00 | 6 | 105 | 4,00 |
| 7 | 150 | 7,08 | 7 | 127 | 5,08 |
| 8 | 175 | 7,70 | 8 | 146 | 5,70 |
| 9 | 187 | 8,25 | 9 | 158 | 6,85 |
| 10 | 200 | 8,82 | 10 | 167 | 6,80 |
| 11 | 212 | 9,22 | 11 | 180 | 7,20 |
| 12 | 227 | 5,60 | 12 | 190 | 3,60 |
| Ур.п.б. | 230 | 0,00 | Ур.п.б. | 197 | 0,00 |
| | | | | | |
| Профиль № 15 6 мая 1984 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 220,09 м | | | Профиль № 16 6 мая 1984 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 205,20 м | | |
| Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м | Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м |
| Ур.л.б. | 17 | 0,00 | Ур.л.б. | 15 | 0,00 |
| 1 | 26 | 4,10 | 1 | 26 | 0,71 |
| 2 | 39 | 7,72 | 2 | 38 | 1,40 |
| 3 | 52 | 7,32 | 3 | 50 | 3,70 |
| 4 | 79 | 6,35 | 4 | 63 | 4,09 |
| 5 | 105 | 6,20 | 5 | 85 | 3,56 |
| 6 | 127 | 5,48 | 6 | 105 | 5,00 |
| 7 | 158 | 4,50 | 7 | 127 | 6,08 |
| 8 | 184 | 3,08 | 8 | 146 | 6,70 |
| 9 | 196 | 3,49 | 9 | 158 | 6,85 |
| 10 | 211 | 3,20 | 10 | 167 | 7,82 |
| 11 | 222 | 0,90 | 11 | 180 | 8,91 |
| 12 | 240 | 0,32 | 12 | 191 | 4,60 |
| Ур.п.б. | 251 | 0,00 | Ур.п.б. | 197 | 0,00 |

| Профиль № 17 20 мая 1982 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 205,22 м | | | Профиль № 18 20 мая 1982 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 206,80 м | | |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м | Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м |
| Ур.л.б. | 72 | 0,00 | Ур.л.б. | 13 | 0,00 |
| 1 | 80 | 0,50 | 1 | 21 | 4,32 |
| 2 | 89 | 1,00 | 2 | 30 | 8,89 |
| 3 | 100 | 1,48 | 3 | 41 | 7,54 |
| 4 | 110 | 1,36 | 4 | 62 | 7,68 |
| 5 | 120 | 1,16 | 5 | 82 | 6,57 |
| 6 | 130 | 2,74 | 6 | 102 | 5,79 |
| 7 | 140 | 2,76 | 7 | 123 | 4,22 |
| 8 | 150 | 4,43 | 8 | 143 | 2,16 |
| 9 | 160 | 5,42 | 9 | 153 | 1,84 |
| 10 | 170 | 5,50 | 10 | 164 | 1,92 |
| 11 | 180 | 6,80 | 11 | 174 | 1,10 |
| 12 | 190 | 2,30 | 12 | 184 | 0,54 |
| Ур.п.б. | 198 | 0,00 | Ур.п.б. | 189 | 0,00 |
| | | | | | |
| Профиль № 19 10 июня 1982 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 200,10 м | | | Профиль № 20 10 июня 1982 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 205,18 м | | |
| Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м | Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м |
| Ур.л.б. | 10 | 0,00 | Ур.л.б. | 17 | 0,00 |
| 1 | 15 | 0,65 | 1 | 28 | 0,28 |
| 2 | 20 | 2,40 | 2 | 42 | 0,74 |
| 3 | 25 | 4,70 | 3 | 56 | 3,18 |
| 4 | 30 | 5,10 | 4 | 70 | 3,70 |
| 5 | 35 | 4,60 | 5 | 94 | 3,25 |
| 6 | 40 | 5,45 | 6 | 117 | 4,60 |
| 7 | 45 | 7,28 | 7 | 138 | 5,50 |
| 8 | 50 | 7,68 | 8 | 162 | 6,30 |
| 9 | 60 | 6,80 | 9 | 175 | 6,45 |
| 10 | 70 | 7,40 | 10 | 188 | 7,38 |
| 11 | 80 | 8,00 | 11 | 200 | 7,85 |
| 12 | 90 | 4,60 | 12 | 210 | 4,10 |
| Ур.п.б. | 95 | 0,00 | Ур.п.б. | 218 | 0,00 |

| Профиль № 21 12 мая 1980 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 255,42 м | | | Профиль № 22 12 мая 1980 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 253,16 м | | |
|---|-------------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м | Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м |
| Ур.л.б. | 16 | 0,00 | Ур.л.б. | 16 | 0,00 |
| 1 | 25 | 0,74 | 1 | 25 | 3,84 |
| 2 | 37 | 1,80 | 2 | 37 | 8,42 |
| 3 | 50 | 4,80 | 3 | 50 | 6,74 |
| 4 | 75 | 4,27 | 4 | 75 | 5,86 |
| 5 | 100 | 4,64 | 5 | 100 | 5,94 |
| 6 | 125 | 6,18 | 6 | 125 | 5,60 |
| 7 | 150 | 7,21 | 7 | 150 | 4,60 |
| 8 | 175 | 7,84 | 8 | 175 | 6,34 |
| 9 | 187 | 8,43 | 9 | 187 | 3,78 |
| 10 | 200 | 8,99 | 10 | 200 | 3,20 |
| 11 | 212 | 9,56 | 11 | 121 | 1,37 |
| 12 | 227 | 4,52 | 12 | 227 | 0,65 |
| Ур.п.б. | 230 | 0,00 | Ур.п.б. | 230 | 0,00 |
| | | | | | |
| Профиль № 23 6 мая 1984 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 215,60 м | | | Профиль № 24 6 мая 1984 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 214,20 м | | |
| Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м | Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м |
| Ур.л.б. | 15 | 0,00 | Ур.л.б. | 12 | 0,00 |
| 1 | 23 | 4,30 | 1 | 28 | 4,60 |
| 2 | 34 | 7,86 | 2 | 37 | 8,10 |
| 3 | 45 | 6,82 | 3 | 46 | 7,82 |
| 4 | 69 | 5,85 | 4 | 64 | 7,95 |
| 5 | 86 | 5,70 | 5 | 82 | 6,70 |
| 6 | 100 | 5,08 | 6 | 100 | 6,08 |
| 7 | 120 | 4,00 | 7 | 118 | 5,00 |
| 8 | 140 | 2,58 | 8 | 131 | 3,58 |
| 9 | 160 | 3,09 | 9 | 145 | 3,09 |
| 10 | 180 | 2,70 | 10 | 154 | 2,70 |
| 11 | 200 | 0,40 | 11 | 163 | 1,20 |
| 12 | 218 | 0,30 | 12 | 172 | 0,42 |
| Ур.п.б. | 220 | 0,00 | Ур.п.б. | 176 | 0,00 |

| Профиль № 25 25 июня 1984 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 220,60 м | | | Профиль № 26 25 июня 1984 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 243,80 м | | |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м | Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м |
| Ур.л.б. | 12 | 0,00 | Ур.л.б. | 12 | 0,00 |
| 1 | 23 | 0,32 | 1 | 28 | 3,30 |
| 2 | 33 | 0,90 | 2 | 37 | 6,82 |
| 3 | 44 | 3,20 | 3 | 46 | 6,52 |
| 4 | 65 | 3,49 | 4 | 64 | 6,56 |
| 5 | 86 | 3,08 | 5 | 82 | 5,40 |
| 6 | 100 | 4,50 | 6 | 100 | 4,78 |
| 7 | 115 | 5,48 | 7 | 118 | 3,70 |
| 8 | 130 | 6,20 | 8 | 131 | 2,26 |
| 9 | 145 | 6,35 | 9 | 145 | 2,79 |
| 10 | 170 | 7,32 | 10 | 154 | 2,40 |
| 11 | 193 | 7,72 | 11 | 163 | 1,00 |
| 12 | 210 | 4,10 | 12 | 17 | 0,40 |
| Ур.п.б. | 215 | 0,00 | Ур.п.б. | 176 | 0,00 |
| | | | | | |
| Профиль № 27 22 июня 1985 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 210,60 м | | | Профиль № 28 22 июня 1985 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 223,80 м | | |
| Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м | Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м |
| Ур.л.б. | 10 | 0,00 | Ур.л.б. | 19 | 0,00 |
| 1 | 17 | 4,20 | 1 | 29 | 2,30 |
| 2 | 27 | 8,50 | 2 | 45 | 6,81 |
| 3 | 37 | 7,64 | 3 | 58 | 5,50 |
| 4 | 46 | 6,87 | 4 | 90 | 5,42 |
| 5 | 60 | 6,72 | 5 | 117 | 4,43 |
| 6 | 70 | 6,23 | 6 | 143 | 3,78 |
| 7 | 80 | 5,41 | 7 | 175 | 2,74 |
| 8 | 90 | 4,09 | 8 | 206 | 1,16 |
| 9 | 100 | 3,76 | 9 | 220 | 1,80 |
| 10 | 110 | 1,48 | 10 | 234 | 1,48 |
| 11 | 118 | 1,20 | 11 | 250 | 1,00 |
| 12 | 128 | 0,70 | 12 | 268 | 0,46 |
| Ур.п.б. | 134 | 0,00 | Ур.п.б. | 274 | 0,00 |

| Профиль № 29 28 мая 1983 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 218,40 м | | | Профиль № 30 23 июня 1984 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 219,12 м | | |
|---|-------------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м | Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м |
| Ур.л.б. | 13 | 0,00 | Ур.л.б. | 14 | 0,00 |
| 1 | 24 | 4,20 | 1 | 26 | 4,10 |
| 2 | 38 | 8,50 | 2 | 39 | 7,72 |
| 3 | 50 | 7,64 | 3 | 50 | 7,32 |
| 4 | 63 | 6,87 | 4 | 79 | 6,35 |
| 5 | 87 | 6,72 | 5 | 105 | 6,20 |
| 6 | 105 | 6,23 | 6 | 127 | 5,48 |
| 7 | 124 | 5,41 | 7 | 156 | 4,50 |
| 8 | 132 | 4,09 | 8 | 184 | 3,08 |
| 9 | 158 | 3,76 | 9 | 196 | 3,49 |
| 10 | 165 | 1,48 | 10 | 211 | 3,20 |
| 11 | 180 | 1,20 | 11 | 225 | 0,90 |
| 12 | 191 | 0,70 | 12 | 240 | 0,32 |
| Ур.п.б. | 197 | 0,00 | Ур.п.б. | 251 | 0,00 |
| | | | | | |
| Профиль № 31 6 июня 1984 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 212,60 м | | | Профиль № 32 6 июля 1984 г. Отметка рабочего уровня воды на профиле, определенная нивелированием над нулем графика – 212,20 м | | |
| Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м | Номера точек | Расстояния от постоянного начала, м | Глубина на вертикали (рабочая), м |
| Ур.л.б. | 15 | 0,00 | Ур.л.б. | 11 | 0,00 |
| 1 | 21 | 4,10 | 1 | 27 | 4,20 |
| 2 | 36 | 7,66 | 2 | 35 | 8,10 |
| 3 | 48 | 6,52 | 3 | 42 | 7,62 |
| 4 | 69 | 5,65 | 4 | 62 | 7,55 |
| 5 | 88 | 5,70 | 5 | 80 | 6,50 |
| 6 | 102 | 5,08 | 6 | 100 | 6,08 |
| 7 | 123 | 4,00 | 7 | 118 | 5,00 |
| 8 | 140 | 2,38 | 8 | 130 | 3,38 |
| 9 | 160 | 3,09 | 9 | 146 | 3,09 |
| 10 | 185 | 2,50 | 10 | 158 | 2,70 |
| 11 | 205 | 0,40 | 11 | 169 | 1,00 |
| 12 | 220 | 0,30 | 12 | 179 | 0,32 |
| Ур.п.б. | 228 | 0,00 | Ур.п.б. | 189 | 0,00 |

Таблица А3. Результаты промерных работ

| Вариант 1 | | | Вариант 2 | | |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| № 1 промерной вертикали | Расстояние от постоянного начала, м | Глубина на промерной вертикали, м | № 2 промерной вертикали | Расстояние от постоянного начала, м | Глубина на промерной вертикали, м |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Ур.п.б. | 16,0 | 0,00 | Ур.п.б. | 2,0 | 0,00 |
| 1 | 16,5 | 0,10 | 1 | 3,0 | 0,63 |
| 2 | 17,5 | 0,20 | 2 | 4,0 | 1,10 |
| 3 | 18,5 | 0,41 | 3 | 5,0 | 1,45 |
| 4 | 19,5 | 0,69 | 4 | 6,0 | 1,50 |
| 5 | 20,5 | 1,07 | 5 | 7,0 | 1,50 |
| 6 | 21,5 | 1,41 | 6 | 8,0 | 1,50 |
| 7 | 22,5 | 1,66 | 7 | 9,0 | 1,45 |
| 8 | 23,5 | 1,74 | 8 | 10,0 | 1,30 |
| 9 | 24,5 | 1,79 | 9 | 11,0 | 1,35 |
| 10 | 26,5 | 1,81 | 10 | 12,0 | 1,28 |
| 11 | 27,5 | 1,81 | 11 | 13,0 | 1,25 |
| 12 | 28,5 | 1,85 | 12 | 14,0 | 1,20 |
| 13 | 29,5 | 1,91 | 13 | 15,0 | 1,25 |
| 14 | 30,5 | 2,12 | 14 | 16,0 | 1,15 |
| 15 | 31,5 | 2,18 | 15 | 17,0 | 1,13 |
| 16 | 32,5 | 2,25 | 16 | 18,0 | 1,03 |
| 17 | 33,5 | 2,26 | Ур.л.б. | 19,0 | 0,00 |
| 18 | 34,5 | 2,27 | | | |
| 19 | 35,5 | 2,19 | | | |
| 20 | 36,5 | 2,06 | | | |
| 21 | 37,5 | 1,69 | | | |
| 22 | 38,5 | 1,10 | | | |
| Ур.л.б. | 39,0 | 0,00 | | | |

Продолжение табл. А3

| Вариант 3 | | | Вариант 4 | | |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| № 3 промерной вертикали | Расстояние от постоянного начала, м | Глубина на промерной вертикали, м | № 4 промерной вертикали | Расстояние от постоянного начала, м | Глубина на промерной вертикали, м |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Ур.п.б. | 8,3 | 0,00 | Ур.п.б. | 9,3 | 0,00 |
| 1 | 9,3 | 0,80 | 1 | 10,3 | 0,75 |
| 2 | 10,3 | 0,91 | 2 | 11,3 | 0,86 |
| 3 | 11,3 | 1,00 | 3 | 12,3 | 1,05 |
| 4 | 12,3 | 1,21 | 4 | 13,3 | 1,16 |
| 5 | 13,3 | 1,13 | 5 | 14,3 | 1,13 |
| 6 | 14,3 | 1,23 | 6 | 15,3 | 1,18 |
| 7 | 15,3 | 1,24 | 7 | 16,3 | 1,18 |
| 8 | 16,3 | 1,49 | 8 | 17,3 | 1,44 |
| 9 | 17,3 | 1,69 | 9 | 18,3 | 1,64 |
| 10 | 18,3 | 1,75 | 10 | 19,3 | 1,70 |
| 11 | 19,3 | 1,81 | 11 | 20,3 | 1,76 |
| 12 | 20,3 | 1,95 | 12 | 21,3 | 1,90 |
| 13 | 21,3 | 2,18 | 13 | 22,3 | 2,13 |
| 14 | 22,3 | 2,24 | 14 | 23,3 | 2,19 |
| 15 | 23,3 | 2,25 | 15 | 24,3 | 2,19 |
| 16 | 24,3 | 2,29 | 16 | 25,3 | 2,24 |
| 17 | 25,3 | 2,30 | 17 | 26,3 | 2,25 |
| 18 | 26,3 | 2,48 | 18 | 27,3 | 2,43 |
| 19 | 27,3 | 2,45 | 19 | 28,3 | 2,40 |
| 20 | 28,3 | 2,29 | 20 | 29,3 | 2,24 |
| 21 | 29,3 | 1,40 | 21 | 30,3 | 1,45 |
| 22 | 30,3 | 1,10 | Ур.л.б. | 31,0 | 0,00 |
| Ур.л.б. | 31,2 | 0,00 | | | |

Продолжение табл. А3

| Вариант 5 | | | Вариант 6 | | |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| № 5 промерной вертикали | Расстояние от постоянного начала, м | Глубина на промерной вертикали, м | № 6 промерной вертикали | Расстояние от постоянного начала, м | Глубина на промерной вертикали, м |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Ур.л.б. | 9,3 | 0,00 | Ур.л.б. | 10,0 | 0,00 |
| 1 | 10,3 | 0,75 | 1 | 11,0 | 0,75 |
| 2 | 11,3 | 0,86 | 2 | 12,0 | 0,86 |
| 3 | 12,3 | 1,05 | 3 | 13,0 | 1,05 |
| 4 | 13,3 | 1,16 | 4 | 14,0 | 1,16 |
| 5 | 14,3 | 1,13 | 5 | 15,0 | 1,13 |
| 6 | 15,3 | 1,18 | 6 | 16,0 | 1,18 |
| 7 | 16,3 | 1,20 | 7 | 17,0 | 1,20 |
| 8 | 17,3 | 1,40 | 8 | 18,0 | 1,44 |
| 9 | 18,3 | 1,62 | 9 | 19,0 | 1,64 |
| 10 | 19,3 | 1,72 | 10 | 20,0 | 1,70 |
| 11 | 20,3 | 1,76 | 11 | 21,0 | 1,76 |
| 12 | 21,3 | 1,90 | 12 | 22,0 | 1,90 |
| 13 | 22,3 | 2,10 | 13 | 23,0 | 2,10 |
| 14 | 23,3 | 2,19 | 14 | 24,0 | 2,19 |
| 15 | 24,3 | 2,20 | 15 | 25,0 | 2,19 |
| 16 | 25,3 | 2,24 | 16 | 26,0 | 2,24 |
| 17 | 26,3 | 2,25 | 17 | 27,0 | 2,25 |
| 18 | 27,3 | 2,40 | 18 | 28,0 | 2,43 |
| 19 | 28,3 | 2,35 | 19 | 29,0 | 2,20 |
| 20 | 29,3 | 1,22 | 20 | 30,0 | 1,10 |
| Ур.л.б. | 30,8 | 0,00 | Ур.л.б. | 31,0 | 0,00 |

Продолжение табл. А3

| Вариант 7 | | | Вариант 8 | | |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| № 7 промерной вертикали | Расстояние от постоянного начала, м | Глубина на промерной вертикали, м | № 8 промерной вертикали | Расстояние от постоянного начала, м | Глубина на промерной вертикали, м |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Ур.л.б. | 5,0 | 0,00 | Ур.л.б. | 6,0 | 0,00 |
| 1 | 6,0 | 0,53 | 1 | 7,0 | 0,80 |
| 2 | 7,0 | 1,00 | 2 | 8,0 | 0,90 |
| 3 | 8,0 | 1,35 | 3 | 9,0 | 1,05 |
| 4 | 9,0 | 1,40 | 4 | 10,0 | 1,20 |
| 5 | 10,0 | 1,40 | 5 | 11,0 | 1,23 |
| 6 | 11,0 | 1,40 | 6 | 12,0 | 1,28 |
| 7 | 12,0 | 1,35 | 7 | 13,0 | 1,30 |
| 8 | 13,0 | 1,20 | 8 | 14,0 | 1,50 |
| 9 | 14,0 | 1,25 | 9 | 15,0 | 1,72 |
| 10 | 15,0 | 1,18 | 10 | 16,0 | 1,80 |
| 11 | 16,0 | 1,15 | 11 | 17,0 | 2,00 |
| 12 | 17,0 | 1,10 | 12 | 18,0 | 2,23 |
| 13 | 18,0 | 1,15 | 13 | 19,0 | 2,27 |
| 14 | 19,0 | 1,05 | 14 | 20,0 | 2,30 |
| 15 | 20,0 | 1,03 | 15 | 21,0 | 2,35 |
| 16 | 21,0 | 1,03 | 16 | 22,0 | 2,37 |
| Ур.л.б. | 22,0 | 0,00 | 17 | 23,0 | 2,48 |
| | | | 18 | 24,0 | 2,60 |
| | | | 19 | 25,0 | 2,40 |
| | | | 20 | 26,0 | 2,23 |
| | | | 21 | 27,0 | 1,20 |
| | | | Ур.л.б | 28,5 | 0,00 |

Продолжение табл. А3

| Вариант 9 | | | Вариант 10 | | |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| № 9 промерной вертикали | Расстояние от постоянного начала, м | Глубина на промерной вертикали, м | № 10 промерной вертикали | Расстояние от постоянного начала, м | Глубина на промерной вертикали, м |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Ур.п.б. | 4,0 | 0,00 | Ур.п.б. | 17,0 | 0,00 |
| 1 | 5,0 | 0,20 | 1 | 18,0 | 0,10 |
| 2 | 6,0 | 0,98 | 2 | 19,0 | 0,20 |
| 3 | 7,0 | 1,11 | 3 | 20,0 | 0,41 |
| 4 | 8,0 | 1,20 | 4 | 21,0 | 0,69 |
| 5 | 9,0 | 1,30 | 5 | 22,0 | 1,07 |
| 6 | 10,0 | 1,25 | 6 | 23,0 | 1,41 |
| 7 | 11,0 | 1,20 | 7 | 24,0 | 1,66 |
| 8 | 12,0 | 1,18 | 8 | 25,0 | 1,74 |
| 9 | 13,0 | 1,24 | 9, | 26,0 | 1,80 |
| 10 | 14,0 | 1,23 | 10 | 27,0 | 1,85 |
| 11 | 15,0 | 1,20 | 11 | 28,0 | 1,87 |
| 12 | 16,0 | 1,34 | 12 | 29,0 | 1,90 |
| 13 | 17,0 | 1,40 | 13 | 30,0 | 1,92 |
| 14 | 18,0 | 1,70 | 14 | 31,0 | 2,12 |
| 15 | 19,0 | 1,76 | 15 | 32,0 | 2,18 |
| 16 | 20,0 | 1,98 | 16 | 33,0 | 2,26 |
| 17 | 21,0 | 1,98 | 17 | 34,0 | 2,19 |
| 18 | 22,0 | 2,00 | 18 | 35,0 | 2,00 |
| 19 | 23,0 | 2,01 | 19 | 36,0 | 1,10 |
| 20 | 24,0 | 2,08 | Ур.л.б. | 37,0 | 0,00 |
| 21 | 25,0 | 2,00 | | | |
| 22 | 26,0 | 1,64 | | | |
| 23 | 27,0 | 1,30 | | | |
| 24 | 28,0 | 0,40 | | | |
| Ур.л.б. | 29,0 | 0,00 | | | |

Окончание табл. А3

| Вариант 11 | | | Вариант 12 | | |
|--------------------------------|---|---|----------------------------------|---|---|
| № 11 промерной вертикали | Расстояние от постоянного начала, м | Глубина на промерной вертикали, м | № 12 про- мерной вертикали | Расстояние от постоянного начала, м | Глубина на промерной вертикали, м |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Ур.л.б. | 3,5 | 0,00 | Ур.л.б. | 12,0 | 0,00 |
| 1 | 4,5 | 0,53 | 1 | 13,0 | 0,40 |
| 2 | 5,5 | 1,05 | 2 | 14,0 | 0,80 |
| 3 | 6,5 | 1,45 | 3 | 15,0 | 1,35 |
| 4 | 7,5 | 1,50 | 4 | 16,0 | 1,70 |
| 5 | 8,5 | 1,52 | 5 | 17,0 | 1,82 |
| 6 | 9,5 | 1,45 | 6 | 18,0 | 1,98 |
| 7 | 10,5 | 1,30 | 7 | 19,0 | 2,06 |
| 8 | 11,5 | 1,35 | 8 | 20,0 | 2,25 |
| 9 | 12,5 | 1,28 | 9 | 21,0 | 2,40 |
| 10 | 13,5 | 1,25 | 10 | 22,0 | 2,05 |
| 11 | 14,5 | 1,20 | 11 | 23,0 | 1,87 |
| 12 | 15,5 | 1,25 | 12 | 24,0 | 1,80 |
| 13 | 16,5 | 1,15 | 13 | 25,0 | 1,60 |
| 14 | 17,5 | 1,13 | 14 | 26,0 | 1,35 |
| 15 | 18,5 | 1,10 | 15 | 27,0 | 1,20 |
| 16 | 19,5 | 0,90 | 16 | 28,0 | 0,90 |
| 17 | 20,5 | 0,60 | 17 | 29,0 | 0,75 |
| Ур.л.б. | 21,0 | 0,00 | 18 | 30,0 | 0,30 |
| | | | Ур.л.б. | 30,8 | 0,00 |

Таблица А4. Журнал для определения скоростей течения воды, измеренных гидрометрической вертушкой

| Вариант 01 | | | | Вариант 02 | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|------|------------------------------|--------------------|------------|------|
| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с | Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с |
| 1 | Поверхность | 160 | 108 | 1 | Поверхность | 140 | 120 |
| | 0,2h | 160 | 112 | | 0,2h | 140 | 124 |
| | 0,6h | 160 | 122 | | 0,6h | 140 | 138 |
| | 0,8h | 160 | 142 | | 0,8h | 140 | 162 |
| | Дно | 160 | 169 | | Дно | 140 | 185 |
| 2 | Поверхность | 220 | 116 | 2 | Поверхность | 200 | 130 |
| | 0,2h | 220 | 124 | | 0,2h | 200 | 138 |
| | 0,6h | 220 | 135 | | 0,6h | 200 | 149 |
| | 0,8h | 220 | 161 | | 0,8h | 200 | 175 |
| | Дно | 220 | 178 | | Дно | 200 | 192 |
| 5 | Поверхность | 340 | 124 | 5 | Поверхность | 280 | 140 |
| | 0,2h | 340 | 129 | | 0,2h | 280 | 145 |
| | 0,6h | 340 | 150 | | 0,6h | 280 | 165 |
| | 0,8h | 340 | 176 | | 0,8h | 280 | 192 |
| | Дно | 340 | 199 | | Дно | 280 | 215 |
| 8 | Поверхность | 220 | 112 | 8 | Поверхность | 200 | 128 |
| | 0,2h | 220 | 120 | | 0,2h | 200 | 136 |
| | 0,6h | 220 | 131 | | 0,6h | 200 | 147 |
| | 0,8h | 220 | 157 | | 0,8h | 200 | 173 |
| | Дно | 220 | 174 | | Дно | 200 | 190 |
| 10 | Поверхность | 160 | 102 | 10 | Поверхность | 140 | 118 |
| | 0,2h | 160 | 106 | | 0,2h | 140 | 122 |
| | 0,6h | 160 | 120 | | 0,6h | 140 | 136 |
| | 0,8h | 160 | 144 | | 0,8h | 140 | 160 |
| | Дно | 160 | 167 | | Дно | 140 | 183 |

Продолжение табл. А4

| Вариант 03 | | | | Вариант 04 | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|------|------------------------------|--------------------|------------|------|
| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с | Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с |
| 1 | Поверхность | 140 | 118 | 1 | Поверхность | 140 | 116 |
| | 0,2h | 140 | 122 | | 0,2h | 140 | 120 |
| | 0,6h | 140 | 136 | | 0,6h | 140 | 134 |
| | 0,8h | 140 | 160 | | 0,8h | 140 | 158 |
| | Дно | 140 | 183 | | Дно | 140 | 181 |
| 2 | Поверхность | 200 | 128 | 2 | Поверхность | 200 | 126 |
| | 0,2h | 200 | 136 | | 0,2h | 200 | 134 |
| | 0,6h | 200 | 147 | | 0,6h | 200 | 145 |
| | 0,8h | 200 | 173 | | 0,8h | 200 | 171 |
| | Дно | 200 | 190 | | Дно | 200 | 188 |
| 5 | Поверхность | 280 | 138 | 5 | Поверхность | 280 | 136 |
| | 0,2h | 280 | 143 | | 0,2h | 280 | 141 |
| | 0,6h | 280 | 163 | | 0,6h | 280 | 162 |
| | 0,8h | 280 | 190 | | 0,8h | 280 | 188 |
| | Дно | 280 | 213 | | Дно | 280 | 211 |
| 8 | Поверхность | 200 | 126 | 8 | Поверхность | 200 | 124 |
| | 0,2h | 200 | 134 | | 0,2h | 200 | 132 |
| | 0,6h | 200 | 145 | | 0,6h | 200 | 143 |
| | 0,8h | 200 | 171 | | 0,8h | 200 | 169 |
| | Дно | 200 | 188 | | Дно | 200 | 186 |
| 10 | Поверхность | 140 | 116 | 10 | Поверхность | 140 | 114 |
| | 0,2h | 140 | 120 | | 0,2h | 140 | 118 |
| | 0,6h | 140 | 134 | | 0,6h | 140 | 132 |
| | 0,8h | 140 | 158 | | 0,8h | 140 | 156 |
| | Дно | 140 | 181 | | Дно | 140 | 179 |

Продолжение табл. А4

| Вариант 05 | | | | Вариант 06 | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|------|------------------------------|--------------------|------------|------|
| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с | Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с |
| 1 | Поверхность | 160 | 118 | 1 | Поверхность | 140 | 114 |
| | 0,2h | 160 | 122 | | 0,2h | 140 | 118 |
| | 0,6h | 160 | 132 | | 0,6h | 140 | 132 |
| | 0,8h | 160 | 152 | | 0,8h | 140 | 156 |
| | Дно | 160 | 173 | | Дно | 140 | 179 |
| 2 | Поверхность | 220 | 126 | 2 | Поверхность | 160 | 118 |
| | 0,2h | 220 | 134 | | 0,2h | 160 | 122 |
| | 0,6h | 220 | 145 | | 0,6h | 160 | 132 |
| | 0,8h | 220 | 161 | | 0,8h | 160 | 152 |
| | Дно | 220 | 188 | | Дно | 160 | 173 |
| 5 | Поверхность | 340 | 134 | 5 | Поверхность | 240 | 140 |
| | 0,2h | 340 | 139 | | 0,2h | 240 | 145 |
| | 0,6h | 340 | 160 | | 0,6h | 240 | 165 |
| | 0,8h | 340 | 186 | | 0,8h | 240 | 192 |
| | Дно | 340 | 209 | | Дно | 240 | 215 |
| 8 | Поверхность | 220 | 122 | 8 | Поверхность | 200 | 130 |
| | 0,2h | 220 | 130 | | 0,2h | 200 | 138 |
| | 0,6h | 220 | 141 | | 0,6h | 200 | 149 |
| | 0,8h | 220 | 167 | | 0,8h | 200 | 175 |
| | Дно | 220 | 184 | | Дно | 200 | 192 |
| 10 | Поверхность | 160 | 112 | 10 | Поверхность | 140 | 118 |
| | 0,2h | 160 | 116 | | 0,2h | 140 | 122 |
| | 0,6h | 160 | 130 | | 0,6h | 140 | 136 |
| | 0,8h | 160 | 154 | | 0,8h | 140 | 160 |
| | Дно | 160 | 177 | | Дно | 140 | 183 |

Продолжение табл. А4

| Вариант 07 | | | | Вариант 08 | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|------|------------------------------|--------------------|------------|------|
| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с | Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с |
| 1 | Поверхность | 140 | 116 | 1 | Поверхность | 140 | 117 |
| | 0,2h | 140 | 118 | | 0,2h | 140 | 124 |
| | 0,6h | 140 | 132 | | 0,6h | 140 | 130 |
| | 0,8h | 140 | 156 | | 0,8h | 140 | 154 |
| | Дно | 140 | 179 | | Дно | 140 | 171 |
| 2 | Поверхность | 220 | 12 | 2 | Поверхность | 200 | 132 |
| | 0,2h | 220 | 120 | | 0,2h | 200 | 145 |
| | 0,6h | 220 | 131 | | 0,6h | 200 | 176 |
| | 0,8h | 220 | 157 | | 0,8h | 200 | 188 |
| | Дно | 220 | 174 | | Дно | 200 | 198 |
| 5 | Поверхность | 240 | 126 | 5 | Поверхность | 240 | 138 |
| | 0,2h | 240 | 134 | | 0,2h | 240 | 146 |
| | 0,6h | 240 | 145 | | 0,6h | 240 | 168 |
| | 0,8h | 240 | 161 | | 0,8h | 240 | 196 |
| | Дно | 240 | 188 | | Дно | 240 | 216 |
| 8 | Поверхность | 200 | 126 | 8 | Поверхность | 200 | 128 |
| | 0,2h | 200 | 134 | | 0,2h | 200 | 134 |
| | 0,6h | 200 | 145 | | 0,6h | 200 | 148 |
| | 0,8h | 200 | 171 | | 0,8h | 200 | 175 |
| | Дно | 200 | 188 | | Дно | 200 | 194 |
| 10 | Поверхность | 140 | 108 | 10 | Поверхность | 160 | 112 |
| | 0,2h | 140 | 112 | | 0,2h | 160 | 125 |
| | 0,6h | 140 | 142 | | 0,6h | 160 | 136 |
| | 0,8h | 140 | 169 | | 0,8h | 160 | 157 |
| | Дно | 140 | 186 | | Дно | 160 | 177 |

Продолжение табл. А4

| Вариант 09 | | | | Вариант 10 | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|------|------------------------------|--------------------|------------|------|
| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с | Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с |
| 1 | Поверхность | 120 | 120 | 1 | Поверхность | 140 | 112 |
| | 0,2h | 120 | 124 | | 0,2h | 140 | 116 |
| | 0,6h | 120 | 138 | | 0,6h | 140 | 130 |
| | 0,8h | 120 | 162 | | 0,8h | 140 | 154 |
| | Дно | 120 | 185 | | Дно | 140 | 177 |
| 2 | Поверхность | 200 | 130 | 2 | Поверхность | 200 | 124 |
| | 0,2h | 200 | 138 | | 0,2h | 200 | 132 |
| | 0,6h | 200 | 149 | | 0,6h | 200 | 143 |
| | 0,8h | 200 | 175 | | 0,8h | 200 | 169 |
| | Дно | 200 | 192 | | Дно | 200 | 186 |
| 5 | Поверхность | 280 | 140 | 5 | Поверхность | 340 | 134 |
| | 0,2h | 280 | 145 | | 0,2h | 340 | 139 |
| | 0,6h | 280 | 165 | | 0,6h | 340 | 160 |
| | 0,8h | 280 | 192 | | 0,8h | 340 | 186 |
| | Дно | 280 | 215 | | Дно | 340 | 209 |
| 8 | Поверхность | 200 | 128 | 8 | Поверхность | 220 | 122 |
| | 0,2h | 200 | 136 | | 0,2h | 220 | 130 |
| | 0,6h | 200 | 147 | | 0,6h | 220 | 141 |
| | 0,8h | 200 | 173 | | 0,8h | 220 | 167 |
| | Дно | 200 | 190 | | Дно | 220 | 184 |
| 10 | Поверхность | 140 | 118 | 10 | Поверхность | 160 | 102 |
| | 0,2h | 140 | 122 | | 0,2h | 160 | 106 |
| | 0,6h | 140 | 136 | | 0,6h | 160 | 120 |
| | 0,8h | 140 | 160 | | 0,8h | 160 | 144 |
| | Дно | 140 | 183 | | Дно | 160 | 167 |

Продолжение табл. А4

| Вариант 11 | | | | Вариант 12 | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|------|------------------------------|--------------------|------------|------|
| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с | Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с |
| 1 | Поверхность | 140 | 114 | 1 | Поверхность | 140 | 116 |
| | 0,2h | 140 | 118 | | 0,2h | 140 | 118 |
| | 0,6h | 140 | 132 | | 0,6h | 140 | 132 |
| | 0,8h | 140 | 156 | | 0,8h | 140 | 156 |
| | Дно | 140 | 179 | | Дно | 140 | 179 |
| 2 | Поверхность | 160 | 118 | 2 | Поверхность | 220 | 112 |
| | 0,2h | 160 | 122 | | 0,2h | 220 | 120 |
| | 0,6h | 160 | 132 | | 0,6h | 220 | 131 |
| | 0,8h | 160 | 152 | | 0,8h | 220 | 157 |
| | Дно | 160 | 173 | | Дно | 220 | 174 |
| 5 | Поверхность | 280 | 140 | 5 | Поверхность | 240 | 126 |
| | 0,2h | 280 | 145 | | 0,2h | 240 | 134 |
| | 0,6h | 280 | 165 | | 0,6h | 240 | 145 |
| | 0,8h | 280 | 192 | | 0,8h | 240 | 161 |
| | Дно | 280 | 215 | | Дно | 240 | 188 |
| 8 | Поверхность | 200 | 130 | 8 | Поверхность | 200 | 126 |
| | 0,2h | 200 | 138 | | 0,2h | 200 | 134 |
| | 0,6h | 200 | 149 | | 0,6h | 200 | 145 |
| | 0,8h | 200 | 175 | | 0,8h | 200 | 171 |
| | Дно | 200 | 192 | | Дно | 200 | 188 |
| 10 | Поверхность | 140 | 118 | 10 | Поверхность | 160 | 108 |
| | 0,2h | 140 | 122 | | 0,2h | 160 | 112 |
| | 0,6h | 140 | 136 | | 0,6h | 160 | 142 |
| | 0,8h | 140 | 160 | | 0,8h | 160 | 169 |
| | Дно | 140 | 183 | | Дно | 160 | 186 |

Продолжение табл. А4

| Вариант 13 | | | | Вариант 14 | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|------|------------------------------|--------------------|------------|------|
| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с | Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с |
| 1 | Поверхность | 140 | 117 | 1 | Поверхность | 140 | 120 |
| | 0,2h | 140 | 124 | | 0,2h | 140 | 124 |
| | 0,6h | 140 | 130 | | 0,6h | 140 | 138 |
| | 0,8h | 140 | 154 | | 0,8h | 140 | 162 |
| | Дно | 140 | 171 | | Дно | 140 | 185 |
| 2 | Поверхность | 200 | 132 | 2 | Поверхность | 200 | 130 |
| | 0,2h | 200 | 145 | | 0,2h | 200 | 138 |
| | 0,6h | 200 | 176 | | 0,6h | 200 | 149 |
| | 0,8h | 200 | 188 | | 0,8h | 200 | 175 |
| | Дно | 200 | 198 | | Дно | 200 | 192 |
| 5 | Поверхность | 280 | 138 | 5 | Поверхность | 280 | 140 |
| | 0,2h | 280 | 146 | | 0,2h | 280 | 145 |
| | 0,6h | 280 | 168 | | 0,6h | 280 | 165 |
| | 0,8h | 280 | 196 | | 0,8h | 280 | 192 |
| | Дно | 280 | 216 | | Дно | 280 | 215 |
| 8 | Поверхность | 200 | 126 | 8 | Поверхность | 200 | 128 |
| | 0,2h | 200 | 134 | | 0,2h | 200 | 136 |
| | 0,6h | 200 | 148 | | 0,6h | 200 | 147 |
| | 0,8h | 200 | 175 | | 0,8h | 200 | 173 |
| | Дно | 200 | 194 | | Дно | 200 | 190 |
| 10 | Поверхность | 160 | 112 | 10 | Поверхность | 140 | 118 |
| | 0,2h | 160 | 125 | | 0,2h | 140 | 122 |
| | 0,6h | 160 | 136 | | 0,6h | 140 | 136 |
| | 0,8h | 160 | 157 | | 0,8h | 140 | 110 |
| | Дно | 160 | 177 | | Дно | 140 | 183 |

Продолжение табл. А4

| Вариант 15 | | | | Вариант 16 | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|------|------------------------------|--------------------|------------|------|
| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с | Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с |
| 1 | Поверхность | 160 | 112 | 1 | Поверхность | 140 | 114 |
| | 0,2h | 160 | 116 | | 0,2h | 140 | 118 |
| | 0,6h | 160 | 130 | | 0,6h | 140 | 132 |
| | 0,8h | 160 | 154 | | 0,8h | 140 | 156 |
| | Дно | 160 | 177 | | Дно | 140 | 179 |
| 2 | Поверхность | 200 | 124 | 2 | Поверхность | 220 | 112 |
| | 0,2h | 200 | 132 | | 0,2h | 220 | 120 |
| | 0,6h | 200 | 143 | | 0,6h | 220 | 131 |
| | 0,8h | 200 | 169 | | 0,8h | 220 | 157 |
| | Дно | 200 | 186 | | Дно | 220 | 174 |
| 5 | Поверхность | 340 | 134 | 5 | Поверхность | 280 | 140 |
| | 0,2h | 340 | 139 | | 0,2h | 280 | 145 |
| | 0,6h | 340 | 160 | | 0,6h | 280 | 165 |
| | 0,8h | 340 | 188 | | 0,8h | 280 | 192 |
| | Дно | 340 | 209 | | Дно | 280 | 215 |
| 8 | Поверхность | 220 | 122 | 8 | Поверхность | 200 | 130 |
| | 0,2h | 220 | 130 | | 0,2h | 200 | 138 |
| | 0,6h | 220 | 143 | | 0,6h | 200 | 149 |
| | 0,8h | 220 | 168 | | 0,8h | 200 | 175 |
| | Дно | 220 | 184 | | Дно | 200 | 192 |
| 10 | Поверхность | 160 | 102 | 10 | Поверхность | 140 | 118 |
| | 0,2h | 160 | 106 | | 0,2h | 140 | 122 |
| | 0,6h | 160 | 120 | | 0,6h | 140 | 136 |
| | 0,8h | 160 | 146 | | 0,8h | 140 | 160 |
| | Дно | 160 | 172 | | Дно | 140 | 183 |

Продолжение табл. А4

| Вариант 17 | | | | Вариант 18 | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|------|------------------------------|--------------------|------------|------|
| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с | Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с |
| 1 | Поверхность | 160 | 112 | 1 | Поверхность | 140 | 117 |
| | 0,2h | 160 | 116 | | 0,2h | 140 | 124 |
| | 0,6h | 160 | 130 | | 0,6h | 140 | 130 |
| | 0,8h | 160 | 154 | | 0,8h | 140 | 154 |
| | Дно | 160 | 177 | | Дно | 140 | 171 |
| 2 | Поверхность | 200 | 124 | 2 | Поверхность | 200 | 132 |
| | 0,2h | 200 | 132 | | 0,2h | 200 | 145 |
| | 0,6h | 200 | 143 | | 0,6h | 200 | 176 |
| | 0,8h | 200 | 169 | | 0,8h | 200 | 188 |
| | Дно | 200 | 186 | | Дно | 200 | 198 |
| 5 | Поверхность | 340 | 134 | 5 | Поверхность | 280 | 138 |
| | 0,2h | 340 | 139 | | 0,2h | 280 | 146 |
| | 0,6h | 340 | 160 | | 0,6h | 280 | 168 |
| | 0,8h | 340 | 186 | | 0,8h | 280 | 198 |
| | Дно | 340 | 209 | | Дно | 280 | 216 |
| 8 | Поверхность | 220 | 122 | 8 | Поверхность | 200 | 120 |
| | 0,2h | 220 | 130 | | 0,2h | 200 | 134 |
| | 0,6h | 220 | 141 | | 0,6h | 200 | 148 |
| | 0,8h | 220 | 167 | | 0,8h | 200 | 175 |
| | Дно | 220 | 184 | | Дно | 200 | 194 |
| 10 | Поверхность | 160 | 102 | 10 | Поверхность | 160 | 112 |
| | 0,2h | 160 | 106 | | 0,2h | 160 | 125 |
| | 0,6h | 160 | 120 | | 0,6h | 160 | 136 |
| | 0,8h | 160 | 144 | | 0,8h | 160 | 157 |
| | Дно | 160 | 167 | | Дно | 160 | 177 |

Продолжение табл. А4

| Вариант 19 | | | | Вариант 20 | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|------|------------------------------|--------------------|------------|------|
| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с | Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с |
| 1 | Поверхность | 160 | 120 | 1 | Поверхность | 140 | 116 |
| | 0,2h | 160 | 124 | | 0,2h | 140 | 120 |
| | 0,6h | 160 | 136 | | 0,6h | 140 | 134 |
| | 0,8h | 160 | 158 | | 0,8h | 140 | 158 |
| | Дно | 160 | 170 | | Дно | 140 | 181 |
| 2 | Поверхность | 220 | 128 | 2 | Поверхность | 160 | 118 |
| | 0,2h | 220 | 137 | | 0,2h | 160 | 122 |
| | 0,6h | 220 | 148 | | 0,6h | 160 | 132 |
| | 0,8h | 220 | 151 | | 0,8h | 160 | 152 |
| | Дно | 220 | 188 | | Дно | 160 | 173 |
| 5 | Поверхность | 340 | 126 | 5 | Поверхность | 220 | 126 |
| | 0,2h | 340 | 130 | | 0,2h | 220 | 134 |
| | 0,6h | 340 | 152 | | 0,6h | 220 | 145 |
| | 0,8h | 340 | 172 | | 0,8h | 220 | 161 |
| | Дно | 340 | 200 | | Дно | 220 | 188 |
| 8 | Поверхность | 200 | 129 | 8 | Поверхность | 200 | 126 |
| | 0,2h | 200 | 132 | | 0,2h | 200 | 134 |
| | 0,6h | 200 | 149 | | 0,6h | 200 | 145 |
| | 0,8h | 200 | 177 | | 0,8h | 200 | 171 |
| | Дно | 200 | 193 | | Дно | 200 | 188 |
| 10 | Поверхность | 140 | 112 | 10 | Поверхность | 160 | 108 |
| | 0,2h | 140 | 121 | | 0,2h | 160 | 112 |
| | 0,6h | 140 | 138 | | 0,6h | 160 | 142 |
| | 0,8h | 140 | 161 | | 0,8h | 160 | 169 |
| | Дно | 140 | 187 | | Дно | 160 | 186 |

Продолжение табл. А4

| Вариант 21 | | | | Вариант 22 | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|------|------------------------------|--------------------|------------|------|
| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с | Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с |
| 1 | Поверхность | 160 | 108 | 1 | Поверхность | 140 | 120 |
| | 0,2h | 160 | 112 | | 0,2h | 140 | 124 |
| | 0,6h | 160 | 122 | | 0,6h | 140 | 138 |
| | 0,8h | 160 | 142 | | 0,8h | 140 | 162 |
| | Дно | 160 | 169 | | Дно | 140 | 185 |
| 2 | Поверхность | 220 | 116 | 2 | Поверхность | 200 | 130 |
| | 0,2h | 220 | 124 | | 0,2h | 200 | 138 |
| | 0,6h | 220 | 135 | | 0,6h | 200 | 149 |
| | 0,8h | 220 | 161 | | 0,8h | 200 | 175 |
| | Дно | 220 | 178 | | Дно | 200 | 192 |
| 5 | Поверхность | 340 | 124 | 5 | Поверхность | 280 | 140 |
| | 0,2h | 340 | 129 | | 0,2h | 280 | 145 |
| | 0,6h | 340 | 150 | | 0,6h | 280 | 165 |
| | 0,8h | 340 | 176 | | 0,8h | 280 | 192 |
| | Дно | 340 | 199 | | Дно | 280 | 215 |
| 8 | Поверхность | 220 | 112 | 8 | Поверхность | 200 | 128 |
| | 0,2h | 220 | 120 | | 0,2h | 200 | 136 |
| | 0,6h | 220 | 131 | | 0,6h | 200 | 147 |
| | 0,8h | 220 | 157 | | 0,8h | 200 | 173 |
| | Дно | 220 | 174 | | Дно | 200 | 190 |
| 10 | Поверхность | 160 | 102 | 10 | Поверхность | 140 | 118 |
| | 0,2h | 160 | 106 | | 0,2h | 140 | 122 |
| | 0,6h | 160 | 120 | | 0,6h | 140 | 136 |
| | 0,8h | 160 | 144 | | 0,8h | 140 | 160 |
| | Дно | 160 | 167 | | Дно | 140 | 183 |

Продолжение табл. А4

| Вариант 23 | | | | Вариант 24 | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|------|------------------------------|--------------------|------------|------|
| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с | Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с |
| 1 | Поверхность | 140 | 118 | 1 | Поверхность | 140 | 116 |
| | 0,2h | 140 | 122 | | 0,2h | 140 | 120 |
| | 0,6h | 140 | 136 | | 0,6h | 140 | 134 |
| | 0,8h | 140 | 160 | | 0,8h | 140 | 158 |
| | Дно | 140 | 183 | | Дно | 140 | 181 |
| 2 | Поверхность | 200 | 128 | 2 | Поверхность | 200 | 126 |
| | 0,2h | 200 | 136 | | 0,2h | 200 | 134 |
| | 0,6h | 200 | 147 | | 0,6h | 200 | 145 |
| | 0,8h | 200 | 173 | | 0,8h | 200 | 171 |
| | Дно | 200 | 190 | | Дно | 200 | 188 |
| 5 | Поверхность | 280 | 138 | 5 | Поверхность | 280 | 136 |
| | 0,2h | 280 | 143 | | 0,2h | 280 | 141 |
| | 0,6h | 280 | 163 | | 0,6h | 280 | 162 |
| | 0,8h | 280 | 190 | | 0,8h | 280 | 188 |
| | Дно | 280 | 213 | | Дно | 280 | 211 |
| 8 | Поверхность | 200 | 126 | 8 | Поверхность | 200 | 124 |
| | 0,2h | 200 | 134 | | 0,2h | 200 | 132 |
| | 0,6h | 200 | 148 | | 0,6h | 200 | 143 |
| | 0,8h | 200 | 171 | | 0,8h | 200 | 169 |
| | Дно | 200 | 188 | | Дно | 200 | 186 |
| 10 | Поверхность | 140 | 116 | 10 | Поверхность | 140 | 114 |
| | 0,2h | 140 | 120 | | 0,2h | 140 | 118 |
| | 0,6h | 140 | 134 | | 0,6h | 140 | 132 |
| | 0,8h | 140 | 158 | | 0,8h | 140 | 156 |
| | Дно | 140 | 181 | | Дно | 140 | 179 |

Продолжение табл. А4

| Вариант 25 | | | | Вариант 26 | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|------|------------------------------|--------------------|------------|------|
| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с | Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с |
| 2 | Поверхность | 160 | 118 | 2 | Поверхность | 140 | 120 |
| | 0,2h | 160 | 122 | | 0,2h | 140 | 124 |
| | 0,6h | 160 | 132 | | 0,6h | 140 | 138 |
| | 0,8h | 160 | 152 | | 0,8h | 140 | 162 |
| | Дно | 160 | 173 | | Дно | 140 | 185 |
| 4 | Поверхность | 220 | 126 | 3 | Поверхность | 200 | 130 |
| | 0,2h | 220 | 134 | | 0,2h | 200 | 138 |
| | 0,6h | 220 | 145 | | 0,6h | 200 | 149 |
| | 0,8h | 220 | 161 | | 0,8h | 200 | 175 |
| | Дно | 220 | 188 | | Дно | 200 | 192 |
| 6 | Поверхность | 340 | 134 | 4 | Поверхность | 280 | 140 |
| | 0,2h | 340 | 139 | | 0,2h | 280 | 145 |
| | 0,6h | 340 | 160 | | 0,6h | 280 | 165 |
| | 0,8h | 340 | 186 | | 0,8h | 280 | 192 |
| | Дно | 340 | 209 | | Дно | 280 | 215 |
| 8 | Поверхность | 220 | 120 | 7 | Поверхность | 200 | 128 |
| | 0,2h | 220 | 131 | | 0,2h | 200 | 136 |
| | 0,6h | 220 | 141 | | 0,6h | 200 | 147 |
| | 0,8h | 220 | 167 | | 0,8h | 200 | 173 |
| | Дно | 220 | 184 | | Дно | 200 | 190 |
| 10 | Поверхность | 160 | 112 | 9 | Поверхность | 140 | 118 |
| | 0,2h | 160 | 116 | | 0,2h | 140 | 122 |
| | 0,6h | 160 | 130 | | 0,6h | 140 | 136 |
| | 0,8h | 160 | 154 | | 0,8h | 140 | 160 |
| | Дно | 160 | 177 | | Дно | 140 | 183 |

Продолжение табл. А4

| Вариант 27 | | | | Вариант 28 | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|------|------------------------------|--------------------|------------|------|
| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с | Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с |
| 2 | Поверхность | 140 | 118 | 2 | Поверхность | 140 | 116 |
| | 0,2h | 140 | 122 | | 0,2h | 140 | 120 |
| | 0,6h | 140 | 136 | | 0,6h | 140 | 134 |
| | 0,8h | 140 | 160 | | 0,8h | 140 | 158 |
| | Дно | 140 | 183 | | Дно | 140 | 181 |
| 3 | Поверхность | 200 | 128 | 3 | Поверхность | 200 | 126 |
| | 0,2h | 200 | 136 | | 0,2h | 200 | 134 |
| | 0,6h | 200 | 147 | | 0,6h | 200 | 145 |
| | 0,8h | 200 | 173 | | 0,8h | 200 | 171 |
| | Дно | 200 | 190 | | Дно | 200 | 188 |
| 4 | Поверхность | 280 | 138 | 4 | Поверхность | 280 | 136 |
| | 0,2h | 280 | 143 | | 0,2h | 280 | 141 |
| | 0,6h | 280 | 163 | | 0,6h | 280 | 162 |
| | 0,8h | 280 | 190 | | 0,8h | 280 | 188 |
| | Дно | 280 | 213 | | Дно | 280 | 211 |
| 7 | Поверхность | 200 | 126 | 7 | Поверхность | 200 | 124 |
| | 0,2h | 200 | 134 | | 0,2h | 200 | 132 |
| | 0,6h | 200 | 145 | | 0,6h | 200 | 143 |
| | 0,8h | 200 | 171 | | 0,8h | 200 | 169 |
| | Дно | 200 | 188 | | Дно | 200 | 180 |
| 9 | Поверхность | 140 | 116 | 9 | Поверхность | 140 | 114 |
| | 0,2h | 140 | 120 | | 0,2h | 140 | 117 |
| | 0,6h | 140 | 134 | | 0,6h | 140 | 132 |
| | 0,8h | 140 | 158 | | 0,8h | 140 | 156 |
| | Дно | 140 | 181 | | Дно | 140 | 179 |

Продолжение табл. А4

| Вариант 29 | | | | Вариант 30 | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|------|------------------------------|--------------------|------------|------|
| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с | Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с |
| 2 | Поверхность | 160 | 118 | 2 | Поверхность | 160 | 108 |
| | 0,2h | 160 | 122 | | 0,2h | 160 | 112 |
| | 0,6h | 160 | 132 | | 0,6h | 160 | 122 |
| | 0,8h | 160 | 152 | | 0,8h | 160 | 142 |
| | Дно | 160 | 173 | | Дно | 160 | 169 |
| 3 | Поверхность | 220 | 126 | 3 | Поверхность | 220 | 116 |
| | 0,2h | 220 | 124 | | 0,2h | 220 | 124 |
| | 0,6h | 220 | 145 | | 0,6h | 220 | 135 |
| | 0,8h | 220 | 161 | | 0,8h | 220 | 161 |
| | Дно | 220 | 188 | | Дно | 220 | 178 |
| 4 | Поверхность | 340 | 134 | 4 | Поверхность | 340 | 124 |
| | 0,2h | 340 | 139 | | 0,2h | 340 | 129 |
| | 0,6h | 340 | 160 | | 0,6h | 340 | 150 |
| | 0,8h | 340 | 186 | | 0,8h | 340 | 176 |
| | Дно | 340 | 209 | | Дно | 340 | 199 |
| 7 | Поверхность | 220 | 122 | 7 | Поверхность | 220 | 112 |
| | 0,2h | 220 | 130 | | 0,2h | 220 | 120 |
| | 0,6h | 220 | 141 | | 0,6h | 220 | 131 |
| | 0,8h | 220 | 167 | | 0,8h | 220 | 157 |
| | Дно | 220 | 184 | | Дно | 220 | 174 |
| 9 | Поверхность | 160 | 112 | 9 | Поверхность | 160 | 102 |
| | 0,2h | 160 | 116 | | 0,2h | 160 | 106 |
| | 0,6h | 160 | 130 | | 0,6h | 160 | 120 |
| | 0,8h | 160 | 154 | | 0,8h | 160 | 144 |
| | Дно | 160 | 177 | | Дно | 160 | 167 |

| Вариант 31 | | | | Вариант 32 | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|------|------------------------------|--------------------|------------|------|
| Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с | Номера скоростных вертикалей | Наименование точек | N, обороты | t, с |
| 2 | Поверхность | 160 | 112 | 1 | Поверхность | 140 | 114 |
| | 0,2h | 160 | 116 | | 0,2h | 140 | 118 |
| | 0,6h | 160 | 130 | | 0,6h | 140 | 132 |
| | 0,8h | 160 | 154 | | 0,8h | 140 | 156 |
| | Дно | 160 | 177 | | Дно | 140 | 179 |
| 3 | Поверхность | 200 | 124 | 3 | Поверхность | 220 | 112 |
| | 0,2h | 200 | 132 | | 0,2h | 220 | 120 |
| | 0,6h | 200 | 143 | | 0,6h | 220 | 131 |
| | 0,8h | 200 | 169 | | 0,8h | 220 | 157 |
| | Дно | 200 | 186 | | Дно | 220 | 174 |
| 8 | Поверхность | 340 | 134 | 4 | Поверхность | 280 | 140 |
| | 0,2h | 340 | 139 | | 0,2h | 280 | 145 |
| | 0,6h | 340 | 160 | | 0,6h | 280 | 165 |
| | 0,8h | 340 | 188 | | 0,8h | 280 | 192 |
| | Дно | 340 | 209 | | Дно | 280 | 215 |
| 9 | Поверхность | 220 | 122 | 7 | Поверхность | 200 | 130 |
| | 0,2h | 220 | 130 | | 0,2h | 200 | 138 |
| | 0,6h | 220 | 143 | | 0,6h | 200 | 149 |
| | 0,8h | 220 | 168 | | 0,8h | 200 | 175 |
| | Дно | 220 | 184 | | Дно | 200 | 192 |
| 11 | Поверхность | 160 | 102 | 10 | Поверхность | 140 | 118 |
| | 0,2h | 160 | 106 | | 0,2h | 140 | 122 |
| | 0,6h | 160 | 120 | | 0,6h | 140 | 136 |
| | 0,8h | 160 | 146 | | 0,8h | 140 | 160 |
| | Дно | 160 | 172 | | Дно | 140 | 183 |

Таблица А5. Результаты измерения хода поплавков

| Вариант 1 | | Вариант 2 | | Вариант 3 | |
|---------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------|--|
| Продолжительность хода поплавка | Расстояние от постоянного начала до поплавков, м | Продолжительность хода поплавка | Расстояние от постоянного начала до поплавков, м | Продолжительность хода поплавка | Расстояние от постоянного начала до поплавков, м |
| 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| | | 56 | 10,9 | | |
| 72 | 27,6 | 47 | 18,0 | 115 | 16,5 |
| 62 | 28,7 | 51 | 11,5 | 125 | 18,0 |
| 87 | 31,6 | 71 | 9,6 | 112 | 18,5 |
| 72 | 27,2 | 61 | 8,9 | 115 | 18,5 |
| 76 | 30,3 | 59' | 8,7 | 94 | 19,0 |
| 66 | 30,6 | 50 | 12,4 | 82 | 19,5 |
| 60 | 27,4 | 51 | 10,0 | 90 | 20,0 |
| 114 | 25,5 | 61 | 12,2 | 80 | 20,5 |
| 94 | 24,8 | 46 | 16,5 | 75 | 21,0 |
| 70 | 30,8 | 41 | 17,0 | 75 | 21,5 |
| 70 | 30,5 | 66 | 18,5 | 80 | 21,5 |
| 67 | 29,0 | 57 | 12,5 | 75 | 22,0 |
| 66 | 29,5 | 91 | 7,4 | 70 | 22,0 |
| 90 | 26,0 | 58 | 8,5 | 80 | 22,5 |
| | | 51 | 12,3 | 85 | 23,0 |
| | | 48 | 12,0 | | |
| | | 51 | 12,8 | | |
| | | 51 | 12,0 | | |
| | | 61 | 10,0 | | |
| | | 72 | 9,9 | | |
| Вариант 4 | | Вариант 5 | | Вариант 6 | |
| Продолжительность хода поплавка | Расстояние от постоянного начала до поплавков, м | Продолжительность хода поплавка | Расстояние от постоянного начала до поплавков, м | Продолжительность хода поплавка | Расстояние от постоянного начала до поплавков, м |
| 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 110 | 16,5 | 117 | 16,0 | 115 | 16,0 |
| 120 | 18,0 | 127 | 18,0 | 125 | 18,0 |
| 107 | 18,5 | 114 | 18,5 | 112 | 18,5 |
| 110 | 18,5 | 117 | 18,8 | 115 | 18,2 |
| 90 | 19,0 | 95 | 19,0 | 94 | 19,0 |
| 77 | 19,5 | 84 | 19,5 | 82 | 19,5 |
| 85 | 20,0 | 92 | 20,0 | 90 | 20,0 |
| 75 | 20,5 | 83 | 20,5 | 80 | 20,5 |
| 70 | 21,0 | 75 | 21,0 | 75 | 21,0 |
| 70 | 21,5 | 76 | 21,5 | 75 | 21,5 |
| 75 | 21,5 | 80 | 21,5 | 80 | 21,5 |
| 70 | 22,0 | 75 | 22,0 | 75 | 22,0 |
| 65 | 22,0 | 70 | 22,0 | 70 | 22,0 |
| 75 | 22,5 | 80 | 22,5 | 80 | 22,5 |
| 80 | 23,0 | 85 | 23,0 | 85 | 23,0 |

| Вариант 7 | | Вариант 8 | | Вариант 9 | |
|---------------------------------|---|---------------------------------|---|---------------------------------|---|
| Продолжительность хода поплавок | Расстояние от постоянного начала до поплавок, м | Продолжительность хода поплавок | Расстояние от постоянного начала до поплавок, м | Продолжительность хода поплавок | Расстояние от постоянного начала до поплавок, м |
| 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 55 | 10,9 | | | | |
| 45 | 18,0 | 8,7 | 19,5 | 9,0 | 15,0 |
| 50 | 11,5 | 99 | 19,0 | 70 | 17,0 |
| 70 | 9,6 | 85 | 20,5 | 73 | 19,0 |
| 60 | 8,9 | 80 | 21,0 | 68 | 20,5 |
| 58 | 8,7 | 117 | 18,5 | 70 | 19,5 |
| 49 | 12,4 | 80 | 21,5 | 55 | 21,8 |
| 50 | 10,0 | 85 | 22,0 | 70 | 23,0 |
| 60 | 12,2 | 120 | 18,5 | 75 | 23,8 |
| 45 | 16,5 | 95 | 20,0 | 60 | 26,0 |
| 40 | 17,0 | 80 | 22,0 | 70 | 26,0 |
| 65 | 18,5 | 85 | 21,5 | 67 | 28,8 |
| 56 | 12,5 | 130 | 18,0 | 95 | 13,0 |
| 90 | 7,4 | 120 | 16,5 | 102 | 10,0 |
| 57 | 8,5 | 75 | 22,0 | 80 | 27,0 |
| 50 | 12,3 | 90 | 23,0 | | |
| 47 | 12,0 | | | | |
| 50 | 12,8 | | | | |
| 50 | 12,0 | | | | |
| 60 | 10,0 | | | | |
| 70 | 9,9 | | | | |
| 115 | 6,4 | | | | |
| Вариант 10 | | Вариант 11 | | Вариант 12 | |
| Продолжительность хода поплавок | Расстояние от постоянного начала до поплавок, м | Продолжительность хода поплавок | Расстояние от постоянного начала до поплавок, м | Продолжительность хода поплавок | Расстояние от постоянного начала до поплавок, м |
| 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| | | 56 | 10,9 | | |
| 72 | 27,6 | 50 | 18,0 | 94 | 18,0 |
| 62 | 28,7 | 71 | 9,6 | 90 | 19,0 |
| 87 | 31,6 | 59 | 8,7 | 113 | 18,5 |
| 72 | 27,2 | 50 | 12,4 | 65 | 19,7 |
| 76 | 30,4 | 51 | 10,0 | 72 | 20,2 |
| 66 | 30,6 | 46 | 16,5 | 73 | 20,7 |
| 60 | 27,4 | 40 | 17,0 | 67 | 21,5 |
| 114 | 25,0 | 60 | 18,5 | 64 | 21,7 |
| 94 | 24,5 | 91 | 7,4 | 66 | 22,0 |
| 70 | 30,8 | 58 | 8,5 | 68 | 22,5 |
| 70 | 30,5 | 51 | 12,3 | 70 | 23,4 |
| 67 | 29,0 | 48 | 12,0 | 76 | 24,0 |
| 66 | 29,5 | 61 | 10,0 | 70 | 24,6 |
| 90 | 26,0 | 115 | 6,4 | 90 | 25,6 |
| | | | | 105 | 28,0 |

Таблица А6. Классификация русловых коэффициентов естественных водотоков

| Характеристика русла | 1/n | n | γ |
|---|-------|-------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Естественные русла в весьма благоприятных условиях (чистые, прямые, незасоренные, земляные, со свободным течением) | 40 | 0,025 | 1,25 |
| Русла постоянных водотоков равнинного типа (преимущественно больших и средних рек) в благоприятных условиях состояния ложа и течения воды | 30–35 | 0,033 | 1,75–2,00 |
| Периодические потоки (большие и малые) при очень хорошем состоянии поверхности и формы ложа | | | |
| Сравнительно чистые русла постоянных водотоков в обычных условиях, извилистые, с некоторыми неправильностями в направлении струй или же прямые, но с неправильностями в рельефе дна (отмели, промоины, местами камни) | 25 | 0,040 | 2,75 |
| Земляные русла периодических водотоков (сухих логов) в относительно благоприятных условиях | | | |
| Русла (больших и средних рек) значительно засоренные, извилистые и частично заросшие, каменистые (с беспокойным течением) | | | |
| Периодические (ливневые и весенние) водотоки, несущие во время паводка заметное количество наносов, с крупногалечным или покрытым растительностью (травой и пр.) ложем | 20 | 0,050 | 3,75 |
| Поймы больших и средних рек, сравнительно разработанные, покрытые нормальным количеством растительности (травы, кустарники) | | | |
| Русла периодических водотоков, сильно засоренные и извилистые | | | |
| Сравнительно заросшие, неровные плохо разработанные поймы рек (промоины, кустарники, деревья, с наличием заводей) | 15 | 0,067 | 5,50 |
| Галечно-валунные русла горного типа, с неправильной поверхностью водного зеркала | | | |
| Порожистые участки равнинных рек | | | |
| Реки и поймы значительно заросшие (со слабым течением) с большими глубокими промоинами | 12,5 | 0,080 | 7,00 |
| Валунные горного типа русла, с бурливым, пенистым течением, с изрытой поверхностью водного зеркала (с летящими вверх брызгами воды) | | | |
| Поймы такие же, как предыдущей категории, но с сильно неправильным косоструйным течением, заводями и пр. | | | |
| Горноводопадного типа русла, с крупновалунным извилистым строением ложа, перепады ярко выражены, пенистость настолько сильна, что вода, потеряв прозрачность, имеет белый цвет, шум потока доминирует над всеми остальными звуками, делает разговор затруднительным | 10 | 0,100 | 9,00 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|-----|-------|------|
| Характеристика горных рек примерно та же, что и предыдущей категории | 7,5 | 0,133 | 12,0 |
| Реки болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода и пр.) | | | |
| Поймы с очень большими мертвыми пространствами, с местными углублениями – озерами и пр. | | | |
| Потоки типа «селевых», состоящие из грязи; камней и пр. Глухие поймы (сплошь лесные, таежного, типа) | 5 | 0,200 | 20,0 |

Таблица А7. Величины коэффициентов шероховатости для постоянных водотоков

| Характеристика потока | По Базену γ | | По Маннингу применительно к среднему значению | |
|--|--------------------|-------------------|---|-------|
| | Среднее значение | Обычное колебание | h_{cp} , м | n |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ровное русло полугорных рек (галечно-гравийное ложе) | 1,2 | 0,8–1,5 | 2 | 0,024 |
| | | | 4 | 0,023 |
| | | | 6 | 0,023 |
| | | | 10 | 0,023 |
| Среднеизвилистое русло полугорных рек. Ровное русло равнинных рек (земляное ложе) | 1,5 | 1–2 | 2 | 0,026 |
| | | | 4 | 0,025 |
| | | | 6 | 0,025 |
| | | | 10 | 0,024 |
| Сильноизвилистое русло полугорных рек, протоки и рукава. Среднеизвилистое русло равнинных рек | 2,0 | 1,5–2,5 | 2 | 0,031 |
| | | | 4 | 0,029 |
| | | | 6 | 0,029 |
| | | | 10 | 0,028 |
| Сильноизвилистое русло равнинных рек, протоки и рукава. Русло горных рек (галечно-валунное ложе) | 2,5 | 2,0–3,5 | 2 | 0,035 |
| | | | 4 | 0,033 |
| | | | 6 | 0,032 |
| | | | 10 | 0,030 |
| Сильноизвилистое русло равнинных рек с заросшими берегами. Русла горных рек с валунным ложем. Мелкие речки | 3,5 | 2,5 | 2 | 0,045 |
| | | | 4 | 0,040 |
| | | | 6 | 0,038 |
| | | | 10 | 0,036 |
| Порожистые участки рек с ровным течением. Незаросшие поймы | 5 | 3–7 | 1 | 0,069 |
| | | | 2 | 0,058 |
| | | | 4 | 0,051 |
| | | | 6 | 0,048 |

Окончание табл. А7

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-----|---------|---|-------|
| Порожистые участки рек в средних условиях. Пойма, заросшая на 25 % | 7,0 | 5–9 | 1 | 0,042 |
| | | | 2 | 0,077 |
| | | | 4 | 0,065 |
| | | | 6 | 0,060 |
| Порожистые участки с крупными камнями и исключительно неправильным направлением отдельных частей потока. Пойма, заросшая на 50 % | 9,0 | 7 – 12 | 1 | 0,115 |
| | | | 2 | 0,095 |
| | | | 4 | 0,080 |
| | | | 6 | 0,073 |
| Пойма, заросшая на 75 % | 12 | 9 – 20 | 1 | 0,150 |
| | | | 2 | 0,122 |
| | | | 4 | 0,101 |
| | | | 6 | 0,092 |
| Пойма, заросшая на 100 % | 20 | 12 – 25 | 1 | 0,240 |
| | | | 2 | 0,195 |
| | | | 4 | 0,160 |
| | | | 6 | 0,142 |

Коэффициент шероховатости n по Маннингу подсчитан при равенстве с коэффициентом шероховатости γ по Базену по формуле

$$n = \frac{\sqrt{h_{\text{cp}}} + \gamma}{87 \cdot \sqrt[3]{h_{\text{cp}}}},$$

полученной путем приравнивания коэффициента C по Базену и Маннингу.

Справочная информация для выполнения заданий раздела 2

Таблица Б1. Значения коэффициента Шези

| Гидравлический радиус R , м | Коэффициент шероховатости n | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|
| | 0,030 | 0,035 | 0,040 | 0,050 |
| 0,60 | 29,2 | 24,7 | 21,3 | 16,7 |
| 0,65 | 29,8 | 25,3 | 21,9 | 17,2 |
| 0,70 | 30,4 | 25,8 | 22,4 | 17,7 |
| 0,75 | 30,9 | 26,4 | 22,9 | 18,2 |
| 0,80 | 31,5 | 26,8 | 23,4 | 18,5 |
| 0,85 | 31,8 | 27,2 | 23,8 | 18,8 |
| 0,90 | 32,3 | 27,6 | 24,1 | 19,3 |
| 0,93 | 32,8 | 28,1 | 24,6 | 19,7 |
| 1,00 | 33,3 | 28,6 | 25,0 | 20,0 |
| 1,10 | 34,1 | 29,3 | 25,7 | 20,6 |
| 1,20 | 34,8 | 30,0 | 26,3 | 21,2 |
| 1,30 | 35,5 | 30,6 | 26,9 | 21,8 |
| 1,40 | 36,1 | 31,2 | 27,4 | 22,2 |
| 1,50 | 36,7 | 31,7 | 28,0 | 22,7 |
| 1,60 | 37,2 | 32,2 | 28,4 | 23,1 |
| 1,70 | 37,7 | 32,7 | 28,9 | 23,5 |
| 1,80 | 38,0 | 33,0 | 29,2 | 23,8 |
| 1,90 | 38,4 | 33,4 | 29,7 | 24,2 |
| 2,00 | 38,9 | 33,8 | 30,0 | 24,8 |
| 2,50 | 40,6 | 35,4 | 31,5 | 25,8 |
| 3,00 | 41,9 | 36,1 | 32,5 | 26,6 |
| 3,50 | 42,8 | 37,4 | 33,3 | 27,4 |
| 4,00 | 43,6 | 38,1 | 33,9 | 27,9 |
| 4,50 | 44,1 | 38,5 | 34,4 | 28,4 |
| 5,00 | 44,6 | 38,9 | 34,6 | 28,5 |

Таблица Б2. Значения коэффициентов K_1 и K_2

| Характеристика русла и условий протекания | Коэффициент | Средняя глубина, м | | |
|--|-------------|--------------------|------|------|
| | | <1 | 1–5 | >5 |
| Русла прямые, чистые, земляные (глина, песок), галечные, гравийные | K_1 | 0,80 | 0,84 | 0,86 |
| | K_2 | 0,64 | 0,66 | 0,67 |
| Русла извилистые, частично заросшие травой, каменистые | K_1 | 0,75 | 0,80 | 0,83 |
| | K_2 | 0,60 | 0,63 | 0,65 |
| Поймы сравнительно разработанные, с растительностью (травы, редкий кустарник) | K_1 | 0,65 | 0,74 | 0,80 |
| | K_2 | 0,55 | 0,59 | 0,62 |
| Русла и поймы значительно заросшие, с глубокими промоинами. Русла извилистые, сложенные из крупных валунов | K_1 | 0,57 | 0,69 | 0,75 |
| | K_2 | 0,46 | 0,56 | 0,60 |
| Поймы сплошь лесные, таежного типа | K_1 | 0,57 | 0,69 | 0,75 |
| | K_2 | 0,46 | 0,56 | 0,60 |

Исходные данные для выполнения заданий раздела 3

Таблица В1. Исходные данные

| Вариант | Исходная река | Расчетная обеспеченность | Номер тополлана | Сечение горизонталей | Срок службы водохранилища | Норма годовой мутности P , г/м ³ | Площадь водосбора A , км ² | Озерность $f_{оз}$, % | Болота $f_{б}$, % | Заболоченный лес $f_{з.л.}$, % | Сухой лес $f_{с.л.}$, % |
|---------|---------------------------|--------------------------|-----------------|----------------------|---------------------------|---|---|------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | Березина – г. Бобруйск | 80 | 1 | 5 | 50 | 40 | 20200 | 1 | 7 | 1 | 37 |
| 2 | Березина – г. Борисов | 81 | 2 | 4 | 55 | 45 | 5690,0 | 1 | 7 | 1 | 37 |
| 3 | Беседь – с. Светиловичи | 82 | 3 | 3 | 60 | 50 | 5010 | 0 | 6 | 2 | 16 |
| 4 | Бобр – с. Куты | 83 | 4 | 2 | 65 | 55 | 374 | 0 | 2 | 1 | 44 |
| 5 | Виля – г. Вилейка | 84 | 5 | 1 | 70 | 60 | 4190,0 | 1 | 6 | 5 | 30 |
| 6 | Виля – с. Михалишки | 85 | 6 | 5 | 50 | 40 | 10300 | 2 | 8 | 4 | 28 |
| 7 | Виля – с. Стешницы | 86 | 1 | 4 | 55 | 45 | 1230,0 | 1 | 6 | 5 | 41 |
| 8 | Горынь – п.г.т. Речица | 87 | 2 | 3 | 60 | 50 | 27000 | 1 | 18 | 5 | 26 |
| 9 | Дисна – п.г.т. Шарковщина | 88 | 3 | 2 | 65 | 55 | 4720,0 | 5 | 6 | 8 | 16 |
| 10 | Дитва – с. Поречаны | 89 | 4 | 1 | 70 | 60 | 810,0 | 1 | 20 | 1 | 6 |
| 11 | Днепр – г. Жлобин | 90 | 5 | 5 | 50 | 40 | 30300 | 1 | 3 | 3 | 29 |
| 12 | Днепр – г. Могилев | 91 | 6 | 4 | 55 | 45 | 20800 | 1 | 3 | 2 | 29 |
| 13 | Днепр – г. Орша | 92 | 1 | 3 | 60 | 50 | 18000 | 1 | 4 | 3 | 29 |
| 14 | Дрисса – с. Дерновичи | 93 | 2 | 2 | 65 | 55 | 4580,0 | 4 | 5 | 31 | 29 |
| 15 | Друть – с. Городище | 94 | 3 | 1 | 70 | 60 | 2850,0 | 0 | 5 | 1 | 18 |

Окончание табл. VI

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|----------------------------|----|---|---|----|----|--------|---|----|----|----|
| 16 | Друть – Чигиринская ГЭС | 95 | 4 | 5 | 50 | 40 | 3700,0 | 1 | 5 | 1 | 30 |
| 17 | Кан. Винец – с. Рыгали | 96 | 5 | 4 | 55 | 45 | 205,0 | 0 | 20 | 0 | 9 |
| 18 | Котра – п.г.т. Сахкомбинат | 97 | 6 | 3 | 60 | 50 | 2000,0 | 1 | 10 | 8 | 31 |
| 19 | Кривинка – с. Добригоры | 80 | 1 | 2 | 65 | 55 | 1250 | 3 | 3 | 9 | 34 |
| 20 | Нарочь – с. Нарочь | 81 | 2 | 1 | 70 | 60 | 1480 | 7 | 14 | 8 | 32 |
| 21 | Ольшанка – с. Богданово | 82 | 3 | 5 | 50 | 40 | 201,0 | 1 | 12 | 2 | 13 |
| 22 | Остер – с. Ходунь | 83 | 4 | 4 | 55 | 45 | 3250,0 | 0 | 4 | 1 | 21 |
| 23 | Ошмянка – с. Вел. Яцьны | 84 | 5 | 3 | 60 | 50 | 1480,0 | 1 | 5 | 2 | 18 |
| 24 | Припять – г. Мозырь | 85 | 6 | 2 | 65 | 55 | 101000 | 0 | 12 | 16 | 19 |
| 25 | Проня – с. Летяги | 86 | 1 | 1 | 70 | 60 | 4570,0 | 1 | 3 | 1 | 19 |
| 26 | Птичь – с. Лучицы | 87 | 2 | 5 | 50 | 40 | 8770,0 | 1 | 6 | 15 | 34 |
| 27 | Рыга – с. Малые Радваничи | 88 | 3 | 4 | 55 | 45 | 968,0 | 5 | 32 | 7 | 30 |
| 28 | Свислочь – с. Теребуты | 89 | 4 | 3 | 60 | 50 | 4050 | 1 | 9 | 1 | 24 |
| 29 | Скема – с. Никольцы | 90 | 5 | 2 | 65 | 55 | 100,0 | 0 | 0 | 12 | 45 |
| 30 | Сож – г. Гомель | 91 | 6 | 1 | 70 | 60 | 38900 | 1 | 6 | 4 | 22 |
| 31 | Сож – г. Славгород | 92 | 1 | 5 | 50 | 40 | 17700 | 0 | 3 | 4 | 20 |
| 32 | Сушанка – с. Суша | 93 | 2 | 4 | 55 | 45 | 153 | 0 | 5 | 1 | 49 |
| 33 | Ухлясть – Радьков | 94 | 3 | 3 | 60 | 50 | 258,0 | 0 | 12 | 2 | 29 |
| 34 | Шать – с. Шацк | 95 | 4 | 2 | 65 | 55 | 208,0 | 0 | 38 | 5 | 34 |
| 35 | Щара – г. Слоним | 96 | 5 | 1 | 70 | 60 | 4970,0 | 1 | 18 | 10 | 22 |

Таблица В2. Годовые расходы рек Беларуси, м³/с

| Река | Березина | Березина | Беседь | Бобр | Виляя | Виляя |
|-------|----------|----------|-------------|------|---------|-----------|
| Створ | Бобруйск | Борисов | Светиловичи | Куты | Вилейка | Михалишки |
| 1966 | 131 | 37,9 | 23,0 | 2,35 | 31,2 | 76,7 |
| 1967 | 113 | 32,1 | 28,2 | 1,96 | 25,5 | 65,7 |
| 1968 | 116 | 34,7 | 16,1 | 2,18 | 27,4 | 68,5 |
| 1969 | 94,4 | 27,0 | 30,5 | 1,80 | 18,8 | 47,3 |
| 1970 | 151 | 40,5 | 45,7 | 3,18 | 30,8 | 70,8 |
| 1971 | 125 | 33,4 | 33,2 | 2,83 | 24,6 | 57,1 |
| 1972 | 91,4 | 29,0 | 16,2 | 1,63 | 24,7 | 55,7 |
| 1973 | 114 | 30,5 | 13,3 | 2,58 | 24,6 | 58,6 |
| 1974 | 110 | 31,5 | 19,5 | 2,13 | 18,0 | 55,3 |
| 1975 | 114 | 32,3 | 16,5 | 2,03 | 33,9 | 71,2 |
| 1976 | 94,0 | 25,6 | 11,1 | 1,55 | 11,5 | 39,8 |
| 1977 | 118 | 31,5 | 15,2 | 2,29 | 16,6 | 55,0 |
| 1978 | 133 | 41,0 | 18,4 | 2,46 | 26,2 | 73,8 |
| 1979 | 123 | 35,7 | 22,6 | 2,13 | 22,3 | 66,6 |
| 1980 | 121 | 35,4 | 24,2 | 2,02 | 25,5 | 69,5 |
| 1981 | 128 | 35,1 | 26,6 | 2,63 | 23,1 | 63,7 |
| 1982 | 140 | 41,1 | 21,7 | 2,68 | 25,0 | 69,3 |
| 1983 | 120 | 38,2 | 22,2 | 2,20 | 19,0 | 59,5 |
| 1984 | 85,1 | 27,1 | 12,3 | 1,69 | 14,1 | 41,9 |
| 1985 | 113 | 35,1 | 30,3 | 2,86 | 22,6 | 62,4 |
| 1986 | 107 | 30,6 | 30,0 | 2,60 | 18,7 | 55,4 |
| 1987 | 101 | 29,6 | 26,5 | 1,95 | 19,3 | 56,2 |
| 1988 | 114 | 34,4 | 30,0 | 2,54 | 18,9 | 57,2 |
| 1989 | 119 | 45,3 | 18,9 | 3,09 | 26,9 | 70,0 |
| 1990 | 138 | 46,3 | 25,0 | 3,10 | 27,2 | 72,6 |
| 1991 | 128 | 36,7 | 27,4 | 2,52 | 18,0 | 59,8 |
| 1992 | 97,8 | 28,5 | 14,8 | 2,14 | 14,5 | 43,6 |
| 1993 | 112 | 31,1 | 24,1 | 2,62 | 16,3 | 51,3 |
| 1994 | 137 | 44,0 | 36,0 | 3,17 | 27,3 | 80,8 |
| 1995 | 112 | 34,9 | 24,8 | 2,87 | 16,9 | 56,3 |
| 1996 | 103 | 33,7 | 12,8 | 2,32 | 14,9 | 49,3 |
| 1997 | 118 | 36,3 | 14,5 | 2,36 | 18,3 | 52,4 |
| 1998 | 177 | 51,5 | 38,8 | 3,16 | 34,6 | 84,2 |
| 1999 | 158 | 41,0 | 32,1 | 2,92 | 23,3 | 62,2 |
| 2000 | 109 | 31,5 | 29,0 | 2,52 | 14,2 | 45,8 |

Продолжение табл. В2

| Река | Вилия | Горынь | Дисна | Дитва | Днепр | Днепр | Днепр |
|-------|---------|--------|------------|----------|--------|---------|-------|
| Створ | Стешицы | Речица | Шарковщина | Поречаны | Жлобин | Могилев | Орша |
| 1966 | 8,33 | 106 | 31,5 | 3,98 | 190 | 144 | 118 |
| 1967 | 7,29 | 80,6 | 25,2 | 4,86 | 167 | 119 | 99,7 |
| 1968 | 7,84 | 77,9 | 26,0 | 4,82 | 167 | 120 | 101 |
| 1969 | 5,61 | 139 | 16,7 | 3,52 | 150 | 108 | 97,4 |
| 1970 | 8,52 | 173 | 30,7 | 5,64 | 241 | 169 | 136 |
| 1971 | 6,92 | 144 | 19,1 | 5,08 | 187 | 129 | 117 |
| 1972 | 6,83 | 74,0 | 14,4 | 4,93 | 135 | 93,4 | 82,5 |
| 1973 | 6,99 | 84,9 | 15,1 | 6,08 | 143 | 96,9 | 83,6 |
| 1974 | 7,41 | 124 | 24,4 | 4,38 | 163 | 112 | 100 |
| 1975 | 7,36 | 139 | 27,6 | 3,43 | 157 | 111 | 95,8 |
| 1976 | 6,00 | 147 | 11,8 | 2,60 | 150 | 114 | 97,3 |
| 1977 | 7,37 | 152 | 21,9 | 4,68 | 166 | 130 | 107 |
| 1978 | 9,93 | 121 | 44,3 | 5,30 | 182 | 124 | 119 |
| 1979 | 8,83 | 168 | 32,1 | 5,26 | 183 | 130 | 109 |
| 1980 | 8,85 | 153 | 36,4 | 5,70 | 197 | 164 | 149 |
| 1981 | 8,15 | 164 | 30,0 | 4,56 | 194 | 142 | 122 |
| 1982 | 10,2 | 144 | 30,6 | 4,10 | 188 | 139 | 122 |
| 1983 | 8,31 | 102 | 33,2 | 4,54 | 119 | 119 | 101 |
| 1984 | 5,88 | 86,7 | 13,6 | 3,51 | 140 | 105 | 89,7 |
| 1985 | 8,14 | 92,5 | 30,4 | 4,81 | 222 | 164 | 144 |
| 1986 | 7,38 | 75,2 | 27,3 | 4,63 | 244 | 156 | 143 |
| 1987 | 7,15 | 69,6 | 31,7 | 3,77 | 258 | 178 | 156 |
| 1988 | 8,51 | 102 | 28,4 | 3,54 | 214 | 162 | 150 |
| 1989 | 11,0 | 111 | 33,9 | 3,28 | 204 | 162 | 136 |
| 1990 | 10,2 | 85,1 | 44,6 | 5,10 | 251 | 203 | 183 |
| 1991 | 8,69 | 104 | 29,1 | 3,75 | 245 | 181 | 157 |
| 1992 | 6,20 | 71,7 | 23,1 | 3,51 | 170 | 129 | 109 |
| 1993 | 7,62 | 108 | 23,2 | 5,66 | 194 | 153 | 130 |
| 1994 | 10,4 | 97,4 | 42,6 | 6,84 | 237 | 192 | 156 |
| 1995 | 7,59 | 76,5 | 27,3 | 4,09 | 189 | 148 | 133 |
| 1996 | 7,43 | 95,2 | 24,5 | 3,08 | 128 | 93,7 | 80,2 |
| 1997 | 7,79 | 76,1 | 25,6 | 2,99 | 155 | 123 | 107 |
| 1998 | 14,1 | 172 | 36,2 | 5,31 | 295 | 225 | 213 |
| 1999 | 11,0 | 153 | 26,6 | 4,18 | 204 | 176 | 153 |
| 2000 | 7,31 | 130 | 15,1 | 3,49 | 201 | 166 | 152 |

Продолжение табл. В2

| Река | Дрисса | Другь | Другь | Кан. Винец | Котра |
|-------|-----------|----------|-----------------|------------|-------------|
| Створ | Дерновичи | Городище | Чигиринская ГЭС | Рыгали | Сахкомбинат |
| 1966 | 34,5 | 19,0 | 20,1 | 0,700 | 8,94 |
| 1967 | 27,9 | 14,4 | 19,4 | 0,800 | 9,39 |
| 1968 | 36,0 | 16,5 | 22,0 | 0,670 | 7,67 |
| 1969 | 27,1 | 12,8 | 18,3 | 0,520 | 5,76 |
| 1970 | 35,6 | 21,9 | 27,3 | 1,64 | 13,7 |
| 1971 | 23,8 | 16,5 | 21,4 | 0,970 | 11,4 |
| 1972 | 22,5 | 11,7 | 15,4 | 0,460 | 11,9 |
| 1973 | 24,3 | 14,8 | 19,7 | 0,500 | 11,7 |
| 1974 | 24,9 | 12,1 | 18,0 | 1,02 | 13,8 |
| 1975 | 33,1 | 11,9 | 16,9 | 0,690 | 12,2 |
| 1976 | 198 | 13,0 | 15,4 | 0,580 | 8,21 |
| 1977 | 28,2 | 13,0 | 15,6 | 0,670 | 9,47 |
| 1978 | 52,1 | 13,9 | 17,9 | 0,680 | 11,4 |
| 1979 | 35,9 | 17,0 | 19,5 | 0,880 | 12,3 |
| 1980 | 41,0 | 14,6 | 19,4 | 1,24 | 14,5 |
| 1981 | 40,8 | 15,3 | 19,4 | 0,700 | 11,7 |
| 1982 | 39,7 | 15,1 | 20,1 | 0,680 | 10,7 |
| 1983 | 39,1 | 14,8 | 20,1 | 0,640 | 10,3 |
| 1984 | 27,7 | 12,7 | 15,7 | 0,530 | 8,41 |
| 1985 | 37,0 | 16,2 | 20,0 | 0,700 | 10,7 |
| 1986 | 37,3 | 15,2 | 18,5 | 0,660 | 11,2 |
| 1987 | 57,2 | 14,5 | 18,8 | 0,580 | 8,80 |
| 1988 | 43,4 | 15,2 | 19,4 | 1,33 | 11,9 |
| 1989 | 48,6 | 15,8 | 20,5 | 0,730 | 9,97 |
| 1990 | 66,7 | 16,8 | 21,6 | 0,810 | 10,5 |
| 1991 | 50,3 | 12,9 | 18,5 | 0,590 | 8,24 |
| 1992 | 41,8 | 13,6 | 17,9 | 0,580 | 7,70 |
| 1993 | 40,8 | 16,1 | 21,5 | 0,630 | 11,3 |
| 1994 | 53,2 | 18,6 | 18,1 | 0,680 | 15,8 |
| 1995 | 38,0 | 16,6 | 18,4 | 0,710 | 12,5 |
| 1996 | 23,4 | 14,2 | 13,5 | 0,640 | 9,31 |
| 1997 | 39,2 | 15,1 | 15,8 | 0,420 | 7,48 |
| 1998 | 60,5 | 19,0 | 22,4 | 0,940 | 11,1 |
| 1999 | 37,5 | 20,5 | 18,0 | 1,00 | 10,8 |
| 2000 | 30,2 | 13,6 | 16,5 | 0,790 | 7,96 |

Продолжение табл. В2

| Река | Кривинка | Нарочь | Ольшанка | Остер | Ошмянка | Припять |
|-------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|---------|
| Створ | Добригоры | Нарочь | Богданово | Ходунь | Вел. Яцны | Мозырь |
| 1966 | 1,62 | 11,9 | 1,40 | 19,0 | 11,1 | 450 |
| 1967 | 1,36 | 10,0 | 1,38 | 16,0 | 9,65 | 352 |
| 1968 | 1,30 | 10,0 | 1,31 | 12,6 | 8,91 | 365 |
| 1969 | 0,880 | 7,18 | 1,05 | 17,2 | 7,71 | 415 |
| 1970 | 1,88 | 10,9 | 1,42 | 25,2 | 10,0 | 708 |
| 1971 | 2,04 | 8,94 | 1,21 | 19,8 | 8,29 | 552 |
| 1972 | 0,920 | 8,30 | 1,04 | 12,4 | 8,47 | 267 |
| 1973 | 1,12 | 8,01 | 1,16 | 13,3 | 8,76 | 321 |
| 1974 | 1,16 | 9,77 | 1,35 | 18,0 | 9,54 | 463 |
| 1975 | 1,21 | 10,0 | 1,22 | 12,4 | 9,45 | 640 |
| 1976 | 0,590 | 6,07 | 1,00 | 12,9 | 7,97 | 415 |
| 1977 | 1,55 | 9,25 | 1,28 | 16,4 | 9,04 | 486 |
| 1978 | 1,96 | 12,8 | 1,37 | 17,5 | 10,6 | 488 |
| 1979 | 1,24 | 11,4 | 1,50 | 17,9 | 11,1 | 579 |
| 1980 | 1,05 | 12,7 | 1,58 | 23,8 | 11,9 | 496 |
| 1981 | 1,34 | 11,4 | 1,51 | 24,9 | 11,0 | 588 |
| 1982 | 1,42 | 12,4 | 1,52 | 18,2 | 10,3 | 505 |
| 1983 | 1,07 | 11,2 | 1,37 | 21,1 | 10,0 | 411 |
| 1984 | 0,540 | 7,77 | 1,28 | 16,4 | 9,24 | 218 |
| 1985 | 1,94 | 11,6 | 1,61 | 29,5 | 1,50 | 344 |
| 1986 | 1,32 | 10,7 | 11,5 | 20,7 | 10,0 | 300 |
| 1987 | 1,34 | 10,4 | 1,41 | 20,5 | 10,0 | 247 |
| 1988 | 1,43 | 9,68 | 1,49 | 19,4 | 10,2 | 412 |
| 1989 | 2,17 | 13,4 | 1,41 | 20,3 | 11,3 | 389 |
| 1990 | 2,48 | 12,8 | 1,46 | 24,3 | 11,6 | 409 |
| 1991 | 1,56 | 11,3 | 1,39 | 23,3 | 10,3 | 425 |
| 1992 | 1,09 | 9,18 | 1,27 | 17,0 | 10,0 | 297 |
| 1993 | 1,53 | 9,54 | 1,43 | 21,1 | 10,8 | 590 |
| 1994 | 2,12 | 12,8 | 2,07 | 29,8 | 14,6 | 498 |
| 1995 | 1,65 | 10,8 | 1,42 | 22,7 | 10,6 | 345 |
| 1996 | 0,980 | 8,48 | 1,27 | 14,6 | 9,80 | 330 |
| 1997 | 1,35 | 8,55 | 1,13 | 16,8 | 8,71 | 322 |
| 1998 | 2,26 | 12,9 | 1,45 | 39,7 | 11,9 | 725 |
| 1999 | 1,53 | 10,3 | 1,45 | 24,7 | 11,1 | 690 |
| 2000 | 1,28 | 7,64 | 1,20 | 21,6 | 9,77 | 483 |

Продолжение табл. В2

| Река | Проня | Птичь | Рыта | Свислочь | Скема | Сож |
|-------|--------|--------|--------------|----------|----------|--------|
| Створ | Летяги | Лучицы | М. Радваничи | Теребуты | Никольцы | Гомель |
| 1966 | 28,6 | 48,7 | 6,36 | 27,3 | 0,880 | 198 |
| 1967 | 24,9 | 49,3 | 6,84 | 26,5 | 0,600 | 203 |
| 1968 | 24,6 | 50,5 | 4,65 | 27,7 | 0,780 | 159 |
| 1969 | 24,2 | 42,1 | 3,00 | 22,3 | 0,510 | 191 |
| 1970 | 36,8 | 73,2 | 7,15 | 34,0 | 0,800 | 319 |
| 1971 | 24,7 | 57,4 | 6,00 | 25,7 | 0,560 | 214 |
| 1972 | 17,6 | 32,3 | 3,34 | 19,9 | 0,540 | 140 |
| 1973 | 18,3 | 36,9 | 4,23 | 26,2 | 0,570 | 129 |
| 1974 | 18,2 | 44,4 | 10,3 | 24,7 | 0,730 | 171 |
| 1975 | 17,8 | 60,8 | 6,24 | 27,9 | 0,780 | 149 |
| 1976 | 19,8 | 40,3 | 3,50 | 28,0 | 0,440 | 123 |
| 1977 | 18,8 | 45,0 | 4,43 | 34,8 | 0,800 | 152 |
| 1978 | 22,5 | 52,7 | 5,47 | 38,0 | 1,14 | 165 |
| 1979 | 25,0 | 59,6 | 5,99 | 34,6 | 0,930 | 187 |
| 1980 | 21,9 | 64,3 | 6,67 | 31,4 | 1,19 | 210 |
| 1981 | 21,9 | 54,9 | 5,14 | 31,2 | 1,19 | 205 |
| 1982 | 20,2 | 65,7 | 3,83 | 38,2 | 1,11 | 178 |
| 1983 | 21,1 | 48,0 | 3,96 | 32,9 | 0,960 | 166 |
| 1984 | 21,5 | 23,4 | 2,63 | 26,3 | 0,590 | 126 |
| 1985 | 34,9 | 35,1 | 3,55 | 31,3 | 1,00 | 250 |
| 1986 | 30,5 | 28,5 | 3,24 | 31,1 | 0,800 | 223 |
| 1987 | 26,2 | 29,0 | 2,15 | 32,9 | 0,820 | 199 |
| 1988 | 24,7 | 36,8 | 5,37 | 30,8 | 0,740 | 200 |
| 1989 | 26,1 | 34,0 | 2,94 | 33,2 | 1,03 | 190,9 |
| 1990 | 24,4 | 49,0 | 2,37 | 34,5 | 1,02 | 226,6 |
| 1991 | 26,1 | 46,9 | 1,97 | 35,8 | 0,866 | 223,1 |
| 1992 | 22,9 | 30,2 | 1,96 | 25,9 | 0,533 | 158,4 |
| 1993 | 24,1 | 48,6 | 2,70 | 29,0 | 0,451 | 203 |
| 1994 | 30,6 | 56,4 | 2,65 | 45,6 | 0,925 | 274,3 |
| 1995 | 26,5 | 34,8 | 3,43 | 28,9 | 0,891 | 207,1 |
| 1996 | 19,4 | 27,1 | 2,36 | 30,5 | 0,660 | 137 |
| 1997 | 16,1 | 36,3 | 2,36 | 30,3 | 0,730 | 145 |
| 1998 | 32,1 | 68,4 | 4,35 | 45,1 | 1,01 | 300 |
| 1999 | 35,0 | 80,9 | 4,35 | 42,5 | 0,760 | 243 |
| 2000 | 26,5 | 32,8 | 3,98 | 27,0 | 0,590 | 233 |

| Река | Сож | Сушанка | Ухлясть | Шать | Щара |
|-------|-----------|---------|---------|-------|--------|
| Створ | Славгород | Суша | Радьков | Шацк | Слоним |
| 1966 | 101 | 0,920 | 1,33 | 1,49 | 27,1 |
| 1967 | 100 | 0,860 | 1,42 | 1,18 | 22,4 |
| 1968 | 81,3 | 0,750 | 1,04 | 1,58 | 24,2 |
| 1969 | 87,1 | 0,620 | 1,28 | 1,10 | 19,0 |
| 1970 | 139 | 1,23 | 1,76 | 1,85 | 42,1 |
| 1971 | 93,3 | 0,950 | 1,21 | 1,28 | 29,2 |
| 1972 | 67,8 | 0,580 | 0,890 | 0,820 | 19,3 |
| 1973 | 69,7 | 0,900 | 1,23 | 1,37 | 21,7 |
| 1974 | 84,6 | 0,850 | 1,56 | 1,27 | 29,3 |
| 1975 | 73,2 | 0,880 | 1,22 | 1,31 | 28,7 |
| 1976 | 69,9 | 0,480 | 1,10 | 1,25 | 21,0 |
| 1977 | 76,7 | 0,710 | 1,11 | 1,39 | 29,6 |
| 1978 | 87,3 | 0,990 | 1,08 | 1,46 | 31,2 |
| 1979 | 96,6 | 0,570 | 1,16 | 1,26 | 31,4 |
| 1980 | 101 | 1,00 | 1,21 | 1,14 | 32,8 |
| 1981 | 96,2 | 0,230 | 1,12 | 1,55 | 28,6 |
| 1982 | 87,5 | 0,850 | 1,16 | 1,69 | 25,9 |
| 1983 | 89,8 | 1,01 | 1,27 | 1,45 | 25,1 |
| 1984 | 73,3 | 0,620 | 0,970 | 0,910 | 18,3 |
| 1985 | 146 | 1,07 | 1,44 | 1,20 | 25,5 |
| 1986 | 120 | 1,03 | 1,28 | 0,950 | 23,5 |
| 1987 | 121 | 1,12 | 1,24 | 0,930 | 22,5 |
| 1988 | 108 | 1,00 | 1,08 | 1,01 | 28,0 |
| 1989 | 109,2 | 1,13 | 1,25 | 1,01 | 23,2 |
| 1990 | 116,1 | 1,11 | 1,18 | 1,26 | 30,7 |
| 1991 | 121,4 | 0,830 | 1,24 | 1,17 | 26,5 |
| 1992 | 94,4 | 0,710 | 0,930 | 0,740 | 20,7 |
| 1993 | 108,6 | 0,920 | 1,08 | 1,06 | 22,3 |
| 1994 | 159,5 | 1,06 | 2,06 | 1,49 | 28,1 |
| 1995 | 122 | 0,870 | 1,24 | 1,06 | 18,7 |
| 1996 | 74,5 | 0,590 | 0,860 | 1,02 | 22,9 |
| 1997 | 81,9 | 1,04 | 0,920 | 0,960 | 15,5 |
| 1998 | 180 | 1,73 | 1,57 | 1,79 | 23,4 |
| 1999 | 154 | 1,17 | 1,30 | 1,49 | 29,4 |
| 2000 | 123 | 0,730 | 1,19 | 0,88 | 20,5 |

Справочная информация для выполнения заданий раздела 3

Таблица Г1. Коэффициенты a_i

| C_g/C_v | $r(1)$ | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 | a_6 |
|-----------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| 2 | 0,0 | 0 | 0,19 | 0,99 | -0,88 | 0,01 | 1,54 |
| | 0,3 | | 0,22 | | -0,41 | | 1,51 |
| | 0,5 | | 0,18 | 0,98 | 0,41 | 0,02 | 1,47 |
| 3 | 0,0 | | 0,69 | | -4,34 | 0,01 | 6,78 |
| | 0,3 | | 1,15 | | 1,02 | -7,53 | -0,04 |
| | 0,5 | | 1,75 | 1,00 | -11,79 | -0,05 | 21,13 |
| 4 | 0,0 | 1,36 | 1,02 | -9,68 | 15,55 | | |
| | 0,3 | 2,61 | 1,13 | -19,85 | -0,22 | 34,15 | |
| | 0,5 | 3,47 | 1,18 | -29,71 | -0,41 | 58,08 | |

Таблица Г2. Коэффициенты b_i

| $r(1)$ | b_1 | b_2 | b_3 | b_4 | b_5 | b_6 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,0 | 0,03 | 2,00 | 0,92 | -5,09 | 0,03 | 8,10 |
| 0,3 | | 1,77 | 0,93 | -3,45 | | 8,03 |
| 0,5 | | 1,63 | 0,92 | -0,97 | | 7,94 |

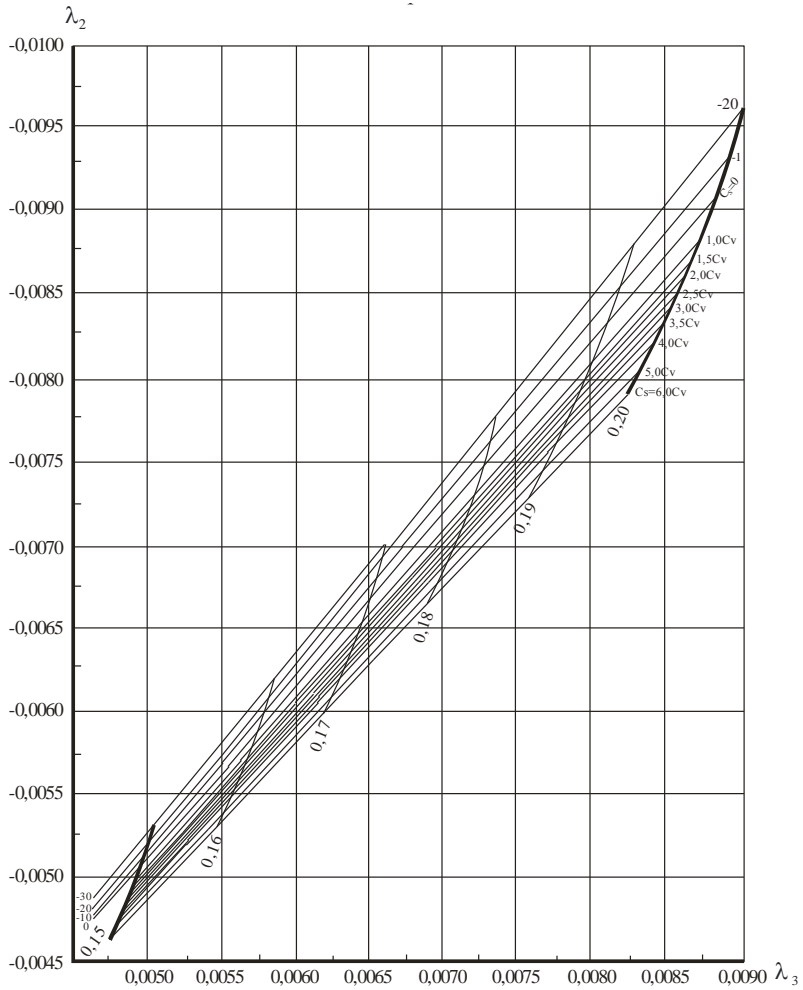


Рис. Г1. Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения C_v и C_s методом приближенного наибольшего правдоподобия при $C_v = 0,15 - 0,20$

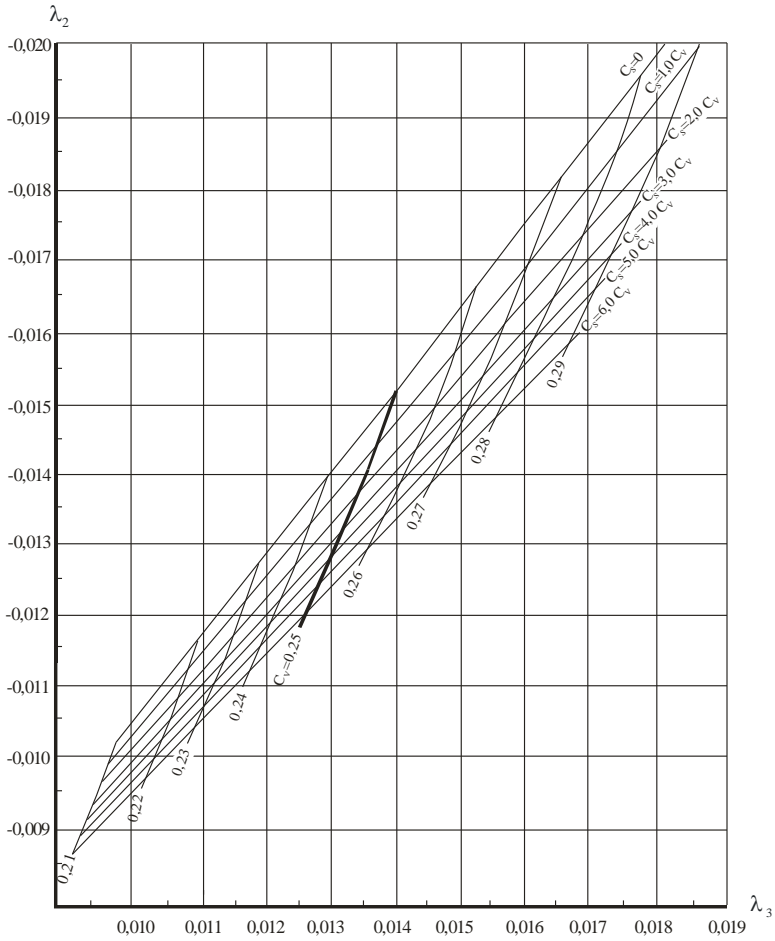


Рис. Г2. Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения C_v и C_s методом приближенного наибольшего правдоподобия при $C_v = 0,21 - 0,28$

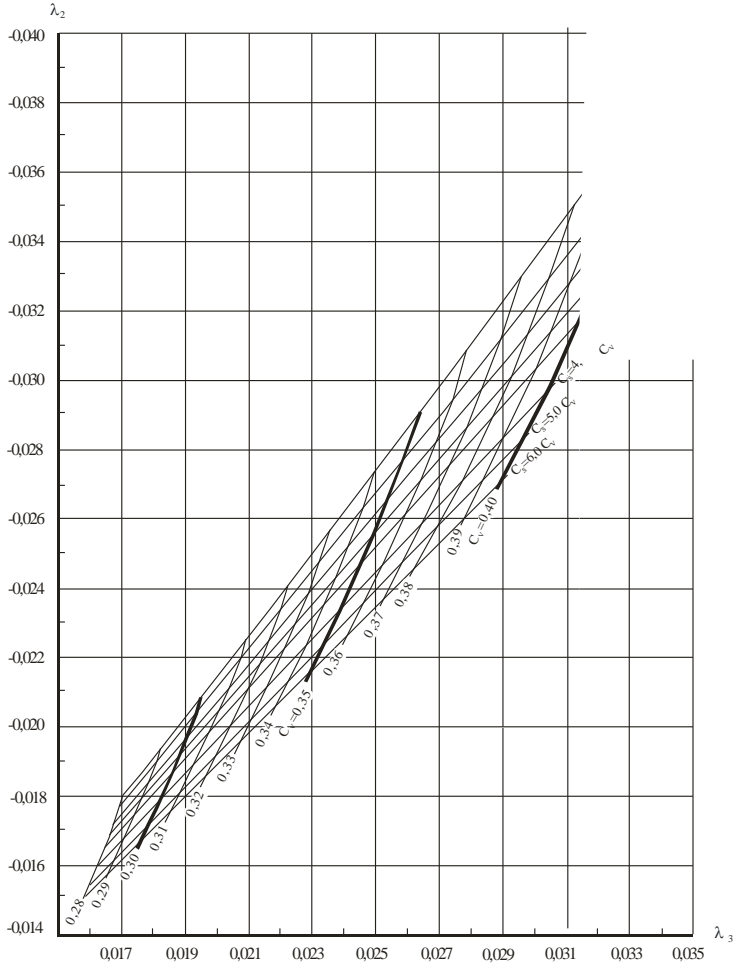


Рис. ГЗ. Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения C_v и C_s методом приближенного наибольшего правдоподобия при $C_v = 0,28 - 0,40$

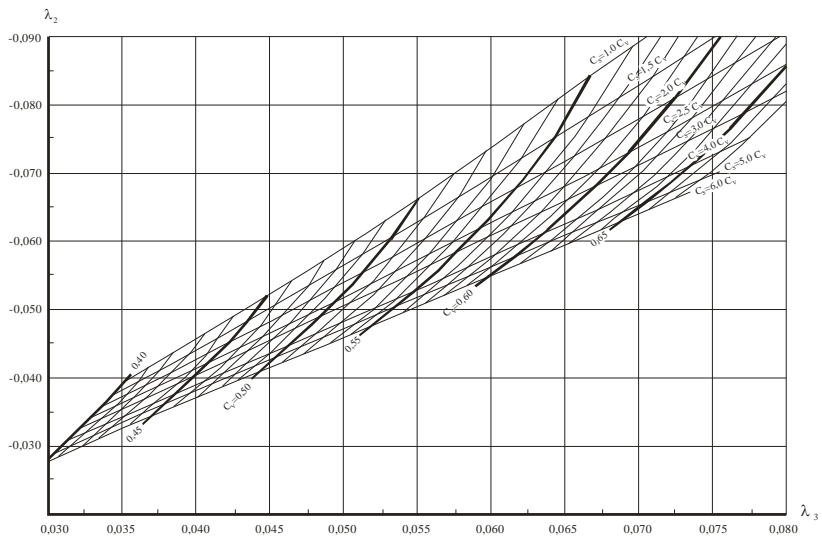


Рис. Г4. Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения C_v и C_s методом приближенного наибольшего правдоподобия при $C_v = 0,40 - 0,60$

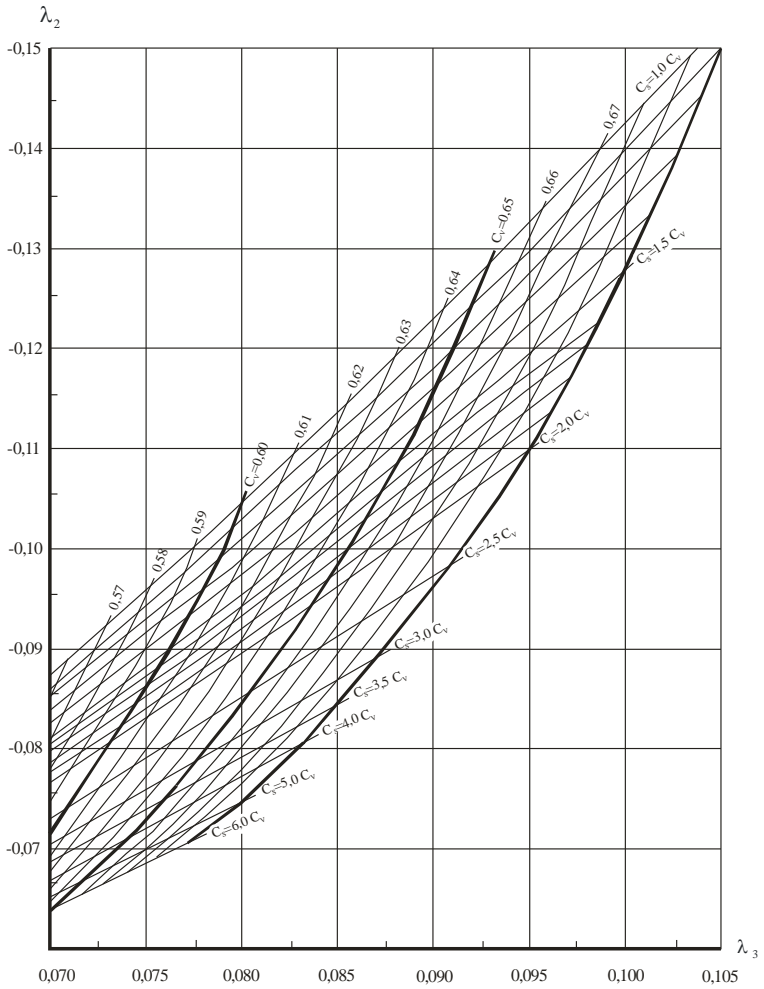


Рис. Г5. Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения C_v и C_s методом приближенного наибольшего правдоподобия при $C_v = 0,60 - 0,70$

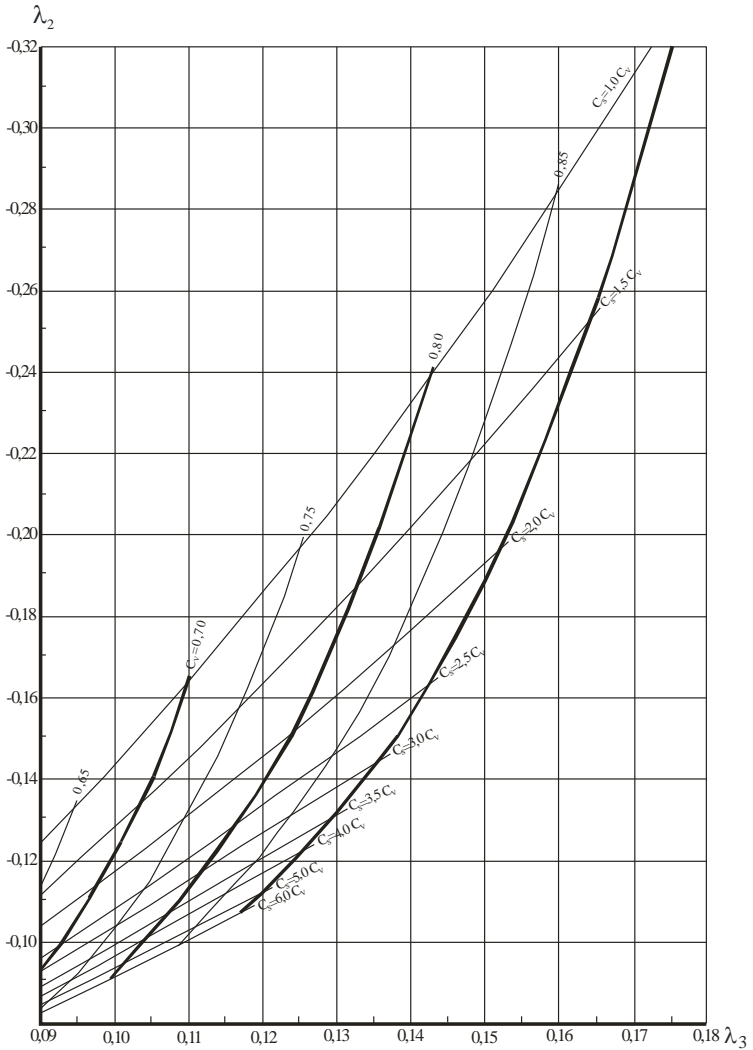


Рис. Г6. Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения C_v и C_s методом приближенного наибольшего правдоподобия при $C_v = 0,60 - 0,90$

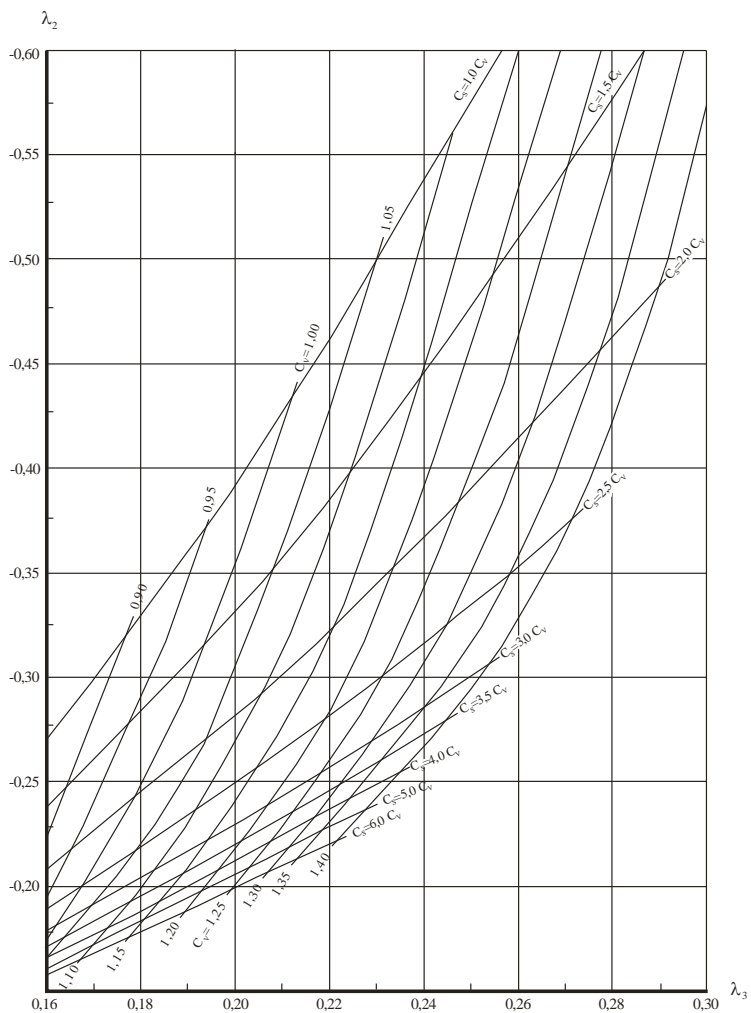


Рис. Г7. Номограмма для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения C_v и C_s методом приближенного наибольшего правдоподобия при $C_v = 0,90 - 1,10$

Таблица Г3. Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 |
| | $C_s = 0,5C_v$ | | | | | | |
| 0,001 | 1,42 | 1,87 | 2,29 | 2,66 | 2,94 | 3,08 | 3,00 |
| 0,01 | 1,38 | 1,76 | 2,13 | 2,47 | 2,74 | 2,91 | 2,89 |
| 0,03 | 1,35 | 1,71 | 2,05 | 2,37 | 2,64 | 2,81 | 2,83 |
| 0,05 | 1,34 | 1,68 | 2,01 | 2,32 | 2,58 | 2,76 | 2,79 |
| 0,1 | 1,31 | 1,63 | 1,95 | 2,25 | 2,50 | 2,69 | 2,74 |
| 0,3 | 1,28 | 1,56 | 1,85 | 2,12 | 2,36 | 2,55 | 2,64 |
| 0,5 | 1,26 | 1,53 | 1,79 | 2,05 | 2,28 | 2,48 | 2,59 |
| 1 | 1,24 | 1,48 | 1,72 | 1,95 | 2,17 | 2,37 | 2,50 |
| 3 | 1,19 | 1,38 | 1,58 | 1,78 | 1,97 | 2,16 | 2,33 |
| 5 | 1,17 | 1,33 | 1,51 | 1,68 | 1,86 | 2,03 | 2,22 |
| 10 | 1,13 | 1,26 | 1,39 | 1,53 | 1,67 | 1,83 | 2,01 |
| 20 | 1,08 | 1,17 | 1,25 | 1,35 | 1,44 | 1,56 | 1,70 |
| 25 | 1,07 | 1,13 | 1,20 | 1,27 | 1,35 | 1,45 | 1,56 |
| 30 | 1,05 | 1,10 | 1,16 | 1,21 | 1,27 | 1,34 | 1,42 |
| 40 | 1,02 | 1,05 | 1,07 | 1,10 | 1,12 | 1,15 | 1,16 |
| 50 | 0,999 | 0,997 | 0,993 | 0,988 | 0,980 | 0,962 | 0,920 |
| 60 | 0,974 | 0,946 | 0,915 | 0,881 | 0,839 | 0,780 | 0,690 |
| 70 | 0,947 | 0,882 | 0,834 | 0,769 | 0,693 | 0,596 | 0,476 |
| 75 | 0,932 | 0,862 | 0,789 | 0,709 | 0,615 | 0,503 | 0,376 |
| 80 | 0,915 | 0,829 | 0,740 | 0,643 | 0,533 | 0,409 | 0,282 |
| 90 | 0,872 | 0,744 | 0,615 | 0,480 | 0,343 | 0,215 | 0,115 |
| 95 | 0,837 | 0,676 | 0,517 | 0,362 | 0,221 | 0,113 | 0,047 |
| 97 | 0,814 | 0,633 | 0,458 | 0,295 | 0,160 | 0,070 | 0,024 |
| 99 | 0,772 | 0,554 | 0,354 | 0,189 | 0,080 | 0,025 | 0,006 |
| 99,5 | 0,748 | 0,511 | 0,302 | 0,144 | 0,051 | 0,013 | 0,002 |
| 99,7 | 0,732 | 0,482 | 0,269 | 0,117 | 0,037 | 0,008 | 0,001 |
| 99,9 | 0,700 | 0,428 | 0,210 | 0,076 | 0,019 | 0,003 | 0 |

Продолжение табл. Г3

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| $C_v = C_v$ | | | | | | | | | | | |
| 0,001 | 1 | 1,46 | 1,94 | 2,46 | 2,97 | 3,47 | 3,94 | 4,36 | 4,73 | 5,06 | 5,35 |
| 0,01 | 1 | 1,38 | 1,81 | 2,26 | 2,70 | 3,15 | 3,57 | 3,95 | 4,31 | 4,64 | 4,92 |
| 0,03 | 1 | 1,35 | 1,74 | 2,15 | 2,56 | 2,97 | 3,37 | 3,74 | 4,09 | 4,41 | 4,69 |
| 0,05 | 1 | 1,34 | 1,71 | 2,10 | 2,49 | 2,89 | 3,27 | 3,64 | 3,98 | 4,29 | 4,58 |
| 0,1 | 1 | 1,32 | 1,67 | 2,03 | 2,4 | 2,77 | 3,13 | 3,48 | 3,82 | 4,13 | 4,42 |
| 0,3 | 1 | 1,28 | 1,59 | 1,91 | 2,23 | 2,56 | 2,89 | 3,21 | 3,53 | 3,84 | 4,14 |
| 0,5 | 1 | 1,27 | 1,55 | 1,84 | 2,15 | 2,46 | 2,77 | 3,08 | 3,38 | 3,69 | 3,99 |
| 1 | 1 | 1,24 | 1,49 | 1,76 | 2,03 | 2,3 | 2,59 | 2,88 | 3,16 | 3,46 | 3,75 |
| 3 | 1 | 1,19 | 1,39 | 1,60 | 1,82 | 2,04 | 2,27 | 2,50 | 2,75 | 3,01 | 3,29 |
| 5 | 1 | 1,17 | 1,34 | 1,52 | 1,70 | 1,90 | 2,10 | 2,30 | 2,53 | 2,76 | 3,02 |
| 10 | 1 | 1,13 | 1,26 | 1,40 | 1,54 | 1,68 | 1,83 | 1,99 | 2,16 | 2,35 | 2,55 |
| 20 | 1 | 1,08 | 1,17 | 1,25 | 1,34 | 1,42 | 1,51 | 1,60 | 1,70 | 1,80 | 1,90 |
| 25 | 1 | 1,07 | 1,13 | 1,20 | 1,26 | 1,33 | 1,39 | 1,46 | 1,52 | 1,59 | 1,64 |
| 30 | 1 | 1,05 | 1,10 | 1,15 | 1,20 | 1,24 | 1,29 | 1,33 | 1,37 | 1,39 | 1,40 |
| 40 | 1 | 1,02 | 1,04 | 1,06 | 1,08 | 1,09 | 1,10 | 1,10 | 1,08 | 1,05 | 0,995 |
| 50 | 1 | 0,998 | 0,993 | 0,985 | 0,972 | 0,954 | 0,928 | 0,891 | 0,836 | 0,76 | 0,665 |
| 60 | 1 | 0,973 | 0,943 | 0,909 | 0,870 | 0,824 | 0,768 | 0,698 | 0,613 | 0,512 | 0,406 |
| 70 | 1 | 0,946 | 0,890 | 0,830 | 0,764 | 0,692 | 0,609 | 0,515 | 0,413 | 0,309 | 0,215 |
| 75 | 1 | 0,932 | 0,861 | 0,787 | 0,708 | 0,622 | 0,528 | 0,426 | 0,321 | 0,224 | 0,144 |
| 80 | 1 | 0,915 | 0,829 | 0,740 | 0,648 | 0,549 | 0,445 | 0,338 | 0,237 | 0,151 | 0,088 |
| 90 | 1 | 0,873 | 0,748 | 0,623 | 0,500 | 0,378 | 0,264 | 0,165 | 0,092 | 0,045 | 0,019 |
| 95 | 1 | 0,838 | 0,683 | 0,533 | 0,392 | 0,263 | 0,157 | 0,081 | 0,036 | 0,013 | 0,004 |
| 97 | 1 | 0,816 | 0,642 | 0,478 | 0,329 | 0,202 | 0,107 | 0,048 | 0,018 | 0,005 | 0,001 |
| 99 | 1 | 0,775 | 0,568 | 0,383 | 0,229 | 0,115 | 0,047 | 0,015 | 0,004 | 0,001 | $10 \cdot 10^{-4}$ |
| 99,5 | 1 | 0,752 | 0,528 | 0,335 | 0,182 | 0,081 | 0,028 | 0,008 | 0,002 | $20 \cdot 10^{-4}$ | $30 \cdot 10^{-5}$ |
| 99,7 | 1 | 0,737 | 0,502 | 0,303 | 0,154 | 0,062 | 0,019 | 0,004 | 0,001 | $90 \cdot 10^{-5}$ | $10 \cdot 10^{-5}$ |
| 99,9 | 1 | 0,707 | 0,451 | 0,247 | 0,108 | 0,036 | 0,008 | 0,001 | $20 \cdot 10^{-4}$ | $10 \cdot 10^{-5}$ | $20 \cdot 10^{-6}$ |

Продолжение табл. Г3

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 |
| $C_s = C_v$ | | | | | | | | | | |
| 0,001 | 5,58 | 5,76 | 5,90 | 6,02 | 6,12 | 6,20 | 6,26 | 6,32 | 6,36 | 6,40 |
| 0,01 | 5,16 | 5,34 | 5,46 | 5,58 | 5,68 | 5,76 | 5,82 | 5,88 | 5,92 | 5,96 |
| 0,03 | 4,94 | 5,16 | 5,29 | 5,42 | 5,51 | 5,58 | 5,65 | 5,70 | 5,74 | 5,78 |
| 0,05 | 4,83 | 5,06 | 5,20 | 5,32 | 5,42 | 5,49 | 5,56 | 5,62 | 5,67 | 5,72 |
| 0,1 | 4,69 | 4,92 | 5,06 | 5,18 | 5,29 | 5,37 | 5,44 | 5,49 | 5,54 | 5,58 |
| 0,3 | 4,44 | 4,74 | 4,92 | 5,06 | 5,16 | 5,24 | 5,31 | 5,36 | 5,42 | 5,46 |
| 0,5 | 4,29 | 4,58 | 4,75 | 4,91 | 5,02 | 5,11 | 5,18 | 5,24 | 5,28 | 5,32 |
| 1 | 4,06 | 4,36 | 4,55 | 4,72 | 4,84 | 4,94 | 5,00 | 5,07 | 5,12 | 5,16 |
| 3 | 3,59 | 3,92 | 4,14 | 4,33 | 4,46 | 4,58 | 4,68 | 4,76 | 4,84 | 4,92 |
| 5 | 3,31 | 3,63 | 3,84 | 4,02 | 4,16 | 4,28 | 4,40 | 4,50 | 4,60 | 4,69 |
| 10 | 2,78 | 3,03 | 3,26 | 3,46 | 3,64 | 3,81 | 3,94 | 4,05 | 4,15 | 4,25 |
| 20 | 2,00 | 2,10 | 2,20 | 2,32 | 2,44 | 2,56 | 2,67 | 2,80 | 2,92 | 3,03 |
| 25 | 1,68 | 1,69 | 1,70 | 1,70 | 1,68 | 1,66 | 1,61 | 1,56 | 1,51 | 1,46 |
| 30 | 1,39 | 1,34 | 1,26 | 1,17 | 1,07 | 0,960 | 0,840 | 0,720 | 0,600 | 0,450 |
| 40 | 0,916 | 0,808 | 0,720 | 0,600 | 0,500 | 0,380 | 0,280 | 0,200 | 0,110 | 0,040 |
| 50 | 0,559 | 0,446 | 0,340 | 0,260 | 0,200 | 0,150 | 0,105 | 0,070 | 0,040 | 0,010 |
| 60 | 0,306 | 0,216 | 0,190 | 0,130 | 0,100 | 0,075 | 0,055 | 0,035 | 0,015 | 0 |
| 70 | 0,141 | 0,085 | 0,060 | 0,045 | 0,035 | 0,025 | 0,015 | 0,010 | 0 | 0 |
| 75 | 0,086 | 0,046 | 0,025 | 0,020 | 0,010 | 0,005 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 | 0,047 | 0,023 | 0,015 | 0,005 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 90 | 0,007 | 0,002 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 95 | 0,001 | $3,0 \cdot 10^{-4}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 97 | $3,0 \cdot 10^{-4}$ | $6,0 \cdot 10^{-5}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | $2,0 \cdot 10^{-5}$ | $5,0 \cdot 10^{-6}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99,5 | $5,0 \cdot 10^{-6}$ | $6,0 \cdot 10^{-7}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99,7 | $2,0 \cdot 10^{-6}$ | $2,0 \cdot 10^{-7}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99,9 | $1,0 \cdot 10^{-7}$ | $7,0 \cdot 10^{-9}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Продолжение табл. Г3

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 |
| $C_s = 1,5C_v$ | | | | | | | |
| 0,001 | 1,47 | 2,01 | 2,63 | 3,30 | 4,03 | 4,81 | 5,64 |
| 0,01 | 1,40 | 1,86 | 2,38 | 2,94 | 3,55 | 4,19 | 4,88 |
| 0,03 | 1,37 | 1,79 | 2,26 | 2,76 | 3,30 | 3,88 | 4,50 |
| 0,05 | 1,35 | 1,75 | 2,20 | 2,68 | 3,18 | 3,73 | 4,31 |
| 0,1 | 1,33 | 1,70 | 2,11 | 2,54 | 3,02 | 3,52 | 4,06 |
| 0,3 | 1,29 | 1,61 | 1,97 | 2,34 | 2,74 | 3,17 | 3,62 |
| 0,5 | 1,27 | 1,57 | 1,90 | 2,24 | 2,61 | 3,00 | 3,41 |
| 1 | 1,24 | 1,51 | 1,79 | 2,09 | 2,42 | 2,76 | 3,11 |
| 3 | 1,19 | 1,40 | 1,62 | 1,85 | 2,09 | 2,34 | 2,60 |
| 5 | 1,17 | 1,35 | 1,53 | 1,72 | 1,92 | 2,13 | 2,34 |
| 10 | 1,13 | 1,26 | 1,40 | 1,54 | 1,68 | 1,82 | 1,97 |
| 20 | 1,08 | 1,16 | 1,25 | 1,32 | 1,40 | 1,47 | 1,54 |
| 25 | 1,07 | 1,13 | 1,19 | 1,25 | 1,30 | 1,35 | 1,39 |
| 30 | 1,05 | 1,10 | 1,14 | 1,18 | 1,21 | 1,24 | 1,27 |
| 40 | 1,02 | 1,04 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,05 |
| 50 | 0,998 | 0,990 | 0,977 | 0,958 | 0,934 | 0,902 | 0,862 |
| 60 | 0,972 | 0,940 | 0,903 | 0,860 | 0,812 | 0,757 | 0,695 |
| 70 | 0,946 | 0,888 | 0,826 | 0,760 | 0,690 | 0,616 | 0,538 |
| 75 | 0,931 | 0,860 | 0,785 | 0,708 | 0,630 | 0,545 | 0,460 |
| 80 | 0,915 | 0,829 | 0,741 | 0,652 | 0,562 | 0,472 | 0,384 |
| 90 | 0,874 | 0,751 | 0,632 | 0,518 | 0,409 | 0,310 | 0,222 |
| 95 | 0,840 | 0,689 | 0,548 | 0,419 | 0,305 | 0,207 | 0,130 |
| 97 | 0,819 | 0,651 | 0,498 | 0,363 | 0,247 | 0,155 | 0,088 |
| 99 | 0,780 | 0,581 | 0,410 | 0,268 | 0,160 | 0,084 | 0,038 |
| 99,9 | 0,714 | 0,474 | 0,284 | 0,152 | 0,066 | 0,024 | 0,007 |

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | | |
|----------------------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 |
| $C_s = 1,5C_v$ | | | | | | | | |
| 0,001 | 6,50 | 7,41 | 8,39 | 9,41 | 10,40 | 11,50 | 12,70 | 13,90 |
| 0,01 | 5,61 | 6,38 | 7,19 | 8,03 | 8,92 | 9,83 | 10,80 | 11,80 |
| 0,03 | 5,14 | 5,82 | 6,56 | 7,33 | 8,13 | 8,96 | 9,80 | 10,70 |
| 0,05 | 4,93 | 5,58 | 6,26 | 6,95 | 7,67 | 8,43 | 9,22 | 10,10 |
| 0,1 | 4,62 | 5,22 | 5,84 | 6,50 | 7,18 | 7,88 | 8,61 | 9,38 |
| 0,3 | 4,10 | 4,61 | 5,14 | 5,72 | 6,32 | 6,95 | 7,60 | 8,25 |
| 0,5 | 3,85 | 4,31 | 4,80 | 5,32 | 5,87 | 6,44 | 7,04 | 7,66 |
| 1 | 3,49 | 3,89 | 4,30 | 4,74 | 5,21 | 5,70 | 6,24 | 6,78 |
| 3 | 2,88 | 3,16 | 3,46 | 3,78 | 4,12 | 4,48 | 4,86 | 5,27 |
| 5 | 2,57 | 2,80 | 3,03 | 3,28 | 3,55 | 3,83 | 4,12 | 4,44 |
| 10 | 2,11 | 2,26 | 2,41 | 2,56 | 2,71 | 2,86 | 3,00 | 3,13 |
| 20 | 1,61 | 1,67 | 1,72 | 1,76 | 1,80 | 1,82 | 1,83 | 1,83 |
| 25 | 1,43 | 1,46 | 1,48 | 1,49 | 1,49 | 1,48 | 1,46 | 1,43 |
| 30 | 1,28 | 1,28 | 1,28 | 1,26 | 1,24 | 1,20 | 1,16 | 1,10 |
| 40 | 1,03 | 0,994 | 0,952 | 0,901 | 0,84 | 0,766 | 0,692 | 0,622 |
| 50 | 0,814 | 0,756 | 0,690 | 0,618 | 0,541 | 0,463 | 0,388 | 0,320 |
| 60 | 0,627 | 0,553 | 0,475 | 0,398 | 0,324 | 0,253 | 0,193 | 0,142 |
| 70 | 0,457 | 0,376 | 0,298 | 0,228 | 0,168 | 0,118 | 0,079 | 0,051 |
| 75 | 0,377 | 0,297 | 0,223 | 0,161 | 0,111 | 0,072 | 0,045 | 0,027 |
| 80 | 0,299 | 0,223 | 0,156 | 0,105 | 0,067 | 0,039 | 0,022 | 0,012 |
| 90 | 0,148 | 0,092 | 0,053 | 0,028 | 0,014 | 0,006 | 0,003 | 0,001 |
| 95 | 0,074 | 0,038 | 0,018 | 0,008 | 0,003 | 0,001 | $3,0 \cdot 10^{-4}$ | $2,0 \cdot 10^{-4}$ |
| 97 | 0,045 | 0,020 | 0,008 | 0,003 | 0,001 | $3,0 \cdot 10^{-4}$ | $8,0 \cdot 10^{-5}$ | $3,0 \cdot 10^{-5}$ |
| 99 | 0,015 | 0,005 | 0,001 | $4,0 \cdot 10^{-4}$ | $1,0 \cdot 10^{-4}$ | $4,0 \cdot 10^{-5}$ | $8,0 \cdot 10^{-6}$ | $2,0 \cdot 10^{-6}$ |
| 99,9 | 0,001 | $3,0 \cdot 10^{-4}$ | $4,0 \cdot 10^{-5}$ | $6,0 \cdot 10^{-6}$ | $1,0 \cdot 10^{-6}$ | $2,0 \cdot 10^{-7}$ | $3,0 \cdot 10^{-8}$ | $2,0 \cdot 10^{-9}$ |

Продолжение табл. Г3

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| $C_s = 2C_v$ | | | | | | | | | | | |
| 0,001 | 1 | 1,49 | 2,09 | 2,82 | 3,68 | 4,67 | 5,78 | 7,03 | 8,40 | 9,89 | 11,50 |
| 0,01 | 1 | 1,42 | 1,92 | 2,52 | 3,20 | 3,98 | 4,85 | 5,81 | 6,85 | 7,98 | 9,21 |
| 0,03 | 1 | 1,38 | 1,83 | 2,36 | 2,96 | 3,64 | 4,39 | 5,22 | 6,11 | 7,08 | 8,11 |
| 0,05 | 1 | 1,36 | 1,79 | 2,29 | 2,85 | 3,48 | 4,18 | 4,95 | 5,77 | 6,66 | 7,60 |
| 0,1 | 1 | 1,34 | 1,73 | 2,19 | 2,70 | 3,27 | 3,87 | 4,56 | 5,30 | 6,08 | 6,91 |
| 0,3 | 1 | 1,30 | 1,64 | 2,02 | 2,45 | 2,91 | 3,42 | 3,96 | 4,55 | 5,16 | 5,81 |
| 0,5 | 1 | 1,28 | 1,59 | 1,94 | 2,32 | 2,74 | 3,20 | 3,68 | 4,19 | 4,74 | 5,30 |
| 1 | 1 | 1,25 | 1,52 | 1,82 | 2,16 | 2,51 | 2,89 | 3,29 | 3,71 | 4,15 | 4,60 |
| 3 | 1 | 1,20 | 1,41 | 1,64 | 1,87 | 2,13 | 2,39 | 2,66 | 2,94 | 3,21 | 3,51 |
| 5 | 1 | 1,17 | 1,35 | 1,54 | 1,74 | 1,94 | 2,15 | 2,36 | 2,57 | 2,78 | 3,00 |
| 10 | 1 | 1,13 | 1,26 | 1,40 | 1,54 | 1,67 | 1,80 | 1,94 | 2,06 | 2,19 | 2,30 |
| 20 | 1 | 1,08 | 1,16 | 1,24 | 1,31 | 1,38 | 1,44 | 1,50 | 1,54 | 1,58 | 1,61 |
| 25 | 1 | 1,06 | 1,13 | 1,18 | 1,23 | 1,28 | 1,31 | 1,34 | 1,37 | 1,38 | 1,39 |
| 30 | 1 | 1,05 | 1,09 | 1,13 | 1,16 | 1,19 | 1,21 | 1,22 | 1,22 | 1,22 | 1,20 |
| 40 | 1 | 1,02 | 1,04 | 1,05 | 1,05 | 1,04 | 1,03 | 1,01 | 0,984 | 0,955 | 0,916 |
| 50 | 1 | 0,997 | 0,986 | 0,970 | 0,948 | 0,918 | 0,886 | 0,846 | 0,800 | 0,748 | 0,693 |
| 60 | 1 | 0,972 | 0,938 | 0,898 | 0,852 | 0,803 | 0,748 | 0,692 | 0,632 | 0,568 | 0,511 |
| 70 | 1 | 0,945 | 0,886 | 0,823 | 0,760 | 0,691 | 0,622 | 0,552 | 0,488 | 0,424 | 0,357 |
| 75 | 1 | 0,931 | 0,858 | 0,784 | 0,708 | 0,634 | 0,556 | 0,489 | 0,416 | 0,352 | 0,288 |
| 80 | 1 | 0,915 | 0,830 | 0,745 | 0,656 | 0,574 | 0,496 | 0,419 | 0,352 | 0,280 | 0,223 |
| 90 | 1 | 0,873 | 0,754 | 0,640 | 0,532 | 0,436 | 0,352 | 0,272 | 0,208 | 0,154 | 0,105 |
| 95 | 1 | 0,842 | 0,696 | 0,565 | 0,448 | 0,342 | 0,256 | 0,181 | 0,120 | 0,082 | 0,051 |
| 97 | 1 | 0,821 | 0,660 | 0,517 | 0,392 | 0,288 | 0,202 | 0,139 | 0,088 | 0,046 | 0,030 |
| 99 | 1 | 0,782 | 0,594 | 0,436 | 0,304 | 0,206 | 0,130 | 0,076 | 0,040 | 0,019 | 0,010 |
| 99,5 | 1 | 0,761 | 0,560 | 0,394 | 0,269 | 0,166 | 0,099 | 0,054 | 0,027 | 0,012 | 0,005 |
| 99,7 | 1 | 0,748 | 0,537 | 0,374 | 0,240 | 0,144 | 0,082 | 0,042 | 0,019 | 0,008 | 0,003 |
| 99,9 | 1 | 0,719 | 0,492 | 0,319 | 0,192 | 0,107 | 0,052 | 0,027 | 0,008 | 0,004 | 0,001 |

Продолжение табл. Г3

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | |
|---------------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 |
| $C_s = 2C_v$ | | | | | |
| 0,001 | 13,20 | 15,10 | 17,20 | 19,30 | 21,60 |
| 0,01 | 10,50 | 11,80 | 13,20 | 14,70 | 16,40 |
| 0,03 | 9,20 | 10,30 | 11,60 | 12,90 | 14,30 |
| 0,05 | 8,61 | 9,65 | 10,80 | 11,90 | 13,10 |
| 0,1 | 7,75 | 8,65 | 9,60 | 10,60 | 11,60 |
| 0,3 | 6,47 | 7,10 | 7,98 | 8,70 | 9,50 |
| 0,5 | 5,90 | 6,50 | 7,13 | 7,80 | 8,42 |
| 1 | 5,05 | 5,53 | 6,02 | 6,55 | 7,08 |
| 3 | 3,80 | 4,12 | 4,42 | 4,71 | 4,98 |
| 5 | 3,22 | 3,40 | 3,60 | 3,80 | 3,96 |
| 10 | 2,40 | 2,50 | 2,57 | 2,64 | 2,70 |
| 20 | 1,62 | 1,63 | 1,62 | 1,61 | 1,59 |
| 25 | 1,39 | 1,35 | 1,33 | 1,31 | 1,28 |
| 30 | 1,18 | 1,14 | 1,11 | 1,08 | 1,04 |
| 40 | 0,870 | 0,830 | 0,770 | 0,725 | 0,670 |
| 50 | 0,640 | 0,580 | 0,520 | 0,460 | 0,405 |
| 60 | 0,450 | 0,390 | 0,334 | 0,283 | 0,234 |
| 70 | 0,300 | 0,250 | 0,203 | 0,155 | 0,120 |
| 75 | 0,241 | 0,193 | 0,146 | 0,106 | 0,077 |
| 80 | 0,175 | 0,130 | 0,094 | 0,065 | 0,046 |
| 90 | 0,074 | 0,049 | 0,030 | 0,016 | 0,009 |
| 95 | 0,030 | 0,016 | 0,009 | 0,004 | 0,002 |
| 97 | 0,016 | 0,008 | 0,004 | 0,002 | 0,001 |
| 99 | 0,005 | 0,002 | 0,001 | $2,0 \cdot 10^{-4}$ | $8,0 \cdot 10^{-5}$ |
| 99,5 | 0,002 | 0,001 | $2,0 \cdot 10^{-4}$ | $5,0 \cdot 10^{-5}$ | $2,0 \cdot 10^{-5}$ |
| 99,7 | 0,001 | $3,0 \cdot 10^{-4}$ | $8,0 \cdot 10^{-5}$ | $2,0 \cdot 10^{-5}$ | $1,0 \cdot 10^{-5}$ |
| 99,9 | $2,0 \cdot 10^{-4}$ | $4,0 \cdot 10^{-5}$ | $1,0 \cdot 10^{-5}$ | $5,0 \cdot 10^{-6}$ | $1,0 \cdot 10^{-6}$ |

Продолжение табл. Г3

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | |
|---------------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 |
| $C_s = 2C_v$ | | | | | |
| 0,001 | 23,90 | 26,20 | 28,60 | 31,30 | 34,40 |
| 0,01 | 18,20 | 20,20 | 22,20 | 24,40 | 26,60 |
| 0,03 | 15,60 | 17,00 | 18,50 | 20,00 | 21,40 |
| 0,05 | 14,20 | 15,50 | 16,70 | 18,00 | 19,40 |
| 0,1 | 12,50 | 13,50 | 14,60 | 15,80 | 17,00 |
| 0,3 | 10,50 | 11,00 | 11,90 | 12,70 | 13,60 |
| 0,5 | 9,00 | 9,50 | 10,10 | 10,80 | 11,40 |
| 1 | 7,50 | 8,00 | 8,60 | 9,20 | 9,80 |
| 3 | 5,20 | 5,50 | 5,80 | 6,20 | 6,50 |
| 5 | 4,00 | 4,30 | 4,50 | 4,70 | 5,00 |
| 10 | 2,70 | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 2,60 |
| 20 | 1,60 | 1,60 | 1,56 | 1,50 | 2,50 |
| 25 | 1,26 | 1,24 | 1,22 | 1,20 | 1,18 |
| 30 | 1,015 | 0,980 | 0,950 | 0,920 | 0,890 |
| 40 | 0,625 | 0,580 | 0,530 | 0,480 | 0,440 |
| 50 | 0,355 | 0,310 | 0,265 | 0,230 | 0,200 |
| 60 | 0,190 | 0,160 | 0,130 | 0,105 | 0,085 |
| 70 | 0,090 | 0,070 | 0,060 | 0,050 | 0,045 |
| 75 | 0,060 | 0,050 | 0,040 | 0,030 | 0,025 |
| 80 | 0,035 | 0,027 | 0,020 | 0,015 | 0,010 |
| 90 | 0,005 | 0,004 | 0,003 | 0,002 | 0,001 |
| 95 | 0,001 | $2,0 \cdot 10^{-4}$ | $8,0 \cdot 10^{-5}$ | $5,0 \cdot 10^{-5}$ | $2,0 \cdot 10^{-5}$ |
| 97 | $2,0 \cdot 10^{-4}$ | $8,0 \cdot 10^{-5}$ | $5,0 \cdot 10^{-5}$ | $2,0 \cdot 10^{-5}$ | $5,0 \cdot 10^{-6}$ |
| 99 | $5,0 \cdot 10^{-5}$ | $2,0 \cdot 10^{-5}$ | $1,0 \cdot 10^{-5}$ | $5,0 \cdot 10^{-6}$ | $1,0 \cdot 10^{-6}$ |
| 99,5 | $5,0 \cdot 10^{-6}$ | $1,0 \cdot 10^{-6}$ | 0 | 0 | 0 |
| 99,7 | $1,0 \cdot 10^{-6}$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| $C_s = 2,5C_v$ | | | | | | | | | | |
| 0,001 | 1,52 | 2,18 | 3,05 | 4,13 | 5,41 | 6,90 | 8,61 | 10,50 | 12,60 | 14,80 |
| 0,01 | 1,44 | 1,98 | 2,67 | 3,49 | 4,45 | 5,54 | 6,76 | 8,10 | 9,55 | 11,10 |
| 0,03 | 1,40 | 1,88 | 2,48 | 3,18 | 4,00 | 4,91 | 5,93 | 7,02 | 8,20 | 9,46 |
| 0,05 | 1,38 | 1,83 | 2,39 | 3,04 | 3,79 | 4,62 | 5,54 | 6,53 | 7,59 | 8,72 |
| 0,1 | 1,35 | 1,77 | 2,27 | 2,85 | 3,51 | 4,24 | 5,04 | 5,90 | 6,80 | 7,76 |
| 0,3 | 1,30 | 1,66 | 2,08 | 2,55 | 3,07 | 3,64 | 4,26 | 4,91 | 5,58 | 6,28 |
| 0,5 | 1,28 | 1,61 | 1,99 | 2,41 | 2,87 | 3,36 | 3,90 | 4,46 | 5,03 | 5,63 |
| 1 | 1,25 | 1,54 | 1,86 | 2,21 | 2,59 | 3,00 | 3,42 | 3,87 | 4,32 | 4,78 |
| 3 | 1,20 | 1,42 | 1,65 | 1,90 | 2,15 | 2,42 | 2,69 | 2,96 | 3,23 | 3,50 |
| 5 | 1,17 | 1,35 | 1,55 | 1,74 | 1,95 | 2,15 | 2,35 | 2,55 | 2,75 | 2,94 |
| 10 | 1,13 | 1,26 | 1,40 | 1,53 | 1,66 | 1,78 | 1,90 | 2,01 | 2,12 | 2,22 |
| 20 | 1,08 | 1,16 | 1,23 | 1,30 | 1,36 | 1,41 | 1,45 | 1,49 | 1,52 | 1,54 |
| 25 | 1,07 | 1,12 | 1,18 | 1,22 | 1,26 | 1,28 | 1,31 | 1,32 | 1,33 | 1,33 |
| 30 | 1,05 | 1,09 | 1,13 | 1,15 | 1,17 | 1,18 | 1,18 | 1,18 | 1,17 | 1,16 |
| 40 | 1,02 | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,03 | 1,01 | 0,989 | 0,962 | 0,930 | 0,895 |
| 50 | 0,997 | 0,984 | 0,964 | 0,938 | 0,906 | 0,870 | 0,830 | 0,787 | 0,742 | 0,695 |
| 60 | 0,972 | 0,935 | 0,893 | 0,847 | 0,797 | 0,745 | 0,692 | 0,639 | 0,586 | 0,533 |
| 70 | 0,945 | 0,885 | 0,822 | 0,758 | 0,693 | 0,629 | 0,567 | 0,506 | 0,449 | 0,395 |
| 75 | 0,931 | 0,858 | 0,785 | 0,712 | 0,640 | 0,571 | 0,505 | 0,443 | 0,385 | 0,332 |
| 80 | 0,915 | 0,830 | 0,745 | 0,663 | 0,585 | 0,512 | 0,444 | 0,381 | 0,324 | 0,272 |
| 90 | 0,875 | 0,757 | 0,648 | 0,549 | 0,459 | 0,381 | 0,310 | 0,250 | 0,198 | 0,155 |
| 95 | 0,843 | 0,702 | 0,576 | 0,467 | 0,373 | 0,293 | 0,227 | 0,172 | 0,128 | 0,093 |
| 97 | 0,823 | 0,667 | 0,533 | 0,420 | 0,325 | 0,247 | 0,184 | 0,134 | 0,095 | 0,065 |
| 99 | 0,784 | 0,606 | 0,459 | 0,341 | 0,248 | 0,175 | 0,120 | 0,080 | 0,052 | 0,032 |
| 99,9 | 0,727 | 0,513 | 0,353 | 0,235 | 0,151 | 0,093 | 0,055 | 0,030 | 0,016 | 0,008 |

Продолжение табл. Г3

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 |
| $C_v = 2,5C_v$ | | | | | | | | | | |
| 0,001 | 17,20 | 19,90 | 22,60 | 25,60 | 28,70 | 32,10 | 35,80 | 39,70 | 43,90 | 48,40 |
| 0,01 | 12,80 | 14,60 | 16,40 | 18,40 | 20,40 | 22,50 | 24,70 | 27,00 | 29,30 | 31,90 |
| 0,03 | 10,80 | 12,20 | 13,70 | 15,20 | 16,80 | 18,50 | 20,20 | 22,10 | 24,00 | 26,00 |
| 0,05 | 9,92 | 11,20 | 12,50 | 13,80 | 15,20 | 16,70 | 18,20 | 19,80 | 21,50 | 23,20 |
| 0,1 | 8,76 | 9,81 | 10,90 | 12,00 | 13,20 | 14,40 | 15,70 | 17,00 | 18,40 | 19,80 |
| 0,3 | 7,02 | 7,78 | 8,56 | 9,36 | 10,20 | 11,10 | 12,00 | 13,00 | 14,10 | 15,20 |
| 0,5 | 6,25 | 6,89 | 7,54 | 8,20 | 8,88 | 9,56 | 10,30 | 11,00 | 11,80 | 12,60 |
| 1 | 5,26 | 5,73 | 6,22 | 6,71 | 7,20 | 7,70 | 8,20 | 8,71 | 9,22 | 9,74 |
| 3 | 3,77 | 4,04 | 4,30 | 4,56 | 4,81 | 5,06 | 5,30 | 5,54 | 5,78 | 6,01 |
| 5 | 3,13 | 3,31 | 3,48 | 3,65 | 3,81 | 3,96 | 4,11 | 4,26 | 4,39 | 4,52 |
| 10 | 2,31 | 2,39 | 2,46 | 2,53 | 2,59 | 2,64 | 2,69 | 2,73 | 2,76 | 2,79 |
| 20 | 1,55 | 1,56 | 1,56 | 1,55 | 1,54 | 1,52 | 1,50 | 1,47 | 1,44 | 1,41 |
| 25 | 1,32 | 1,31 | 1,29 | 1,27 | 1,24 | 1,21 | 1,17 | 1,14 | 1,10 | 1,05 |
| 30 | 1,14 | 1,11 | 1,08 | 1,05 | 1,01 | 0,972 | 0,931 | 0,888 | 0,843 | 0,797 |
| 40 | 0,857 | 0,816 | 0,773 | 0,729 | 0,684 | 0,638 | 0,592 | 0,545 | 0,497 | 0,447 |
| 50 | 0,648 | 0,600 | 0,552 | 0,505 | 0,459 | 0,415 | 0,373 | 0,332 | 0,295 | 0,259 |
| 60 | 0,482 | 0,432 | 0,385 | 0,340 | 0,298 | 0,259 | 0,224 | 0,191 | 0,162 | 0,136 |
| 70 | 0,344 | 0,297 | 0,254 | 0,215 | 0,180 | 0,149 | 0,122 | 0,099 | 0,079 | 0,062 |
| 75 | 0,283 | 0,238 | 0,199 | 0,164 | 0,133 | 0,107 | 0,085 | 0,066 | 0,051 | 0,039 |
| 80 | 0,226 | 0,185 | 0,149 | 0,119 | 0,094 | 0,072 | 0,055 | 0,041 | 0,030 | 0,022 |
| 90 | 0,118 | 0,089 | 0,066 | 0,047 | 0,033 | 0,023 | 0,015 | 0,010 | 0,006 | 0,004 |
| 95 | 0,066 | 0,046 | 0,030 | 0,020 | 0,012 | 0,008 | 0,004 | 0,002 | 0,001 | 0,001 |
| 97 | 0,044 | 0,028 | 0,018 | 0,011 | 0,006 | 0,003 | 0,002 | 0,001 | $4,0 \cdot 10^{-4}$ | $20 \cdot 10^{-4}$ |
| 99 | 0,019 | 0,011 | 0,006 | 0,003 | 0,001 | 0,001 | $3,0 \cdot 10^{-4}$ | $1,0 \cdot 10^{-4}$ | $4,0 \cdot 10^{-5}$ | $40 \cdot 10^{-5}$ |
| 99,9 | 0,004 | 0,001 | 0,001 | $2,0 \cdot 10^{-4}$ | $6,0 \cdot 10^{-5}$ | $2,0 \cdot 10^{-5}$ | $6,0 \cdot 10^{-6}$ | $1,0 \cdot 10^{-6}$ | $4,0 \cdot 10^{-7}$ | $90 \cdot 10^{-8}$ |

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| $C_v = 3C_p$ | | | | | | | | | | | |
| 0,001 | 1 | 1,54 | 2,29 | 3,32 | 4,63 | 6,24 | 8,14 | 10,30 | 12,70 | 15,40 | 18,20 |
| 0,01 | 1 | 1,46 | 2,05 | 2,83 | 3,80 | 4,94 | 6,26 | 7,70 | 9,30 | 11,00 | 12,80 |
| 0,03 | 1 | 1,41 | 1,93 | 2,59 | 3,42 | 4,35 | 5,39 | 6,58 | 7,85 | 9,19 | 10,60 |
| 0,05 | 1 | 1,39 | 1,88 | 2,49 | 3,24 | 4,09 | 5,04 | 6,08 | 7,21 | 8,40 | 9,65 |
| 0,1 | 1 | 1,36 | 1,81 | 2,35 | 3,01 | 3,74 | 4,56 | 5,44 | 6,38 | 7,37 | 8,41 |
| 0,3 | 1 | 1,31 | 1,69 | 2,12 | 2,65 | 3,21 | 3,82 | 4,48 | 5,17 | 5,88 | 6,61 |
| 0,5 | 1 | 1,28 | 1,63 | 2,03 | 2,48 | 2,97 | 3,50 | 4,06 | 4,64 | 5,24 | 5,84 |
| 1 | 1 | 1,25 | 1,55 | 1,90 | 2,26 | 2,66 | 3,07 | 3,50 | 3,96 | 4,41 | 4,87 |
| 3 | 1 | 1,20 | 1,42 | 1,66 | 1,91 | 2,17 | 2,43 | 2,69 | 2,95 | 3,21 | 3,47 |
| 5 | 1 | 1,17 | 1,36 | 1,55 | 1,75 | 1,95 | 2,14 | 2,34 | 2,52 | 2,70 | 2,88 |
| 10 | 1 | 1,13 | 1,26 | 1,40 | 1,52 | 1,65 | 1,76 | 1,87 | 1,97 | 2,06 | 2,15 |
| 20 | 1 | 1,08 | 1,16 | 1,23 | 1,29 | 1,34 | 1,38 | 1,42 | 1,45 | 1,47 | 1,49 |
| 25 | 1 | 1,07 | 1,12 | 1,17 | 1,21 | 1,24 | 1,26 | 1,28 | 1,28 | 1,29 | 1,29 |
| 30 | 1 | 1,05 | 1,09 | 1,12 | 1,14 | 1,15 | 1,16 | 1,16 | 1,15 | 1,14 | 1,13 |
| 40 | 1 | 1,02 | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,01 | 0,995 | 0,972 | 0,946 | 0,915 | 0,883 |
| 50 | 1 | 0,997 | 0,981 | 0,959 | 0,930 | 0,898 | 0,862 | 0,823 | 0,783 | 0,741 | 0,699 |
| 60 | 1 | 0,972 | 0,933 | 0,890 | 0,843 | 0,794 | 0,745 | 0,695 | 0,646 | 0,597 | 0,549 |
| 70 | 1 | 0,945 | 0,884 | 0,822 | 0,758 | 0,696 | 0,636 | 0,578 | 0,523 | 0,471 | 0,422 |
| 75 | 1 | 0,931 | 0,858 | 0,786 | 0,715 | 0,647 | 0,583 | 0,522 | 0,465 | 0,412 | 0,363 |
| 80 | 1 | 0,915 | 0,830 | 0,748 | 0,669 | 0,596 | 0,528 | 0,465 | 0,407 | 0,354 | 0,306 |
| 90 | 1 | 0,876 | 0,761 | 0,656 | 0,563 | 0,479 | 0,406 | 0,341 | 0,284 | 0,235 | 0,193 |
| 95 | 1 | 0,844 | 0,708 | 0,588 | 0,487 | 0,400 | 0,326 | 0,263 | 0,210 | 0,166 | 0,129 |
| 97 | 1 | 0,825 | 0,675 | 0,548 | 0,443 | 0,355 | 0,282 | 0,221 | 0,171 | 0,131 | 0,099 |
| 99 | 1 | 0,786 | 0,618 | 0,484 | 0,369 | 0,283 | 0,213 | 0,158 | 0,116 | 0,083 | 0,058 |
| 99,5 | 1 | 0,769 | 0,588 | 0,446 | 0,334 | 0,249 | 0,182 | 0,131 | 0,092 | 0,064 | 0,043 |
| 99,7 | 1 | 0,756 | 0,568 | 0,422 | 0,312 | 0,228 | 0,163 | 0,114 | 0,079 | 0,053 | 0,034 |
| 99,9 | 1 | 0,732 | 0,531 | 0,381 | 0,273 | 0,192 | 0,131 | 0,088 | 0,057 | 0,036 | 0,022 |

Продолжение табл. Г3

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 |
| $C_v = 3C_p$ | | | | | | | | | | |
| 0,001 | 21,30 | 24,50 | 27,90 | 31,50 | 35,30 | 39,30 | 43,40 | 47,80 | 52,50 | 57,40 |
| 0,01 | 14,80 | 16,80 | 19,00 | 21,20 | 23,50 | 25,90 | 28,40 | 31,00 | 33,70 | 36,50 |
| 0,03 | 12,10 | 13,70 | 15,30 | 17,00 | 18,80 | 20,60 | 22,40 | 24,30 | 26,30 | 28,40 |
| 0,05 | 11,00 | 12,40 | 13,80 | 15,20 | 16,80 | 18,30 | 19,90 | 21,50 | 23,30 | 25,10 |
| 0,1 | 9,49 | 10,60 | 11,80 | 13,00 | 14,20 | 15,40 | 16,70 | 18,00 | 19,40 | 20,80 |
| 0,3 | 7,37 | 8,15 | 8,94 | 9,75 | 10,60 | 11,40 | 12,30 | 13,10 | 14,00 | 14,80 |
| 0,5 | 6,47 | 7,10 | 7,75 | 8,41 | 9,07 | 9,74 | 10,40 | 11,10 | 11,80 | 12,40 |
| 1 | 5,33 | 5,79 | 6,26 | 6,74 | 7,21 | 7,68 | 8,14 | 8,61 | 9,07 | 9,53 |
| 3 | 3,73 | 3,98 | 4,20 | 4,44 | 4,67 | 4,89 | 5,10 | 5,31 | 5,51 | 5,70 |
| 5 | 3,05 | 3,22 | 3,37 | 3,52 | 3,66 | 3,8 | 3,92 | 4,04 | 4,15 | 4,26 |
| 10 | 2,23 | 2,30 | 2,36 | 2,42 | 2,47 | 2,51 | 2,55 | 2,58 | 2,60 | 2,62 |
| 20 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,49 | 1,48 | 1,46 | 1,45 | 1,42 | 1,40 | 1,37 |
| 25 | 1,28 | 1,27 | 1,25 | 1,23 | 1,20 | 1,18 | 1,15 | 1,12 | 1,08 | 1,05 |
| 30 | 1,11 | 1,08 | 1,06 | 1,03 | 0,997 | 0,964 | 0,929 | 0,892 | 0,855 | 0,818 |
| 40 | 0,848 | 0,812 | 0,775 | 0,736 | 0,697 | 0,659 | 0,620 | 0,581 | 0,544 | 0,507 |
| 50 | 0,656 | 0,614 | 0,572 | 0,531 | 0,491 | 0,452 | 0,415 | 0,379 | 0,345 | 0,313 |
| 60 | 0,503 | 0,459 | 0,417 | 0,377 | 0,339 | 0,304 | 0,271 | 0,240 | 0,212 | 0,186 |
| 70 | 0,375 | 0,333 | 0,293 | 0,257 | 0,224 | 0,194 | 0,166 | 0,142 | 0,121 | 0,102 |
| 75 | 0,318 | 0,277 | 0,239 | 0,206 | 0,176 | 0,149 | 0,125 | 0,105 | 0,087 | 0,071 |
| 80 | 0,263 | 0,224 | 0,190 | 0,160 | 0,133 | 0,110 | 0,090 | 0,073 | 0,059 | 0,047 |
| 90 | 0,156 | 0,126 | 0,100 | 0,078 | 0,061 | 0,047 | 0,035 | 0,026 | 0,019 | 0,014 |
| 95 | 0,100 | 0,076 | 0,057 | 0,042 | 0,030 | 0,022 | 0,015 | 0,010 | 0,007 | 0,004 |
| 97 | 0,073 | 0,054 | 0,038 | 0,027 | 0,018 | 0,012 | 0,008 | 0,005 | 0,003 | 0,002 |
| 99 | 0,040 | 0,027 | 0,017 | 0,011 | 0,007 | 0,004 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 4,0 $\cdot 10^{-4}$ |
| 99,5 | 0,028 | 0,018 | 0,011 | 0,006 | 0,004 | 0,002 | 0,001 | 6,0 $\cdot 10^{-4}$ | 3,0 $\cdot 10^{-4}$ | 1,0 $\cdot 10^{-4}$ |
| 99,7 | 0,022 | 0,014 | 0,008 | 0,004 | 0,002 | 0,001 | 6,0 $\cdot 10^{-4}$ | 3,0 $\cdot 10^{-4}$ | 1,0 $\cdot 10^{-4}$ | 6,0 $\cdot 10^{-5}$ |
| 99,9 | 0,013 | 0,007 | 0,004 | 0,002 | 0,001 | 4,0 $\cdot 10^{-4}$ | 2,0 $\cdot 10^{-4}$ | 8,0 $\cdot 10^{-5}$ | 3,0 $\cdot 10^{-5}$ | 1,0 $\cdot 10^{-5}$ |

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| $C_v = 3,5C_v$ | | | | | | | | | | |
| 0,001 | 1,56 | 2,39 | 3,59 | 5,23 | 7,26 | 9,65 | 12,3 | 15,20 | 18,20 | 21,60 |
| 0,01 | 1,48 | 2,12 | 2,99 | 4,12 | 5,46 | 6,94 | 8,60 | 10,40 | 12,30 | 14,40 |
| 0,03 | 1,43 | 1,98 | 2,71 | 3,63 | 4,64 | 5,85 | 7,17 | 8,56 | 10,00 | 11,60 |
| 0,05 | 1,40 | 1,93 | 2,58 | 3,41 | 4,33 | 5,38 | 6,54 | 7,77 | 9,04 | 10,40 |
| 0,1 | 1,37 | 1,84 | 2,43 | 3,14 | 3,93 | 4,79 | 5,75 | 6,77 | 7,82 | 8,90 |
| 0,3 | 1,31 | 1,71 | 2,16 | 2,75 | 3,36 | 4,00 | 4,67 | 5,36 | 6,08 | 6,83 |
| 0,5 | 1,29 | 1,65 | 2,07 | 2,55 | 3,06 | 3,62 | 4,18 | 4,76 | 5,35 | 5,97 |
| 1 | 1,25 | 1,57 | 1,93 | 2,31 | 2,71 | 3,13 | 3,56 | 4,00 | 4,45 | 4,90 |
| 3 | 1,20 | 1,43 | 1,68 | 1,93 | 2,18 | 2,43 | 2,68 | 2,94 | 3,19 | 3,43 |
| 5 | 1,17 | 1,36 | 1,56 | 1,75 | 1,94 | 2,13 | 2,31 | 2,49 | 2,66 | 2,83 |
| 10 | 1,13 | 1,26 | 1,39 | 1,52 | 1,63 | 1,74 | 1,84 | 1,93 | 2,02 | 2,10 |
| 20 | 1,08 | 1,16 | 1,22 | 1,28 | 1,32 | 1,36 | 1,39 | 1,42 | 1,44 | 1,45 |
| 25 | 1,07 | 1,12 | 1,16 | 1,20 | 1,22 | 1,24 | 1,25 | 1,26 | 1,26 | 1,26 |
| 30 | 1,05 | 1,08 | 1,11 | 1,13 | 1,14 | 1,14 | 1,14 | 1,13 | 1,12 | 1,11 |
| 40 | 1,02 | 1,03 | 1,03 | 1,02 | 1,00 | 0,984 | 0,960 | 0,935 | 0,907 | 0,877 |
| 50 | 0,997 | 0,978 | 0,954 | 0,925 | 0,892 | 0,856 | 0,819 | 0,781 | 0,742 | 0,703 |
| 60 | 0,972 | 0,931 | 0,887 | 0,841 | 0,793 | 0,745 | 0,698 | 0,652 | 0,606 | 0,562 |
| 70 | 0,945 | 0,883 | 0,821 | 0,760 | 0,700 | 0,643 | 0,588 | 0,537 | 0,488 | 0,442 |
| 75 | 0,931 | 0,858 | 0,787 | 0,719 | 0,654 | 0,593 | 0,536 | 0,482 | 0,432 | 0,386 |
| 80 | 0,915 | 0,831 | 0,751 | 0,676 | 0,606 | 0,541 | 0,482 | 0,427 | 0,377 | 0,332 |
| 90 | 0,877 | 0,764 | 0,664 | 0,576 | 0,496 | 0,427 | 0,366 | 0,311 | 0,263 | 0,221 |
| 95 | 0,840 | 0,713 | 0,600 | 0,504 | 0,422 | 0,351 | 0,290 | 0,239 | 0,195 | 0,158 |
| 97 | 0,827 | 0,683 | 0,563 | 0,463 | 0,380 | 0,309 | 0,249 | 0,201 | 0,160 | 0,126 |
| 99 | 0,788 | 0,629 | 0,499 | 0,396 | 0,312 | 0,244 | 0,186 | 0,145 | 0,110 | 0,082 |
| 99,9 | 0,737 | 0,548 | 0,408 | 0,303 | 0,224 | 0,165 | 0,118 | 0,083 | 0,057 | 0,039 |

Продолжение табл. Г3

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|---------------------|
| | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 |
| $C_x = 3,5C_v$ | | | | | | | | | | |
| 0,001 | 25,10 | 28,90 | 32,80 | 36,90 | 41,20 | 45,7 | 50,30 | 55,10 | 60,10 | 65,40 |
| 0,01 | 16,50 | 18,80 | 21,10 | 23,50 | 26,00 | 28,6 | 31,30 | 34,00 | 36,80 | 39,90 |
| 0,03 | 13,20 | 14,80 | 16,60 | 18,40 | 20,20 | 22,1 | 24,10 | 26,10 | 28,10 | 30,20 |
| 0,05 | 11,80 | 13,20 | 14,70 | 16,30 | 17,80 | 19,4 | 21,10 | 22,80 | 24,50 | 26,20 |
| 0,1 | 10,00 | 11,20 | 12,40 | 13,60 | 14,90 | 16,1 | 17,40 | 18,80 | 20,10 | 21,40 |
| 0,3 | 7,59 | 8,37 | 9,17 | 9,97 | 10,80 | 11,6 | 12,40 | 13,30 | 14,10 | 15,00 |
| 0,5 | 6,59 | 7,22 | 7,86 | 8,50 | 9,14 | 9,79 | 10,40 | 11,10 | 11,80 | 12,40 |
| 1 | 5,36 | 5,80 | 6,26 | 6,71 | 7,16 | 7,61 | 8,05 | 8,49 | 8,92 | 9,36 |
| 3 | 3,67 | 3,90 | 4,12 | 4,34 | 4,55 | 4,75 | 4,95 | 5,14 | 5,32 | 5,50 |
| 5 | 2,98 | 3,14 | 3,28 | 3,42 | 3,55 | 3,67 | 3,78 | 3,89 | 3,99 | 4,08 |
| 10 | 2,17 | 2,23 | 2,29 | 2,34 | 2,38 | 2,42 | 2,46 | 2,48 | 2,51 | 2,52 |
| 20 | 1,46 | 1,46 | 1,46 | 1,45 | 1,44 | 1,43 | 1,41 | 1,39 | 1,37 | 1,35 |
| 25 | 1,25 | 1,24 | 1,22 | 1,21 | 1,18 | 1,16 | 1,14 | 1,11 | 1,08 | 1,05 |
| 30 | 1,09 | 1,07 | 1,04 | 1,02 | 0,989 | 0,960 | 0,929 | 0,897 | 0,864 | 0,831 |
| 40 | 0,845 | 0,812 | 0,777 | 0,743 | 0,708 | 0,673 | 0,638 | 0,604 | 0,570 | 0,537 |
| 50 | 0,664 | 0,625 | 0,587 | 0,549 | 0,513 | 0,477 | 0,443 | 0,410 | 0,379 | 0,350 |
| 60 | 0,520 | 0,479 | 0,440 | 0,403 | 0,368 | 0,335 | 0,303 | 0,274 | 0,247 | 0,222 |
| 70 | 0,398 | 0,358 | 0,321 | 0,286 | 0,254 | 0,225 | 0,199 | 0,175 | 0,153 | 0,134 |
| 75 | 0,343 | 0,304 | 0,268 | 0,236 | 0,206 | 0,180 | 0,156 | 0,135 | 0,116 | 0,099 |
| 80 | 0,290 | 0,253 | 0,219 | 0,189 | 0,163 | 0,139 | 0,118 | 0,100 | 0,084 | 0,070 |
| 90 | 0,185 | 0,154 | 0,127 | 0,104 | 0,085 | 0,069 | 0,055 | 0,044 | 0,035 | 0,027 |
| 95 | 0,127 | 0,101 | 0,080 | 0,062 | 0,048 | 0,037 | 0,028 | 0,021 | 0,016 | 0,011 |
| 97 | 0,098 | 0,076 | 0,058 | 0,044 | 0,033 | 0,024 | 0,018 | 0,013 | 0,009 | 0,006 |
| 99 | 0,061 | 0,044 | 0,032 | 0,022 | 0,016 | 0,011 | 0,007 | 0,005 | 0,003 | 0,002 |
| 99,9 | 0,026 | 0,016 | 0,010 | 0,006 | 0,004 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | $3,0 \cdot 10^{-4}$ | $2,0 \cdot 10^{-4}$ |

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| $C_s = 4C_v$ | | | | | | | | | | | |
| 0,001 | 0 | 1,59 | 2,49 | 3,90 | 5,80 | 8,15 | 10,90 | 13,90 | 17,20 | 20,80 | 24,60 |
| 0,01 | 0 | 1,50 | 2,18 | 3,17 | 4,43 | 5,91 | 7,58 | 9,41 | 11,40 | 13,40 | 15,50 |
| 0,03 | 0 | 1,44 | 2,04 | 2,86 | 3,86 | 5,02 | 6,30 | 7,67 | 9,14 | 10,70 | 12,30 |
| 0,05 | 0 | 1,41 | 1,97 | 2,72 | 3,61 | 4,63 | 5,76 | 6,96 | 8,22 | 9,56 | 11,00 |
| 0,1 | 0 | 1,38 | 1,88 | 2,53 | 3,29 | 4,15 | 5,07 | 6,05 | 7,08 | 8,15 | 9,26 |
| 0,3 | 0 | 1,32 | 1,74 | 2,24 | 2,82 | 3,44 | 4,09 | 4,79 | 5,50 | 6,22 | 6,96 |
| 0,5 | 0 | 1,29 | 1,67 | 2,12 | 2,61 | 3,13 | 3,68 | 4,26 | 4,85 | 5,43 | 6,03 |
| 1 | 0 | 1,25 | 1,58 | 1,94 | 2,31 | 2,75 | 3,17 | 3,59 | 4,03 | 4,47 | 4,91 |
| 3 | 0 | 1,20 | 1,44 | 1,68 | 1,93 | 2,18 | 2,43 | 2,68 | 2,92 | 3,16 | 3,39 |
| 5 | 0 | 1,17 | 1,36 | 1,56 | 1,75 | 1,94 | 2,12 | 2,29 | 2,46 | 2,62 | 2,78 |
| 10 | 0 | 1,13 | 1,26 | 1,39 | 1,51 | 1,62 | 1,72 | 1,81 | 1,90 | 1,98 | 2,05 |
| 20 | 0 | 1,08 | 1,15 | 1,22 | 1,27 | 1,31 | 1,34 | 1,37 | 1,40 | 1,41 | 1,42 |
| 25 | 0 | 1,07 | 1,12 | 1,16 | 1,19 | 1,21 | 1,23 | 1,24 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 30 | 0 | 1,05 | 1,08 | 1,11 | 1,12 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,12 | 1,11 | 1,10 |
| 40 | 0 | 1,02 | 1,02 | 1,02 | 1,01 | 0,996 | 0,976 | 0,954 | 0,929 | 0,902 | 0,873 |
| 50 | 0 | 0,997 | 0,976 | 0,950 | 0,920 | 0,888 | 0,853 | 0,818 | 0,781 | 0,744 | 0,707 |
| 60 | 0 | 0,972 | 0,929 | 0,885 | 0,839 | 0,793 | 0,747 | 0,702 | 0,658 | 0,614 | 0,572 |
| 70 | 0 | 0,945 | 0,883 | 0,821 | 0,761 | 0,704 | 0,649 | 0,597 | 0,548 | 0,501 | 0,457 |
| 75 | 0 | 0,931 | 0,858 | 0,788 | 0,722 | 0,660 | 0,601 | 0,546 | 0,495 | 0,448 | 0,403 |
| 80 | 0 | 0,915 | 0,832 | 0,754 | 0,681 | 0,614 | 0,553 | 0,496 | 0,443 | 0,395 | 0,351 |
| 90 | 0 | 0,877 | 0,767 | 0,671 | 0,586 | 0,511 | 0,444 | 0,384 | 0,331 | 0,284 | 0,243 |
| 95 | 0 | 0,846 | 0,719 | 0,611 | 0,519 | 0,440 | 0,372 | 0,312 | 0,261 | 0,217 | 0,180 |
| 97 | 0 | 0,829 | 0,690 | 0,576 | 0,481 | 0,400 | 0,332 | 0,274 | 0,224 | 0,182 | 0,147 |
| 99 | 0 | 0,790 | 0,638 | 0,516 | 0,417 | 0,336 | 0,269 | 0,214 | 0,168 | 0,132 | 0,102 |
| 99,5 | 0 | 0,776 | 0,612 | 0,485 | 0,386 | 0,305 | 0,239 | 0,186 | 0,144 | 0,110 | 0,083 |
| 99,7 | 0 | 0,762 | 0,594 | 0,466 | 0,366 | 0,286 | 0,221 | 0,170 | 0,129 | 0,097 | 0,072 |
| 99,9 | 0 | 0,742 | 0,561 | 0,430 | 0,331 | 0,252 | 0,189 | 0,141 | 0,104 | 0,075 | 0,054 |

Продолжение табл. Г3

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 |
| $C_v = 4C_p$ | | | | | | | | | | |
| 0,001 | 28,60 | 32,80 | 37,20 | 41,80 | 46,60 | 51,50 | 56,60 | 61,80 | 67,20 | 72,80 |
| 0,01 | 17,90 | 20,30 | 22,80 | 25,40 | 28,00 | 30,80 | 33,60 | 36,50 | 39,40 | 42,40 |
| 0,03 | 14,00 | 15,80 | 17,60 | 19,40 | 21,30 | 23,30 | 25,30 | 27,30 | 29,40 | 31,50 |
| 0,05 | 12,40 | 13,90 | 15,40 | 17,00 | 18,60 | 20,30 | 21,90 | 23,70 | 25,40 | 27,20 |
| 0,1 | 10,40 | 11,60 | 12,80 | 14,00 | 15,30 | 16,60 | 17,90 | 19,20 | 20,60 | 21,90 |
| 0,3 | 7,73 | 8,53 | 9,31 | 10,10 | 10,90 | 11,70 | 12,50 | 13,30 | 14,20 | 15,00 |
| 0,5 | 6,65 | 7,29 | 7,91 | 8,53 | 9,16 | 9,79 | 10,40 | 11,00 | 11,70 | 12,30 |
| 1 | 5,34 | 5,79 | 6,22 | 6,66 | 7,09 | 7,52 | 7,95 | 8,37 | 8,78 | 9,19 |
| 3 | 3,62 | 3,83 | 4,04 | 4,25 | 4,45 | 4,64 | 4,83 | 5,01 | 5,18 | 5,35 |
| 5 | 2,93 | 3,07 | 3,21 | 3,34 | 3,46 | 3,57 | 3,68 | 3,78 | 3,87 | 3,96 |
| 10 | 2,12 | 2,18 | 2,24 | 2,28 | 2,32 | 2,36 | 2,39 | 2,42 | 2,44 | 2,45 |
| 20 | 1,43 | 1,44 | 1,43 | 1,43 | 1,42 | 1,41 | 1,39 | 1,38 | 1,36 | 1,33 |
| 25 | 1,23 | 1,22 | 1,21 | 1,19 | 1,17 | 1,15 | 1,13 | 1,10 | 1,08 | 1,05 |
| 30 | 1,08 | 1,06 | 1,04 | 1,01 | 0,985 | 0,958 | 0,929 | 0,900 | 0,871 | 0,841 |
| 40 | 0,843 | 0,812 | 0,781 | 0,748 | 0,716 | 0,684 | 0,652 | 0,62 | 0,588 | 0,558 |
| 50 | 0,670 | 0,634 | 0,598 | 0,562 | 0,529 | 0,495 | 0,464 | 0,433 | 0,403 | 0,375 |
| 60 | 0,532 | 0,494 | 0,457 | 0,421 | 0,388 | 0,356 | 0,327 | 0,299 | 0,273 | 0,249 |
| 70 | 0,416 | 0,377 | 0,341 | 0,308 | 0,277 | 0,248 | 0,223 | 0,199 | 0,177 | 0,157 |
| 75 | 0,362 | 0,325 | 0,290 | 0,258 | 0,230 | 0,203 | 0,179 | 0,158 | 0,139 | 0,121 |
| 80 | 0,311 | 0,274 | 0,242 | 0,212 | 0,185 | 0,162 | 0,140 | 0,122 | 0,105 | 0,090 |
| 90 | 0,207 | 0,176 | 0,148 | 0,125 | 0,104 | 0,087 | 0,072 | 0,060 | 0,049 | 0,040 |
| 95 | 0,148 | 0,121 | 0,098 | 0,080 | 0,064 | 0,051 | 0,041 | 0,032 | 0,025 | 0,019 |
| 97 | 0,119 | 0,095 | 0,075 | 0,059 | 0,046 | 0,036 | 0,028 | 0,021 | 0,016 | 0,012 |
| 99 | 0,078 | 0,060 | 0,045 | 0,034 | 0,025 | 0,018 | 0,013 | 0,009 | 0,006 | 0,004 |
| 99,5 | 0,062 | 0,046 | 0,034 | 0,024 | 0,017 | 0,012 | 0,008 | 0,006 | 0,004 | 0,003 |
| 99,7 | 0,053 | 0,038 | 0,027 | 0,019 | 0,013 | 0,009 | 0,006 | 0,004 | 0,003 | 0,002 |
| 99,9 | 0,038 | 0,026 | 0,018 | 0,012 | 0,008 | 0,005 | 0,003 | 0,002 | 0,001 | 0,001 |

Продолжение табл. Г3

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| $C_v = 4,5C_v$ | | | | | | | | | | |
| 0,01 | 1,48 | 2,26 | 3,35 | 4,74 | 6,36 | 8,15 | 10,10 | 12,20 | 14,40 | 16,70 |
| 0,03 | 1,44 | 2,09 | 2,98 | 4,07 | 5,30 | 6,65 | 8,09 | 9,62 | 11,20 | 12,90 |
| 0,05 | 1,41 | 2,02 | 2,82 | 3,78 | 4,86 | 6,03 | 7,27 | 8,58 | 9,95 | 11,40 |
| 0,1 | 1,38 | 1,92 | 2,61 | 3,41 | 4,30 | 5,25 | 6,26 | 7,31 | 8,40 | 9,53 |
| 0,3 | 1,33 | 1,76 | 2,29 | 2,88 | 3,52 | 4,18 | 4,87 | 5,58 | 6,31 | 7,06 |
| 0,5 | 1,30 | 1,69 | 2,15 | 2,66 | 3,19 | 3,74 | 4,31 | 4,89 | 5,48 | 6,08 |
| 1 | 1,27 | 1,59 | 1,97 | 2,36 | 2,77 | 3,19 | 3,61 | 4,04 | 4,47 | 4,90 |
| 3 | 1,21 | 1,44 | 1,69 | 1,93 | 2,18 | 2,42 | 2,66 | 2,90 | 3,12 | 3,35 |
| 5 | 1,18 | 1,37 | 1,56 | 1,75 | 1,93 | 2,10 | 2,27 | 2,44 | 2,59 | 2,74 |
| 10 | 1,13 | 1,26 | 1,39 | 1,50 | 1,60 | 1,70 | 1,79 | 1,88 | 1,95 | 2,02 |
| 20 | 1,08 | 1,15 | 1,21 | 1,26 | 1,30 | 1,33 | 1,36 | 1,38 | 1,40 | 1,41 |
| 25 | 1,06 | 1,11 | 1,15 | 1,18 | 1,20 | 1,21 | 1,22 | 1,23 | 1,23 | 1,23 |
| 30 | 1,05 | 1,08 | 1,10 | 1,11 | 1,12 | 1,12 | 1,12 | 1,11 | 1,10 | 1,09 |
| 40 | 1,02 | 1,02 | 1,02 | 1,01 | 0,989 | 0,970 | 0,949 | 0,925 | 0,899 | 0,871 |
| 50 | 0,993 | 0,974 | 0,947 | 0,917 | 0,885 | 0,851 | 0,817 | 0,782 | 0,746 | 0,711 |
| 60 | 0,968 | 0,928 | 0,883 | 0,838 | 0,793 | 0,749 | 0,705 | 0,663 | 0,621 | 0,581 |
| 70 | 0,943 | 0,882 | 0,822 | 0,763 | 0,708 | 0,655 | 0,605 | 0,557 | 0,512 | 0,469 |
| 75 | 0,930 | 0,858 | 0,790 | 0,726 | 0,666 | 0,609 | 0,556 | 0,506 | 0,460 | 0,417 |
| 80 | 0,915 | 0,833 | 0,757 | 0,687 | 0,622 | 0,562 | 0,507 | 0,456 | 0,409 | 0,366 |
| 90 | 0,878 | 0,771 | 0,677 | 0,596 | 0,523 | 0,458 | 0,399 | 0,347 | 0,301 | 0,260 |
| 95 | 0,849 | 0,724 | 0,620 | 0,532 | 0,455 | 0,388 | 0,330 | 0,279 | 0,235 | 0,197 |
| 97 | 0,831 | 0,696 | 0,587 | 0,495 | 0,417 | 0,350 | 0,292 | 0,242 | 0,200 | 0,165 |
| 99 | 0,798 | 0,648 | 0,530 | 0,435 | 0,355 | 0,289 | 0,233 | 0,187 | 0,149 | 0,118 |
| 99,5 | 0,781 | 0,622 | 0,502 | 0,405 | 0,326 | 0,260 | 0,206 | 0,162 | 0,127 | 0,098 |
| 99,7 | 0,769 | 0,606 | 0,483 | 0,386 | 0,307 | 0,242 | 0,190 | 0,147 | 0,113 | 0,086 |
| 99,9 | 0,746 | 0,575 | 0,449 | 0,352 | 0,274 | 0,211 | 0,161 | 0,122 | 0,091 | 0,067 |

Продолжение табл. Г3

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| $C_s = 5C_v$ | | | | | | | | | |
| 0,001 | 1,67 | 2,75 | 4,38 | 6,87 | 9,90 | 13,35 | 17,05 | 21,15 | 25,30 |
| 0,01 | 1,54 | 2,34 | 3,43 | 4,91 | 6,65 | 8,70 | 10,70 | 12,71 | 15,05 |
| 0,03 | 1,47 | 2,15 | 3,07 | 4,23 | 5,50 | 6,95 | 8,43 | 9,96 | 11,60 |
| 0,05 | 1,43 | 2,06 | 2,87 | 3,9 | 5,05 | 6,24 | 7,51 | 8,82 | 10,25 |
| 0,1 | 1,40 | 1,95 | 2,66 | 3,51 | 4,44 | 5,40 | 6,43 | 7,54 | 8,64 |
| 0,3 | 1,34 | 1,78 | 2,31 | 2,92 | 3,52 | 4,22 | 4,91 | 5,69 | 6,41 |
| 0,5 | 1,31 | 1,70 | 2,16 | 2,69 | 3,21 | 3,77 | 4,34 | 4,93 | 5,52 |
| 1 | 1,27 | 1,61 | 1,98 | 2,38 | 2,79 | 3,21 | 3,65 | 4,06 | 4,50 |
| 3 | 1,20 | 1,44 | 1,67 | 1,93 | 2,17 | 2,42 | 2,62 | 2,88 | 3,10 |
| 5 | 1,17 | 1,36 | 1,55 | 1,74 | 1,90 | 2,08 | 2,22 | 2,41 | 2,54 |
| 10 | 1,13 | 1,26 | 1,37 | 1,49 | 1,60 | 1,70 | 1,79 | 1,86 | 1,94 |
| 20 | 1,08 | 1,15 | 1,21 | 1,25 | 1,30 | 1,32 | 1,34 | 1,36 | 1,36 |
| 25 | 1,06 | 1,11 | 1,15 | 1,17 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,22 | 1,22 |
| 30 | 1,05 | 1,08 | 1,09 | 1,10 | 1,10 | 1,11 | 1,10 | 1,10 | 1,09 |
| 40 | 1,02 | 1,02 | 1,01 | 1,00 | 0,980 | 0,970 | 0,940 | 0,920 | 0,900 |
| 50 | 0,990 | 0,970 | 0,940 | 0,920 | 0,880 | 0,850 | 0,820 | 0,780 | 0,750 |
| 60 | 0,970 | 0,930 | 0,880 | 0,840 | 0,790 | 0,750 | 0,710 | 0,670 | 0,630 |
| 70 | 0,940 | 0,880 | 0,820 | 0,770 | 0,710 | 0,660 | 0,610 | 0,560 | 0,520 |
| 75 | 0,930 | 0,860 | 0,790 | 0,730 | 0,670 | 0,620 | 0,560 | 0,510 | 0,470 |
| 80 | 0,910 | 0,830 | 0,750 | 0,690 | 0,630 | 0,570 | 0,520 | 0,470 | 0,420 |
| 90 | 0,880 | 0,770 | 0,680 | 0,610 | 0,530 | 0,470 | 0,410 | 0,360 | 0,320 |
| 95 | 0,840 | 0,730 | 0,630 | 0,550 | 0,470 | 0,400 | 0,340 | 0,290 | 0,250 |
| 97 | 0,820 | 0,700 | 0,600 | 0,510 | 0,430 | 0,360 | 0,310 | 0,260 | 0,220 |
| 99 | 0,78 | 0,660 | 0,550 | 0,450 | 0,370 | 0,310 | 0,250 | 0,200 | 0,160 |
| 99,5 | 0,760 | 0,630 | 0,520 | 0,420 | 0,340 | 0,280 | 0,230 | 0,180 | 0,140 |
| 99,7 | 0,750 | 0,620 | 0,510 | 0,410 | 0,320 | 0,260 | 0,210 | 0,160 | 0,120 |
| 99,9 | 0,730 | 0,590 | 0,470 | 0,370 | 0,290 | 0,230 | 0,180 | 0,140 | 0,100 |

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| $C_x = 5,5C_v$ | | | | | | | | | | |
| 0,01 | 1,52 | 2,41 | 3,70 | 5,30 | 7,12 | 9,10 | 11,20 | 13,40 | 15,80 | 18,20 |
| 0,03 | 1,46 | 2,20 | 3,22 | 4,43 | 5,77 | 7,21 | 8,72 | 10,30 | 12,00 | 13,70 |
| 0,05 | 1,43 | 2,11 | 3,01 | 4,07 | 5,22 | 6,45 | 7,74 | 9,10 | 10,50 | 12,00 |
| 0,1 | 1,40 | 1,99 | 2,75 | 3,62 | 4,55 | 5,54 | 6,56 | 7,63 | 8,73 | 9,87 |
| 0,3 | 1,34 | 1,81 | 2,37 | 2,99 | 3,64 | 4,31 | 4,99 | 5,70 | 6,42 | 7,15 |
| 0,5 | 1,31 | 1,73 | 2,21 | 2,73 | 3,26 | 3,81 | 4,37 | 4,94 | 5,52 | 6,11 |
| 1 | 1,27 | 1,62 | 2,00 | 2,40 | 2,81 | 3,21 | 3,63 | 4,04 | 4,46 | 4,87 |
| 3 | 1,21 | 1,45 | 1,69 | 1,93 | 2,17 | 2,40 | 2,63 | 2,86 | 3,08 | 3,29 |
| 5 | 1,18 | 1,37 | 1,56 | 1,74 | 1,91 | 2,08 | 2,24 | 2,39 | 2,54 | 2,68 |
| 10 | 1,13 | 1,26 | 1,38 | 1,48 | 1,58 | 1,68 | 1,76 | 1,84 | 1,91 | 1,98 |
| 20 | 1,08 | 1,15 | 1,20 | 1,24 | 1,28 | 1,31 | 1,33 | 1,36 | 1,37 | 1,38 |
| 25 | 1,06 | 1,11 | 1,14 | 1,16 | 1,18 | 1,20 | 1,21 | 1,21 | 1,21 | 1,21 |
| 30 | 1,04 | 1,07 | 1,09 | 1,10 | 1,10 | 1,11 | 1,10 | 1,10 | 1,09 | 1,07 |
| 40 | 1,02 | 1,02 | 1,01 | 0,997 | 0,981 | 0,963 | 0,942 | 0,920 | 0,896 | 0,870 |
| 50 | 0,991 | 0,970 | 0,942 | 0,912 | 0,881 | 0,850 | 0,817 | 0,784 | 0,751 | 0,717 |
| 60 | 0,967 | 0,925 | 0,882 | 0,838 | 0,795 | 0,753 | 0,711 | 0,671 | 0,632 | 0,594 |
| 70 | 0,943 | 0,882 | 0,823 | 0,768 | 0,715 | 0,664 | 0,616 | 0,570 | 0,527 | 0,486 |
| 75 | 0,929 | 0,859 | 0,794 | 0,732 | 0,675 | 0,621 | 0,570 | 0,522 | 0,478 | 0,436 |
| 80 | 0,915 | 0,835 | 0,762 | 0,696 | 0,634 | 0,577 | 0,523 | 0,474 | 0,429 | 0,387 |
| 90 | 0,880 | 0,777 | 0,689 | 0,612 | 0,542 | 0,479 | 0,422 | 0,370 | 0,325 | 0,284 |
| 95 | 0,852 | 0,734 | 0,637 | 0,553 | 0,479 | 0,413 | 0,355 | 0,304 | 0,260 | 0,222 |
| 97 | 0,835 | 0,708 | 0,606 | 0,52 | 0,444 | 0,377 | 0,319 | 0,269 | 0,226 | 0,190 |
| 99 | 0,804 | 0,664 | 0,555 | 0,464 | 0,386 | 0,319 | 0,262 | 0,214 | 0,175 | 0,142 |
| 99,5 | 0,788 | 0,641 | 0,529 | 0,437 | 0,358 | 0,291 | 0,236 | 0,189 | 0,152 | 0,121 |
| 99,7 | 0,777 | 0,626 | 0,513 | 0,419 | 0,340 | 0,274 | 0,219 | 0,174 | 0,138 | 0,108 |
| 99,9 | 0,757 | 0,599 | 0,482 | 0,388 | 0,309 | 0,244 | 0,191 | 0,148 | 0,114 | 0,088 |

| Обеспеченность $P, \%$ | Значения модульных коэффициентов k_p для трехпараметрического гамма-распределения при различных величинах C_v | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| $C_s = 6C_v$ | | | | | | | | | |
| 0,001 | 1,80 | 3,02 | 5,20 | 8,10 | 11,50 | 15,30 | 19,30 | 23,80 | 28,00 |
| 0,01 | 1,60 | 2,48 | 3,75 | 5,48 | 7,30 | 9,39 | 11,50 | 13,80 | 16,40 |
| 0,03 | 1,52 | 2,25 | 3,25 | 4,54 | 5,90 | 7,37 | 8,90 | 10,53 | 12,30 |
| 0,05 | 1,47 | 2,15 | 3,05 | 4,15 | 5,25 | 6,57 | 7,85 | 9,26 | 10,70 |
| 0,1 | 1,41 | 2,02 | 2,80 | 3,68 | 4,58 | 5,54 | 6,57 | 7,63 | 8,79 |
| 0,3 | 1,35 | 1,83 | 2,38 | 2,98 | 3,64 | 4,31 | 5,00 | 5,66 | 6,38 |
| 0,5 | 1,32 | 1,74 | 2,22 | 2,73 | 3,26 | 3,82 | 4,38 | 4,93 | 5,51 |
| 1 | 1,29 | 1,63 | 2,01 | 2,40 | 2,81 | 3,22 | 3,63 | 4,03 | 4,44 |
| 3 | 1,21 | 1,45 | 1,68 | 1,92 | 2,14 | 2,38 | 2,60 | 2,82 | 3,04 |
| 5 | 1,18 | 1,37 | 1,55 | 1,73 | 1,89 | 2,05 | 2,20 | 2,36 | 2,51 |
| 10 | 1,14 | 1,26 | 1,37 | 1,47 | 1,56 | 1,66 | 1,73 | 1,82 | 1,90 |
| 20 | 1,08 | 1,14 | 1,19 | 1,23 | 1,27 | 1,30 | 1,32 | 1,34 | 1,36 |
| 25 | 1,07 | 1,10 | 1,13 | 1,16 | 1,18 | 1,19 | 1,20 | 1,21 | 1,20 |
| 30 | 1,04 | 1,07 | 1,08 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,09 | 1,08 |
| 40 | 1,02 | 1,02 | 1,01 | 0,990 | 0,980 | 0,960 | 0,940 | 0,920 | 0,890 |
| 50 | 0,990 | 0,970 | 0,940 | 0,910 | 0,880 | 0,850 | 0,820 | 0,790 | 0,750 |
| 60 | 0,960 | 0,920 | 0,880 | 0,840 | 0,800 | 0,760 | 0,720 | 0,680 | 0,640 |
| 70 | 0,940 | 0,880 | 0,830 | 0,770 | 0,720 | 0,670 | 0,630 | 0,580 | 0,540 |
| 75 | 0,930 | 0,860 | 0,800 | 0,740 | 0,680 | 0,630 | 0,580 | 0,530 | 0,490 |
| 80 | 0,910 | 0,840 | 0,770 | 0,700 | 0,640 | 0,580 | 0,530 | 0,480 | 0,440 |
| 90 | 0,880 | 0,780 | 0,700 | 0,620 | 0,550 | 0,490 | 0,430 | 0,380 | 0,330 |
| 95 | 0,850 | 0,740 | 0,650 | 0,560 | 0,490 | 0,430 | 0,370 | 0,320 | 0,270 |
| 97 | 0,830 | 0,720 | 0,620 | 0,530 | 0,460 | 0,390 | 0,330 | 0,280 | 0,240 |
| 99 | 0,80 | 0,670 | 0,570 | 0,480 | 0,400 | 0,330 | 0,280 | 0,230 | 0,190 |
| 99,5 | 0,780 | 0,650 | 0,550 | 0,450 | 0,370 | 0,310 | 0,250 | 0,200 | 0,170 |
| 99,7 | 0,760 | 0,640 | 0,530 | 0,430 | 0,360 | 0,290 | 0,240 | 0,190 | 0,150 |
| 99,9 | 0,750 | 0,610 | 0,500 | 0,400 | 0,330 | 0,260 | 0,210 | 0,160 | 0,120 |

Таблица Г4. Значения нормированных отклонений от среднего значения ординат распределения Пирсона типа III (биномиальная кривая распределения)

| Коэф. асимметрии C_s | Значения Φ_p при вероятности превышения P , % | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 0,01 | 0,1 | 1,0 | 3,0 | 5,0 | 10 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| -4,0 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,490 | 0,490 | 0,460 | 0,410 | 0,310 |
| -3,8 | 0,527 | 0,527 | 0,526 | 0,526 | 0,526 | 0,526 | 0,520 | 0,520 | 0,510 | 0,480 | 0,420 | 0,300 |
| -3,6 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,555 | 0,550 | 0,540 | 0,540 | 0,490 | 0,420 | 0,280 |
| -3,4 | 0,588 | 0,588 | 0,588 | 0,588 | 0,587 | 0,586 | 0,580 | 0,570 | 0,550 | 0,500 | 0,410 | 0,270 |
| -3,2 | 0,625 | 0,625 | 0,625 | 0,625 | 0,625 | 0,621 | 0,610 | 0,590 | 0,570 | 0,510 | 0,410 | 0,250 |
| -3,0 | 0,667 | 0,667 | 0,666 | 0,666 | 0,665 | 0,661 | 0,640 | 0,620 | 0,590 | 0,510 | 0,400 | 0,220 |
| -2,8 | 0,715 | 0,715 | 0,715 | 0,714 | 0,711 | 0,703 | 0,670 | 0,640 | 0,600 | 0,510 | 0,390 | 0,200 |
| -2,6 | 0,770 | 0,770 | 0,770 | 0,766 | 0,764 | 0,746 | 0,700 | 0,660 | 0,610 | 0,510 | 0,370 | 0,170 |
| -2,4 | 0,835 | 0,833 | 0,830 | 0,826 | 0,820 | 0,792 | 0,720 | 0,670 | 0,620 | 0,510 | 0,350 | 0,170 |
| -2,2 | 0,914 | 0,910 | 0,905 | 0,895 | 0,882 | 0,842 | 0,750 | 0,690 | 0,640 | 0,500 | 0,330 | 0,120 |
| -2,0 | 1,01 | 1,00 | 0,990 | 0,970 | 0,950 | 0,900 | 0,780 | 0,710 | 0,640 | 0,490 | 0,310 | 0,090 |
| -1,8 | 1,11 | 1,11 | 1,09 | 1,06 | 1,02 | 0,940 | 0,800 | 0,720 | 0,640 | 0,480 | 0,280 | 0,050 |
| -1,6 | 1,26 | 1,24 | 1,2 | 1,14 | 1,10 | 0,990 | 0,810 | 0,730 | 0,640 | 0,460 | 0,250 | 0,020 |
| -1,4 | 1,41 | 1,39 | 1,32 | 1,23 | 1,17 | 1,04 | 0,830 | 0,730 | 0,640 | 0,440 | 0,220 | -0,020 |
| -1,2 | 1,68 | 1,58 | 1,45 | 1,33 | 1,24 | 1,08 | 0,840 | 0,740 | 0,630 | 0,420 | 0,190 | -0,050 |
| -1,0 | 1,92 | 1,79 | 1,59 | 1,42 | 1,32 | 1,13 | 0,850 | 0,730 | 0,620 | 0,390 | 0,160 | -0,090 |
| -0,8 | 2,23 | 2,02 | 1,74 | 1,52 | 1,38 | 1,17 | 0,860 | 0,730 | 0,60 | 0,370 | 0,130 | -0,120 |
| -0,6 | 2,57 | 2,27 | 1,88 | 1,61 | 1,45 | 1,20 | 0,850 | 0,720 | 0,590 | 0,340 | 0,100 | -0,160 |
| -0,4 | 2,98 | 2,54 | 2,03 | 1,70 | 1,52 | 1,23 | 0,850 | 0,710 | 0,570 | 0,310 | 0,070 | -0,190 |
| -0,2 | 3,37 | 2,81 | 2,18 | 1,79 | 1,58 | 1,26 | 0,850 | 0,690 | 0,550 | 0,280 | 0,030 | -0,220 |
| 0,0 | 3,72 | 3,09 | 2,33 | 1,88 | 1,64 | 1,28 | 0,840 | 0,670 | 0,520 | 0,250 | 0,000 | -0,250 |
| 0,2 | 4,16 | 3,38 | 2,47 | 1,96 | 1,70 | 1,30 | 0,830 | 0,650 | 0,500 | 0,220 | -0,030 | -0,280 |
| 0,4 | 4,61 | 3,66 | 2,61 | 2,04 | 1,75 | 1,32 | 0,820 | 0,630 | 0,470 | 0,190 | -0,070 | -0,310 |
| 0,6 | 5,05 | 3,96 | 2,75 | 2,12 | 1,80 | 1,33 | 0,800 | 0,610 | 0,440 | 0,160 | -0,100 | -0,340 |
| 0,8 | 5,50 | 4,24 | 2,89 | 2,18 | 1,84 | 1,34 | 0,780 | 0,580 | 0,410 | 0,120 | -0,130 | -0,370 |

| Коэф. асим- метрии C_s | Значения Φ_p при вероятности превышения P , % | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--|-------|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| | 0,01 | 0,1 | 1,0 | 3,0 | 5,0 | 10 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | |
| 1,0 | 5,96 | 4,53 | 3,02 | 2,25 | 1,88 | 1,34 | 0,760 | 0,550 | 0,380 | 0,090 | -0,160 | -0,390 | |
| 1,2 | 6,41 | 4,81 | 3,15 | 2,31 | 1,92 | 1,34 | 0,730 | 0,520 | 0,350 | 0,050 | -0,190 | -0,420 | |
| 1,4 | 6,87 | 5,09 | 3,27 | 2,37 | 1,95 | 1,34 | 0,710 | 0,490 | 0,310 | 0,020 | -0,220 | -0,440 | |
| 1,6 | 7,31 | 5,37 | 3,39 | 2,42 | 1,97 | 1,33 | 0,680 | 0,460 | 0,280 | -0,020 | -0,250 | -0,460 | |
| 1,8 | 7,76 | 5,64 | 3,50 | 2,46 | 1,99 | 1,32 | 0,640 | 0,420 | 0,240 | -0,050 | -0,280 | -0,480 | |
| 2,0 | 8,21 | 5,91 | 3,60 | 2,51 | 2,00 | 1,30 | 0,610 | 0,390 | 0,200 | -0,080 | -0,310 | -0,490 | |
| 2,2 | 8,63 | 6,14 | 3,68 | 2,54 | 2,02 | 1,27 | 0,570 | 0,350 | 0,160 | -0,120 | -0,330 | -0,500 | |
| 2,4 | 9,00 | 6,37 | 3,78 | 2,60 | 2,00 | 1,25 | 0,520 | 0,290 | 0,120 | -0,140 | -0,350 | -0,510 | |
| 2,6 | 9,39 | 6,54 | 3,86 | 2,63 | 2,00 | 1,21 | 0,480 | 0,250 | 0,085 | -0,170 | -0,370 | -0,510 | |
| 2,8 | 9,77 | 6,86 | 3,96 | 2,65 | 2,00 | 1,18 | 0,440 | 0,220 | 0,057 | -0,200 | -0,390 | -0,510 | |
| 3,0 | 10,16 | 7,10 | 4,05 | 2,66 | 1,97 | 1,13 | 0,390 | 0,190 | 0,027 | -0,220 | -0,400 | -0,510 | |
| 3,2 | 10,55 | 7,35 | 4,11 | 2,66 | 1,96 | 1,09 | 0,350 | 0,150 | -0,006 | -0,250 | -0,410 | -0,510 | |
| 3,4 | 10,90 | 7,54 | 4,18 | 2,66 | 1,94 | 1,06 | 0,310 | 0,110 | -0,036 | -0,270 | -0,410 | -0,500 | |
| 3,6 | 11,30 | 7,72 | 4,24 | 2,66 | 1,93 | 1,03 | 0,280 | 0,064 | -0,072 | -0,280 | -0,420 | -0,490 | |
| 3,8 | 11,67 | 7,97 | 4,29 | 2,65 | 1,90 | 1,00 | 0,240 | 0,032 | -0,095 | -0,300 | -0,420 | -0,480 | |
| 4,0 | 12,02 | 8,17 | 4,34 | 2,65 | 1,90 | 0,96 | 0,210 | 0,010 | -0,120 | -0,310 | -0,410 | -0,460 | |
| 4,2 | 12,40 | 8,38 | 4,39 | 2,64 | 1,88 | 0,93 | 0,190 | -0,010 | -0,130 | -0,310 | -0,410 | -0,450 | |
| 4,4 | 12,76 | 8,60 | 4,42 | 2,63 | 1,86 | 0,91 | 0,150 | -0,032 | -0,150 | -0,320 | -0,400 | -0,440 | |
| 4,6 | 13,12 | 8,79 | 4,46 | 2,62 | 1,84 | 0,87 | 0,130 | -0,052 | -0,170 | -0,320 | -0,400 | -0,420 | |
| 4,8 | 13,51 | 8,96 | 4,50 | 2,60 | 1,81 | 0,82 | 0,100 | -0,075 | -0,190 | -0,320 | -0,390 | -0,410 | |
| 5,0 | 13,87 | 9,12 | 4,54 | 2,60 | 1,78 | 0,78 | 0,068 | -0,099 | -0,200 | -0,330 | -0,380 | -0,400 | |
| 5,2 | 14,25 | 9,27 | 4,59 | 2,60 | 1,74 | 0,73 | 0,035 | -0,120 | -0,210 | -0,330 | -0,370 | -0,380 | |
| 5,4 | 14,60 | 9,42 | 4,62 | 2,60 | 1,70 | 0,67 | 0,020 | -0,100 | -0,210 | -0,330 | -0,370 | -0,370 | |
| 5,6 | 14,95 | 9,59 | 4,65 | 2,60 | 1,67 | 0,62 | 0,000 | -0,120 | -0,210 | -0,300 | -0,360 | -0,360 | |
| 5,8 | 15,32 | 9,70 | 4,70 | 2,60 | 1,64 | 0,57 | -0,020 | -0,140 | -0,210 | -0,300 | -0,350 | -0,350 | |
| 6,0 | 15,67 | 9,84 | 4,70 | 2,60 | 1,60 | 0,51 | -0,050 | -0,150 | -0,210 | -0,300 | -0,340 | -0,340 | |
| 6,2 | 16,04 | 9,95 | 4,71 | 2,60 | 1,56 | 0,47 | -0,050 | -0,150 | -0,210 | -0,300 | -0,340 | -0,340 | |
| 6,4 | 16,40 | 10,05 | 4,71 | 2,60 | 1,52 | 0,42 | -0,050 | -0,150 | -0,210 | -0,300 | -0,330 | -0,390 | |

Продолжение табл. Г4

| Коэф. асим- мет- рии C_s | Значения Φ_p при вероятности превышения P , % | | | | | | | | $\Phi_{5\%}-$ $-\Phi_{95\%}$ | Коэф. скошен- ности S |
|-------------------------------------|--|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|-------------------------------|
| | 70 | 75 | 80 | 90 | 95 | 97 | 99 | 99,9 | | |
| -4,0 | -0,120 | -0,010 | -0,210 | -0,960 | -1,90 | -2,65 | -4,34 | -8,17 | 2,40 | -0,93 |
| -3,8 | -0,095 | -0,032 | -0,240 | -1,00 | -1,90 | -2,65 | -4,29 | -7,97 | 2,43 | -0,91 |
| -3,6 | -0,072 | -0,064 | -0,280 | -1,03 | -1,93 | -2,66 | -4,24 | -7,72 | 2,49 | -0,89 |
| -3,4 | -0,036 | -0,110 | -0,310 | -1,06 | -1,94 | -2,66 | -4,18 | -7,54 | 2,53 | -0,86 |
| -3,2 | -0,006 | -0,150 | -0,350 | -1,09 | -1,96 | -2,66 | -4,11 | -7,35 | 2,58 | -0,83 |
| -3,0 | -0,027 | -0,190 | -0,390 | -1,13 | -1,97 | -2,66 | -4,05 | -7,10 | 2,64 | -0,80 |
| -2,8 | -0,057 | -0,220 | -0,440 | -1,18 | -2,00 | -2,65 | -3,86 | -6,86 | 2,71 | -0,76 |
| -2,6 | -0,085 | -0,250 | -0,480 | -1,21 | -2,00 | -2,63 | -3,86 | -6,54 | 2,76 | -0,71 |
| -2,4 | -0,120 | -0,290 | -0,520 | -1,25 | -2,00 | -2,60 | -3,78 | -6,37 | 2,82 | -0,67 |
| -2,2 | -0,160 | -0,350 | -0,570 | -1,27 | -2,02 | -2,54 | -3,68 | -6,14 | 2,90 | -0,62 |
| -2,0 | -0,200 | -0,390 | -0,610 | -1,30 | -2,00 | -2,51 | -3,60 | -5,91 | 2,95 | -0,57 |
| -1,8 | -0,240 | -0,420 | -0,640 | -1,32 | -1,99 | -2,46 | -3,50 | -5,64 | 3,01 | -0,51 |
| -1,6 | -0,280 | -0,460 | -0,680 | -1,33 | -1,97 | -2,42 | -3,39 | -5,37 | 3,07 | -0,45 |
| -1,4 | -0,310 | -0,490 | -0,710 | -1,34 | -1,95 | -2,37 | -3,27 | -5,09 | 3,12 | -0,39 |
| -1,2 | -0,350 | -0,520 | -0,730 | -1,34 | -1,92 | -2,31 | -3,15 | -4,81 | 3,16 | -0,34 |
| -1,0 | -0,380 | -0,550 | -0,760 | -1,34 | -1,88 | -2,25 | -3,02 | -4,53 | 3,20 | -0,27 |
| -0,8 | -0,410 | -0,580 | -0,790 | -1,34 | -1,84 | -2,18 | -2,89 | -4,24 | 3,22 | -0,22 |
| -0,6 | -0,440 | -0,610 | -0,800 | -1,33 | -1,80 | -2,12 | -2,75 | -3,96 | 3,25 | -0,17 |
| -0,4 | -0,470 | -0,630 | -0,820 | -1,32 | -1,75 | -2,04 | -2,61 | -3,66 | 3,27 | -0,11 |
| -0,2 | -0,500 | -0,650 | -0,830 | -1,30 | -1,70 | -1,96 | -2,47 | -3,38 | 3,28 | -0,05 |
| 0,0 | -0,520 | -0,670 | -0,840 | -1,28 | -1,64 | -1,88 | -2,33 | -3,09 | 3,28 | 0,00 |
| 0,2 | -0,550 | -0,690 | -0,850 | -1,26 | -1,58 | -1,79 | -2,18 | -2,81 | 3,28 | 0,06 |
| 0,4 | -0,570 | -0,71 | -0,850 | -1,23 | -1,52 | -1,70 | -2,03 | -2,54 | 3,27 | 0,11 |
| 0,6 | -0,590 | -0,72 | -0,850 | -1,20 | -1,45 | -1,61 | -1,88 | -2,27 | 3,25 | 0,17 |
| 0,8 | -0,600 | -0,73 | -0,860 | -1,17 | -1,38 | -1,52 | -1,74 | -2,02 | 3,22 | 0,22 |
| 1,0 | -0,620 | -0,730 | -0,850 | -1,13 | -1,32 | -1,42 | -1,59 | -1,79 | 3,20 | 0,28 |

Окончание табл. Г4

| Кэф. асим- мет- рии C_s | Значения Φ_p при вероятности превышения P , % | | | | | | | | $\Phi_{5\%} -$ $-\Phi_{95\%}$ | Кэф. скошен- ности S |
|------------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|------------------------------|
| | 70 | 75 | 80 | 90 | 95 | 97 | 99 | 99,9 | | |
| 1,2 | -0,630 | -0,740 | -0,840 | -1,08 | -1,24 | -1,33 | -1,45 | -1,58 | 3,16 | 0,34 |
| 1,4 | -0,640 | -0,730 | -0,830 | -1,04 | -1,17 | -1,23 | -1,32 | -1,39 | 3,12 | 0,39 |
| 1,6 | -0,640 | -0,730 | -0,810 | -0,990 | -1,10 | -1,14 | -1,2 | -1,24 | 3,07 | 0,45 |
| 1,8 | -0,640 | -0,720 | -0,800 | -0,940 | -1,02 | -1,06 | -1,09 | -1,11 | 3,01 | 0,51 |
| 2,0 | -0,640 | -0,710 | -0,780 | -0,900 | -0,950 | -0,970 | -0,990 | -1,00 | 2,95 | 0,57 |
| 2,2 | -0,640 | -0,690 | -0,750 | -0,842 | -0,882 | -0,895 | -0,905 | -0,910 | 2,89 | 0,62 |
| 2,4 | -0,620 | -0,670 | -0,720 | -0,792 | -0,820 | -0,826 | -0,830 | -0,833 | 2,82 | 0,67 |
| 2,6 | -0,610 | -0,660 | -0,700 | -0,746 | -0,764 | -0,766 | -0,770 | -0,770 | 2,76 | 0,72 |
| 2,8 | -0,600 | -0,640 | -0,670 | -0,703 | -0,711 | -0,714 | -0,715 | -0,715 | 2,71 | 0,76 |
| 3,0 | -0,590 | -0,620 | -0,640 | -0,661 | -0,665 | -0,666 | -0,666 | -0,667 | 2,64 | 0,80 |
| 3,2 | -0,570 | -0,590 | -0,610 | -0,621 | -0,625 | -0,625 | -0,625 | -0,625 | 2,59 | 0,83 |
| 3,4 | -0,550 | -0,570 | -0,580 | -0,586 | -0,587 | -0,588 | -0,588 | -0,588 | 2,53 | 0,86 |
| 3,6 | -0,540 | -0,540 | -0,550 | -0,555 | -0,556 | -0,556 | -0,556 | -0,556 | 2,48 | 0,89 |
| 3,8 | -0,510 | -0,520 | -0,520 | -0,526 | -0,526 | -0,526 | -0,526 | -0,527 | 2,43 | 0,91 |
| 4,0 | -0,490 | -0,490 | -0,500 | -0,500 | -0,500 | -0,500 | -0,500 | -0,500 | 2,40 | 0,92 |
| 4,2 | -0,470 | -0,473 | -0,475 | -0,476 | -0,476 | -0,476 | -0,477 | -0,477 | 2,36 | 0,94 |
| 4,4 | -0,451 | -0,454 | -0,455 | -0,455 | -0,455 | -0,455 | -0,455 | -0,455 | 2,32 | 0,95 |
| 4,6 | -0,432 | -0,454 | -0,435 | -0,435 | -0,435 | -0,435 | -0,435 | -0,435 | 2,28 | 0,97 |
| 4,8 | -0,416 | -0,416 | -0,416 | -0,416 | -0,416 | -0,416 | -0,417 | -0,417 | 2,23 | 0,98 |
| 5,0 | -0,399 | -0,400 | -0,400 | -0,400 | -0,400 | -0,400 | -0,400 | -0,400 | 2,18 | 0,98 |
| 5,2 | -0,384 | -0,385 | -0,385 | -0,385 | -0,385 | -0,385 | -0,385 | -0,385 | 2,12 | 0,98 |
| 5,4 | -0,370 | -0,370 | -0,370 | -0,370 | -0,370 | -0,370 | -0,370 | -0,370 | 2,07 | 1,00 |
| 5,6 | -0,360 | -0,360 | -0,360 | -0,360 | -0,360 | -0,360 | -0,360 | -0,360 | 2,03 | 1,00 |
| 5,8 | -0,350 | -0,350 | -0,350 | -0,350 | -0,350 | -0,350 | -0,350 | -0,350 | 1,99 | 1,00 |
| 6,0 | -0,340 | -0,340 | -0,340 | -0,340 | -0,340 | -0,340 | -0,340 | -0,340 | 1,94 | 1,00 |
| 6,2 | -0,340 | -0,340 | -0,340 | -0,340 | -0,340 | -0,340 | -0,340 | -0,340 | 1,90 | 1,00 |
| 6,4 | -0,330 | -0,330 | -0,330 | -0,330 | -0,330 | -0,330 | -0,330 | -0,330 | 1,85 | 1,00 |

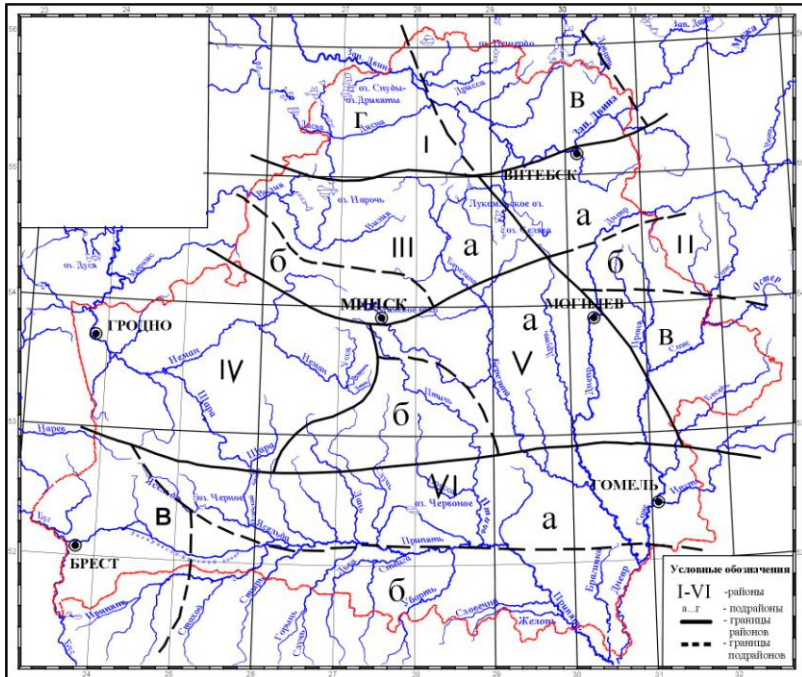


Рис. Г8. Карта-схема гидрологических районов Беларуси

Таблица Г5. Типовые районные распределения месячного стока рек
(в % от годового) по гидрологическим районам

| Водность года | Месячный сток, % | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|------|------|--------------|-----|------|-----|-----|------|------|-----|-----|
| | Весна | | | Лето – осень | | | | | | Зима | | |
| | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I | II |
| I Западно-Двинский район | | | | | | | | | | | | |
| Подрайон «В» | | | | | | | | | | | | |
| $A = 100 \text{ км}^2, A'_{\text{ос}} < 1 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 3,0 | 27,0 | 14,6 | 9,5 | 2,6 | 3,2 | 6,0 | 8,1 | 10,8 | 6,5 | 4,7 | 4,0 |
| Многоводный | 3,7 | 33,2 | 18,0 | 7,8 | 2,1 | 2,6 | 5,0 | 6,6 | 8,9 | 5,2 | 3,8 | 3,1 |
| Средний | 4,2 | 37,7 | 20,4 | 6,5 | 1,8 | 2,2 | 4,2 | 5,5 | 7,4 | 4,3 | 3,1 | 2,7 |
| Маловодный | 4,7 | 42,2 | 22,8 | 5,8 | 1,4 | 1,3 | 3,4 | 4,5 | 6,0 | 3,4 | 2,4 | 2,1 |
| Очень маловодный | 5,4 | 48,3 | 26,2 | 3,5 | 1,0 | 1,2 | 2,3 | 3,0 | 4,0 | 2,2 | 1,6 | 1,3 |
| $A = 100 \text{ км}^2, 1 \leq A'_{\text{ос}} \leq 5 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 3,8 | 22,0 | 12,1 | 9,9 | 3,9 | 3,7 | 6,1 | 8,7 | 11,2 | 8,0 | 5,8 | 4,8 |
| Многоводный | 4,9 | 28,7 | 15,8 | 8,2 | 3,2 | 3,1 | 5,0 | 7,1 | 9,2 | 6,4 | 4,6 | 3,8 |
| Средний | 5,8 | 33,5 | 18,4 | 6,8 | 2,7 | 2,6 | 4,1 | 6,0 | 7,7 | 5,3 | 3,9 | 3,2 |
| Маловодный | 6,6 | 38,3 | 21,1 | 5,5 | 2,2 | 2,1 | 3,4 | 4,9 | 6,2 | 4,2 | 3,0 | 2,5 |
| Очень маловодный | 7,7 | 45,0 | 24,8 | 3,7 | 1,5 | 1,4 | 2,3 | 3,2 | 4,2 | 2,7 | 1,9 | 1,6 |
| $A = 100 \text{ км}^2, 5 \leq A'_{\text{ос}} \leq 10 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 4,3 | 14,5 | 8,3 | 10,1 | 6,5 | 4,9 | 5,8 | 9,6 | 11,2 | 10,7 | 7,7 | 6,4 |
| Многоводный | 6,4 | 21,7 | 12,5 | 8,3 | 5,3 | 4,0 | 4,8 | 7,9 | 9,3 | 8,5 | 6,1 | 5,2 |
| Средний | 7,9 | 26,9 | 15,5 | 7,0 | 4,4 | 3,4 | 4,0 | 6,6 | 7,7 | 7,1 | 5,2 | 4,3 |
| Маловодный | 9,5 | 32,1 | 18,4 | 5,7 | 3,6 | 2,8 | 3,3 | 5,3 | 6,3 | 5,6 | 4,0 | 3,4 |
| Очень маловодный | 11,6 | 39,3 | 22,6 | 3,8 | 2,4 | 1,9 | 2,2 | 3,6 | 4,3 | 3,6 | 2,6 | 2,1 |
| $A = 1000 \text{ км}^2, A'_{\text{ос}} < 1 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 3,5 | 31,0 | 16,7 | 8,1 | 2,2 | 2,8 | 5,2 | 6,9 | 9,3 | 6,2 | 4,4 | 3,7 |
| Многоводный | 3,8 | 34,2 | 18,5 | 7,4 | 2,1 | 2,5 | 4,7 | 6,3 | 8,5 | 5,2 | 3,7 | 3,1 |
| Средний | 4,1 | 36,7 | 19,8 | 6,9 | 1,9 | 2,3 | 4,4 | 5,8 | 7,8 | 4,4 | 3,2 | 2,7 |
| Маловодный | 4,4 | 39,1 | 21,2 | 6,3 | 1,7 | 2,1 | 4,0 | 5,4 | 7,2 | 3,7 | 2,7 | 2,2 |
| Очень маловодный | 4,8 | 43,2 | 23,3 | 5,3 | 1,5 | 1,8 | 3,4 | 4,5 | 6,0 | 2,7 | 1,9 | 1,6 |
| $A = 1000 \text{ км}^2, 1 \leq A'_{\text{ос}} \leq 5 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 4,5 | 26,3 | 14,5 | 8,5 | 3,3 | 3,2 | 5,2 | 7,4 | 9,5 | 7,6 | 5,4 | 4,6 |
| Многоводный | 5,1 | 29,7 | 16,4 | 7,8 | 3,1 | 2,9 | 4,7 | 6,8 | 8,8 | 6,3 | 4,6 | 3,8 |
| Средний | 5,6 | 32,4 | 17,8 | 7,2 | 2,8 | 2,7 | 4,4 | 6,3 | 8,1 | 5,5 | 3,9 | 3,3 |
| Маловодный | 6,0 | 35,0 | 19,4 | 6,6 | 2,6 | 2,5 | 4,1 | 5,8 | 7,5 | 4,5 | 3,3 | 2,7 |
| Очень маловодный | 6,8 | 39,3 | 21,7 | 5,6 | 2,2 | 2,1 | 3,4 | 4,9 | 6,4 | 3,3 | 2,4 | 1,9 |
| $A = 1000 \text{ км}^2, 5 \leq A'_{\text{ос}} \leq 10 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 5,6 | 19,1 | 11,0 | 8,6 | 5,5 | 4,2 | 4,9 | 8,2 | 9,5 | 10,1 | 7,2 | 6,1 |
| Многоводный | 6,8 | 22,9 | 13,1 | 7,9 | 5,0 | 3,8 | 4,6 | 7,5 | 8,8 | 8,4 | 6,1 | 5,1 |
| Средний | 7,6 | 25,8 | 14,8 | 7,3 | 4,7 | 3,6 | 4,2 | 7,0 | 8,1 | 7,3 | 5,2 | 4,4 |
| Маловодный | 8,5 | 28,7 | 16,4 | 6,8 | 4,3 | 3,3 | 3,9 | 6,5 | 7,6 | 6,0 | 4,3 | 3,7 |
| Очень маловодный | 9,8 | 33,3 | 19,1 | 5,8 | 3,7 | 2,8 | 3,4 | 5,5 | 6,5 | 4,3 | 3,1 | 2,7 |

| Водность года | Месячный сток, % | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|------|--------------|-----|-----|------|-----|------|------|------|-----|-----|
| | Весна | | Лето – осень | | | | | | | Зима | | |
| | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I | II |
| $A = 5000 \text{ км}^2, A_{01} < 1 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 3,7 | 32,7 | 17,7 | 7,6 | 2,1 | 2,6 | 4,8 | 6,4 | 8,6 | 5,9 | 4,3 | 3,6 |
| Многоводный | 3,9 | 34,7 | 18,8 | 7,2 | 2,0 | 2,5 | 4,6 | 6,1 | 8,3 | 5,1 | 3,7 | 3,1 |
| Средний | 4,1 | 36,2 | 19,5 | 7,0 | 1,9 | 2,4 | 4,5 | 6,0 | 8,0 | 4,5 | 3,2 | 2,7 |
| Маловодный | 4,3 | 37,9 | 20,5 | 6,7 | 1,8 | 2,3 | 4,2 | 5,7 | 7,6 | 3,9 | 2,8 | 2,3 |
| Очень маловодный | 4,5 | 40,2 | 21,7 | 6,3 | 1,7 | 2,2 | 4,0 | 5,3 | 7,2 | 3,0 | 2,1 | 1,8 |
| $A = 5000 \text{ км}^2, 1 \leq A_{01} \leq 5 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 4,9 | 28,1 | 15,5 | 7,9 | 3,1 | 3,0 | 4,8 | 6,9 | 8,9 | 7,3 | 5,2 | 4,4 |
| Многоводный | 5,2 | 30,3 | 16,7 | 7,6 | 3,0 | 2,9 | 4,6 | 6,6 | 8,5 | 6,3 | 4,5 | 3,8 |
| Средний | 5,5 | 31,8 | 17,6 | 7,4 | 2,9 | 2,7 | 4,5 | 6,5 | 8,3 | 5,5 | 4,0 | 3,3 |
| Маловодный | 5,8 | 33,7 | 18,6 | 7,0 | 2,8 | 2,6 | 4,3 | 6,2 | 7,9 | 4,8 | 3,4 | 2,9 |
| Очень маловодный | 6,2 | 36,1 | 20,0 | 6,7 | 2,6 | 2,5 | 4,1 | 5,8 | 7,5 | 3,7 | 2,6 | 2,2 |
| $A = 5000 \text{ км}^2, 5 \leq A_{01} \leq 10 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 6,2 | 21,1 | 12,2 | 8,0 | 5,1 | 3,9 | 4,6 | 7,6 | 8,8 | 9,7 | 7,0 | 5,8 |
| Многоводный | 6,9 | 23,4 | 13,5 | 7,7 | 4,9 | 3,8 | 4,5 | 7,4 | 8,5 | 8,3 | 6,0 | 5,1 |
| Средний | 7,4 | 25,2 | 14,5 | 7,5 | 4,8 | 3,7 | 4,3 | 7,2 | 8,3 | 7,4 | 5,3 | 4,4 |
| Маловодный | 8,1 | 27,2 | 15,6 | 7,2 | 4,6 | 3,5 | 4,1 | 6,9 | 8,0 | 6,4 | 4,6 | 3,8 |
| Очень маловодный | 8,8 | 29,8 | 17,1 | 6,9 | 4,4 | 3,4 | 4,0 | 6,6 | 7,7 | 4,9 | 3,5 | 2,9 |
| Подрайон «Г», $A = 100 \text{ км}^2, A_{01} < 1 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 9,6 | 36,3 | 3,0 | 7,9 | 3,3 | 1,3 | 1,8 | 6,3 | 12,3 | 10,6 | 4,8 | 2,8 |
| Многоводный | 11,7 | 44,0 | 3,6 | 6,4 | 2,7 | 1,1 | 1,5 | 5,1 | 9,9 | 8,1 | 3,7 | 2,2 |
| Средний | 13,0 | 49,0 | 4,0 | 5,5 | 2,3 | 0,9 | 1,3 | 4,4 | 8,5 | 6,4 | 2,9 | 1,8 |
| Маловодный | 14,5 | 54,5 | 4,4 | 4,4 | 1,8 | 0,8 | 1,0 | 3,5 | 6,9 | 4,8 | 2,2 | 1,2 |
| Очень маловодный | 16,4 | 61,7 | 4,9 | 2,9 | 1,2 | 0,5 | 0,7 | 2,3 | 4,6 | 2,8 | 1,3 | 0,7 |
| $A = 100 \text{ км}^2, 1 \leq A_{01} \leq 5 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 9,7 | 29,0 | 3,3 | 8,4 | 3,6 | 1,8 | 2,6 | 7,6 | 12,1 | 11,9 | 6,0 | 4,0 |
| Многоводный | 12,4 | 37,1 | 4,3 | 6,9 | 2,9 | 1,5 | 2,1 | 6,2 | 9,8 | 9,2 | 4,6 | 3,0 |
| Средний | 14,1 | 42,4 | 4,9 | 5,9 | 2,5 | 1,3 | 1,8 | 5,3 | 8,4 | 7,3 | 3,7 | 2,4 |
| Маловодный | 16,1 | 48,2 | 5,5 | 4,7 | 2,0 | 1,0 | 1,5 | 4,3 | 6,8 | 5,4 | 2,7 | 1,8 |
| Очень маловодный | 18,6 | 55,7 | 6,4 | 3,2 | 1,4 | 0,7 | 1,0 | 2,9 | 4,4 | 3,1 | 1,6 | 1,0 |
| $A = 100 \text{ км}^2, 5 \leq A_{01} \leq 10 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 8,9 | 18,3 | 3,8 | 9,2 | 4,1 | 2,9 | 4,3 | 10,0 | 10,8 | 13,2 | 8,0 | 6,5 |
| Многоводный | 13,0 | 26,6 | 5,4 | 7,5 | 3,4 | 2,4 | 3,5 | 8,1 | 8,8 | 10,2 | 6,2 | 4,9 |
| Средний | 15,6 | 31,9 | 6,5 | 6,5 | 2,9 | 2,0 | 3,1 | 7,0 | 7,6 | 8,1 | 4,9 | 3,9 |
| Маловодный | 18,4 | 37,8 | 7,8 | 5,2 | 2,4 | 1,6 | 2,5 | 5,7 | 6,1 | 6,0 | 3,6 | 2,9 |
| Очень маловодный | 22,2 | 45,5 | 9,3 | 3,5 | 1,6 | 1,1 | 1,7 | 3,8 | 4,1 | 3,4 | 2,1 | 1,7 |
| $A = 1000 \text{ км}^2, A_{01} < 1 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 10,1 | 38,3 | 3,1 | 7,5 | 3,1 | 1,3 | 1,7 | 6,1 | 11,7 | 9,9 | 4,5 | 2,7 |
| Многоводный | 11,8 | 44,4 | 3,5 | 6,3 | 2,6 | 1,1 | 1,5 | 5,1 | 9,8 | 8,1 | 3,7 | 2,1 |
| Средний | 12,9 | 48,7 | 4,0 | 5,5 | 2,3 | 0,9 | 1,3 | 4,4 | 8,5 | 6,7 | 3,0 | 1,8 |
| Маловодный | 14,1 | 53,1 | 4,3 | 4,7 | 1,9 | 0,8 | 1,1 | 3,7 | 7,2 | 5,3 | 2,4 | 1,4 |
| Очень маловодный | 15,7 | 59,1 | 4,8 | 3,4 | 1,4 | 0,6 | 0,8 | 2,8 | 5,3 | 3,5 | 1,6 | 1,0 |

Продолжение табл. Г5

| Водность года | Месячный сток, % | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|------|--------------|-----|-----|------|-----|------|------|------|-----|-----|
| | Весна | | Лето – осень | | | | | Зима | | | | |
| | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I | II |
| $A = 1000 \text{ км}^2, 1 \leq A'_{\text{ос}} \leq 5 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 10,4 | 31,0 | 3,6 | 8,0 | 3,4 | 1,8 | 2,5 | 7,3 | 11,4 | 11,2 | 5,7 | 3,7 |
| Многоводный | 12,5 | 37,4 | 4,3 | 6,8 | 2,9 | 1,5 | 2,1 | 6,2 | 9,7 | 9,0 | 4,6 | 3,0 |
| Средний | 14,0 | 42,0 | 4,9 | 5,9 | 2,5 | 1,3 | 1,8 | 5,3 | 8,5 | 7,5 | 3,8 | 2,5 |
| Маловодный | 15,6 | 46,7 | 5,4 | 5,0 | 2,1 | 1,1 | 1,5 | 4,5 | 7,1 | 6,0 | 3,0 | 2,0 |
| Очень маловодный | 17,7 | 53,1 | 6,1 | 3,7 | 1,6 | 0,8 | 1,1 | 3,3 | 5,2 | 4,0 | 2,1 | 1,3 |
| $A = 1000 \text{ км}^2, 5 \leq A'_{\text{ос}} \leq 10 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 9,9 | 20,4 | 4,2 | 8,8 | 4,0 | 2,8 | 4,1 | 9,5 | 10,3 | 12,4 | 7,5 | 6,1 |
| Многоводный | 13,1 | 26,9 | 5,5 | 7,4 | 3,3 | 2,3 | 3,5 | 8,1 | 8,8 | 10,1 | 6,1 | 4,9 |
| Средний | 15,4 | 31,6 | 6,5 | 6,4 | 2,9 | 2,0 | 3,0 | 7,1 | 7,6 | 8,4 | 5,1 | 4,0 |
| Маловодный | 17,7 | 36,3 | 7,5 | 5,5 | 2,5 | 1,7 | 2,6 | 5,9 | 6,4 | 6,6 | 4,0 | 3,3 |
| Очень маловодный | 20,9 | 42,8 | 8,8 | 4,0 | 1,8 | 1,3 | 1,9 | 4,4 | 4,8 | 4,4 | 2,7 | 2,2 |
| $A = 5000 \text{ км}^2, A'_{\text{ос}} < 1 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 10,4 | 39,1 | 3,1 | 7,4 | 3,1 | 1,3 | 1,7 | 5,9 | 11,5 | 9,6 | 4,4 | 2,5 |
| Многоводный | 11,8 | 44,3 | 3,6 | 6,4 | 2,6 | 1,1 | 1,5 | 5,1 | 9,8 | 8,0 | 3,6 | 2,2 |
| Средний | 12,8 | 48,1 | 3,9 | 5,6 | 2,3 | 0,9 | 1,3 | 4,6 | 8,7 | 6,8 | 3,1 | 1,9 |
| Маловодный | 13,9 | 52,3 | 4,2 | 4,8 | 2,0 | 0,8 | 1,1 | 3,9 | 7,4 | 5,6 | 2,5 | 1,5 |
| Очень маловодный | 15,3 | 57,8 | 4,7 | 3,7 | 1,5 | 0,6 | 0,9 | 2,9 | 5,7 | 4,0 | 1,8 | 1,1 |
| $A = 5000 \text{ км}^2, 1 \leq A'_{\text{ос}} \leq 5 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 10,6 | 31,9 | 3,7 | 7,9 | 3,4 | 1,7 | 2,4 | 7,2 | 11,4 | 10,8 | 5,4 | 3,6 |
| Многоводный | 12,5 | 37,4 | 4,3 | 6,8 | 2,9 | 1,5 | 2,1 | 6,2 | 9,8 | 9,0 | 4,5 | 3,0 |
| Средний | 13,8 | 41,5 | 4,8 | 6,0 | 2,6 | 1,3 | 1,9 | 5,4 | 8,6 | 7,7 | 3,9 | 2,5 |
| Маловодный | 15,3 | 45,8 | 5,3 | 5,1 | 2,2 | 1,1 | 1,6 | 4,6 | 7,4 | 6,3 | 3,2 | 2,1 |
| Очень маловодный | 17,2 | 51,6 | 6,0 | 4,0 | 1,7 | 0,9 | 1,2 | 3,6 | 5,6 | 4,5 | 2,3 | 1,4 |
| $A = 5000 \text{ км}^2, 5 \leq A'_{\text{ос}} \leq 10 \%$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 10,4 | 21,3 | 4,3 | 8,6 | 3,9 | 2,7 | 4,1 | 9,4 | 10,2 | 12,0 | 7,3 | 5,8 |
| Многоводный | 13,1 | 26,9 | 5,5 | 7,5 | 3,4 | 2,4 | 3,5 | 8,0 | 8,8 | 10,0 | 6,1 | 4,8 |
| Средний | 15,1 | 31,0 | 6,4 | 6,6 | 3,0 | 2,1 | 3,1 | 7,1 | 7,7 | 8,6 | 5,2 | 4,1 |
| Маловодный | 17,3 | 35,5 | 7,2 | 5,6 | 2,5 | 1,8 | 2,7 | 6,1 | 6,7 | 7,0 | 4,2 | 3,4 |
| Очень маловодный | 20,2 | 41,4 | 8,4 | 4,4 | 2,0 | 1,4 | 2,0 | 4,7 | 5,1 | 5,0 | 3,0 | 2,4 |
| II Верхне-Днепровский район | | | | | | | | | | | | |
| Подрайон «А», $A = 50 \text{ км}^2$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 39,9 | 17,8 | 2,9 | 4,4 | 3,7 | 6,6 | 4,9 | 5,4 | 7,7 | 3,3 | 1,9 | 1,5 |
| Многоводный | 46,1 | 20,5 | 3,4 | 3,3 | 2,8 | 5,0 | 3,7 | 4,1 | 5,8 | 2,6 | 1,5 | 1,2 |
| Средний | 50,3 | 22,4 | 3,8 | 2,6 | 2,2 | 3,8 | 2,9 | 3,1 | 4,5 | 2,2 | 1,2 | 1,0 |
| Маловодный | 54,6 | 24,3 | 4,1 | 1,8 | 1,6 | 2,7 | 2,0 | 2,2 | 3,2 | 1,7 | 1,0 | 0,8 |
| Очень маловодный | 59,9 | 26,7 | 4,5 | 0,9 | 0,8 | 1,4 | 1,0 | 1,1 | 1,5 | 1,1 | 0,6 | 0,5 |
| $A = 100 \text{ км}^2$ | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 14,7 | 40,7 | 2,8 | 3,6 | 2,8 | 7,0 | 4,9 | 6,1 | 9,8 | 4,1 | 2,1 | 1,4 |
| Многоводный | 17,1 | 47,5 | 3,2 | 2,8 | 2,2 | 5,3 | 3,7 | 4,6 | 7,4 | 3,4 | 1,7 | 1,1 |
| Средний | 18,8 | 52,1 | 3,6 | 2,2 | 1,7 | 4,2 | 2,9 | 3,6 | 5,7 | 2,8 | 1,4 | 1,0 |
| Маловодный | 20,4 | 56,6 | 3,9 | 1,6 | 1,2 | 3,1 | 2,1 | 2,6 | 4,3 | 2,3 | 1,2 | 0,7 |
| Очень маловодный | 22,6 | 62,7 | 4,3 | 0,8 | 0,6 | 1,6 | 1,1 | 1,4 | 2,2 | 1,5 | 0,7 | 0,5 |

| Водность года | Месячный сток, % | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|------|--------------|-----|-----|------|-----|------|------|-----|-----|-----|
| | Весна | | Лето – осень | | | | | Зима | | | | |
| | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I | II |
| A = 1000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 2,7 | 39,7 | 12,1 | 5,7 | 2,4 | 3,3 | 9,4 | 6,0 | 9,5 | 4,4 | 2,6 | 2,2 |
| Многоводный | 3,2 | 46,6 | 14,1 | 4,5 | 1,8 | 2,6 | 7,4 | 4,7 | 7,5 | 3,7 | 2,2 | 1,7 |
| Средний | 3,8 | 52,7 | 13,9 | 7,7 | 2,8 | 2,4 | 2,1 | 2,9 | 5,2 | 3,3 | 1,7 | 1,5 |
| Маловодный | 6,0 | 58,9 | 12,3 | 3,7 | 2,6 | 2,1 | 2,0 | 3,1 | 3,9 | 2,1 | 1,8 | 1,5 |
| Очень маловодный | 6,7 | 65,4 | 13,6 | 2,2 | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 1,9 | 2,3 | 1,5 | 1,2 | 1,1 |
| A = 5000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 2,6 | 37,7 | 11,4 | 6,0 | 2,5 | 3,5 | 9,8 | 6,2 | 10,0 | 5,0 | 2,9 | 2,4 |
| Многоводный | 3,1 | 44,6 | 13,5 | 4,7 | 2,0 | 2,7 | 7,8 | 5,0 | 7,9 | 4,2 | 2,5 | 2,0 |
| Средний | 3,7 | 50,7 | 13,4 | 8,2 | 3,0 | 2,5 | 2,3 | 3,2 | 5,5 | 3,8 | 2,0 | 1,7 |
| Маловодный | 4,0 | 56,0 | 14,8 | 4,0 | 2,8 | 2,3 | 2,2 | 3,3 | 4,3 | 2,5 | 2,0 | 1,8 |
| Очень маловодный | 6,5 | 63,8 | 13,3 | 2,5 | 1,8 | 1,4 | 1,4 | 2,1 | 2,6 | 1,8 | 1,5 | 1,3 |
| Подрайон «Б», A = 50 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 46,3 | 20,6 | 3,4 | 3,1 | 2,6 | 4,7 | 3,5 | 3,9 | 5,6 | 3,1 | 1,8 | 1,4 |
| Многоводный | 47,5 | 21,2 | 3,5 | 2,8 | 2,4 | 4,2 | 3,1 | 3,5 | 5,0 | 3,4 | 1,9 | 1,5 |
| Средний | 48,4 | 21,5 | 3,6 | 2,6 | 2,2 | 3,9 | 2,8 | 3,2 | 4,5 | 3,6 | 2,1 | 1,6 |
| Маловодный | 49,5 | 22,0 | 3,7 | 2,3 | 1,9 | 3,5 | 2,6 | 2,8 | 4,1 | 3,8 | 2,1 | 1,7 |
| Очень маловодный | 51,3 | 22,8 | 3,8 | 1,8 | 1,6 | 2,8 | 2,1 | 2,3 | 3,2 | 4,1 | 2,3 | 1,9 |
| A = 100 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 17,2 | 47,7 | 3,2 | 2,6 | 2,1 | 5,1 | 3,6 | 4,4 | 7,1 | 3,8 | 1,9 | 1,3 |
| Многоводный | 17,7 | 49,1 | 3,3 | 2,4 | 1,9 | 4,6 | 3,2 | 4,0 | 6,3 | 4,1 | 2,1 | 1,3 |
| Средний | 18,0 | 50,1 | 3,5 | 2,2 | 1,7 | 4,2 | 2,9 | 3,6 | 5,8 | 4,4 | 2,2 | 1,4 |
| Маловодный | 18,5 | 51,3 | 3,5 | 1,9 | 1,5 | 3,8 | 2,6 | 3,2 | 5,3 | 4,6 | 2,3 | 1,5 |
| Очень маловодный | 19,2 | 53,3 | 3,7 | 1,6 | 1,2 | 3,1 | 2,1 | 2,6 | 4,3 | 4,8 | 2,5 | 1,6 |
| A = 1000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 13,1 | 46,6 | 4,9 | 3,3 | 2,5 | 5,3 | 4,6 | 4,5 | 6,7 | 4,4 | 2,4 | 1,7 |
| Многоводный | 13,4 | 48,0 | 5,1 | 3,0 | 2,3 | 4,8 | 4,2 | 4,1 | 6,2 | 4,6 | 2,5 | 1,8 |
| Средний | 11,9 | 51,2 | 5,1 | 2,8 | 3,7 | 4,4 | 2,4 | 3,7 | 5,7 | 4,7 | 2,5 | 1,9 |
| Маловодный | 16,9 | 47,3 | 5,6 | 3,8 | 2,6 | 2,2 | 1,9 | 3,4 | 6,7 | 4,1 | 2,9 | 2,6 |
| Очень маловодный | 17,5 | 49,0 | 5,9 | 3,3 | 2,2 | 1,9 | 1,6 | 2,9 | 5,7 | 4,2 | 3,1 | 2,7 |
| A = 5000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 12,6 | 44,9 | 4,7 | 3,5 | 2,7 | 5,6 | 4,9 | 4,7 | 7,1 | 4,8 | 2,6 | 1,9 |
| Многоводный | 12,9 | 46,2 | 4,9 | 3,2 | 2,5 | 5,1 | 4,5 | 4,4 | 6,5 | 5,0 | 2,7 | 2,1 |
| Средний | 11,4 | 49,1 | 4,9 | 3,0 | 4,0 | 4,7 | 2,6 | 4,0 | 6,2 | 5,2 | 2,8 | 2,1 |
| Маловодный | 16,2 | 45,4 | 5,5 | 4,2 | 2,9 | 2,4 | 2,0 | 3,7 | 7,3 | 4,4 | 3,2 | 2,8 |
| Очень маловодный | 16,7 | 46,9 | 5,6 | 3,6 | 2,5 | 2,1 | 1,8 | 3,2 | 6,3 | 4,8 | 3,5 | 3,0 |
| Подрайон «В», A = 50 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 44,8 | 20,0 | 3,3 | 2,7 | 2,3 | 4,1 | 3,1 | 3,4 | 4,9 | 5,7 | 3,2 | 2,5 |
| Многоводный | 47,0 | 20,9 | 3,5 | 2,6 | 2,1 | 3,8 | 2,9 | 3,1 | 4,5 | 4,8 | 2,7 | 2,1 |
| Средний | 49,0 | 21,8 | 3,6 | 2,3 | 1,9 | 3,5 | 2,6 | 2,8 | 4,1 | 4,2 | 2,4 | 1,8 |
| Маловодный | 50,7 | 22,6 | 3,7 | 2,2 | 1,8 | 3,3 | 2,4 | 2,6 | 3,8 | 3,4 | 2,0 | 1,5 |
| Очень маловодный | 53,9 | 24,0 | 4,0 | 1,8 | 1,5 | 2,6 | 2,0 | 2,1 | 3,1 | 2,5 | 1,4 | 1,1 |

Продолжение табл. Г5

| Водность года | Месячный сток, % | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|------|--------------|-----|-----|------|-----|------|------|------|-----|-----|
| | Весна | | Лето – осень | | | | | Зима | | | | |
| | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I | II |
| A = 100 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 12,1 | 47,6 | 6,4 | 5,4 | 1,9 | 2,2 | 3,0 | 3,8 | 5,7 | 6,0 | 3,7 | 2,2 |
| Многоводный | 12,7 | 50,1 | 6,8 | 4,9 | 1,7 | 2,0 | 2,8 | 3,5 | 5,3 | 5,1 | 3,2 | 1,9 |
| Средний | 13,2 | 52,0 | 7,0 | 4,6 | 1,6 | 1,9 | 2,6 | 3,3 | 4,9 | 4,4 | 2,8 | 1,7 |
| Маловодный | 13,7 | 54,1 | 7,3 | 4,2 | 1,5 | 1,7 | 2,4 | 3,0 | 4,5 | 3,8 | 2,4 | 1,4 |
| Очень маловодный | 14,6 | 57,4 | 7,7 | 3,6 | 1,3 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,8 | 2,8 | 1,8 | 1,0 |
| A = 1000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 3,7 | 49,0 | 10,3 | 1,6 | 2,0 | 3,5 | 6,1 | 4,1 | 6,9 | 7,3 | 3,3 | 2,2 |
| Многоводный | 3,9 | 51,4 | 10,9 | 1,5 | 1,9 | 3,3 | 5,7 | 3,8 | 6,4 | 6,4 | 2,9 | 1,9 |
| Средний | 15,4 | 45,3 | 7,8 | 3,5 | 2,7 | 2,4 | 2,0 | 3,9 | 7,0 | 4,5 | 3,1 | 2,4 |
| Маловодный | 18,2 | 46,6 | 6,3 | 4,6 | 2,7 | 1,9 | 2,2 | 3,7 | 5,0 | 3,9 | 2,6 | 2,3 |
| Очень маловодный | 19,2 | 49,1 | 6,7 | 4,2 | 2,4 | 1,8 | 1,9 | 3,3 | 4,5 | 3,0 | 2,1 | 1,8 |
| A = 5000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 3,5 | 46,7 | 9,9 | 1,8 | 2,2 | 3,8 | 6,6 | 4,4 | 7,4 | 7,9 | 3,5 | 2,3 |
| Многоводный | 3,7 | 49,1 | 10,4 | 1,7 | 2,1 | 3,6 | 6,2 | 4,1 | 7,0 | 6,9 | 3,1 | 2,1 |
| Средний | 14,8 | 43,5 | 7,4 | 3,9 | 2,9 | 2,6 | 2,2 | 4,3 | 7,6 | 4,9 | 3,3 | 2,6 |
| Маловодный | 17,5 | 44,9 | 6,1 | 5,1 | 2,9 | 2,1 | 2,4 | 3,9 | 5,5 | 4,2 | 2,9 | 2,5 |
| Очень маловодный | 18,6 | 47,6 | 6,5 | 4,5 | 2,6 | 1,9 | 2,1 | 3,6 | 4,9 | 3,4 | 2,3 | 2,0 |
| III Вилейский район | | | | | | | | | | | | |
| Подрайон «А», A = 100 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 23,8 | 7,5 | 3,9 | 6,1 | 4,0 | 4,9 | 8,9 | 6,8 | 11,5 | 10,5 | 7,1 | 5,0 |
| Многоводный | 29,0 | 9,1 | 4,7 | 5,6 | 3,7 | 4,5 | 8,2 | 6,2 | 10,5 | 8,6 | 5,8 | 4,1 |
| Средний | 32,6 | 10,2 | 5,4 | 5,2 | 3,4 | 4,2 | 7,8 | 5,8 | 9,8 | 7,3 | 4,9 | 3,4 |
| Маловодный | 37,0 | 11,6 | 6,0 | 4,8 | 3,1 | 3,8 | 7,0 | 5,3 | 8,8 | 5,9 | 3,9 | 2,8 |
| Очень маловодный | 43,6 | 13,7 | 7,1 | 4,0 | 2,6 | 3,2 | 5,8 | 4,4 | 7,3 | 3,9 | 2,6 | 1,8 |
| A = 1000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 4,0 | 24,1 | 8,2 | 3,0 | 4,2 | 10,1 | 5,6 | 7,2 | 12,2 | 9,1 | 6,6 | 5,7 |
| Многоводный | 4,7 | 28,4 | 9,7 | 2,8 | 3,9 | 9,2 | 5,1 | 6,6 | 11,2 | 7,9 | 5,6 | 4,9 |
| Средний | 14,8 | 23,8 | 9,0 | 8,3 | 4,2 | 4,8 | 5,6 | 6,1 | 7,1 | 6,5 | 5,3 | 4,5 |
| Маловодный | 16,3 | 26,2 | 10,0 | 7,3 | 5,6 | 5,0 | 4,3 | 5,0 | 6,2 | 5,5 | 4,7 | 3,9 |
| Очень маловодный | 16,9 | 29,6 | 13,0 | 6,5 | 5,0 | 4,4 | 3,8 | 4,4 | 5,4 | 4,3 | 3,7 | 3,0 |
| A = 5000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 4,3 | 26,3 | 8,4 | 3,1 | 4,0 | 9,9 | 5,9 | 7,0 | 10,7 | 9,4 | 6,0 | 5,0 |
| Многоводный | 4,8 | 29,2 | 9,3 | 3,0 | 3,8 | 9,4 | 5,6 | 6,6 | 10,1 | 8,4 | 5,4 | 4,4 |
| Средний | 14,9 | 23,9 | 7,7 | 7,5 | 4,0 | 4,4 | 5,2 | 6,3 | 9,6 | 6,9 | 5,2 | 4,4 |
| Маловодный | 16,1 | 25,9 | 8,3 | 7,6 | 5,7 | 5,1 | 4,6 | 5,1 | 6,6 | 6,5 | 4,6 | 3,9 |
| Очень маловодный | 16,9 | 26,5 | 11,8 | 7,1 | 5,3 | 4,7 | 4,3 | 4,8 | 6,0 | 5,5 | 3,9 | 3,2 |
| Подрайон «Б», A = 100 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 18,4 | 10,0 | 6,2 | 9,4 | 6,7 | 4,7 | 5,5 | 6,5 | 8,8 | 9,4 | 7,9 | 6,5 |
| Многоводный | 20,3 | 11,0 | 6,9 | 9,2 | 6,5 | 4,6 | 5,4 | 6,4 | 8,5 | 8,3 | 7,1 | 5,8 |
| Средний | 21,6 | 11,7 | 7,3 | 9,0 | 6,4 | 4,6 | 5,3 | 6,3 | 8,4 | 7,6 | 6,5 | 5,3 |
| Маловодный | 23,2 | 12,6 | 7,8 | 8,8 | 6,2 | 4,4 | 5,2 | 6,1 | 8,3 | 6,8 | 5,8 | 4,8 |
| Очень маловодный | 25,7 | 14,0 | 8,7 | 8,4 | 5,9 | 4,2 | 4,9 | 5,8 | 7,8 | 5,7 | 4,9 | 4,0 |

| Водность года | Месячный сток, % | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|------|--------------|------|-----|------|-----|-----|------|------|-----|-----|
| | Весна | | Лето – осень | | | | | | Зима | | | |
| | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I | II |
| A = 500 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 21,0 | 10,2 | 4,0 | 6,3 | 4,6 | 5,3 | 8,6 | 7,2 | 9,6 | 10,1 | 5,9 | 7,2 |
| Многоводный | 22,8 | 11,0 | 4,4 | 6,2 | 4,5 | 5,1 | 8,4 | 7,0 | 9,4 | 9,2 | 5,4 | 6,6 |
| Средний | 24,2 | 11,7 | 4,7 | 6,1 | 4,4 | 5,0 | 8,2 | 6,9 | 9,2 | 8,5 | 5,0 | 6,1 |
| Маловодный | 25,7 | 12,4 | 4,9 | 5,9 | 4,3 | 4,9 | 8,0 | 6,7 | 9,0 | 7,9 | 4,6 | 5,7 |
| Очень маловодный | 27,8 | 13,5 | 5,3 | 5,7 | 4,2 | 4,7 | 7,8 | 6,5 | 8,7 | 6,9 | 4,0 | 4,9 |
| A = 1000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 20,7 | 10,0 | 3,9 | 6,5 | 4,7 | 5,4 | 8,8 | 7,4 | 9,8 | 9,9 | 5,8 | 7,1 |
| Многоводный | 22,8 | 11,0 | 4,4 | 6,2 | 4,5 | 5,1 | 8,5 | 7,1 | 9,4 | 9,1 | 5,3 | 6,6 |
| Средний | 24,2 | 11,7 | 4,7 | 6,0 | 4,4 | 5,0 | 8,2 | 6,9 | 9,1 | 8,6 | 5,0 | 6,2 |
| Маловодный | 25,7 | 12,4 | 4,9 | 5,8 | 4,3 | 4,9 | 8,0 | 6,7 | 8,9 | 8,0 | 4,7 | 5,7 |
| Очень маловодный | 27,8 | 13,5 | 5,3 | 5,6 | 4,1 | 4,7 | 7,7 | 6,4 | 8,5 | 7,1 | 4,2 | 5,1 |
| IV Неманский район | | | | | | | | | | | | |
| A = 100 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 23,4 | 7,4 | 4,2 | 8,7 | 4,9 | 6,1 | 3,7 | 8,4 | 12,8 | 11,0 | 5,5 | 3,9 |
| Многоводный | 27,5 | 8,7 | 5,0 | 7,5 | 4,2 | 5,3 | 3,2 | 7,3 | 11,0 | 10,9 | 5,5 | 3,9 |
| Средний | 30,5 | 9,7 | 5,5 | 6,6 | 3,8 | 4,7 | 2,8 | 6,5 | 9,8 | 10,8 | 5,4 | 3,9 |
| Маловодный | 34,3 | 10,8 | 6,2 | 5,7 | 3,2 | 4,0 | 2,4 | 5,5 | 8,4 | 10,5 | 5,2 | 3,8 |
| Очень маловодный | 39,5 | 12,5 | 7,1 | 4,3 | 2,4 | 3,0 | 1,8 | 4,2 | 6,3 | 10,2 | 5,1 | 3,6 |
| A = 1000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 9,9 | 23,6 | 4,3 | 9,3 | 4,2 | 5,2 | 3,8 | 7,7 | 12,5 | 9,7 | 5,6 | 4,2 |
| Многоводный | 10,9 | 26,1 | 4,8 | 8,3 | 3,8 | 4,6 | 3,4 | 6,9 | 11,2 | 9,9 | 5,8 | 4,3 |
| Средний | 14,5 | 25,1 | 5,5 | 7,7 | 4,4 | 5,3 | 3,9 | 5,2 | 8,4 | 9,3 | 6,0 | 4,7 |
| Маловодный | 15,4 | 26,6 | 5,9 | 6,9 | 3,9 | 4,8 | 3,5 | 4,6 | 7,6 | 9,3 | 6,4 | 5,1 |
| Очень маловодный | 17,4 | 25,2 | 10,4 | 5,3 | 3,6 | 4,1 | 3,2 | 4,1 | 6,0 | 9,2 | 6,4 | 5,1 |
| A = 5000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 10,0 | 24,0 | 4,4 | 9,0 | 4,1 | 5,0 | 3,7 | 7,5 | 12,1 | 10,0 | 5,9 | 4,3 |
| Многоводный | 10,9 | 26,1 | 4,8 | 8,2 | 3,7 | 4,6 | 3,4 | 6,8 | 11,1 | 10,1 | 5,9 | 4,4 |
| Средний | 14,4 | 24,8 | 5,4 | 7,8 | 4,4 | 5,4 | 4,0 | 5,2 | 8,5 | 9,3 | 6,0 | 4,8 |
| Маловодный | 15,3 | 26,4 | 5,7 | 7,2 | 4,0 | 4,9 | 3,7 | 4,8 | 7,8 | 9,0 | 6,2 | 5,0 |
| Очень маловодный | 17,0 | 24,7 | 10,1 | 5,7 | 3,9 | 4,4 | 3,5 | 4,4 | 6,5 | 8,8 | 6,1 | 4,9 |
| V Центрально-Березинский район | | | | | | | | | | | | |
| Подрайон «А», A = 50 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 12,6 | 36,2 | 5,3 | 10,3 | 2,0 | 3,0 | 5,1 | 5,7 | 9,6 | 5,5 | 3,4 | |
| Многоводный | 13,2 | 37,9 | 5,5 | 8,8 | 1,7 | 2,6 | 4,4 | 4,9 | 8,3 | 6,8 | 4,3 | |
| Средний | 13,6 | 39,1 | 5,7 | 7,8 | 1,5 | 2,3 | 3,8 | 4,3 | 7,3 | 7,8 | 5,0 | |
| Маловодный | 14,2 | 40,8 | 5,9 | 6,5 | 1,2 | 2,0 | 3,2 | 3,6 | 6,1 | 8,9 | 5,6 | |
| Очень маловодный | 15,2 | 43,7 | 6,3 | 4,7 | 0,9 | 1,4 | 2,3 | 2,6 | 4,3 | 10,0 | 6,3 | |
| A = 100 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 11,7 | 35,7 | 4,4 | 8,6 | 3,8 | 3,0 | 5,4 | 5,9 | 10,2 | 2,7 | 3,7 | |
| Многоводный | 12,1 | 36,9 | 4,6 | 7,7 | 3,4 | 2,6 | 4,8 | 5,2 | 9,2 | 3,2 | 4,4 | |
| Средний | 31,3 | 15,7 | 8,0 | 3,1 | 6,4 | 4,4 | 2,6 | 5,2 | 7,7 | 7,0 | 4,0 | |
| Маловодный | 16,9 | 32,0 | 7,9 | 4,9 | 3,2 | 2,5 | 2,8 | 4,6 | 7,7 | 7,9 | 4,4 | |
| Очень маловодный | 17,8 | 33,8 | 8,4 | 3,9 | 2,5 | 2,0 | 2,2 | 3,6 | 6,0 | 8,5 | 5,4 | |

Продолжение табл. Г5

| Водность года | Месячный сток, % | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|------|--------------|------|-----|------|-----|------|------|-----|-----|-----|
| | Весна | | Лето – осень | | | | | Зима | | | | |
| | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I | II |
| A = 1000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 13,3 | 30,4 | 5,4 | 3,8 | 4,9 | 4,3 | 8,1 | 7,2 | 9,7 | 6,2 | 3,8 | 2,9 |
| Многоводный | 13,8 | 31,6 | 5,6 | 3,4 | 4,4 | 3,8 | 7,2 | 6,5 | 8,8 | 7,1 | 4,4 | 3,4 |
| Средний | 14,4 | 30,9 | 7,2 | 3,6 | 6,3 | 4,2 | 5,1 | 5,1 | 7,2 | 6,7 | 4,9 | 4,4 |
| Маловодный | 16,9 | 28,3 | 9,2 | 3,9 | 4,2 | 4,6 | 5,1 | 4,8 | 5,8 | 7,2 | 5,3 | 4,7 |
| Очень маловодный | 17,7 | 29,5 | 9,6 | 3,3 | 3,5 | 3,9 | 4,3 | 4,1 | 4,9 | 7,3 | 6,2 | 5,7 |
| A = 5000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 12,6 | 28,7 | 5,1 | 3,9 | 5,1 | 4,4 | 8,2 | 7,4 | 10,0 | 7,0 | 4,3 | 3,3 |
| Многоводный | 13,0 | 29,7 | 5,3 | 3,6 | 4,7 | 4,0 | 7,6 | 6,8 | 9,2 | 7,7 | 4,8 | 3,6 |
| Средний | 13,6 | 29,2 | 6,7 | 3,9 | 6,8 | 4,6 | 5,5 | 5,4 | 7,6 | 7,0 | 5,1 | 4,6 |
| Маловодный | 15,9 | 26,5 | 8,6 | 4,3 | 4,6 | 5,1 | 5,6 | 5,4 | 6,4 | 6,7 | 5,7 | 5,2 |
| Очень маловодный | 16,5 | 27,6 | 9,0 | 3,8 | 4,1 | 4,4 | 4,9 | 4,7 | 5,7 | 7,3 | 6,3 | 5,7 |
| Подрайон «Б», A = 50 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 12,6 | 36,2 | 5,6 | 13,0 | 0,9 | 1,4 | 3,7 | 4,6 | 8,5 | 7,2 | 4,7 | 1,6 |
| Многоводный | 13,9 | 40,0 | 6,2 | 10,6 | 0,7 | 1,1 | 3,0 | 3,7 | 6,9 | 7,4 | 4,8 | 1,7 |
| Средний | 15,1 | 43,2 | 6,7 | 8,6 | 0,6 | 0,9 | 2,4 | 3,0 | 5,6 | 7,4 | 4,8 | 1,7 |
| Маловодный | 16,3 | 46,8 | 7,3 | 6,4 | 0,4 | 0,7 | 1,8 | 2,2 | 4,3 | 7,3 | 4,8 | 1,7 |
| Очень маловодный | 18,4 | 52,9 | 8,2 | 3,5 | 0,2 | 0,4 | 1,0 | 1,2 | 2,2 | 6,4 | 4,2 | 1,4 |
| A = 100 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 13,6 | 33,4 | 6,6 | 3,9 | 1,9 | 2,7 | 8,0 | 5,8 | 10,7 | 8,0 | 3,2 | 2,2 |
| Многоводный | 15,0 | 36,8 | 7,2 | 3,2 | 1,6 | 2,2 | 6,5 | 4,8 | 8,7 | 8,3 | 3,4 | 2,3 |
| Средний | 33,2 | 20,1 | 10,0 | 5,5 | 2,5 | 1,7 | 1,6 | 3,7 | 7,4 | 7,8 | 3,7 | 2,8 |
| Маловодный | 20,2 | 40,8 | 7,8 | 4,1 | 1,9 | 1,7 | 2,6 | 2,6 | 4,5 | 6,1 | 4,3 | 3,4 |
| Очень маловодный | 22,4 | 45,4 | 8,8 | 2,4 | 1,1 | 1,0 | 1,5 | 1,5 | 2,6 | 5,9 | 4,2 | 3,2 |
| A = 1000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 12,6 | 31,0 | 6,2 | 4,1 | 2,1 | 2,8 | 8,5 | 6,2 | 11,4 | 9,0 | 3,6 | 2,5 |
| Многоводный | 14,1 | 34,5 | 6,8 | 3,5 | 1,7 | 2,4 | 7,1 | 5,2 | 9,5 | 9,1 | 3,6 | 2,5 |
| Средний | 31,3 | 19,0 | 9,3 | 6,1 | 2,8 | 1,9 | 1,8 | 4,2 | 8,2 | 8,4 | 4,0 | 3,0 |
| Маловодный | 18,7 | 37,9 | 7,3 | 4,8 | 2,3 | 2,0 | 3,0 | 3,0 | 5,3 | 6,9 | 4,9 | 3,9 |
| Очень маловодный | 20,9 | 42,4 | 8,2 | 3,2 | 1,6 | 1,3 | 2,1 | 2,1 | 3,6 | 6,4 | 4,6 | 3,6 |
| A = 5000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 4,9 | 28,5 | 14,4 | 5,6 | 4,2 | 3,3 | 8,8 | 5,9 | 9,4 | 6,7 | 4,9 | 3,4 |
| Многоводный | 5,4 | 31,5 | 15,9 | 4,7 | 3,5 | 2,8 | 7,5 | 5,1 | 8,0 | 7,0 | 5,1 | 3,5 |
| Средний | 15,8 | 30,6 | 10,0 | 6,3 | 4,0 | 3,2 | 2,8 | 4,7 | 6,5 | 7,9 | 4,7 | 3,5 |
| Маловодный | 17,0 | 33,0 | 10,8 | 5,5 | 3,3 | 2,7 | 2,4 | 3,4 | 5,8 | 7,3 | 4,8 | 4,0 |
| Очень маловодный | 22,4 | 33,1 | 11,7 | 4,0 | 2,5 | 2,0 | 1,7 | 2,5 | 4,3 | 7,1 | 4,7 | 4,0 |
| VI Припятский район | | | | | | | | | | | | |
| Подрайон «А», A = 50 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 42,6 | 10,4 | 3,7 | 2,5 | 1,8 | 5,5 | 6,9 | 4,8 | 6,9 | 4,8 | 2,2 | 7,9 |
| Многоводный | 47,8 | 11,7 | 4,2 | 2,0 | 1,4 | 4,4 | 5,6 | 3,9 | 5,5 | 4,3 | 2,0 | 7,2 |
| Средний | 40,9 | 19,8 | 8,9 | 3,8 | 2,2 | 1,6 | 1,9 | 3,2 | 5,1 | 5,5 | 3,2 | 3,9 |
| Маловодный | 44,6 | 24,2 | 7,5 | 3,0 | 1,7 | 1,2 | 1,5 | 2,1 | 3,5 | 5,9 | 2,8 | 2,0 |
| Очень маловодный | 50,6 | 27,5 | 8,6 | 1,4 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 1,0 | 1,6 | 4,0 | 1,9 | 1,3 |

Продолжение табл. Г5

| Водность года | Месячный сток, % | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|------|--------------|------|-----|------|-----|------|------|------|-----|-----|
| | Весна | | Лето – осень | | | | | Зима | | | | |
| | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I | II |
| A = 100 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 42,4 | 10,4 | 3,6 | 2,5 | 1,8 | 5,5 | 6,8 | 4,8 | 6,8 | 4,9 | 2,3 | 8,2 |
| Многоводный | 47,6 | 11,7 | 4,1 | 2,0 | 1,4 | 4,4 | 5,6 | 3,9 | 5,5 | 4,4 | 2,1 | 7,3 |
| Средний | 40,7 | 19,8 | 8,8 | 3,9 | 2,3 | 1,7 | 2,0 | 3,2 | 5,3 | 5,4 | 3,1 | 3,8 |
| Маловодный | 44,3 | 24,1 | 7,5 | 3,2 | 1,8 | 1,3 | 1,5 | 2,2 | 3,7 | 5,7 | 2,7 | 2,0 |
| Очень маловодный | 50,2 | 27,3 | 8,5 | 1,6 | 0,9 | 0,7 | 0,8 | 1,1 | 1,8 | 3,9 | 1,9 | 1,3 |
| A = 1000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 17,1 | 29,8 | 9,1 | 7,3 | 5,1 | 2,8 | 1,8 | 4,3 | 6,9 | 8,1 | 4,8 | 2,9 |
| Многоводный | 19,3 | 33,6 | 10,1 | 6,0 | 4,2 | 2,3 | 1,4 | 3,6 | 5,7 | 7,1 | 4,2 | 2,5 |
| Средний | 20,9 | 36,3 | 11,0 | 5,0 | 3,5 | 1,9 | 1,2 | 3,0 | 4,7 | 6,4 | 3,8 | 2,3 |
| Маловодный | 22,6 | 39,3 | 11,9 | 3,9 | 2,8 | 1,5 | 0,9 | 2,3 | 3,8 | 5,6 | 3,4 | 2,0 |
| Очень маловодный | 25,5 | 44,3 | 13,4 | 2,4 | 1,7 | 0,8 | 0,6 | 1,4 | 2,2 | 4,0 | 2,4 | 1,3 |
| A = 5000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 17,3 | 30,0 | 9,1 | 7,1 | 5,0 | 2,7 | 1,7 | 4,3 | 6,8 | 8,2 | 4,9 | 2,9 |
| Многоводный | 19,2 | 33,4 | 10,1 | 6,0 | 4,2 | 2,3 | 1,4 | 3,6 | 5,7 | 7,2 | 4,3 | 2,6 |
| Средний | 20,7 | 36,0 | 10,8 | 5,2 | 3,6 | 2,0 | 1,2 | 3,1 | 4,9 | 6,4 | 3,8 | 2,3 |
| Маловодный | 22,4 | 39,0 | 11,7 | 4,2 | 3,0 | 1,6 | 1,0 | 2,5 | 4,0 | 5,4 | 3,2 | 2,0 |
| Очень маловодный | 24,7 | 43,1 | 13,0 | 2,9 | 2,1 | 1,1 | 0,7 | 1,7 | 2,8 | 4,1 | 2,4 | 1,4 |
| Подрайон «Б», A = 100 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 27,5 | 14,8 | 6,0 | 13,3 | 4,4 | 2,3 | 0,7 | 3,6 | 10,9 | 8,6 | 5,5 | 2,4 |
| Многоводный | 31,0 | 16,6 | 6,8 | 11,3 | 3,7 | 1,9 | 0,7 | 3,0 | 9,2 | 8,3 | 5,3 | 2,2 |
| Средний | 36,7 | 17,2 | 5,8 | 6,1 | 3,0 | 2,2 | 2,0 | 4,3 | 7,4 | 9,4 | 3,7 | 2,2 |
| Маловодный | 22,2 | 37,4 | 6,2 | 7,2 | 2,3 | 1,7 | 1,4 | 2,3 | 5,0 | 3,6 | 6,4 | 4,3 |
| Очень маловодный | 26,0 | 43,9 | 7,3 | 4,2 | 1,4 | 1,0 | 0,8 | 1,4 | 2,8 | 2,8 | 5,0 | 3,4 |
| A = 1000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 4,0 | 32,8 | 11,1 | 12,2 | 5,4 | 3,5 | 1,3 | 4,1 | 8,4 | 8,9 | 5,6 | 2,7 |
| Многоводный | 4,5 | 36,9 | 12,6 | 10,5 | 4,7 | 3,0 | 1,1 | 3,6 | 7,2 | 8,2 | 5,2 | 2,5 |
| Средний | 35,9 | 14,9 | 8,0 | 5,8 | 3,5 | 2,5 | 1,6 | 3,6 | 9,1 | 9,5 | 3,4 | 2,2 |
| Маловодный | 38,0 | 19,0 | 7,5 | 6,1 | 2,7 | 1,9 | 1,6 | 2,8 | 6,8 | 7,3 | 4,0 | 2,3 |
| Очень маловодный | 43,4 | 21,7 | 8,6 | 4,1 | 1,8 | 1,3 | 1,1 | 1,9 | 4,6 | 6,1 | 3,4 | 2,0 |
| A = 5000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 3,9 | 32,4 | 11,1 | 12,3 | 5,5 | 3,6 | 1,2 | 4,2 | 8,4 | 9,0 | 5,6 | 2,8 |
| Многоводный | 4,4 | 36,7 | 12,5 | 10,5 | 4,7 | 3,0 | 1,1 | 3,6 | 7,2 | 8,4 | 5,3 | 2,6 |
| Средний | 35,7 | 14,8 | 7,9 | 5,9 | 3,6 | 2,5 | 1,6 | 3,6 | 9,2 | 9,6 | 3,4 | 2,2 |
| Маловодный | 37,7 | 18,9 | 7,5 | 6,2 | 2,8 | 2,0 | 1,6 | 2,9 | 6,9 | 7,2 | 4,0 | 2,3 |
| Очень маловодный | 42,6 | 21,4 | 8,4 | 4,5 | 2,0 | 1,4 | 1,2 | 2,1 | 5,0 | 6,1 | 3,3 | 2,0 |
| Подрайон «В», A = 100 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 22,6 | 9,2 | 3,9 | 10,7 | 6,3 | 3,7 | 1,6 | 6,6 | 12,6 | 13,8 | 5,7 | 3,3 |
| Многоводный | 27,4 | 11,1 | 4,7 | 8,5 | 5,1 | 3,0 | 1,3 | 5,2 | 10,1 | 14,3 | 5,9 | 3,4 |
| Средний | 31,1 | 12,7 | 5,3 | 7,0 | 4,1 | 2,4 | 1,1 | 4,3 | 8,2 | 14,4 | 6,0 | 3,4 |
| Маловодный | 35,5 | 14,4 | 6,1 | 5,4 | 3,2 | 1,9 | 0,8 | 3,3 | 6,4 | 14,0 | 5,7 | 3,3 |
| Очень маловодный | 42,0 | 17,1 | 7,1 | 3,1 | 1,9 | 1,1 | 0,5 | 1,9 | 3,7 | 13,1 | 5,4 | 3,1 |

| Водность года | Месячный сток, % | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------------|------|--------------|-----|-----|------|-----|------|------|------|-----|-----|
| | Весна | | Лето – осень | | | | | Зима | | | | |
| | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I | II |
| A = 1000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 20,4 | 10,2 | 5,1 | 9,3 | 5,7 | 4,5 | 2,8 | 6,2 | 12,1 | 12,4 | 6,5 | 4,8 |
| Многоводный | 24,7 | 12,4 | 6,1 | 7,6 | 4,6 | 3,7 | 2,3 | 5,0 | 10,0 | 12,3 | 6,5 | 4,8 |
| Средний | 27,7 | 13,9 | 6,9 | 6,4 | 3,9 | 3,1 | 1,9 | 4,3 | 8,5 | 12,2 | 6,4 | 4,8 |
| Маловодный | 31,5 | 15,7 | 7,8 | 5,2 | 3,2 | 2,5 | 1,6 | 3,4 | 6,7 | 11,7 | 6,1 | 4,6 |
| Очень маловодный | 36,7 | 18,3 | 9,1 | 3,5 | 2,1 | 1,7 | 1,0 | 2,3 | 4,6 | 10,8 | 5,7 | 4,2 |
| A = 5000 км² | | | | | | | | | | | | |
| Очень многоводный | 20,4 | 10,2 | 5,1 | 9,2 | 5,6 | 4,5 | 2,8 | 6,1 | 12,1 | 12,6 | 6,6 | 4,8 |
| Многоводный | 24,7 | 12,4 | 6,1 | 7,7 | 4,7 | 3,7 | 2,3 | 5,1 | 10,1 | 12,1 | 6,4 | 4,7 |
| Средний | 27,5 | 13,7 | 6,8 | 6,6 | 4,0 | 3,2 | 2,0 | 4,3 | 8,6 | 12,2 | 6,4 | 4,7 |
| Маловодный | 30,8 | 15,4 | 7,7 | 5,5 | 3,3 | 2,6 | 1,6 | 3,6 | 7,2 | 11,7 | 6,1 | 4,5 |
| Очень маловодный | 35,4 | 17,7 | 8,8 | 3,8 | 2,4 | 1,8 | 1,2 | 2,6 | 5,0 | 11,1 | 5,8 | 4,4 |

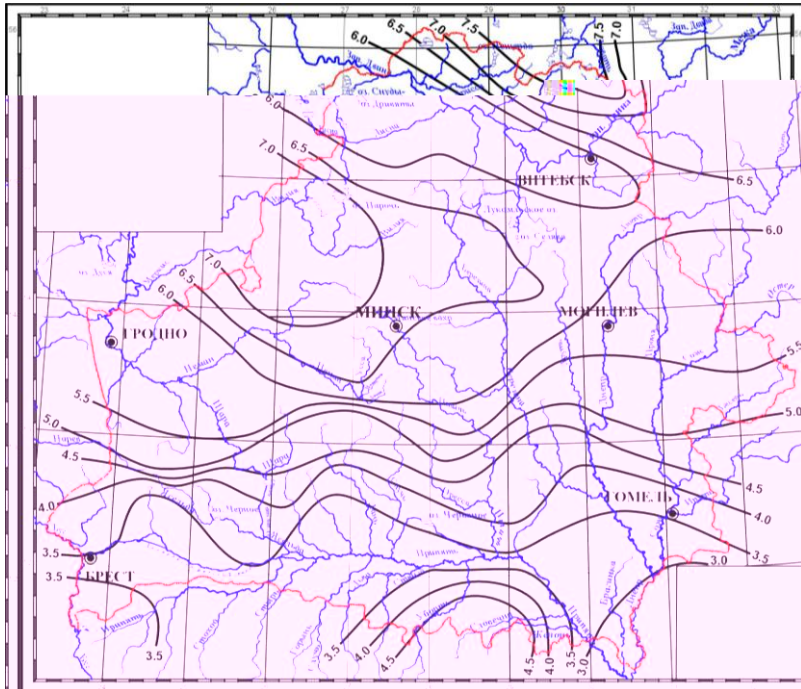


Рис. Г9. Карта среднегогодового стока рек Беларуси, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2) \cdot 10^{-3}$

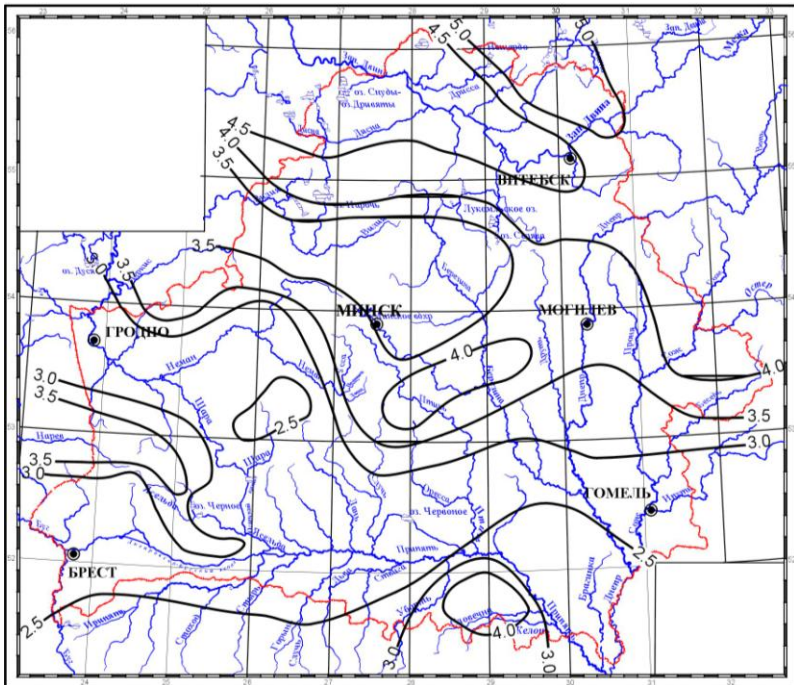


Рис. Г11. Карта поверхностного стока рек Беларуси, $\text{м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)\cdot 10^{-3}$

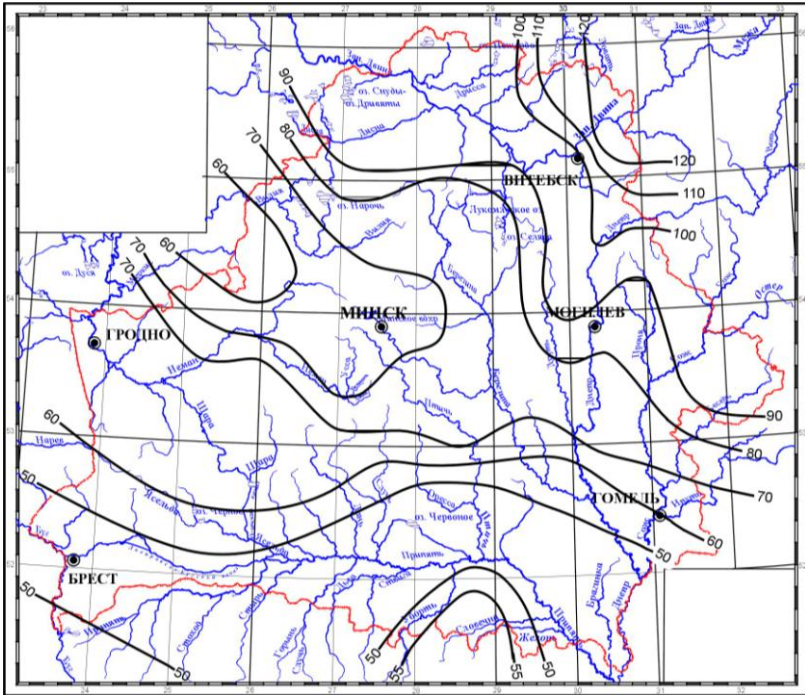


Рис. Г12. Карта среднемноголетнего слоя стока весеннего половодья, мм

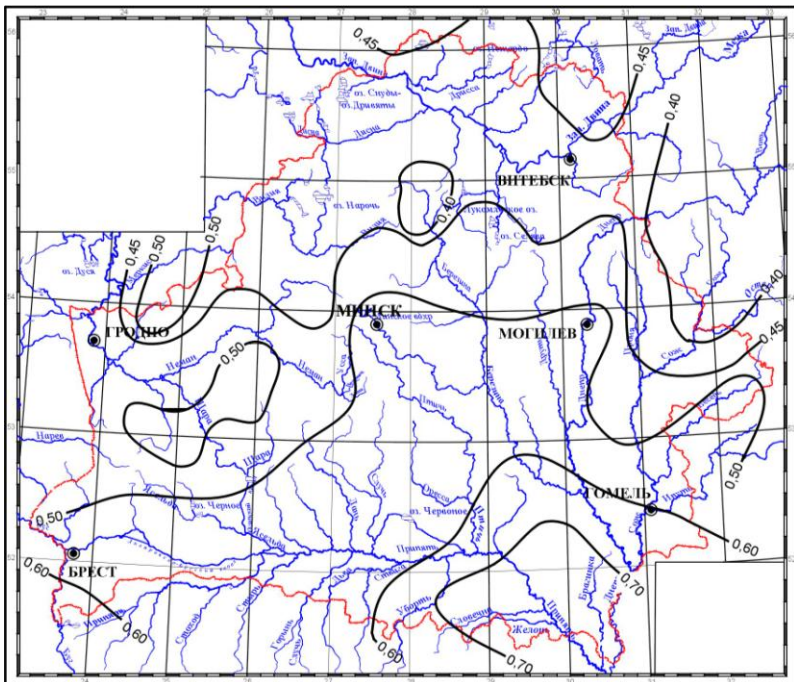


Рис. Г13. Карта коэффициента вариации слоя стока весеннего половодья

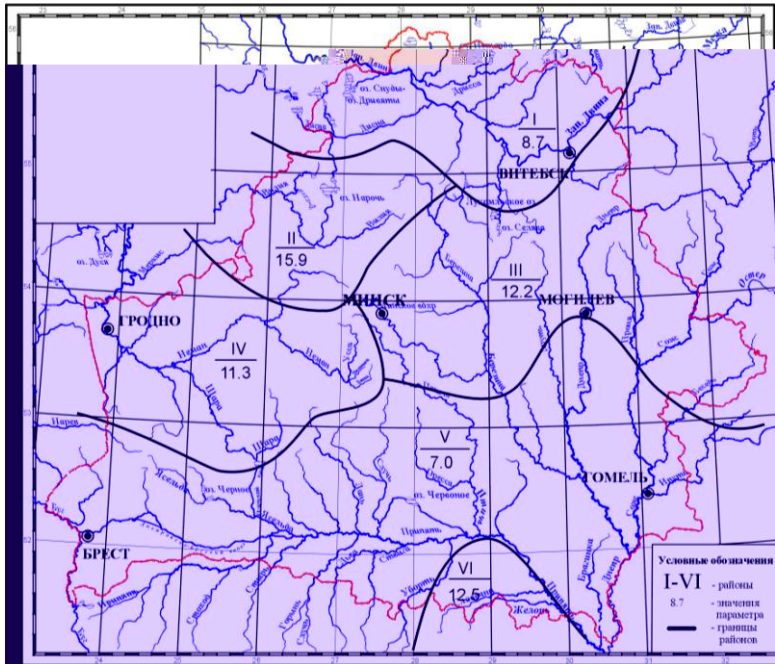


Рис. Г14. Карта районирования параметров $q_{10\%}$

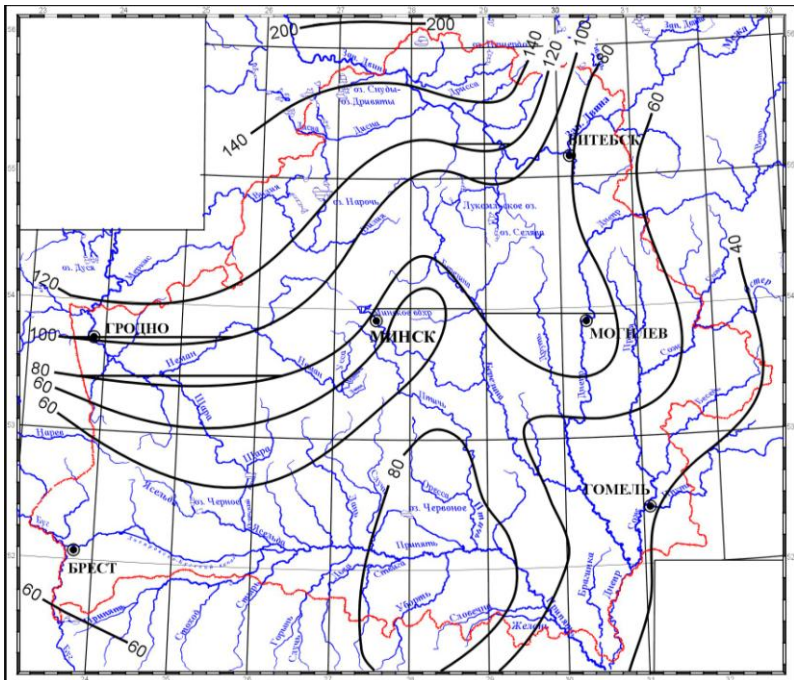


Рис. Г15. Карта параметра a

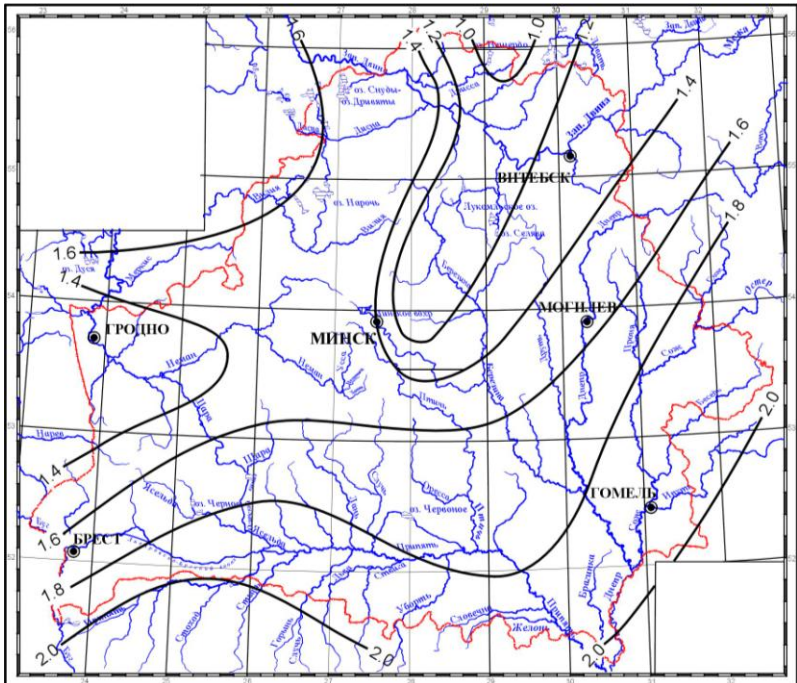


Рис. Г16. Карта параметра α'

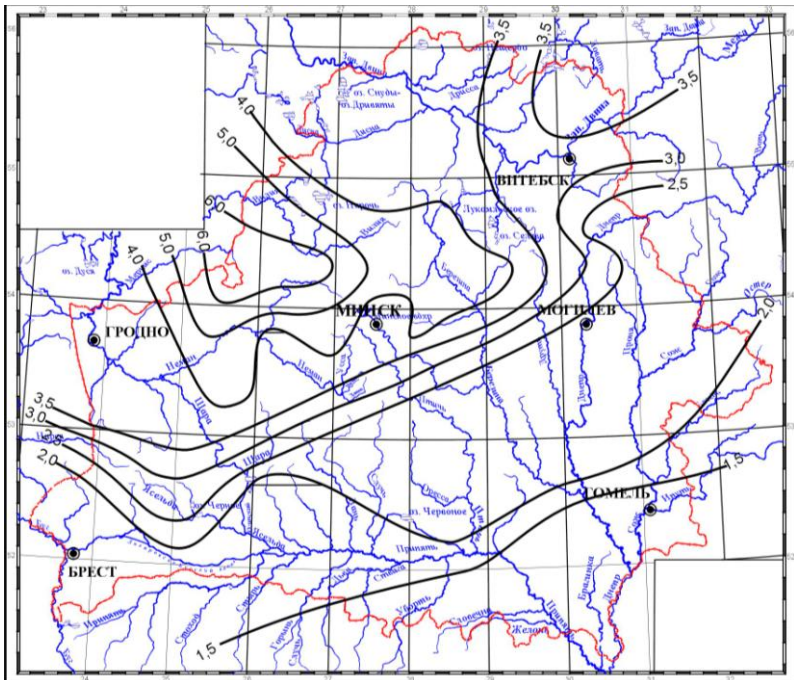


Рис. Г17. Карта изолиний среднемеженного модуля стока обеспеченности, 50 %
 $\text{м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)\cdot 10^{-3}$

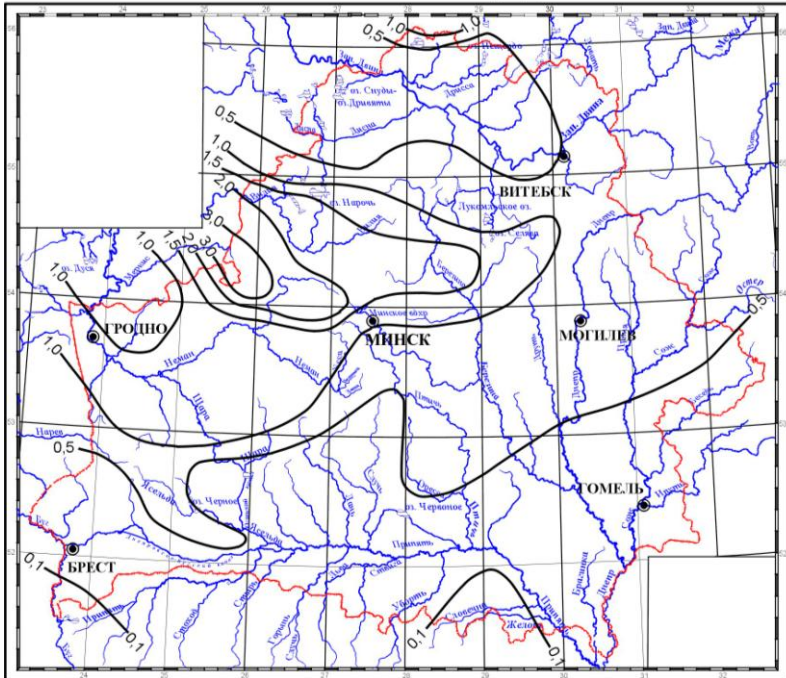


Рис. Г18. Карта параметра $q_{95\%}$ для оценки минимальных 30-суточных расходов воды за осенне-летний период, $\text{м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)\cdot 10^{-3}$

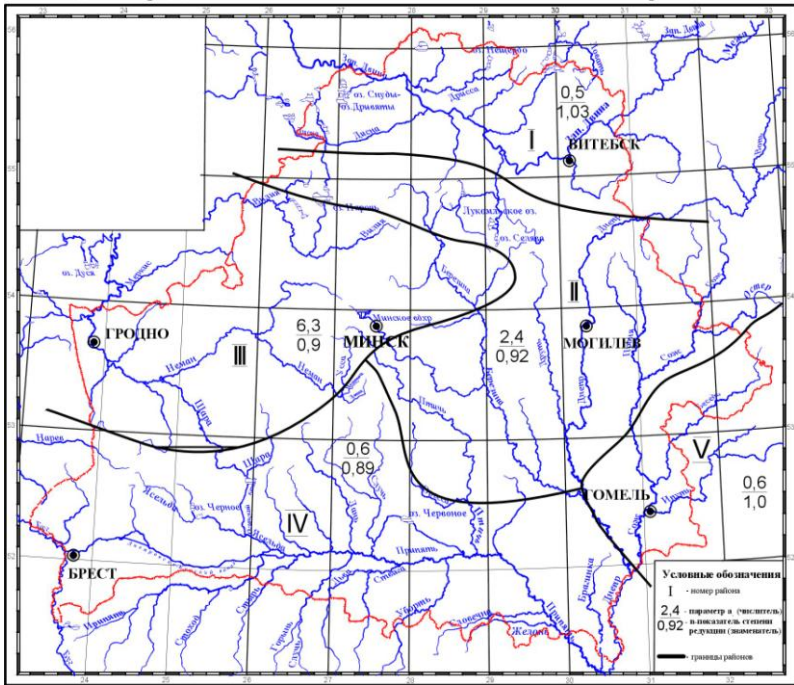
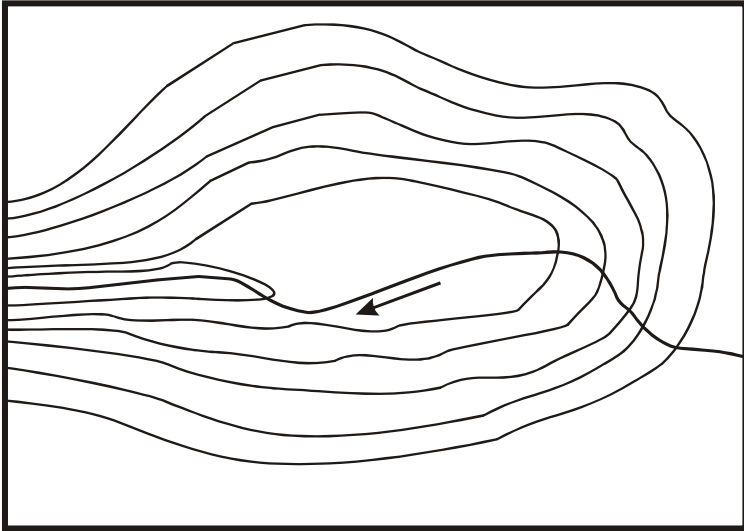
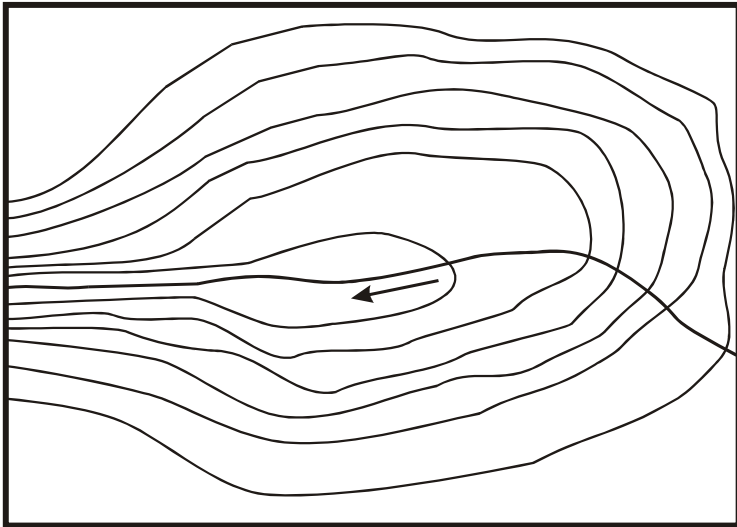


Рис. Г19. Карта районирования параметров $q_{95\%}$ и l для определения минимального стока за зимний период, $\text{м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)\cdot 10^{-4}$

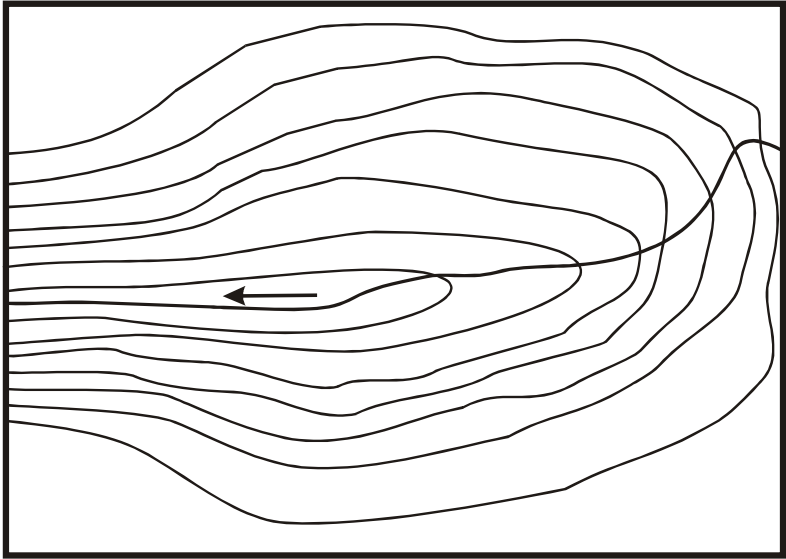
Топоплан района строительства водохранилища (М 1:20000)



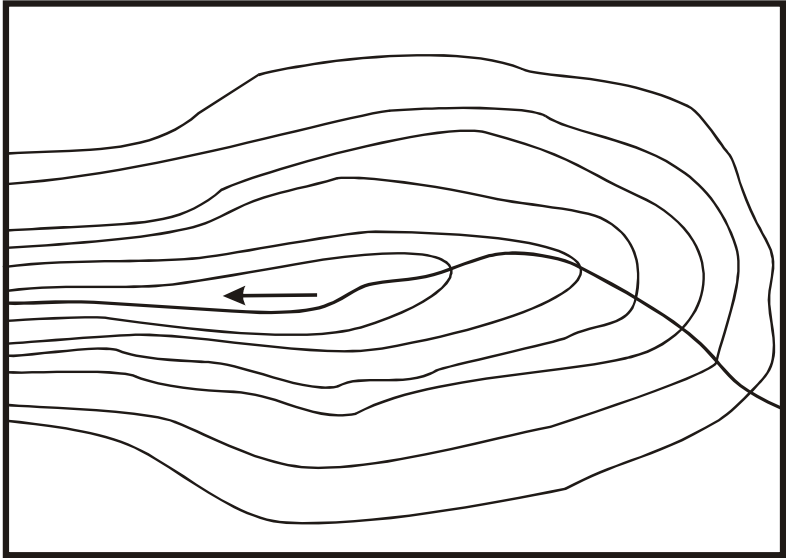
1



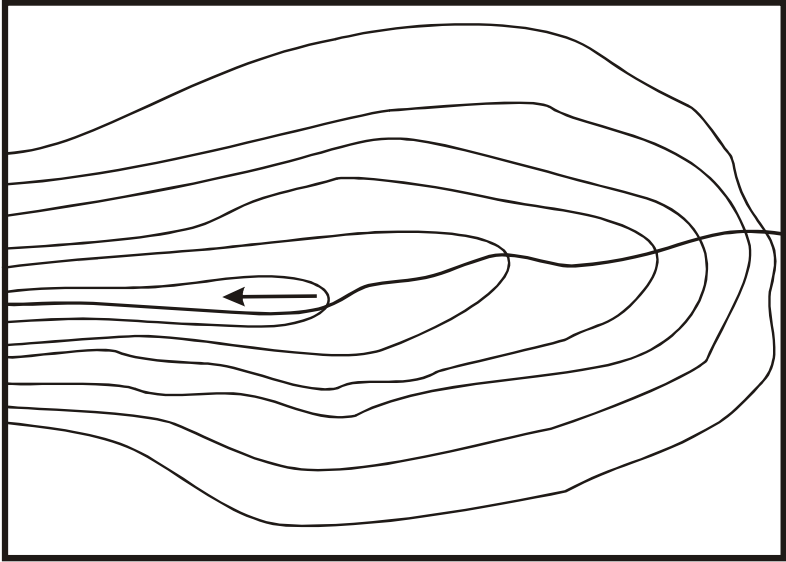
2



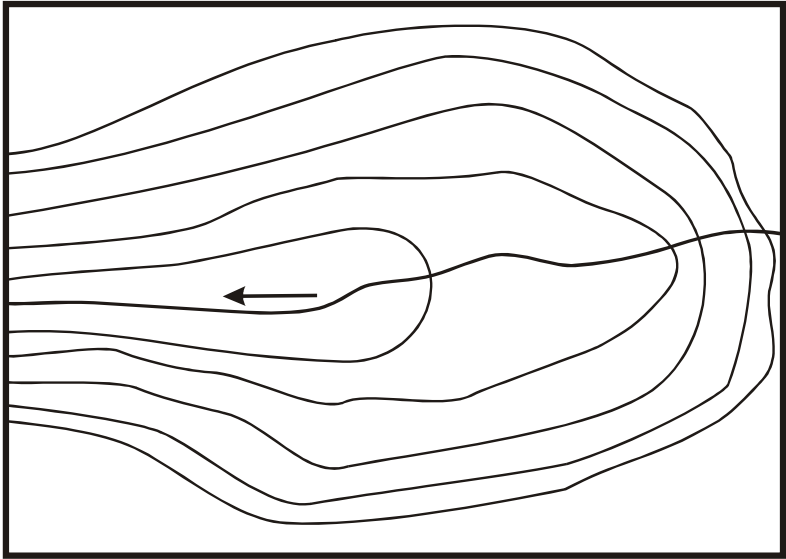
3



4



5



6

ТЕРМИНЫ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

В настоящем пособии используются следующие нормативные термины:

- **водоотдача снежного покрова** – процесс поступления на поверхность почвы избыточной (не удерживаемой снегом) гравитационной талой или дождевой воды;
- **водохозяйственный год** – расчетный годичный период, начинающийся с самого многоводного сезона;
- **время добегания** – время, в течение которого водная масса проходит заданное расстояние;
- **гидрограф** – график изменения во времени расходов воды за год или часть года (сезон, половодье или паводок) в данном створе водотока;
- **гидрологические расчеты** – раздел инженерной гидрологии по разработке методов расчета параметров гидрологического режима;
- **гидрологические параметры** – количественные оценки элементов гидрологического режима;
- **запас воды в снежном покрове** – общее количество воды в твердом и жидком состоянии, содержащееся в рассматриваемый момент времени в снежном покрове;
- **интенсивность осадков** – слой осадков (мм), выпадающих за единицу времени;
- **интенсивность снеготаяния** – количество воды (мм), образующееся в процессе таяния снега в единицу времени;
- **клетчатка вероятностей** – специальные клетчатки с прямоугольной системой координат, построенные таким образом, что на них спрямляются (полностью или частично) различные кривые вероятности превышения;
- **коэффициент редукции** – коэффициент, характеризующий интенсивность изменения какого-либо одного значения с изменением другого, связанного с ним значения;
- **кривая распределения вероятностей** – графическое или аналитическое выражение функции, характеризующей вероятность появления того или иного значения рассматриваемого ряда случайной величины;
- **лимитирующий период** – часть водохозяйственного года, неблагоприятная для осуществления проектируемых мероприятий либо по водопотреблению и водопользованию, либо по борьбе с наводнениями и осушению болот;

- **методы гидрологических расчетов** – технические приемы, позволяющие рассчитать, обычно с оценкой вероятности их появления, значения различных характеристик гидрологического режима;
- **нелимитирующий период** – часть водохозяйственного года за вычетом лимитирующего периода;
- **обеспеченность гидрологической характеристики** – вероятность того, что рассматриваемое значение гидрологической характеристики может быть превышено среди совокупности всех возможных ее значений.
- **объем стока** – количество воды, протекающее через рассматриваемый створ водотока за какой-либо период времени;
- **поверхностный сток** – перемещение воды в процессе ее круговорота в природе в форме стекания по земной поверхности;
- **подпор воды** – повышение уровня воды из-за наличия в русле препятствия для ее движения;
- **расчетная обеспеченность** – обеспеченность гидрологической характеристики, принимаемая при строительном проектировании для установления значения характеристик гидрологического режима, определяющих проектные решения;
- **расчетный расход воды** – расход воды заданной вероятности превышения, принимаемый в качестве исходного значения для определения размеров проектируемых сооружений;
- **редукция интенсивности дождя** – изменение (убывание) средней интенсивности дождя с увеличением его продолжительности;
- **редукция максимального модуля стока** – изменение (убывание) максимального модуля стока с увеличением площади водосбора;
- **свободное состояние русла** – состояние русла, характеризующееся отсутствием препятствий (ледяных образований, водной растительности, сплавного леса и т. д.), которое влияет на зависимость между расходами и уровнями, а также отсутствием подпора;
- **соответственные уровни воды** – уровни воды на двух гидрологических постах, относящиеся к одинаковым фазам уровенного режима;
- **уклон водной поверхности** – отношение разности отметок уровня воды на рассматриваемом участке к длине этого участка.

Основные условные обозначения и единицы измерения

| Обозначение | Характеристика | Единица измерения |
|--|---|-----------------------|
| $P_{m\%}$ | эмпирическая ежегодная вероятность превышения | % |
| m | порядковый номер членов ряда гидрологической характеристики, расположенных в убывающем порядке | безразмерная величина |
| n | общее число членов ряда | безразмерная величина |
| C_v | коэффициент вариации | безразмерная величина |
| C_s | коэффициента асимметрии | безразмерная величина |
| \bar{Q} | среднее многолетнее значение | м ³ /с |
| λ_2 и λ_3 | статистики | безразмерная величина |
| k_i | модульный коэффициент рассматриваемой гидрологической характеристики | безразмерная величина |
| Q_i | погодичные значения расходов воды | м ³ /с |
| \tilde{C}_v | смещенная оценка коэффициента вариации | безразмерная величина |
| \tilde{C}_s | смещенная оценка коэффициента асимметрии | безразмерная величина |
| $r(1)$ | коэффициент автокорреляции между соседними членами ряда | безразмерная величина |
| $Q_{5\%}, Q_{50\%}, Q_{95\%}$ | значения расходов воды вероятности превышения | м ³ /с |
| $\Phi_{5\%}, \Phi_{50\%}, \Phi_{95\%}$ | нормированные ординаты биномиальной кривой распределения | безразмерная величина |
| S | коэффициент скошенности | безразмерная величина |
| C_{v_H} | коэффициент вариации, рассчитанный по наблюдаемым значениям | безразмерная величина |
| C_{s_H} | коэффициент асимметрии, рассчитанный по наблюдаемым значениям | безразмерная величина |
| σ_0 | случайная относительная (в долях единицы) средняя квадратическая погрешность исходных данных гидрологических наблюдений | безразмерная величина |
| N | число лет, в течение которых выдающееся значение гидрологической характеристики не было превышено | безразмерная величина |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 3 |
| 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ГИДРОЛОГИИ..... | 4 |
| Практическая работа № 1. Изучение принципов действия приборов для гидрометеорологических наблюдений..... | 4 |
| Практическая работа № 2. Изучение методики определения гидрографических характеристик реки и ее бассейна..... | 22 |
| 2. ГИДРОМЕТРИЯ..... | 38 |
| Практическая работа № 3–4. Изучение и анализ основных результатов наблюдений за уровнями воды. Составление графиков повторяемости и продолжительности уровней воды..... | 38 |
| Практическая работа № 5. Изучение и анализ результатов промерных работ..... | 46 |
| Практическая работа № 6. Изучение устройства гидрометрической вертушки..... | 50 |
| Практическая работа № 7. Расчет расхода воды по скоростям, измеренным вертушкой..... | 54 |
| Практическая работа № 8. Расчет расхода воды по скоростям, измеренным поплавками..... | 59 |
| Практическая работа № 9. Построение кривых расходов и определение ежедневных расходов воды..... | 72 |
| Практическая работа № 10. Изучение принципов действия приборов для взятия проб взвешенных и донных наносов..... | 89 |
| Практическая работа № 11. Расчет расхода взвешенных наносов аналитическим способом..... | 98 |
| 3. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ..... | 101 |
| Практическая работа № 12. Определение нормы годового стока при наличии, недостаточности и отсутствии данных гидрометрических наблюдений..... | 101 |
| Практическая работа № 13. Определение статистических параметров аналитической и эмпирической кривых обеспеченности..... | 119 |
| Практическая работа № 14. Построение аналитической и эмпирической кривых обеспеченности годового стока..... | 128 |
| Практическая работа № 15. Расчет максимальных расходов талых и дождевых вод при наличии и отсутствии данных наблюдений..... | 132 |
| Практическая работа № 16. Определение расчетных величин меженных и минимальных расходов воды рек при отсутствии данных наблюдений..... | 163 |
| Практическая работа № 17. Составление батиграфических характеристик водохранилища..... | 168 |
| Практическая работа № 18. Определение полезного и полного объема водохранилища..... | 174 |
| ЛИТЕРАТУРА..... | 182 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 183 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А..... | 183 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б..... | 226 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В..... | 227 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Г..... | 235 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Д..... | 287 |
| ТЕРМИНЫ И ОБОЗНАЧЕНИЯ..... | 290 |

Учебное издание

Волчек Александр Александрович
Водчиц Николай Николаевич
Грядунова Оксана Ивановна и др.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА

**ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ
И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ**

Учебно-методическое пособие

2-е издание, переработанное и дополненное

Редактор *О. Г. Толмачёва*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 25.06.2015. Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 17,20. Уч.-изд. л. 15,74.
Тираж 75 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.