



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водно-технических изысканий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

Особенности построения
На тему **кривых расходов воды на**
примере взаимодействия руслового
и пойменного потоков

Исполнитель Пиманов Александр Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель Исаев Дмитрий Игоревич
(ученая степень, ученое звание)

Доцент, к.г.н.
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

Доцент, к.г.н.
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

«15» 08 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

Содержание

Введение.....	2
1. Построение кривой $Q=f(H)$ при наличии регулярных наблюдений.	4
2. Построение кривой $Q=f(H)$ при гидрометеорологических изысканиях ...	6
3. Физико-географическая характеристика реки Мокша.....	9
3.1 Общие сведения о реке Мокша	9
3.2 Почвы и растительный покров	13
3.3 Климат	15
3.4 Водный режим реки	16
3.5 Хозяйственное использование реки.....	18
3.6. Гидрологический режим	Ошибка! Закладка не определена.
3.7 Описание гидрологического поста.....	20
4. Построение кривой $Q=f(H)$ по данным наблюдений за 1963г.	21
4.1 Исходные данные и анализ	21
4.2 Построение кривых зависимостей	23
5. Построение кривых зависимостей с помощью программы Profiles	27
5.1 О программе Profiles	27
5.2. Построение профиля морфоствора	29
5.3 Построение кривых площадей.....	31
5.4 Построение кривых расходов	34
5.5. Коэффициент шероховатости	36
5.6 Обработка и анализ полученных данных	37
Заключение	46
Список используемых источников.....	48

Введение

Часто в стандартную программу гидрометеорологических работ входит построение кривых $Q=f(H)$ по формуле Шези. Для этого русло реки разбивается на отсеки с одинаковым показателем шероховатости русла и поймы, а также одинаковым уклоном, и по каждому отсеку строится кривая $Q=f(H)$. Затем эти кривые суммируются для получения общей кривой.

Коэффициент шероховатости n , как правило, определяется в соответствии с таблицами, а уклон I берется по данным изысканий или как средний уклон лога. В значительной части случаев коэффициент шероховатости и уклон остаются постоянными во всем диапазоне изменений уровня воды H .

Обычно коэффициент шероховатости n определяется согласно таблицам, а уклон I берется из изысканий или считается средним уклоном лога. Чаще всего коэффициент шероховатости и уклон остаются неизменными при изменении уровня воды H .

Кривые расходов в гидрометеорологической службе строятся на основе ежедневных измерений уровней воды H и расходов воды Q . Определение зависимости между расходом и уровнем происходит на основе материалов наблюдений, что дает коррелятивную зависимость. Анализ зависимости проводится в соответствии со стандартами гидрометрии, которые определяют зависимость $Q = f(H)$, хотя физически переменные несвязаны. Это объясняется тем, что измерения уровней производятся более часто и регулярно, чем измерения расходов, которые требуют больших затрат труда и времени.

Частота измерения расходов различна для разных сезонов года и неодинакова для рек с различными режимами. Наиболее часто измеряют расходы в периоды наибольших их изменений — в половодья и паводки. В весеннее половодье делают 4—5 измерений на подъеме и 5—8 на спаде; в межень— одно измерение через 7—10 суток; при прохождении дождевых

паводков — 1—2 измерения на подъеме и 2—3 на спаде. При устойчивом ледоставе и плавном изменении уровня расходы измеряют через 10—20 суток.

Кривая расходов строится в прямоугольной системе координат, на том же чертеже проводятся кривые площадей живого сечения $W=f(H)$ и средних скоростей $v=f(H)$.

Целью данной выпускной квалификационной работы является построение графических зависимостей расходов от уровней.

Задачи данной работы следующие:

- 1) Построить кривые $Q=f(H)$;
- 2) Рассчитать коэффициенты шероховатости n по формуле Маннинга для всего диапазона уровней.
- 3) Построить кривую зависимости $n=f(H)$.
- 4) Построение $Q=f(H)$ с помощью программы Profiles.

Объектом исследования был выбран участок реки Мокша. В качестве исходных материалов использовались данные реки Мокша за 1963 год.

1. Построение кривой $Q=f(H)$ при наличии регулярных наблюдений.

Выраженная графически связь между уровнем и расходом воды для данного сечения водотока называется кривой расходов. Кривые расходов применяются при расчетах стока воды, построении кривых подпора и в расчетах сопряжения бьефов гидротехнических сооружений. Метод расчета расходов в береговых отсеках зависит от их формы.

Расход - одна из главных количественных характеристик потока воды, определяющая другие его параметры: уровни воды, скорости течения, уклон свободной поверхности, движение воды, движения наносов и т. д.

Расходом воды называется объем воды, протекающей через живое сечение потока в единицу времени. Выражается в кубических метрах в секунду ($\text{м}^3/\text{с}$) или в литрах в секунду (л/с) и обозначается Q . Измерение расходов воды дело весьма трудоемкое, поэтому проводят его сравнительно редко. Систематические измерения расходов воды используются при проектировании и эксплуатации гидротехнических сооружений и гидромелиоративных систем.

Значительно чаще и проще ведутся наблюдения за уровнем воды. Между расходом воды и уровнем существует гидравлическая связь. Имея ряд расходов воды, измеренных при различных уровнях, можно установить эту связь для соответствующего сечения водотока. Обычно она выражается графически в виде кривой $Q = f(H)$ и называется кривой расходов воды. Имея кривую расходов, можно по наблюдаемым уровням H определить расходы воды, не измеряя их.

Продолжительность периода, в течение которого сохраняется связь между H и Q , может быть равна году или нескольким годам.

Кривая расходов строится в прямоугольной системе координат.

Кривая зависимости расходов от уровней воды в нижнем бьефе

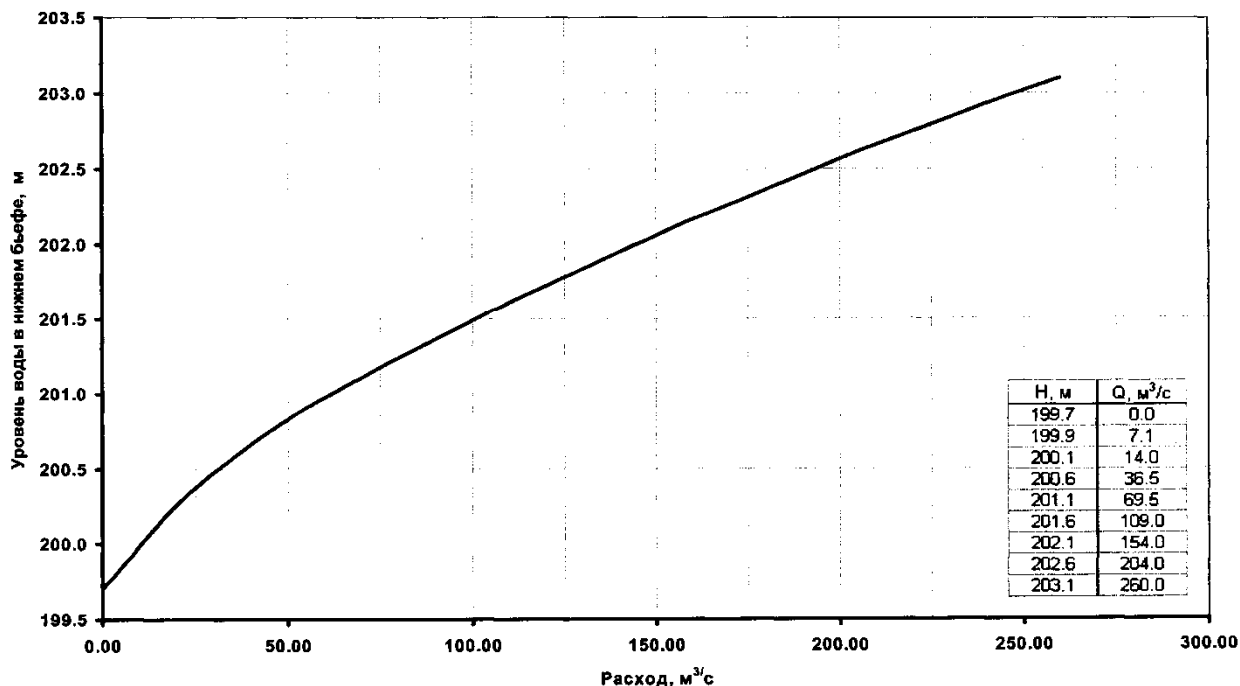


Рисунок 1.1 - Кривая зависимости расхода от уровня воды

По оси абсцисс откладывают расходы, по оси ординат уровни.

Масштаб для Q , выбирают таким, чтобы хорда кривой составляла с осью около 45° .

Однозначная зависимость $Q = f(H)$ нарушается при неустановившемся движении воды, при ледяных образованиях в русле, размывах русла и отложениях наносов, зарастаниях русла и переменном подпоре и становится неоднозначной.

Согласно теории неустановившегося движения жидкости, уклоны поверхности воды на подъеме паводочной волны больше, чем на ее спаде. Исходя из этого расходы во время половодья $Q_{\text{п}}$ больше $Q_{\text{с}}$ — расхода на спаде при одних и тех же уровнях. Поэтому неоднозначная кривая расходов (см. рис. 1) имеет петлеобразный вид с ветвями подъема и спада (на рисунке нанесена пунктиром) и называется паводочной петлей. Наиболее четко паводочные петли выражены на больших равнинных реках.

2. Построение кривой $Q=f(H)$ при гидрометеорологических изысканиях

Необходимыми данными для построения кривой расходов при гидрометеорологических изысканиях являются:

- 1) морфоствор и предельный профиль размыва;
- 2) продольный уклон;
- 3) коэффициент шероховатости.

Поперечные профили разбиваются в ходе топографической съемки участка гидрологического поста и располагаются примерно перпендикулярно направлению речной долины. Съемка поперечного профиля производится путем нивелирования через всю долину реки. Положение и направление створа выбирают заранее и закрепляют вехами. При этом необходимо, чтобы участок реки, где располагается створ, был прямолинейным и, если это возможно, имел ровную и неширокую пойму.

Так же при съемке профиля необходимо произвести осмотр поймы, а именно выявить и описать характер ее поверхности, для того, чтобы дать оценку шероховатости.

Створ, который был выбран выше указанным способом, называется морфоствором, так как в состав работ, кроме промерных и геодезических, входят еще и морфологические исследования.

Поперечный профиль, полученный по данным съемки, позволяет определить общую площадь живого сечения потока при уровне высоких вод.

Предельный профиль размыва (ППР) строится в следующем порядке:

- на одном чертеже совмещаются поперечные профили русла на выбранном участке реки $L_{совм}$;
- по самым низким отметкам совмещенных профилей проводится огибающая линия глубинных деформаций, которые обусловлены

предполагаемым смещением плесовых ложин со створа выше по течению в заданный створ ниже по течению за многолетний период;

– строится прогнозируемый профиль суммарных, многолетних и сезонных, размывов дна.

Если на реке шириной менее 50 м проводятся изыскания сокращенным объемом, то совмещения поперечных профилей русла и построения огибающей линии глубинных деформаций не нужно. Вместо этого определяют наибольшую глубину по продольному профилю русла в пределах данной макроформы. Плановые деформации определяются совмещением планов разных лет съемки, в соответствии с пунктом 9.3 ВСН 163-83.

При ленточногрядовом и побочневом типах руслового процесса поперечные профили совмещают по осевой или средней геометрической линии русла. При ограниченном меандрировании поперечники включают русло и пойму и совмещаются по средней линии пояса меандрирования.

Длина (в метрах) участка русла с ленточногрядовым, побочневым или осередковым типами, в пределах которого выполняется совмещение поперечников, принимается по зависимости

$$L_{\text{совм}} = k_3 C_{\text{пр}} T_{\text{пр}},$$

где

$C_{\text{пр}}$ – прогнозируемая скорость смещения характерных точек русловых мезоформ или других фрагментов руслового рельефа (гребень переката, подвалье плеса и др.), которая определяется на основании совмещения разновременных русловых съемок или по реке-аналогу, м/год;

$T_{\text{пр}}$ – расчетный срок прогнозирования, который включает время проектирования и строительства, год;

k_3 – коэффициент запаса, который зависит от достоверности определения $C_{\text{пр}}$, для интервала совмещения более 10 лет принимается равным 1,2, а для интервала менее 10 лет, и для значений $C_{\text{пр}}$, полученных расчетным путем

или по объекту-аналогу, принимается равным 2.

Продольный уклон водной поверхности – это падение напора в направлении динамической оси потока, отнесенное к расстоянию между пунктами измерений высоты уровня.

Измеряется уклон геодезическими методами по разности отметок уровня на верхнем по течению уклонном посту и нижнем при известном между ними расстоянии.

Коэффициент шероховатости определяется по таблице Б.12 СП 33-101-2003 [СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик].

3. Физико-географическая характеристика реки Мокша

3.1 Общие сведения о реке Мокша

Река Мокша является главной рекой республики и имеет длину 656 км, берущую начало южнее п. Мокшан в Пензенской области и впадающую в реку Оку в Рязанской области. Большая часть реки Мокша, а именно в пределах Мордовии, имеет длину 320 км. На рисунке 3.1.1. изображен Водосбор реки и ее положение в субъекте Российской Федерации.



Рисунок 3.1.1 – Водосбор реки Мокша

Предполагается, что река Мокша была названа в честь этнической группы мордвы, населяющей западную Мордовию в бассейне этой реки.

В Таблице 1 собраны основные сведения о водном объекте.

Таблица 1. Общие сведения о водном объекте

Код водного объекта	09010200112110000026769
Тип водного объекта	Река
Название	МОКША
Местоположение	КАС/ВОЛГА/2231/350
Бассейновый округ	Окский бассейновый округ
Речной бассейн	Ока
Речной подбассейн	Мокша
Водохозяйственный участок	Мокша от истока до в/п г.Темников
Длина водотока	656 км
Водосборная площадь	51000 км ²
Код по гидрологической изученности	110002676
Номер тома по ГИ	10
Выпуск по ГИ	0

Река Мокша имеет длину в 656 километров и наибольшую ширину до 280 метров в Парижском пруду. Ее бассейн занимает площадь 51 000 квадратных километров, а глубина достигает до 6 метров. Русло реки проходит через Рязанскую и Нижегородскую области, Мордовскую республику и Пензенский регион, однакосильно меандрирует.



Рисунок 3.1.2- Река Мокша в период ледостава

Река получает свое питание от различных источников, таких как снег 60-80%, грунтовые воды 15-30% и дождь 10%. В городе Темников годовой средний расход воды составляет 55,2 м³/с, а общая минерализация в пределах 330-680 мг/л. Наибольшая глубина реки достигает 11 метров в районе впадения реки Сивинь в Сивинской яме. Период подъема весеннего половодья начинается в конце марта, а иногда в начале апреля, и длится около 10-15 дней, вызывая уровень подъема воды в среднем на 5,1-5,7 метров. Продолжительность спада воды составляет в среднем 50-70 дней. Летне-осенний меженный период на реке начинается в начале июня. На реке каждый год происходят 1-3 дождевых паводков, а самые низкие уровни во время летней межени наблюдаются в августе-октябре. Река покрывается льдом в период 20-30 ноября и вскрывается в первой декаде апреля. Крупнейшие притоки: левые — Цна, Вад, Атмис, правые — Исса, Сивинь.

Русло реки Мокши окончательно сформировалось при финальном формировании Русской Равнины и Приволжской возвышенности после отступления ледника.

Исток реки Мокша – находится недалеко от деревни Елизаветино Мокшанского района 58-го края. Речь о балке на слегка приподнятом участке сильно всхолмленной степи, идущей до околицы Выглядовка.



Рисунок 3.1.3 устье реки Мокша



Рисунок 3.1.4 – осередок на реке Мокша

Устье реки Мокша – место впадение в реку Оку между территориями Ермишинского и Пителинского района Рязанской области, в 35 километрах от Касимова. Имеет ширину 128 метров. Окружена сочно-травным займищем (слева) и кусочком смешанного леса с ериками (справа). Оба водных уреза низкие, с небольшими песчаными отмелями.

Мокша является типичной равнинной рекой, с медленным и спокойным течением. Русло реки имеет извилистую форму и многочисленные старицы, при этом левый берег на большом протяжении обрывистый и крутой, в то время как правый берег является пологим с песчаными отмелями. Исключением является район города Темникова, где наблюдается крутой правый берег. Дно реки в основном песчаное с иловыми отложениями на плесах и каменистыми преградами на порогах. Ширина Мокши в верховье достигает 5 местами, в районе села Кочелаево увеличивается до 30 м, а у города Краснослободска до 85 м, а в низовье может достигать 150 метров.

3.2 Почвы и растительный покров

Почвы на территории бассейна реки Мокша разнообразны. Для исследуемой территории характерно сочетание выщелоченных и оподзоленных черноземов и комплексы серых лесных почв с небольшим распространением дерново-подзолистых почв. На рисунке 3.2.1 представлена структура почвы в исследуемом районе.



Рисунок 3.2.1 – структура почвы на территории бассейна реки Мокша

Выщелоченные и оподзоленные черноземы, занимают более 44 процентов пашни. Комплекс серых лесных почв охватывает 44,4% пахотных угодий, причем лучше освоены темно-серые лесные почвы. 6,1% пашни приходится на наименее качественные на территории дерново-среднеподзолистые почвы, главным образом в пределах подзоны хвойно-широколиственных лесов и на северо-западе подзоны северной лесостепи. В долинах крупных рек и их притоков под пашни используются пойменные почвы, доля которых составляет 3,2%.

Растительность бассейна реки Мокша в основном составляют смешанные леса и лесостепи.

Растительный покров республики в настоящее время представляет собой чередование лесных массивов с пашней и небольшими участками

остепненных лугов или луговых степей. Леса занимают большую часть площади, залесенность территории – 27%. Леса – смешанные с преобладанием мелколиственных пород: березы, ольхи, липы. Значительны площади твердолиственных пород: дуб, ясень, клен. Четвертая часть покрытой лесом площади занята хвойными лесами, в основном из сосны и ели. Особенно много хвойных лесов в самом крупном лесном массиве на западе.

Степи на территории бассейна сохранились лишь в неудобных для распашки местах: по склонам оврагов и балок, на речных террасах и вдоль лесных окраин. Господствующими видами степной растительности являются корневищные злаки и разнотравье. Свообразными растительными ассоциациями являются заливные луга в поймах рек, на которые приходится около половины всех луговых угодий. Здесь растут злаковые и бобовые культуры. Встречается также множество лекарственных растений.

3.3 Климат

Климат - умеренно-континентальный. Сумма активных температур составляет 2200-2400°C. Только на северо-востоке уменьшается до 2100-2200°C. Продолжительность теплого периода года, с температурой выше 0°C, от 209 до 214 дней, число безморозных дней составляет 130-135.



Рисунок 3.3.1- участок реки Мокша

Наименее устойчивый элемент климата – осадки. В среднем за год выпадает 450-500 мм. В связи с небольшой протяженностью с запада на восток различия в их количестве по территории незначительны. Большая часть осадков приходится на летне-осенний период.

К неблагоприятным климатическим условиям относятся суховеи, (от 37 до 44 дней в году), засухи, повторяющиеся в зависимости от интенсивности 1 раз в 50 лет (сильные, охватывающие весну, лето и осень), 1 раз в 10 лет (средней интенсивности) и 1 раз в 2-3 года (слабые).

3.4 Гидрологический режим реки

Русло часто петляет, большое количество стариц. Река Мокша является судоходной от поселка Кадом (Рязанская область). На формирование гидрологической сети большей части Республики Мордовия оказало влияние Донское оледенение, после которого реки стали врезаться в водно-ледниковые отложения.

Для реки Мокши характерно небольшое падение и сравнительно медленное течение (0,1-0,4 м/с). Ширина русла и речной долины увеличивается вниз по течению, но эта закономерность на отдельных участках нарушается местными особенностями (тектоническими структурами, литологическими образованиями и др.).

По характеру внутригодового распределения стока река Мокша относится к восточно-европейскому типу, который отличается высоким весенним половодьем, низкой летней и зимней меженью, повышенным стоком в осенний период. Половодье начинается в конце марта начале апреля, максимума достигает в середине апреля, спадает к середине мая. Подъём длится 10-12 дней, спад – 20-25 дней.



Рисунок.3.4.1. Половодье на реке Мокша, 2012 год

В годы ранней или поздней весны фазы половодья смещаются на 1-2 декады. В среднем за многолетний период снеговой сток составляет 87-99%, дождевой - до 3%, подземный - 1-10 %.

Ледовые явления начинаются с образованием заберегов и наступают в среднем в первой половине ноября. Замерзание реки происходит в конце

ноября и первой декаде декабря. Устойчивый ледяной покров держится 4-5 месяцев. Толщина льда достигает 85 см, а в суровые зимы -115 см.

3.5 Хозяйственное использование реки

Местные жители используют воду как для бытовых нужд, так и для орошения сельскохозяйственных угодий. Река имеет большое значение как рыбохозяйственный объект.

Луговая растительность на берегу реки Мокша служит кормовой базой для скота. В настоящее время отдельные участки прибрежной полосы реки Мокша распаханы, что может вызвать эрозию и дальнейшее разрушение берегов. Местные жители выращивают на пойме реки картофель.

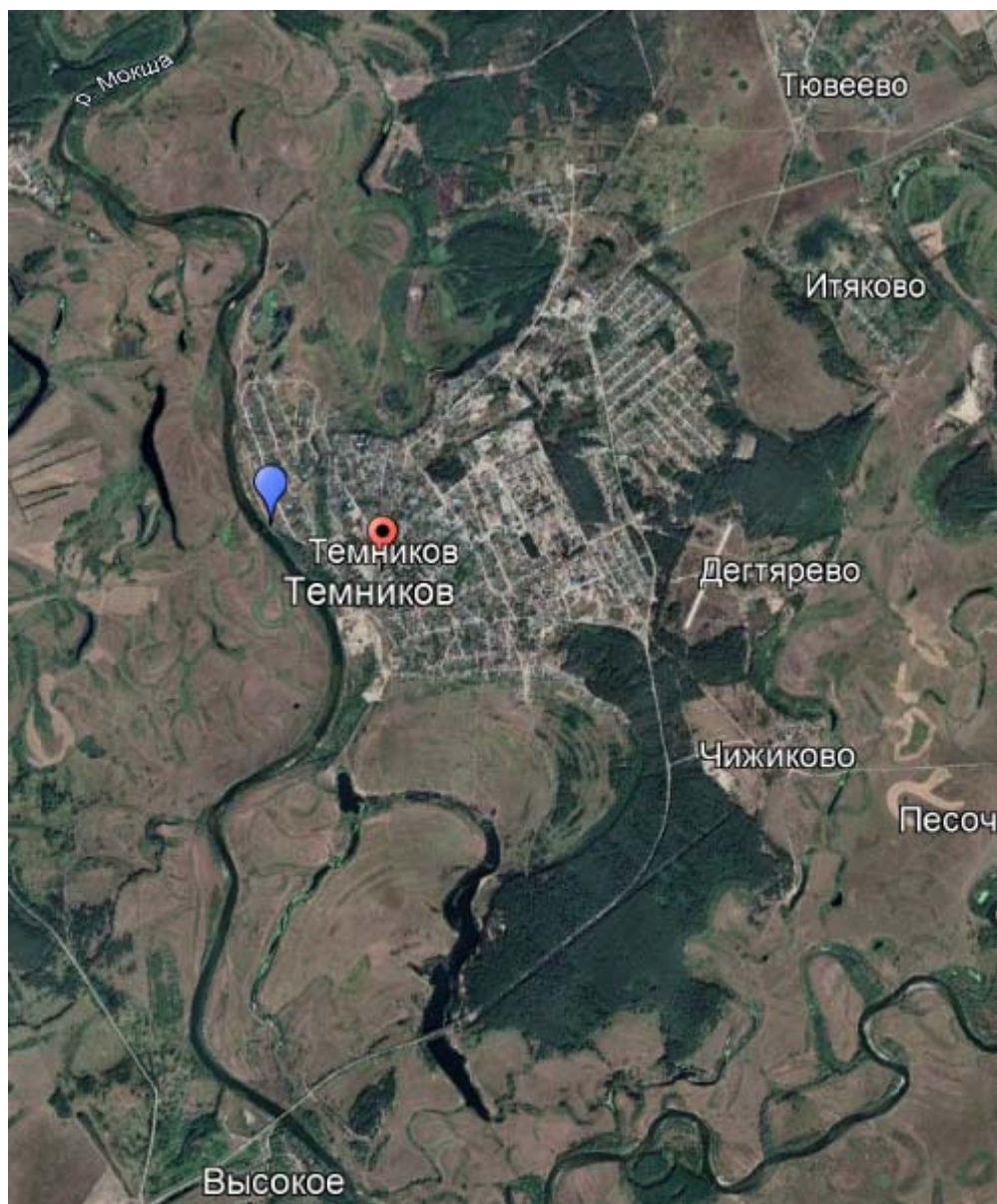


Рисунок 3.5.1. Снимок участка реки Мокша, город Темников

По генетической классификации озерных котловин преобладают водно-эрозионные – старицы реки Мокша, имеющие связь с рекой во время весенних половодий. Для озер характерен весенний подъем уровня, сменяющийся постепенным его снижением в течение летнего и зимнего сезонов. В отдельные дождливые годы наблюдается летнее или осеннее повышение уровня. Весенний подъем обычно начинается во второй половине апреля, на 5 – 10 дней позже начала половодья на реках. Его высота в среднем от 0,6 до 1,2 м, что зависит как от водности весеннего периода, так и от морфологии котловины озера, размеров бассейна. Максимальный уровень

весеннего подъема наблюдается обычно в последней декаде апреля. В зимний период изменение уровня по преимуществу незначительно. Годовая амплитуда колебаний уровня 1,0 – 1,5 м.

3.7 Описание гидрологического поста

Гидрологический пост Темников открылся в 1933 году. Площадь водосбора составляет 15800 км². Расстояние от истока реки составляет 432 км, от устья 224 км. Озерность – менее 1%. Заболоченности менее 1%. Лесистость – 18%. Средняя высота водосбора 189 м. Период наблюдений с 1935 года по настоящий момент. отметка нуля водомерного поста (высота над уровнем моря) **100.25 м.** Пост изображен на рисунке 3.7.1.

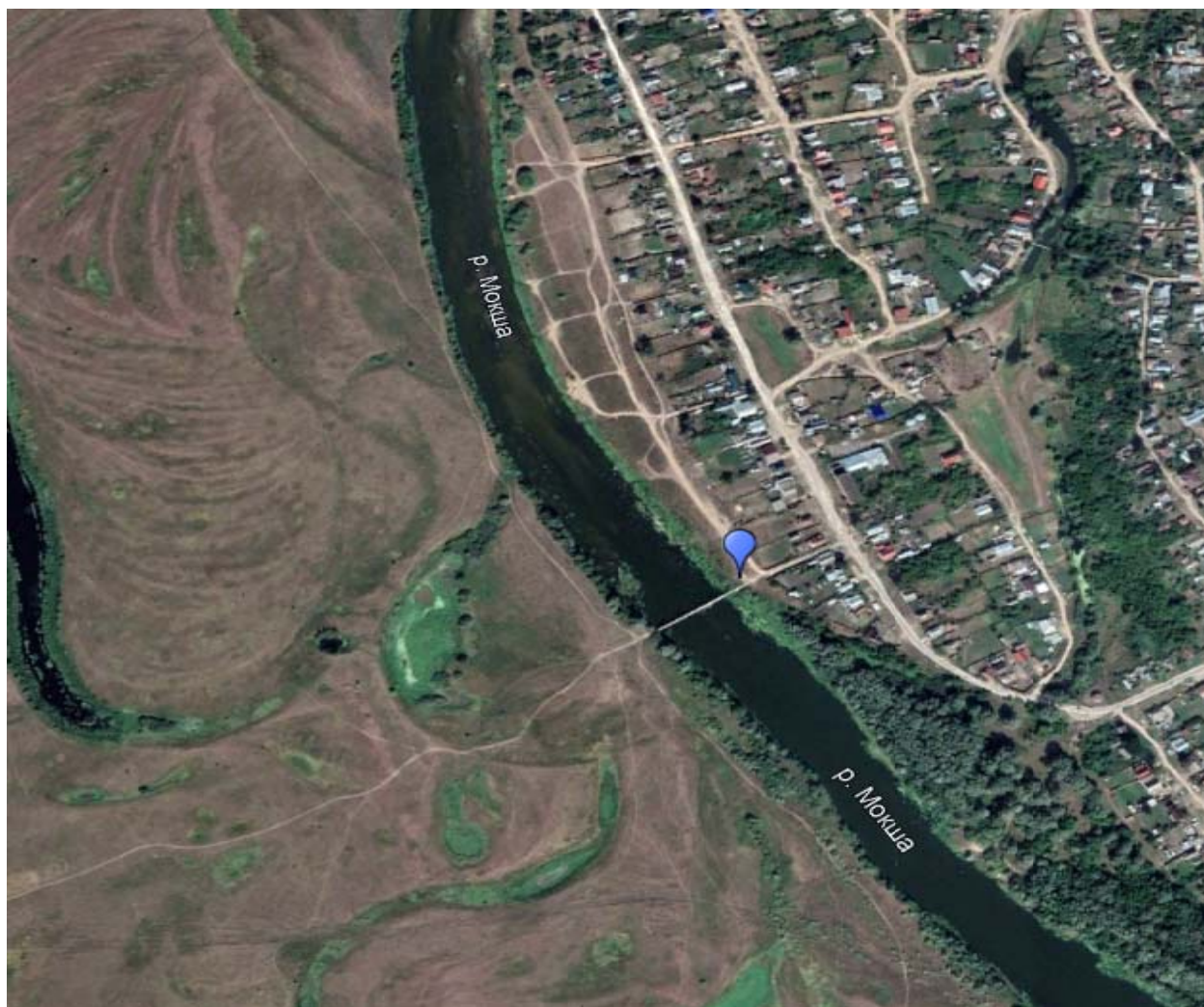


Рисунок 3.7.1 – положение гидрологического поста р. Мокша – г. Темников

4. Построение кривой $Q=f(H)$ по данным наблюдений за 1963г.

4.1 Исходные данные и анализ

Для изучения был выбран участок реки Мокша на гидрологическом посту г. Темников. Использовались данные за 1963 и 1974 года. Исходные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 - исходные данные за 1963 год.

№ расхода	Дата	Состояние реки на участке гидроствора	Уровень над нулем графика, см	Расход воды Q, м ³ /с	Площадь живого сечения, ω, м ²	Средняя скорость течения, v, м/с	Ширина реки, b, м	Средняя глубина, h, м
1	04.январь	лдст	168	15,3	70,1/45,3	0,34	77,3	0,91
2	17.январь	лдст	170	13,4	69,4/40,9	0,33	77,5	0,9
3	24.январь	лдст	174	14	75,4/41,4	0,34	82,5	0,91
4	06.фев	лдст	175	12,9	75,6/40,4	0,32	82,5	0,92
5	15.фев	лдст	174	10,2	74,8/41,2	0,25	82,5	0,91
6	25.фев	лдст	181	11	79,7/36,3	0,3	83,2	0,96
7	06.мар	лдст	188	11,9	84,8/40,5	0,29	85,5	0,99
8	15.мар	лдст	194	12,1	89,0/40,1	0,3	87,1	1,02
9	25.мар	лдст	196	12,3	89,6/39,9	0,31	86,6	0,46
10	05.апр	лдст	196	12,5	89,1/39,3	0,32	87,4	1,02
11	15.апр	лдст	211	21,1	104/53,3	0,4	93,4	1,11
12	06.май	св	473	246	462	0,53	150	3,08
13	08.май	св	393	169	344	0,49	140	2,46
14	09.май	св	342	135	272	0,5	137	1,99
15	10.май	св	299	114	213	0,54	136	1,57
16	11.май	св	268	96	174	0,55	109	1,6
17	13.май	св	231	74	134	0,55	91	1,47
18	17.май	св	192	54,7	103	0,53	89	1,16
19	22.май	св	166	40,6	82	0,5	78	1,05
20	29.май	св	149	29,2	58,8	0,5	73	0,81
21	03.июн	св	110	10,5	29,2	0,36	58,7	0,5
22	07.июн	св	130	18,8	33,1	0,57	88,8	0,37
23	15.июн	св	135	21,7	40,4	0,54	87,7	0,46
24	24.июн	св	118	14,3	27,6	0,52	51,5	0,54
25	04.июл	св	132	20,1	42,7	0,48	89,5	0,48
26	19.июл	св	146	28,2	49,1	0,57	90,7	0,54
27	26.июл	св	157	35,4	61,1	0,58	94,7	0,65
28	05.авг	св	132	20,2	36,7	0,55	74,4	0,49
29	16.авг	св	118	13,4	33	0,41	77,4	0,43

Продолжение таблицы таблицы 2 - исходные данные за 1963 год.

34	14.окт	св	134	21,7	45,8	0,47	79,2	0,58
35	24.окт	св	124	17,2	42,1	0,41	78,5	0,54
36	04.ноя	св	128	18,8	44,7	0,42	79	0,57
37	12.ноя	св	124	16,6	41,8	0,46	78,4	0,53
38	26.ноя	лдст	172	39,7	97,5/85,7	0,31	95,1	0,9
39	02.дек	лдст	196	17,4	108/96,3	0,18	101	1,07
40	16.дек	лдст	186	20,9	90,7/72,7	0,29	91,2	0,99
41	25.дек	лдст	168	16,3	74/54,5	0,3	83,2	0,89

Таблица 3 – исходные данные за 1974 год.

№ расхода	Дата	Состояние реки на участке гидроствора	Уровень над нулем графика, см	Расход воды Q, м3 /с	Площадь живого сечения, ω, м2	Средняя скорость течения, v, м/с	Ширина реки, b, м	Средняя глубина, h, м
1	0.6 янв	лдст	180	15,66	72,7	0,42	77,6	1,21
2	16.янв	лдст	182	13,76	72	0,41	77,8	1,2
3	23.янв	лдст	186	14,36	78	0,42	82,8	1,21
4	05.фев	лдст	187	13,26	78,2	0,4	82,8	1,22
5	14.фев	лдст	186	10,56	77,4	0,33	82,8	1,21
6	24.фев	лдст	193	11,36	82,3	0,38	83,5	1,26
7	10.мар	лдст	200	12,26	87,4	0,37	85,8	1,29
8	19.мар	лдст	206	12,46	91,6	0,38	87,4	1,32
9	29.мар	лдст	208	12,66	92,2	0,39	86,9	0,76
10	09.апр	св	185	12,25	91,7	0,23	87,4	1,32
11	19.апр	св	200	20,85	101,4	0,24	93,4	0,99
12	11.май	св	462	245,75	459,4	0,32	150	2,96
13	13.май	св	382	168,75	341,4	0,45	140	2,34
14	14.май	св	331	134,75	269,4	0,41	137	1,87
15	15.май	св	288	113,75	210,4	0,42	136	1,45
16	16.май	св	257	95,75	171,4	0,46	109	1,48
17	18.май	св	220	73,75	131,4	0,47	91	1,35
18	20.май	св	181	54,45	100,4	0,47	89	1,04
19	25.май	св	155	40,35	79,4	0,45	78	0,93
20	01.июн	св	138	28,95	56,2	0,42	73	0,69
21	06.июн	св	99	10,25	26,6	0,42	58,7	0,38
22	10.июн	св	119	18,55	30,5	0,28	88,8	0,25
23	18.июн	св	124	21,45	37,8	0,49	87,7	0,34
24	27.июн	св	107	14,05	25	0,46	51,5	0,42
25	07.июл	св	121	19,85	40,1	0,44	89,5	0,36
26	22.июл	св	135	27,95	46,5	0,4	90,7	0,42
27	29.июл	св	146	35,15	58,5	0,49	94,7	0,53
28	08.авг	св	121	19,95	34,1	0,5	74,4	0,37
29	19.авг	св	107	13,15	30,4	0,47	77,4	0,31

4.2 Построение кривых зависимостей

Кривую расходов $Q = f(H)$ строим в прямоугольной системе координат совместно с кривой площадей живых сечений $\omega = f(H)$ и средних скоростей $v = f(H)$, так как расход при равномерном движении равен произведению площади живого сечения на среднюю скорость. Кривые площадей и средних скоростей нужны для анализа надежности измеренных расходов.

Масштаб для построения кривых выбираем таким образом, чтобы хорда, соединяющая концы кривой $Q = f(H)$, была расположена примерно под углом 45° к оси абсцисс, а для кривых $\omega = f(H)$ и $v = f(H)$ – под углом 60° .

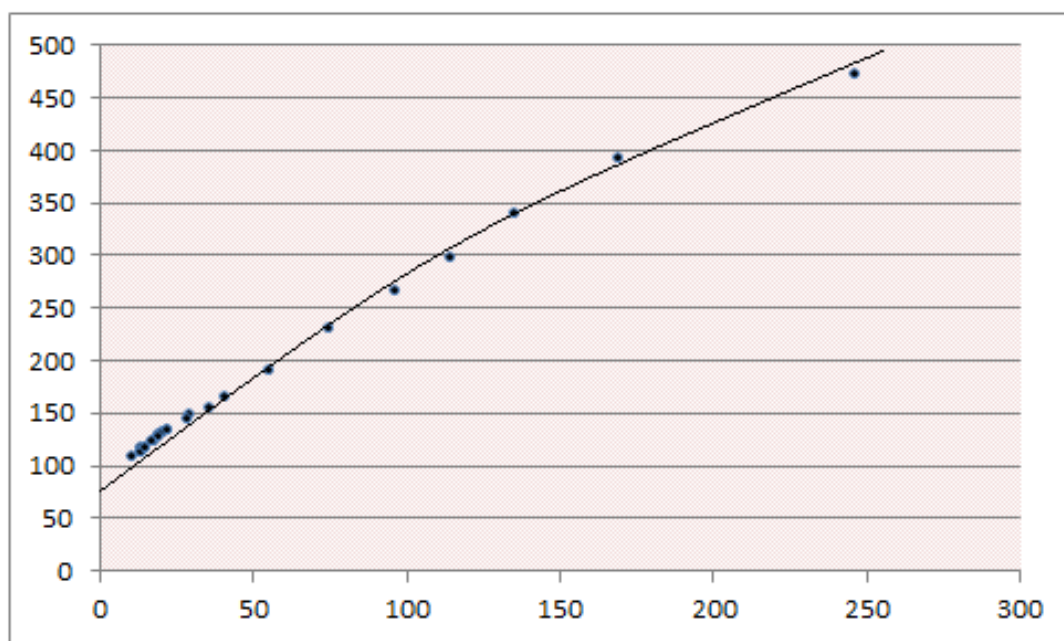


Рисунок 4.2.1- Кривая зависимости расхода от уровня воды $Q = f(H)$ реки Мокши за 1963 год.

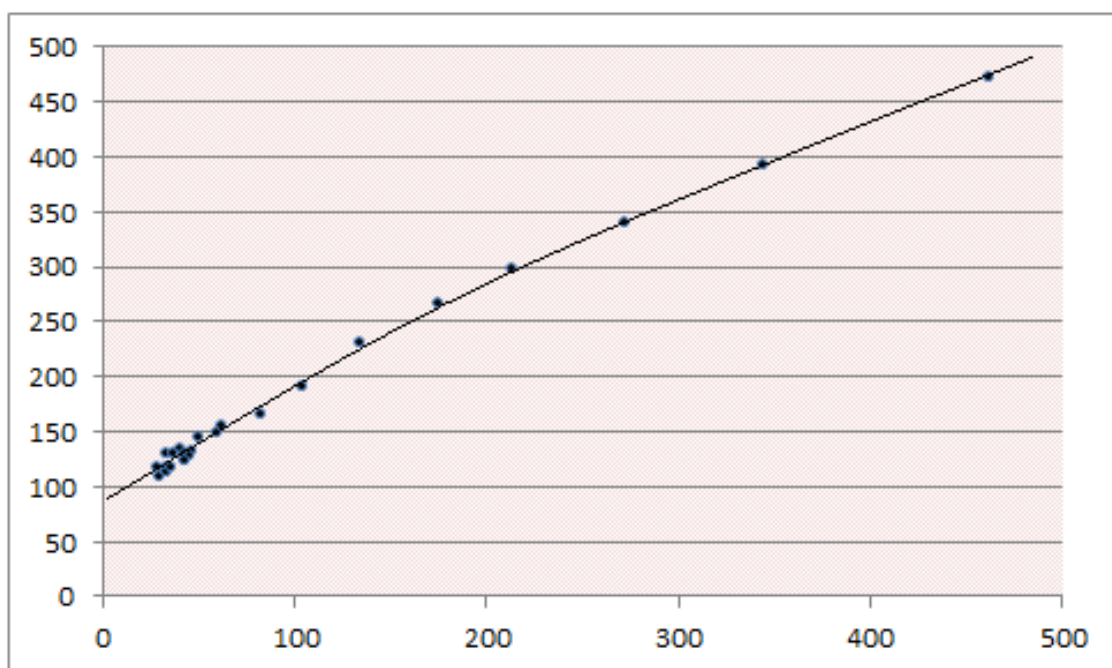


Рисунок 4.2.2 - Кривая зависимости площади от уровня $\omega = f(H)$ реки Мокши за 1963 год.

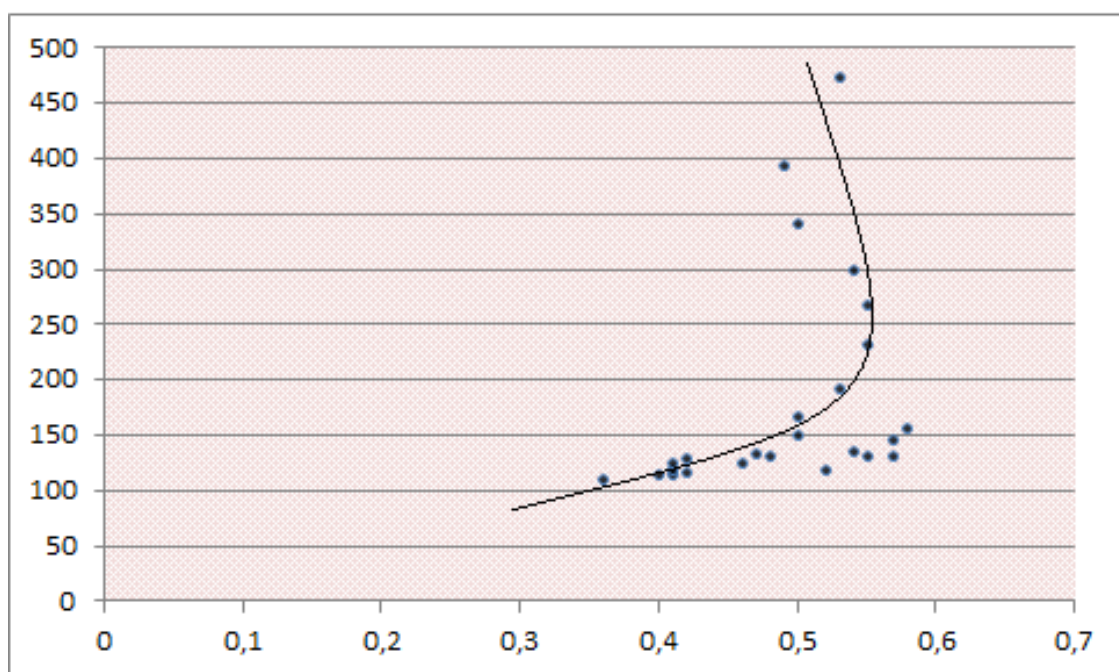


Рисунок 4.2.3- Кривая зависимости скоростей от уровня $v = f(H)$ реки Мокши за 1963 год.

Следующим шагом в работе будет определение коэффициентов шероховатости n по формуле Маннинга для всего диапазона уровней.

Речные русла отличаются от инженерных сооружений тем, что они деформируются. При этом наблюдаются не только деформации русел, особенно в периоды паводков и половодий, но иногда и обрушение берегов. К тому же потоки в таких руслах перемещают наносы как во взвешенной, так и в донной фазе. Особые сложности при разработке расчетных методов создают донные наносы, так как режимы их перемещения могут существенно изменяться. Это зависит от мощности паводков и половодий, соотношения расходов донных наносов и транспортирующей способности потоков, крупности наносов и других факторов.

Как известно величина гидравлических сопротивлений при изменении фазы перемещения наносов от их влечения к донным грядам может изменяться в несколько раз (от 2 до 7). Помимо этого, донные наносы могут перемещаться в виде различных русловых образований.

Все это, а также большое количество факторов, определяющих величину гидравлических сопротивлений, привело к необходимости введения некоторой интегральной характеристики, учитывающей различные составляющие гидравлических сопротивлений. Как уже указывалось, в качестве таковой в середине XIX в. был предложен коэффициент шероховатости p , величина которого определялась по описательной характеристике и одной из многочисленных таблиц. Коэффициент шероховатости до сих пор негативно воспринимается некоторыми исследователями, например, К.В. Гришаниным, и для этого имеются довольно веские основания. Действительно, для его расчетов имеется большое количество эмпирических формул. В настоящее время их значительно больше 200.

При расчетах по некоторым из них, как это указывалось, размерность коэффициента шероховатости изменяется, что недопустимо для любой физической величины. Несмотря на этот и другие недостатки, в настоящее время лучшего аналога коэффициенту шероховатости не предложено.

Как указывалось, для определения коэффициентов шероховатости созданы специальные таблицы, в которых приведены описания русел и пойм и соответствующие им значения коэффициентов шероховатости (одного или двух-трех). Таких таблиц в настоящее время насчитывается свыше 20. Однако широкое распространение в СССР, а затем и в России, получила таблица М.Ф. Срибного.

Таблица 3. Рекомендуемые значения коэффициента шероховатости n в формуле Маннинга для естественных русел и пойм, таблица по Срибному (ТУ-24-02)

По Срибному (ТУ-24-02):

Категория	Описание водотока	n
1	Естественные русла в весьма благоприятных условиях (чистое, прямое в плане, совершенно незасоренное земляное русло со свободным течением)	0,025
2	Русло постоянных водотоков равнинного типа преимущественно больших и средних рек в благоприятных условиях состояния ложа и течения воды	0,033
3	Сравнительно чистые русла постоянных равнинных водотоков в обычных условиях, извилистые, с некоторыми неправильностями в направлении струй, или же прямые, но с неправильностями в рельефе дна (отмели, промоины, местами камни)	0,040
4	Русла (больших и средних рек) значительно засоренные, извилистые и частично заросшие, каменистые с беспокойным течением Периодические (ливневые и весенние) водотоки, несущие во время паводка значительное количество наносов с крупногалечным или покрытым растительностью, травой и прочим ложем. Поймы больших и средних рек, сравнительно разработанные, покрытые растительностью (травой, кустарниками)	0,050
5	Русла периодических водотоков, сильно заросшие и извилистые. Значительно заросшие, неровные, плохо разработанные поймы рек (промоины, кустарники, деревья) с наличием заводей. Порожистые участки рек. Галечно-валунные русла горного типа с неправильной поверхностью водного зеркала	0,067
6	Реки и поймы, весьма значительно заросшие (со слабым течением), с большими глубокими промоинами. Валунные, горного типа русла с бурным пенным течением с изрытой поверхностью водного зеркала (с летящими вверх брызгами воды)	0,080
7	Поймы такие же, как и предыдущей категории, но с сильно неправильным косоуструйным течением, заводями и пр. Горно-водорезного типа русла с крупновалунным извилистым строением ложа, перепады ярко выражены, пенность настолько сильна, что вода, потеряв прозрачность, имеет белый цвет, шум потока доминирует над всеми остальными звуками, делает разговор затруднительным	0,100
8	Реки болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода и пр.). Поймы лесистые, с очень большими мертвыми пространствами, с местными углублениями, озерами и пр.	0,133
9	Потоки типа селевых, состоящие из грязи, камней и пр. Глухие поймы, сплошь лесные, таежного типа. Склоны бассейнов в естественном состоянии	0,200

Коэффициент шероховатости n реки Мокша по таблице равен 0,025.

Коэффициент Шези определяется по формуле Маннинга

$$C = \frac{1}{n} H^{0.167},$$

где n – коэффициент шероховатости, h – глубина потока.

По полученным данным была построена кривая зависимости $n=f(H)$.

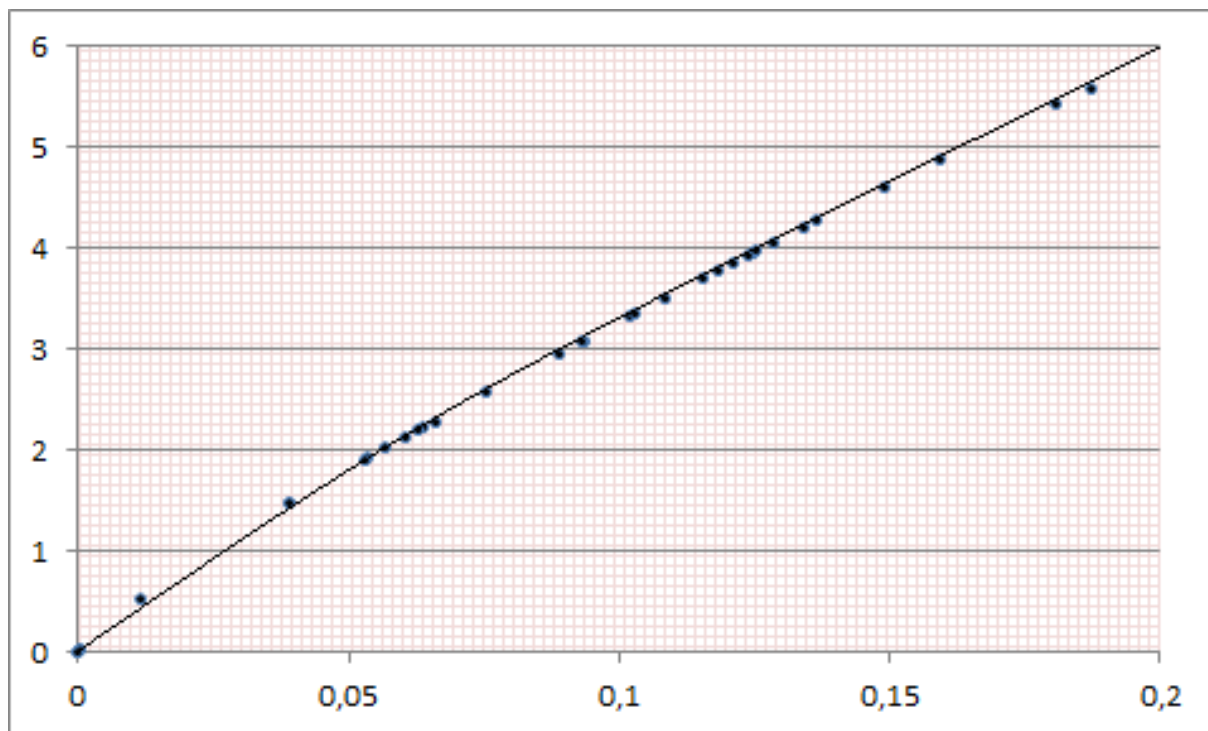


Рис 15. Кривая зависимости $n=f(H)$ реки Мокши за 1963 год.

Глава 5. Построение кривых зависимостей с помощью программы «Profiles»

5.1 О программе «Profiles2010»

Программа «Profiles2010» обеспечивает первичную обработку материалов геодезической съемки морфопрофилей русла и затопляемой части долины реки (канала, малого водотока) и выполнение гидравлических расчетов по данным одного морфоствора. Расчет кривых свободной

поверхности для случаев неравномерного или неустановившегося течения данной версией программы не предусмотрен.

Программа может применяться для решения как задач инженерно-гидрологической практики, так и задач текущей работы сетевых гидрологических подразделений Росгидромета: гидравлическая экстраполяция кривых $Q(H)$ постов, определение максимальных расходов по меткам УВВ и т. п.

Программа действует со всеми применяемыми в настоящее время операционными системами Windows. Методика расчетов, выполняемых программой, полностью соответствует требованиям действующего СП 33-101-2003, но содержит и некоторые дополнительные возможности использования методов традиционной гидравлики открытых потоков.

Предварительная обработка данных морфопрофиля выполняется программой в три этапа. На первом этапе она заключается в расчете координат кривых зависимостей площади сечения ω и ширины B от уровня воды H для всего водного сечения или выделенных пользователем его отсеков: руслового и пойменных. На втором этапе производится расчет построение кривых расхода воды $Q(H)$ для всех выделенных отсеков морфопрофиля и для их суммарного расхода.

На заключительной стадии собственно гидравлических расчетов программа предоставляет возможность решения следующих задач:

- расчет шероховатости русла реки по данным измеренного расхода воды:
- расчет расхода воды Q по зафиксированным меткам УВВ;
- расчет расхода воды Q при заданном уровне H ;
- расчет уровня воды H при заданном расходе Q ;
- расчет обеспеченных уровней воды $H_p\%$ при задаваемых обеспеченных расходах $Q_p\%$.

Результаты всех выполняемых расчетов иллюстрируются графиками, любой из которых может быть сохранен пользователем в формате BMP для последующего преобразования в JPG и включения в отчетную документацию.

Программа снабжена развитым интерфейсом управления. Перед выполнением каждого последующего этапа расчетов пользователю автоматически предлагается выбор параметров выполнения расчетов, оформления графиков и таблиц записи результатов. Исключение составляют способы выполнения расчетов, редко используемые в современной практике. К ним относятся:

- использование гидравлического радиуса R вместо средней глубины отсека h_{cp} ;
- использование формул расчета коэффициента Шези: Форхгеймера, Павловского и Гангилье-Куттера, взамен обычно применяемой формулы Маннинга;
- применение различных значений уклона водной поверхности для руслового и пойменных отсеков потока.

5.2. Построение профиля морфоствора

Построению графика морфопрофиля предшествует запрос по нескольким параметрам исходных данных и управляющим ключам, организованный на возникающей специальной панели. Вид этой панели представлен на рисунке 1.

Профиль № 1

Расстояния от пост. начала В

☒ в метрах ☐ в километрах

Отметки профиля Н

☐ м БС 77 ☐ м абс. ☐ м WGS 84

☒ м БС ☐ м усл.

Постоянное начало створа

☒ на левом берегу ☐ на правом берегу

☒ Надпись номера створа и L, км

☒ Обозначение точек профиля кружками

Рисунок 5.2.1- Панель программы, организующая ввод дополнительных сведений о морфопрофиле и ключей управления построением его графика.

По исходным данным за 1963 и 1974 года были построены профили русла реки.

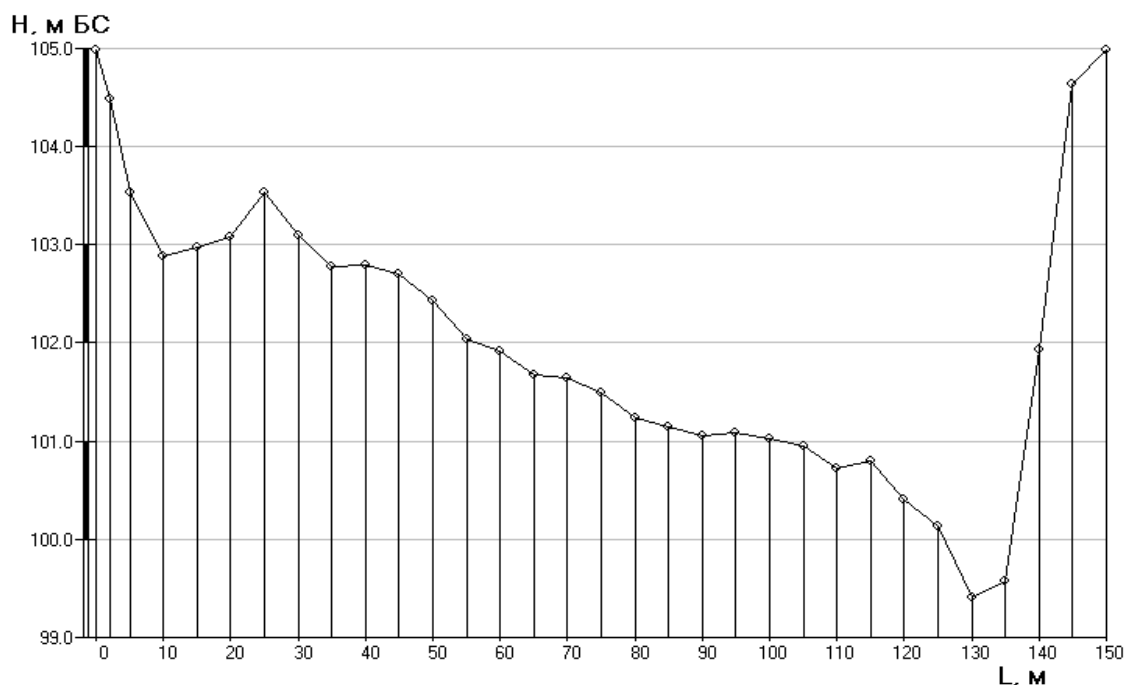


Рисунок 5.2.2- профиль реки Мокша по данным за 1963 год.

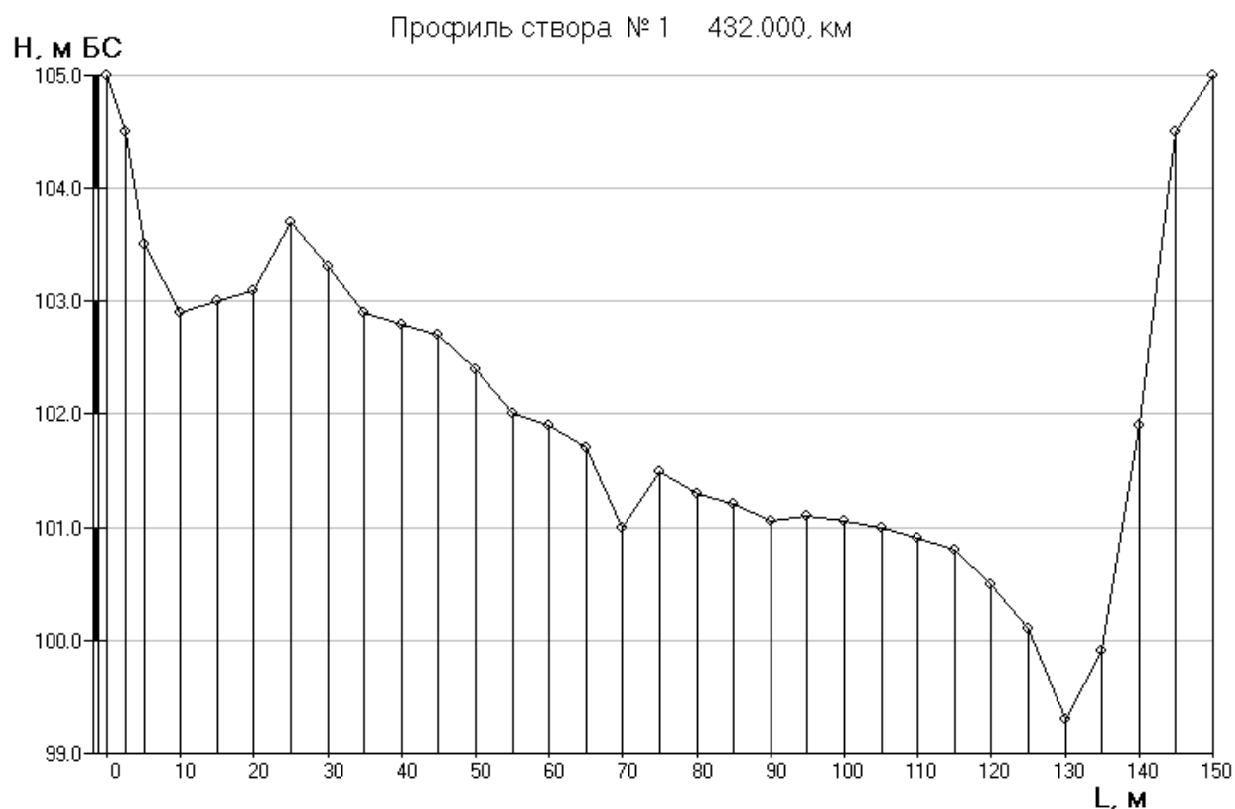


Рисунок 5.2.2- профиль реки Мокша по данным за 1974 год.

5.3 Построение кривых площадей

При обращении к заданию меню программы «Кривые площадей» возникает панель, позволяющая устанавливать ряд ключевых параметров выполнения этого задания. Ее вид изображен на рисунке.

Параметры процедур и графиков

Расчет координат кривых

- ☒ для русла, левой и правой поймы
- ☐ отдельно для русла и всей поймы
- ☐ объединенную для всего профиля

На графике показывать:

- ☒ Обозначение опорных точек кружками
- ☒ Надпись номера профиля и L, км

Отмена **Принять**

Рисунок 5.3.1 - Панель управления операциями расчета и построения кривых площадей $\omega(H)$.

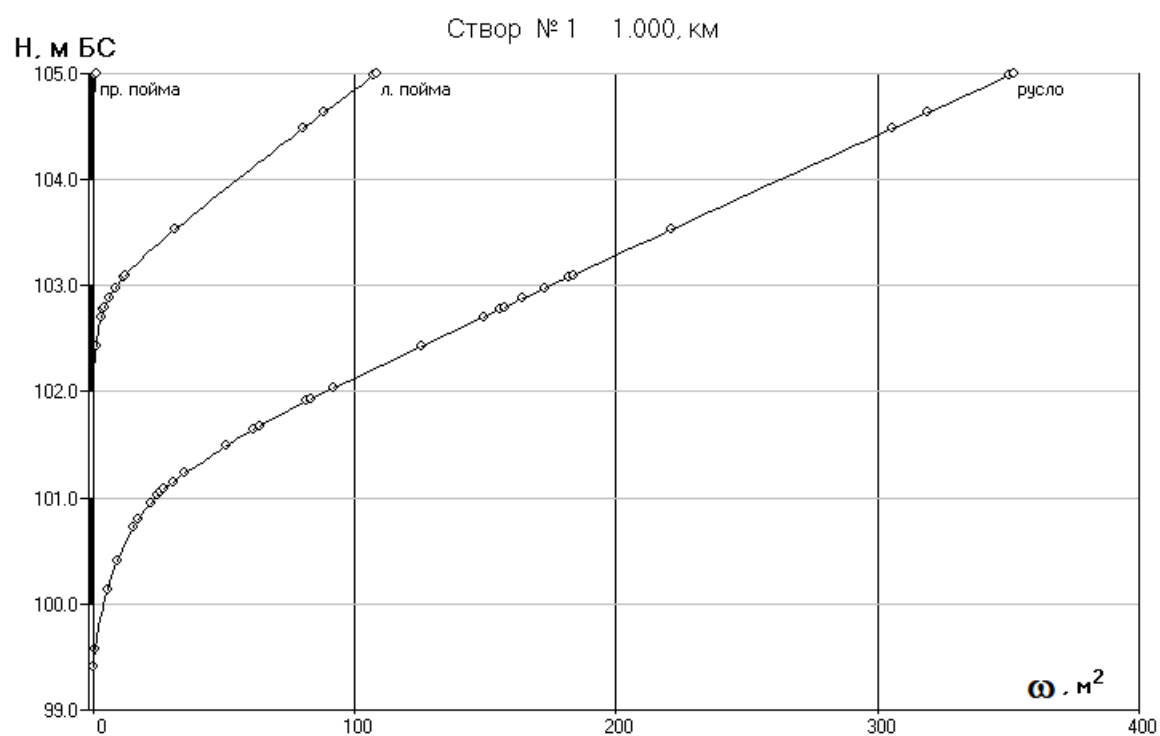


Рисунок 5.3.2 - График кривых площадей $\omega(H)$ реки Мокши, построенных программой

отдельно для русла и пойменных отсеков профиля по данным за 1963 год.

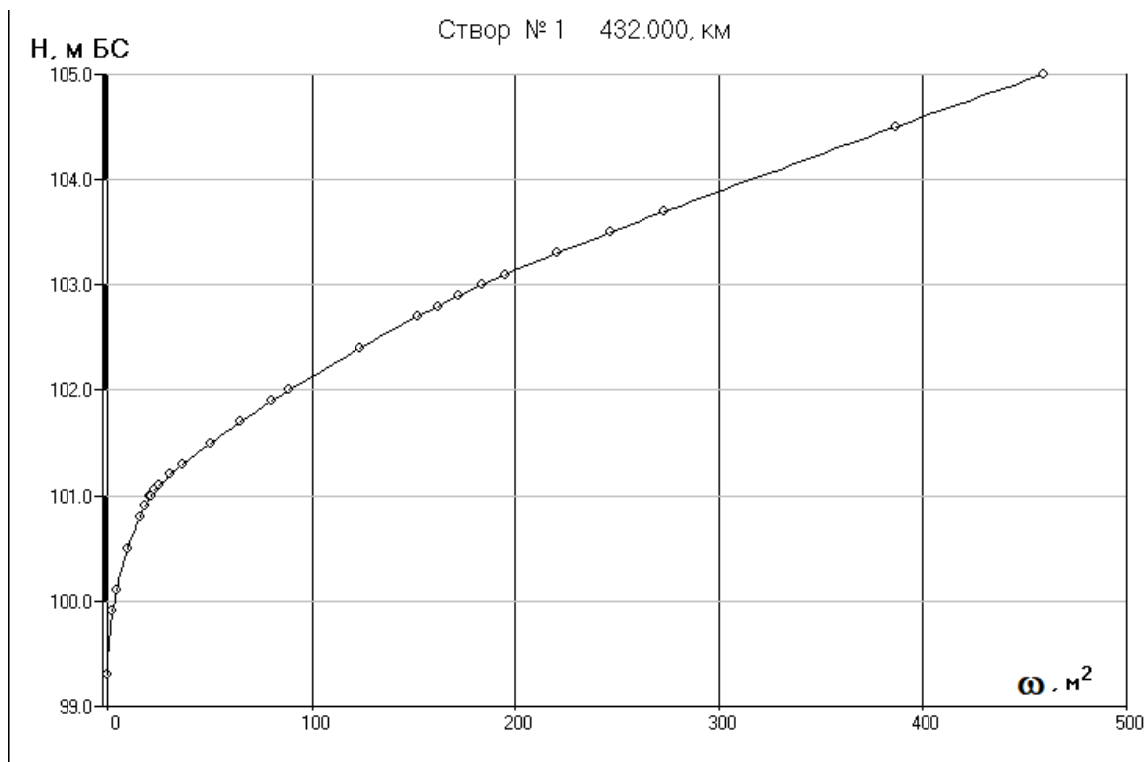


Рисунок 5.3.3 - График кривых площадей $\omega(H)$ реки Мокши, построенных программой отдельно для русла за 1974 год.

5.4 Построение кривых расходов

Действия по решению общей задачи расчетов начинаются с обращения к заданию меню окна программы «Кривые расходов», которое становится доступным после построения кривых площадей сечений $\omega(H)$. При вызове этого задания возникает панель заданий по выполнению расчетов. В верхней части панели имеется группа радиальных кнопок, определяющих задачу расчетов. Предусмотрена возможность выбора задач:

- расчет шероховатости русла по данным измеренного расхода воды;
- расчет расхода Q при зафиксированном уровне высоких вод (УВВ);
- расчет расхода Q при зафиксированном уровне H ;
- расчет уровня H при заданном расходе Q ;
- расчет обеспеченных уровней $H_p\%$ при заданных обеспеченных расходах $Q_p\%$;

- только построение кривых $Q(H)$.

Ясно, что вторая и третья из названных задач не имеют принципиальных отличий.

В зависимости от выбора задачи изменяется вид и состав некоторых средств управления расчетами, помещенных на этой панели. При каждом обращении к заданию меню «Кривые расходов» первоначально устанавливается первое из перечисленных заданий и состояние панели приобретает соответствующий ему вид. Для примера на рисунке 6 изображен вид панели, соответствующий заданию «расчет обеспеченных уровней $H_p\%$ при заданных обеспеченных расходах $Q_p\%$ ».

Для решения любой из перечисленных задач необходимо ввести значение уклона водотока. Для этого на панели имеется редакционное окно с подписью «Расчетный уклон водотока». Пользователь всегда может непосредственно вписать принятое значение уклона в этом окне.

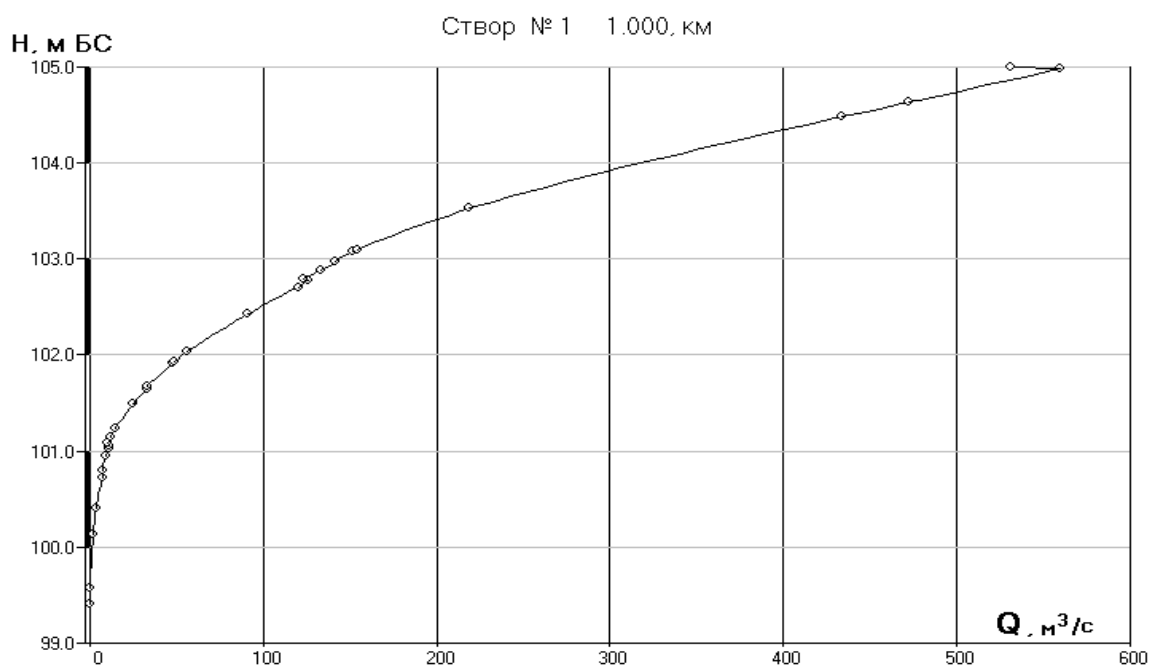


Рисунок 5.4.1. - Кривая расходов реки Мокша, построенная с помощью программы «Profiles» за 1963 год.

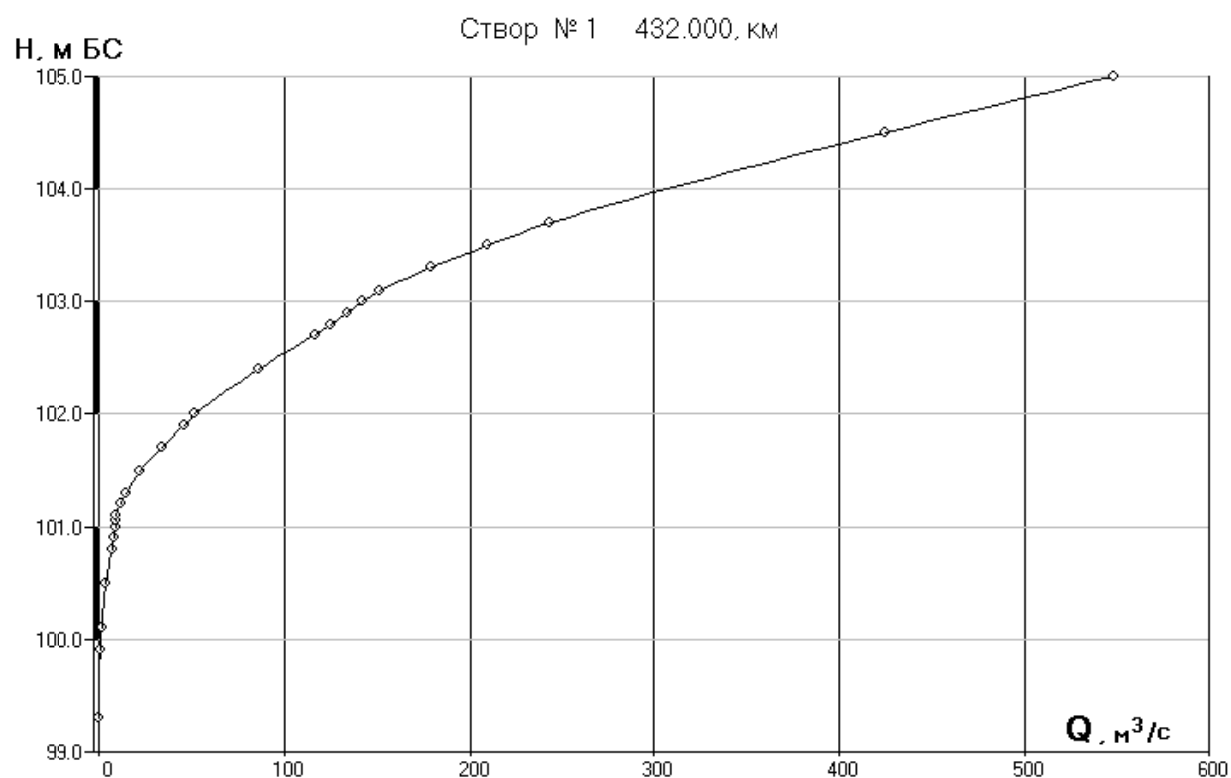


Рисунок 5.4.1. - Кривая расходов реки Мокша, построенная с помощью программы «Profiles» за 1974 год.

5.5. Коэффициент шероховатости

Применяемые в данной программе формулы расчета коэффициентов Шези установлены применительно к использованию гидравлического радиуса.

При вычислении коэффициента Шези

Использовать в расчетах

- ☒ среднюю глубину потока
- ☐ гидравлический радиус

Применять формулу

- ☒ Маннинга
- ☐ Форхгеймера
- ☐ Павловского
- ☐ Гангилье-Куттера

Применять значения уклона

- ☒ в русле для всего потока
- ☐ потока на левой пойме
- ☐ потока на правой пойме
- ☐ для каждого отсека отдельно

Уклон потока на пойме

левой правой

Применить

Рисунок 5.5.1 - Панель задания дополнительных параметров гидравлических расчетов при обращении к опции меню «Параметры расчетов по Шези».

Коэффициенты шероховатости пойменных отсеков профиля во всех случаях задаются пользователем. Коэффициент шероховатости русла может быть рассчитан по данным измеренного расхода воды при известном уклоне. Предполагается, что расход измерен в условиях без затопления пойменных отсеков.

5.6 Обработка и анализ полученных данных

Таблица, представленная в программе «Profiles» была преобразована в таблицу формата Excel.

Таблица 4. Итоговая расчетная таблица программы «Profiles» для створа реки Мокша за 1963 год.

Отметка уровня, Н(м)	Площадь, F (м.кв)	Ширина, В (м)	Ср.глубина, Hcp(м)	Расход, Q(м.куб/с)
99.41	0.0	0.0	0.0	0.0
99.45	0.0291	1.454	0.0200	0.0012
99.50	0.1473	3.272	0.0450	0.0108
99.55	0.3563	5.090	0.0700	0.0351
99.58	0.5253	6.181	0.0850	0.0589
99.60	0.6508	6.362	0.1023	0.0825
99.65	0.9803	6.816	0.1438	0.1560
99.70	1.332	7.269	0.1833	0.2492
99.75	1.707	7.723	0.2211	0.3618
99.80	2.105	8.177	0.2574	0.4937
99.85	2.525	8.630	0.2926	0.6450
99.90	2.968	9.084	0.3267	0.8161
99.95	3.433	9.537	0.3600	1.007
100.00	3.922	9.991	0.3925	1.219
100.05	4.433	10,44	0.4244	1.451
100.10	4.966	10,9	0.4557	1.705
100.13	5.297	11,17	0.4742	1.867
100.15	5.524	11,58	0.4769	1.955
100.20	6.129	12,62	0.4859	2.196
100.25	6.786	13.65	0.4972	2.469
100.30	7.494	14.68	0.5105	2.775
100.35	8.254	15.71	0.5253	3.115
100.40	9.065	16.74	0.5414	3.491
100.45	9.921	17.48	0.5677	3.943
100.50	10,81	18.21	0.5939	4.428
100.55	11,74	18.94	0.6200	4.949
100.60	12,71	19.67	0.6460	5.504
100.65	13.71	20.40	0.6719	6.096
100.70	14.75	21.13	0.6978	6.725

100.73	15.39	21.57	0.7133	7.121
100.75	15.84	23.75	0.6670	7.010
100.80	17.16	29.19	0.5881	6.984
100.85	18.65	30.43	0.6130	7.803
100.90	20.21	31.67	0.6380	8.681
100.95	21.82	32.91	0.6630	9.617
100.95	21.82	32.92	0.6630	9.617
101.00	23.55	36.15	0.6515	10,26
101.03	24.66	38.09	0.6475	10,7
101.05	25.44	40.13	0.6341	10,89
101.08	26.79	49.69	0.5392	10,29
101.10	27.80	50.73	0.5479	10,79
101.15	30.40	53.34	0.5699	12,11
101.20	33.15	56.57	0.5859	13.45
101.23	34.87	58.51	0.5960	14.32
101.25	36.05	58.94	0.6116	15,05
101.30	39.02	60.01	0.6503	16.98
101.35	42.05	61.07	0.6885	19.00
101.40	45.13	62.14	0.7262	21.13
101.45	48.26	63.21	0.7635	23.37
101.49	50.81	64.06	0.7930	25.23
101.50	51.45	64.40	0.7989	25.68
101.55	54.71	66.07	0.8281	27.97
101.60	58.06	67.74	0.8571	30.36
101.65	61.48	69.40	0.8859	32.87
101.68	63.64	74.47	0.8546	33.22
101.70	65.14	74.95	0.8691	34.39
101.75	68.91	76.14	0.9051	37.38
101.80	72.75	77.33	0.9407	40.49
101.85	76.65	78.53	0.9761	43.72
101.90	80.60	79.72	1.011	47.07
101.91	81.40	79.96	1.018	47.75
101.93	83.01	80.77	1.028	49.00
101.95	84.63	81.58	1.037	50.27
102.00	88.76	83.59	1.062	53.55
102.04	92.14	85.20	1.081	56.27

102.05	92.99	85.35	1.089	57.07
102.10	97.28	86.08	1.130	61.17
102.15	101.6	86.82	1.170	65.40
102.20	106.0	87.55	1.210	69.75
102.25	110.4	88.29	1.250	74.23
102.30	114.8	89.02	1.289	78.83
102.35	119.3	89.75	1.329	83.55
102.40	123.8	90.49	1.368	88.40
102.43	126.5	90.93	1.391	91.36
102.45	128.3	91.32	1.405	93.30
102.50	132.9	92.31	1.440	98.22
102.55	137.5	93.29	1.474	103.3
102.60	142.2	94.28	1.509	108.4
102.65	147.0	95.26	1.543	113.7
102.70	151.8	96.25	1.577	119.2
102.71	152.7	96.44	1.583	120.3
102.75	156.6	98.74	1.586	123.5
102.78	159.6	100.5	1.589	126.0
102.80	161.7	106.9	1.512	123.5
102.85	167.0	107.8	1.550	129.7
102.88	170.3	108.3	1.572	133.5
102.90	172.5	109.8	1.570	135.1
102.95	178.1	113.6	1.568	139.3
102.98	181.5	115.8	1.567	141.9
103.00	183.8	117.3	1.567	143.7
103.05	189.8	121.1	1.567	148.4
103.08	193.5	123.4	1.568	151.4
103.10	195.9	124.1	1.579	154.0
103.15	202.2	125.7	1.608	160.9
103.20	208.5	127.3	1.638	167.9
103.25	214.9	128.9	1.667	175.1
103.30	221.4	130.5	1.696	182.5
103.35	228.0	132.2	1.725	190.1
103.40	234.6	133.8	1.754	197.8
103.45	241.3	135.4	1.783	205.7
103.50	248.1	137.0	1.811	213.7

103.53	252.3	138.0	1.829	218.7
103.55	255.0	138.1	1.847	222.6
103.60	261.9	138.3	1.894	232.4
103.65	268.9	138.6	1.940	242.4
103.70	275.8	138.8	1.987	252.7
103.75	282.7	139.1	2.033	263.0
103.80	289.7	139.3	2.079	273.6
103.85	296.7	139.6	2.126	284.3
103.90	303.7	139.8	2.172	295.2
103.95	310.7	140.1	2.218	306.3
104.00	317.7	140.3	2.264	317.5
104.05	324.7	140.6	2.310	328.9
104.10	331.7	140.8	2.356	340.4
104.15	338.8	141.1	2.401	352.2
104.20	345.8	141.3	2.447	364.0
104.25	352.9	141.6	2.493	376.1
104.30	360.0	141.8	2.538	388.3
104.35	367.1	142.1	2.584	400.7
104.40	374.2	142.3	2.629	413.2
104.45	381.3	142.6	2.675	425.9
104.48	385.6	142.7	2.702	433.6
104.50	388.5	142.8	2.720	438.7
104.55	395.6	143.1	2.764	451.6
104.60	402.8	143.4	2.808	464.7
104.63	407.1	143.6	2.835	472.6
104.65	409.9	144.0	2.848	477.4
104.70	417.2	144.9	2.879	489.4
104.75	424.4	145.8	2.911	501.6
104.80	431.7	146.7	2.943	513.9
104.85	439.1	147.6	2.975	526.4
104.90	446.5	148.5	3.006	539.1
104.95	454.0	149.5	3.038	551.9
104.98	458.5	150.0	3.056	559.7
105.00	461.6	165.0	2.798	531.2

Таблица 4. Итоговая расчетная таблица программы «Profiles» для створа реки Мокша за 1974 год.

Отметка уровня, Н(м)	Площадь, F (м.кв)	Ширина, В (м)	Ср.глубина, Hcp(м)	Расход, Q(м.куб/с)
99.50	0.0	0.0	0.0	0.0
99.55	0.0402	1.607	0.0250	0.0019
99.60	0.1607	3.215	0.0500	0.0124
99.65	0.3617	4.822	0.0750	0.0364
99.70	0.6428	6.429	0.1000	0.0785
99.70	0.6429	6.429	0.1000	0.0785
99.75	0.9761	6.899	0.1415	0.1502
99.80	1.333	7.370	0.1808	0.2415
99.85	1.713	7.841	0.2185	0.3521
99.90	2.117	8.312	0.2547	0.4819
99.95	2.544	8.783	0.2897	0.6312
100.00	2.995	9.253	0.3237	0.8001
100.05	3.470	9.724	0.3568	0.9890
100.10	3.968	10.20	0.3892	1.198
100.15	4.489	10.67	0.4209	1.429
100.20	5.034	11.14	0.4520	1.680
100.20	5.034	11.14	0.4520	1.680
100.25	5.615	12.08	0.4647	1.908
100.30	6.243	13.03	0.4791	2.165
100.35	6.918	13.98	0.4949	2.452
100.40	7.640	14.92	0.5119	2.770
100.45	8.410	15.87	0.5299	3.120
100.50	9.227	16.82	0.5487	3.504
100.55	10.09	17.77	0.5681	3.922
100.60	11.00	18.71	0.5881	4.376
100.65	11.96	19.66	0.6085	4.867
100.70	12.97	20.61	0.6294	5.397
100.70	12.97	20.61	0.6294	5.397
100.75	14.11	24.92	0.5662	5.471

100.80	15.46	29.22	0.5291	5.730
100.85	16.95	30.20	0.5612	6.532
100.90	18.48	31.18	0.5928	7.389
100.95	20.06	32.15	0.6241	8.302
100.99	21.37	32.93	0.6488	9.072
101.00	21.70	33.79	0.6422	9.151
101.05	23.52	38.93	0.6042	9.522
101.10	25.78	51.56	0.5000	9.201
101.15	28.42	54.20	0.5244	10.47
101.20	31.20	56.84	0.5489	11.85
101.20	31.20	56.84	0.5489	11.85
101.25	34.13	60.31	0.5659	13.23
101.30	37.23	63.78	0.5837	14.73
101.35	40.48	66.00	0.6133	16.55
101.40	43.83	68.22	0.6425	18.49
101.45	47.30	70.44	0.6714	20.55
101.50	50.87	72.66	0.7002	22.73
101.55	54.52	73.13	0.7455	25.40
101.60	58.19	73.60	0.7906	28.19
101.65	61.88	74.07	0.8354	31.10
101.70	65.60	74.55	0.8799	34.13
101.70	65.60	74.55	0.8799	34.13
101.75	69.36	75.91	0.9137	37.00
101.80	73.19	77.27	0.9471	39.99
101.85	77.09	78.64	0.9803	43.10
101.90	81.05	80.00	1.013	46.32
101.95	85.12	82.60	1.030	49.20
102.00	89.31	85.19	1.048	52.22
102.05	93.58	85.79	1.091	56.19
102.10	97.89	86.38	1.133	60.28
102.15	102.2	86.98	1.175	64.50
102.20	106.6	87.58	1.217	68.84
102.25	111.0	88.17	1.259	73.30
102.30	115.4	88.77	1.300	77.88
102.35	119.9	89.37	1.341	82.59
102.40	124.3	89.96	1.382	87.41

102.45	128.9	90.56	1.423	92.36
102.50	133.4	91.15	1.463	97.42
102.55	138.0	92.50	1.492	102.1
102.60	142.6	93.85	1.520	106.8
102.65	147.4	95.19	1.548	111.7
102.70	152.2	96.54	1.576	116.8
102.70	152.2	96.54	1.576	116.8
102.75	157.1	101.6	1.546	119.0
102.80	162.1	106.7	1.519	121.3
102.85	167.4	107.7	1.555	127.3
102.90	172.8	108.6	1.592	133.5
102.95	178.4	112.4	1.586	137.5
103.00	184.1	116.3	1.583	141.7
103.05	190.0	120.1	1.582	146.1
103.10	196.1	124.0	1.582	150.8
103.15	202.3	125.7	1.609	157.4
103.20	208.7	127.5	1.637	164.2
103.25	215.1	129.3	1.664	171.1
103.30	221.6	131.0	1.691	178.2
103.35	228.2	132.8	1.719	185.5
103.40	234.9	134.6	1.746	192.9
103.45	241.7	136.3	1.773	200.5
103.50	248.5	138.1	1.800	208.3
103.55	255.4	138.3	1.847	217.8
103.60	262.3	138.5	1.894	227.5
103.65	269.3	138.7	1.941	237.4
103.70	276.2	139.0	1.988	247.4
103.75	283.2	139.2	2.035	257.6
103.80	290.1	139.4	2.081	268.0
103.85	297.1	139.6	2.128	278.5
103.90	304.1	139.8	2.175	289.2
103.95	311.1	140.1	2.221	300.0
104.00	318.1	140.3	2.268	311.1
104.05	325.1	140.5	2.314	322.3
104.10	332.2	140.7	2.360	333.6
104.15	339.2	141.0	2.407	345.1

104.20	346.3	141.2	2.453	356.8
104.25	353.3	141.4	2.499	368.6
104.30	360.4	141.6	2.545	380.6
104.35	367.5	141.8	2.591	392.7
104.40	374.6	142.1	2.637	405.0
104.45	381.7	142.3	2.683	417.5
104.50	388.8	142.5	2.728	430.1
104.55	395.9	143.3	2.764	441.8
104.60	403.1	144.0	2.799	453.7
104.65	410.3	144.8	2.835	465.7
104.70	417.6	145.5	2.870	477.8
104.75	424.9	146.3	2.905	490.1
104.80	432.2	147.0	2.940	502.6
104.85	439.6	147.8	2.975	515.2
104.90	447.0	148.5	3.010	528.0
104.95	454.4	149.3	3.045	540.9
105.00	461.9	150.0	3.080	553.9

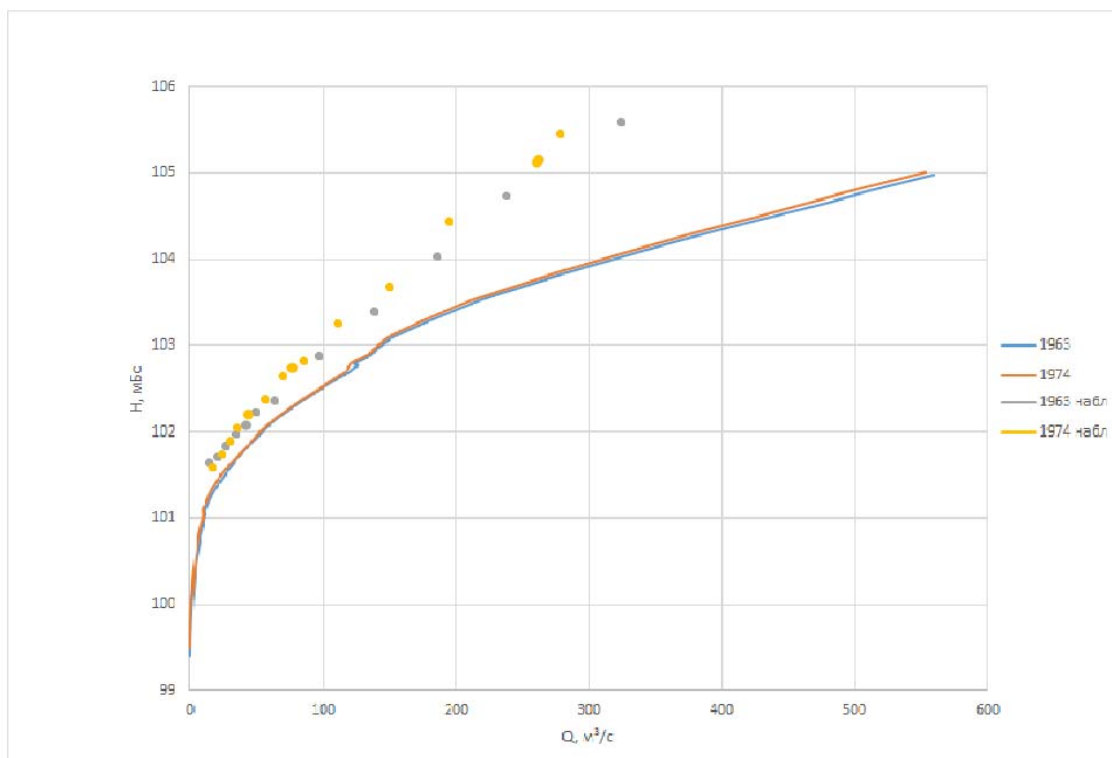


Рисунок 5.5.2 - Кривые зависимости $Q=f(H)$ по данным наблюдений по программе «Profiles»

На графике видно расхождение данных наблюдений и кривых, построенных с помощью «Profiles».

Заключение

В данной работе мною была рассмотрена река Мокша на участке водомерного поста Темников.

Целью работы являлось построение графических зависимостей расходов от уровней.

Задачи данной работы были следующими:

- 1) Построить кривые $Q=f(H)$; $F= f(H)$; $V= f(H)$;
- 2) Рассчитать коэффициенты шероховатости n по формуле Маннинга для всего диапазона уровней.
- 3) Построить кривую зависимости $n=f(H)$.
- 4) Построение $Q=f(H)$ с помощью программы «Profiles». За 1963 год и 1974 год.

В ходе данной работы были сравнены методы построения кривых зависимостей, а также рассмотрение эффективности программы Profiles.

В начале, при построении кривых зависимостей $Q=f(H)$; $F= f(H)$; $V= f(H)$; использовалась программа Excel, с помощью которой были построены графические кривые зависимостей на основе данных наблюдения водомерного поста Темников, река Мокша за 1963 год.

Следующим шагом было использование программы «Profiles», данными для построения кривых зависимостей и расчета коэффициента шероховатости также послужили наблюдения водомерного поста Темников река Мокша за 1963 год и 1974 год.

С помощью обширного функционала данной программы, были решены следующие задачи:

- построен морфопрофиль реки Мокша за 1963 и 1974 год.
- построен график кривых площадей для русла и пойменных отсеков профиля
- построена кривая расходов воды
- рассчитан коэффициент шероховатости

Проанализировав профили реки Мокша, можно заметить изменение рельефа дна, скорее всего связанное с заносимостью русла за 11 лет.

Исходя из полученного графика, ясно видно, что кривая зависимости $Q=f(H)$, построенная с помощью программы Profiles демонстрирует более полную картину зависимости расхода от уровня воды, давая возможность анализировать данные в случае неполной информации, вызванной неудовлетворительными условиями и неточностью данных.

Список используемых источников

1. Барышников Н. Б., Исаев Д. И. Русловые процессы – Спб.: РГГМУ,

2014 – 504 с.

2. Быков В. Д., Васильев А. В. Гидрометрия. – Л: Гидрометеоиздат, 1977 – 448 с.

3. Карасев И. Ф., Васильев А. В., Субботина Е. С. Гидрометрия. – Л: Гидрометеоиздат, 1991 – 376 с.

4. Карта реки Мокша. – ЦКФ ВМФ, 1977 – 25 с.

5. СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик