



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

Кафедра гидрометрии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему

Гидравлические сопротивления
речных русел

Исполнитель

Моисей Сергей Александрович

Руководитель

кандидат географических наук, профессор

Барышников Николай Борисович

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

кандидат географических наук, доцент

Исаев Дмитрий Игоревич

18 **июнь 2016г.**

Санкт-Петербург
2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
Глава 1 Гидравлические сопротивления русел простых форм	5
1.2. Анализ современного состояния проблемы расчёта сопротивлений русел движению потока в них	10
1.3. Оценка точности и надёжности исходной информации	18
Глава 2 Исходные данные	21
2.1. Обзор режима рек	22
2.2. Описание гидрометрических постов	31
Глава 3 Методика построения кривых $C/C_{ср.}=f(h/h_{ср.})$ и $n/n_{ср.}=f(h/h_{ср.})$	51
Глава 4. Оценка влияния глубин и русловых образований, а так же других факторов на коэффициенты шероховатости речных русел. 5 типов зависимости	53
Глава 5 Результат анализа зависимостей $C/C_{ср.}=f(h/h_{ср.})$ и $n/n_{ср.}=f(h/h_{ср.})$	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	65
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	66
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	67
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	68
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	69
ПРИЛОЖЕНИЕ 5	70

Введение

В последние годы получил широкое распространение системный подход к исследованию различных природных процессов, согласно которому природу в целом можно рассматривать как совершенную саморегулирующуюся систему, частным случаем этой природной системы является система «бассейн-речной поток-русло», в саморегулировании которой участвует большое количество составляющих, находящихся в сложной взаимосвязи и взаимодействии и часто подверженных влиянию различных случайных факторов. Она состоит из двух взаимосвязанных составляющих: бассейн и речной поток-русло. Последняя в свою очередь состоит из следующих составляющих.

- жидкий сток

- сток наносов

- русловые процессы и их производная форма сечения русла

- гидравлические сопротивления

- ограничивающие факторы и ряд блоков в основном определяющих качество воды

Самостоятельным является блок антропогенных факторов. Сопротивление в этой системе играет регулирующую роль.

К сожалению, несмотря на очень длительный период и большое количество исследований по этой проблеме, она до сих пор не доведена до расчётных методик.

Основной причиной этого, по мнению Н.Б. Барышникова [3], является попытка решения проблемы в отрыве от системы, то есть внесистемный односторонний подход заранее обречен на неудачу, и если в технической

гидравлике достижения вполне ощутимы, то в речной гидравлике положение с проблемой сопротивлений остаётся крайне сложным и часто неопределённым.

Поэтому её решение возможно только в переходе к системному подходу и оценки сопротивлений в сложном комплексе многочисленных взаимодействующих блоков. Отрыв какого либо из них из этой системы при рассмотрении проблемы не может дать положительных результатов.

Расчёт пропускной способности русел и оценка гидравлических сопротивлений осуществляются в практике на основе формулы Шези, то есть при допущении, что движение русловых потоков равномерное.

В этой формуле переход от коэффициента Шези к коэффициенту шероховатости осуществляется с помощью эмпирических формул Маннинга, Павловского и др.

Общее сопротивление движению речных потоков является интегральной характеристикой различных видов составляющих его сопротивлений, величины которых рекомендуются определить по описательной характеристике русла или поймы.

Наиболее часто для этих целей принимаются таблицы В.Ф.Срибного, В.Т. Чоу, Дж. Бредли и И.Ф. Карасёва. Анализ этих таблиц, проведённый рядом авторов, показал, что, как правило, наблюдается близкая сходимость расчётных значений коэффициентов шероховатости с натурными данными, но средняя погрешность расчётов при этом составляет 30-35%. Максимальные, же значения могут достигать 100-150%.

Таким образом, все эти таблицы имеют ограниченное применение (и допускают при определении коэффициента шероховатости большие погрешности).

Не останавливаясь на детальном анализе возможности применения формулы Шези к расчётам пропускной способности русел, отметим, что все погрешности, связанные с недоучётом нестационарности и неравномерности движения воды, по мнению авторов таблиц, должны быть учтены при определении коэффициента шероховатости.

Исходя из этого, была поставлена задача: по данным натурных наблюдений рассчитать значения коэффициентов шероховатости для различных типов рек, на их основе установить достоверность наиболее распространённых таблиц и надёжность учёта в различных формулах влияния глубин на коэффициенты шероховатости.

1. Гидравлические сопротивления русел простых форм

1.1 Общие положения

Можно считать что в технической гидравлике проблема гидравлических сопротивлений практически решена в основном работами Зегжды и Никурадзе. Их методики позволяют производить расчёты с достаточной точностью. Однако, попытки применения этой методики к речным руслам приводят к очень большим погрешностям расчётов, в частности из-за сложности учёта гидравлических сопротивлений различных форм перемещения наносов.

В связи с этим для оценки сопротивлений речных русел разработаны принципиально отличные методики, которые могут быть подразделены на 4 группы. К первой относятся методы расчётов коэффициентов Шези, основанные на учёте коэффициентов шероховатости. Последние определяются по соответствующим таблицам.

Ко второй- методы расчётов коэффициентов Шези на основе уклонов водной поверхности и глубин потока, то есть не содержащие коэффициентов шероховатости.

К третьей- гидравлические зависимости, а к четвертой- формулы для определения гидравлических сопротивлений данных гряд.

В тоже время ни одна из этих групп формул не учитывает достаточно полно все составляющие гидравлических сопротивлений: шероховатость русла, донных гряд, формы сечения, эффекта взаимодействия руслового и пойменного потоков, местных сопротивлений, растительности в русле и на берегах рек, нижней поверхности льда и других.

В связи с этим рассмотрим более детально механизм сопротивлений речных русел.

Сопротивления движению потока, вызываемое молярной и молекулярной вязкостью на участке единичной длины, без учёта влияния местных сопротивлений называют гидравлическим сопротивлением по длине.

Для речных потоков молекулярная вязкость мала и ею обычно пренебрегают, а шероховатость русла выступает в трёх видах.

Первый из них- это сопротивление зернистой шероховатости дна и стенок с относительной высотой выступов Δ/h в интервале $10^{-1} - 10^{-3}$.

Второй – это шероховатость создаваемая валунами, то есть объектами, поперечный размер которых имеет порядок глубины потока. Третий вид- шероховатость русловых микроформ.

На затопленной пойме движению воды значительное сопротивление оказывает наземная растительность (трава, кусты, деревья), а в меженный период на малых реках- водная растительность. Наконец, зимой большое значение имеет сопротивление нижней поверхности льда, скоплений шуги и внутриводного льда. Каждый из названных факторов может претерпевать существенные изменения при колебаниях уровней и расходов воды, соотношении расходов данных наносов и транспортирующей способности потоков, крупности донных частиц, формы перемещения частиц, формы наносов и др.

Так, например, гидравлические сопротивления за счёт зернистой шероховатости и донных гряд могут изменяться в несколько раз за время весеннего паводка.

Поток в зависимости от конкретных условий сам изменяет сопротивление своему движению, переводя наносы из режима сальтации или влечения в донно-грядовую форму и наоборот, изменяя параметры гряд, форму сечения русла и высоту выступов шероховатости.

Общее сопротивление речных русел движению русловых потоков является интегральной характеристикой всех различных видов сопротивлений: шероховатости русла, донных гряд, формы сечения и другие. Они изменяются во времени и зависят от большого количества фактов: расходов воды и наносов, транспортирующей способности потоков и других. Именно поэтому для их характеристики и применяются значения коэффициентов шероховатости, являющихся интегральной характеристикой всех составляющих сопротивлений.

Расчётный коэффициент шероховатости для потоков при их равномерном движении можно представить виде суммы его составляющих:

$$n = n_m + n_p + n_{\phi} + n_g$$

где, n_m - характеризует зернистую шероховатость

n_p - донные гряды

n_{ϕ} - форма сечения

n_g - дополнительные сопротивления

Кроме коэффициента шероховатости и уклона водной поверхности, в качестве характеристик сопротивлений применяются коэффициент гидравлического трения и коэффициент Шези. Все эти параметры взаимосвязаны между собой, поэтому от величины одного из них можно с помощью простейших формул перейти к значениям других. Так, для условий равномерного движения эти два параметра связаны между собой однозначной зависимостью следующего вида:

$$C = \sqrt{\frac{2g}{\lambda}}, \quad (1.1)$$

Однако использование в настоящее время этих коэффициентов для расчёта сопротивлений речных русел и пойм движению потоков по ним крайне затруднено из-за отсутствия для их определения соответствующих методик.

Фундаментальные экспериментальные исследования по изучению коэффициента сопротивлений были выполнены И. Никурадзе и А.П. Зегжда, ими была получена зависимость для определения коэффициента сопротивления вида

$$\lambda = f\left(\text{Re}, \frac{R}{\Delta}\right) \quad (1.2)$$

Основным расчётным параметром в ней является величина расчётной высоты выступов шероховатости Δ , объективная методика определения которой, как уже указывалось, до настоящего времени отсутствует. Для определения этой величины (Δ) имеется несколько методик.

В частности А.П.Зегжда определял величину Δ как разность ординат кривых расходов воды от глубины русла при ламинарном режиме, построенных для гладких и шероховатых русел, при постоянных значениях расходов воды.

Так, Н.С. Знаменская отмечает, что методика Зегжды применима для оценки гидравлических сопротивлений рек и каналов рек с большими ограничениями, так как не учитывает ряда факторов, в частности влияния масштабного эффекта и режима перемещения наносов. Поэтому в настоящее время при оценке гидравлических сопротивлений речных русел рекомендуется учитывать сопротивление как зернистой шероховатости (по А.П. Зегжда), так и грядового рельефа дна. При этом расчётные зависимости для оценки сопротивлений грядового рельефа дна не учитывают масштабный эффект.

Такое положение с методикой расчётов сопротивлений речных русел привело к необходимости использования в качестве основной расчётной характеристики коэффициентов шероховатости и Шези.

Наиболее полный анализ формул раннего периода для расчётов коэффициентов Шези выполнен П.Ю. Горбачёвым в 1936 г им приведено свыше двухсот формул различных авторов, хотя из этих формул в настоящее время используется их незначительное количество.

Однако и коэффициенты шероховатости, рассчитанные по этим формулам, имеют ряд существенных недостатков. Одним из них является их недостаточная физическая обоснованность. В частности, неопределённость их размерности. При определении величины коэффициентов по данным натурных измерений и формулы Павловского:

$$n = \frac{h^y}{c}, \quad (1.3)$$

Размерность коэффициента шероховатости переменная, так как $y=(f)n$

В частности, при $h<1$, $y \approx 1.5\sqrt{n}$, а при $h>1$, $y \approx 1.3\sqrt{n}$,

Вторым существенным недостатком является неопределённость описательной характеристики сопротивлений русел и пойм, на основе которой по соответствующим таблицам определяются значения коэффициентов шероховатости.

Вопрос об учёте гидравлических сопротивлений через коэффициент Шези, содержащий коэффициент шероховатости, пока ещё окончательно не решён. Анализ формул для коэффициента Шези и их проверка на материале натурных наблюдений в процессе весьма трудоемкий и к тому же отсутствуют критерии их оценки.

Общепризнанным является влияние донных гряд на гидравлические сопротивления. Однако, методика расчёта последних разработана ещё не достаточно, хотя этому вопросу и посвящено большое количество исследований.

1.2 Анализ современного состояния проблемы расчёта гидравлических сопротивлений русел движению потока в них

В основе методов оценки пропускной способности русел, в которых мы сталкиваемся при отсутствии или недостаточности данных натурных наблюдений, является использование формулы Шези, которая получена для условий равномерного движения

$$v = C\sqrt{RI}, \quad (1.1)$$

где: V - средняя скорость в сечении

R - гидравлический радиус $R = \frac{F}{X}$

(X -смоченный периметр, F -площадь данного сечения реки.)

I -пьезометрический уклон, равный в условиях равномерного течения гидравлическому уклону

В случаях открытого русла для широких рек ($X=B$) применяется другой вид формулы Шези

$$v = C\sqrt{hi}, \quad (1.2)$$

В формулах (2.1) и (2.2) параметр « C » называется коэффициентом Шези.

Исходный анализ структуры формулы Шези показывает, что коэффициент Шези « C » является характеристикой сил сопротивления,

обычно называемых гидравлическими сопротивлениями. Так из сопоставления формул Дарси-Вейсбаха и Шези следует:

$$C = \frac{\sqrt{8g}}{\lambda}, \quad (1.3)$$

где λ -коэффициент гидравлического трения.

Из этого следует что параметр «С» является интегральной характеристикой, гидравлических сопротивлений расчётного участка определяемой полным комплексом условий течения, морфометрическим, гидравлическим и др.

Исторически сложилось, что при определении параметра «С» исследователи обычно выделяли лишь основные из перечисленных характеристик. Одни уделяют большое внимание таким параметрам как гидравлический радиус и шероховатость ложа, другие исследователи конструировали формулы содержащие геометрические размеры (Δ -высота выступов шероховатости, длина и высота гряд), третьи- вообще отказывались от учёта шероховатости в явном виде оперируя величинами расходов и уклонов. Такое разнообразие подходов к определению коэффициентов Шези и шероховатости, т.е. гидравлических сопротивлений, указывает на недостаточную разработанность этого вопроса.

Наиболее разработанной областью в определении коэффициента Шези является группа формул, основанных на учёте коэффициента шероховатости.

К ним в первую очередь следует отнести формулу Маннинга, имеющую вид:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n}, \quad (1.4)$$

где n - коэффициент шероховатости.

Более универсальной является формула Н.Н. Павловского

$$C = \frac{R^y}{n}, \quad (1.5)$$

где $y=f(R,n)$

Действие формулы ограничивается гидравлическим радиусом равным 3, хотя в дальнейшем Павловский расширил её применение до $R=5\text{м}$.

Принципиально важным является зависимость $y=f(R,n)$, которая по мнению Н.Н. Павловского, может достигать значения степени $y=0.5$.

Из других формул следует отметить формулу И.И. Агроскина

$$C = \frac{1}{n} + 17.72 \lg R, \quad (1.6)$$

где коэффициент 17.72 получен ,исходя из полуэмпирической теории турбулентного течения Кармана.

На основе выявления изменчивости «универсальной постоянной Кармана» В.Т.Талмаза несколько усовершенствовал формулу Агроскина предложил для расчёта коэффициента Шези следующее выражение

$$C = \frac{1}{n} (21 - 100n) \lg h, \quad (1.7)$$

Все эти формулы получены на основе различных, часто несопоставимых по R и n натуральных данных, что приводит к некоторым расхождениям при определении «С» по разным формулам. Наибольшее распространение в настоящее время получили формулы Маннинга и Павловского. Некоторые исследователи(А.М. Латышенко и др.) предлагали упрощённые виды зависимости $y=f(R,n)$.

Следует отметить, что существуют и более сложные формулы для расчёта параметра C . Так зависимость Гангиле-Куттера, кроме отмеченных n и R , использует и значения уклона водной поверхности I .

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{I}}{1 + (23 + \frac{0.00155}{I}) \frac{n}{\sqrt{R}}}, \quad (1.8)$$

Близкий вид имеет и формула А.Д. Альтшуля

$$C = 25 \left[\frac{R}{(80n)^6} + \frac{0.025}{\sqrt{RI}} \right]^{1/6}, \quad (1.9)$$

в которой много общего с формулой Маннинга, особенно при больших значениях $\sqrt{RI}$.

Во все приведённые формулы для расчёта C входит коэффициент шероховатости n , величина которого устанавливается по специальным таблицам. В основе построения таких таблиц положено описание поверхности русла, данное в некоторых градациях. Среди них наибольшее распространение получили таблицы И.Ф. Карасёва и В.Т.Чоу.

Таблица В.Т. Чоу включает в себя отдельно малые, большие и пойменные водотоки, для которых приведены минимальные, средние и максимальные значения коэффициента шероховатости в пределах $0,025 < n < 0,16$.

Таблица И.Ф.Карасёва, составленная отдельно для равнинных и горных рек, состоит из 24 градаций и охватывает диапазон $0,02 < n < 0,2$.

Анализ этих таблиц показывает, что разные исследователи по разному подразделяют реки в отношении коэффициента шероховатости; одни разделяют их на малые, средние и большие, третьи выделяют искусственные каналы или поймы.

Следует помнить, что величину коэффициента шероховатости определяет не только собственно «шероховатость» дна и берегов, но и изменение морфометрии по длине, наличие растительности, транспорт наносов и многие другие факторы.

Поэтому назначение коэффициента «n» по таблицам носит весьма условный характер.

Известный выход из положения, связанного с условностью определения n даёт использование количественных характеристик шероховатости. Эти формулы выведены на основе исследования А.П. Зегжды, установившего для области квадратичного закона сопротивлений зависимости

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 4 \lg \frac{R}{k} + 4.25, \quad (1.10)$$

где k-абсолютная высота выступов шероховатости

К этому типу принадлежат и формулы степенного вида

$$C = C_0 \left(\frac{R}{\Delta} \right)^y, \quad (1.11)$$

где «C₀» и «y» в общем случае переменные величины, хотя некоторые авторы полагают их постоянными.

Как В.Н. Гончаров [7] рекомендует формулы вида

$$\Delta = (22.2n)^6 \quad (1.12)$$

Все эти формулы обладают одним недостатком, а именно учитывают только высоту выступов шероховатости, при этом понимая её по-разному. Вместе с тем для полной характеристики шероховатости необходимо учитывать и форму выступов, их взаимное расположение и т.д. т.е. в этих формулах имеет место недоучёт интегральности n.

Как уже отмечалось, некоторые исследователи вводят дополнительные геометрические характеристики.

Так В.Н. Гончаров при грядовом режиме движения наносов ,наряду с основной шероховатостью n, учитывает так же и такие параметры как высоту и длину гряд.

Для горных рек А. Морозов рекомендовал формулу:

$$C=11\lg\frac{h}{d}+16\lg\frac{1}{hi}-22, \quad (1.13)$$

где «d»- средний диаметр донных отложений

«i»-уклон свободной поверхности

Аналогичную формулу рекомендует Зудина:

$$C=\sqrt{g}(A\lg\frac{h}{d}+B), \quad (1.14)$$

Где А и В–параметры, определяемые для диапазона относительных глубин.

Перспективной может оказаться зависимость Никитина, основанная на учёте толщины придонного слоя «b».

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}}=4.6 \lg\frac{R}{b}+4.0, \quad (1.15)$$

Однако толщина придонного слоя b является так же интегральной характеристикой ни чуть не менее сложной, чем «n».

Кроме рассмотренных, существуют формулы, определяющие «С» без привлечения шероховатости. Эти зависимости основаны на допущении о том, что в естественных условиях морфометрические и гидравлические характеристики находятся в зависимости друг от друга и определяют шероховатость.

В общем виде эти зависимости имеют вид

$$C=f(Q,B,h,I), \quad (1.16)$$

и различаются количеством переменных и числовыми коэффициентами, что свидетельствует о слабой разработанности этого направления и низкой универсальности формул.

Проведённый анализ, к сожалению, охватывает в основном выводы полученные по данным лабораторных наблюдений. Исключением из этого являются таблицы для определения коэффициентов шероховатости.

В речной гидравлике сложилось мнение, что сопротивление движению русловых потоков на горных реках определяется высотой выступов шероховатости (Δ), а на равнинных реках- донными грядами.

Действительно, на основании опытов в трубах прямоугольного сечения, стенки которых сложены зернистой шероховатостью, И. Никурадзе получил графическую зависимость вида $\lambda = f(\text{Re} \frac{k}{\Delta})$. Позднее А.П. Зегжди на основе данных измерений в прямолинейных потоках подтвердил, полученную И. Никурадзе зависимость, после чего этот график стал называться графиком А.П. Зегжды. Однако, как показали исследования последних лет, например Н.С.Знаменской, натурные данные особенно по равнинным рекам не подтверждают зависимость А.П. Зегжды и И. Никурадзе.

Причиной этому является изменение формы перемещения наносов в различные фазы гидрологического года. Действительно, как установлена исследованиями последних лет при переходе от безгрядной фазы перемещения наносов к донно-грядовой наблюдается увеличение сопротивлений (практически скачкообразное) в 2-7 раз. Поэтому большинство формул содержащих параметр (высоту выступов шероховатости) обычно рекомендуют для расчётов сопротивлений русел движению потоков в них на горных реках, а для расчётов сопротивлений русел равнинных рек используют формулы, основанные на коэффициенте шероховатости «n», который, как уже указывалось является интегральной характеристикой различных видов сопротивлений.

Помимо различных, приведённых ранее, формул для определения коэффициента Шези (3,4 и др.) по натурным данным, коэффициент Шези так же определяется с помощью коэффициента шероховатости. Рассмотрим оригинальное предложение Кована.

Оно основано на определении коэффициента шероховатости, по его составляющим:

$$n=(n_0+n_1+n_2+n_3)m, \quad (1.17)$$

- n -расчётное значение коэффициента шероховатости

- n_0 -начальное его значение $n_0=0.025-0.05$

- n_1 - учитывающее влияние зернистой шероховатости

- n_2 - данных гряд

- n_3 -растительность

- m -извилистость русла

Недостатками формулы является введение m в виде сомножителя, а так же неполный перечень составляющих коэффициента шероховатости « n ». Поэтому Н.Б. Барышников [3] усовершенствовал формулу, представив её в виде

$$n=n_0+\sum \Delta n_i, \quad (1.18)$$

где Δn_i -дополнительные значения коэффициента шероховатости n_0 за счёт разностных видов сопротивлений.

1.3 Оценка точности и надёжности исходной информации

В качестве исходной информации были собраны сведения об измеренных расходах воды, уклонах свободной поверхности, средних скоростях течений, средних глубинах и других характеристиках водотоков, необходимых для вычисления коэффициентов шероховатости.

В выпускной работе использованы данные по 20 постам на реках, имеющих простую форму сечения.

Реки для которых производились расчёты, расположены на территории бывшего Советского Союза, поэтому полученные сведения относятся к рекам, бассейны которых расположены в различных физико-географических условиях.

Основная информация получена из таблиц «Измеренные расходы воды», помещенных в гидрологических ежегодниках. Как видно из её анализа, наименее надёжными являются сведения об уклонах водной поверхности и описательной характеристике сопротивлений русел.

К сожалению, исходную информацию нельзя признать равноценной, так как в последние годы её точность существенно снизилась. По нашему мнению, наиболее высокую точность имеет информация, полученная в пятидесятых- начале шестидесятых годов. Она значительно снизилась в восьмидесятые и последующие годы.

Эта неоднородность исходной информации в последствии была нами учтена при формулировке окончательных выводов.

Существенное влияние на полученные выводы могут оказать погрешности измерений и расчётов.

Максимальные расходы воды редкой обеспеченности обычно не измеряются, а вычисляются на основе данных статистических методов или расчётов пропускной способности по меткам высоких вод.

Как правило, на равнинных реках максимальные расходы проходят по затопленным поймам. Точность их измерений составляет 15-20% на реках с поймами. На большинстве рек России расходы воды на поймах не измеряются, а если и измеряются, то количество скоростных вертикалей на них значительно сокращаются даже по сравнению с русловым потоком. Сокращается не только число скоростных вертикалей, но и число точек на них.

Остро стоит вопрос о точности экстраполяции кривых расходов воды, которые используются для построения кривых их обеспеченности. Метод экстраполяции применяют не только для кривых расходов воды, но и кривых обеспеченности, так как ряды наблюдений обычно значительно короче 100 лет.

Однозначно ответить на вопрос о точности экстраполяции кривых расходов воды не представляется возможным, особенно при пропуске паводков по затопленным поймам. Поэтому принята методика построения единой кривой расходов воды. При этом экстраполяция любым способом допускается только, если не освещённая измерениями часть амплитуды уровней не превышает 20% и при этих уровнях отсутствует резкие переломы поперечного профиля, т.е. при наличии затопленной поймы должно быть не менее двух-трёх измерений расходов воды русловых и пойменных потоков.

В последнее десятилетие в связи с общим состоянием экономики и промышленности, из-за сокращения финансирования стало резко снижаться, качество исходной информации и сейчас надёжность информации невелика.

Как уже указывалось, максимальные за год расходы получают методом экстраполяции кривых расходов воды. Точность же экстраполяции зависит не только от качества исходной информации, но и от степени освещённости верхней части кривой расходов воды. Точность полученных таким образом величин максимальных расходов воды не превышает 30-40%. Ещё ниже точность исходной информации, получаемой на основе полевых обследований водотоков и определения меток высоких вод.

Расчёт пропускной способности речных русел основан на теории равномерного движения, т.е. на применении формулы Шези:

$$Q=F*V=F*C*\sqrt{h*I}$$

Выполним оценку точности расчётов параметров этого уравнения:

- морфометрические характеристики русла (h и F) определяются с точностью до 3% с помощью нивелировки и промеров

- значительно сложнее определение и расчет уклонов водной поверхности и коэффициентов Шези. Обычно уклон водной поверхности принимают равным уклону дна водотока, а последний определяют нивелировкой. Точность такого определения составляет 20-25%.

Таково качество исходной информации.

2.Исходные данные

Для определения коэффициентов шероховатости (n) и коэффициентов Шези (C), а так же зависимости кривых $C/C_{ср.}=f(h/h_{ср.})$ и $n/n_{ср.}=f(h/h_{ср.})$ были использованы данные по 20 рекам полученные из «гидрологического ежегодника» за 1960-61 г. Бассейн Каспийского моря Вып.1-3 р. Волга и её бассейн до Куйбышевского вдхр.. Были получены сведения о скоростях течениях (V), глубинах (h), ширинах (B), площадях водосбора (F) и уклонах водной поверхности (I) (табл.2).

Таблица.2.1 Исходные данные

№	река-пост	дата	$V(м/с)$	$h(м)$	$B(м)$	$F(км^2)$	$I(‰)$
91	р.Малога-С.Спас-Забережье	09.05.1961	0,6	2,36	118	10200	0,073
111	р.Андога-д.Пакино	08.05.1900	1,04	2,49	60,3	2110	0,29
120	р.Шола-д.Королёво	09.05.1961	1,11	2,77	52,7	2280	0,3
121	р.Кема-д.Лёвково	09.05.1961	1,06	3,14	118	4160	0,23
131	р.Пахна-с.Богослов	08.05.1900	0,4	0,54	17,7	383	0,16
146	р.Покша-д.Рыжково	03.05.1961	0,3	1,19	20,8	501	0,47
153	р.Желвата-Кельи	09.05.1961	0,64	1,37	12,5	375	0,38
168	р.Черный Лух-с.Юрово	14.05.1961	0,36	0,97	22,3	440	0,11
204	р.Упа-д.Орлово	04.05.1961	0,29	2,08	44,9	8400	0,28
207	р.Черепетка-с.Зябрево	10.05.1961	0,51	0,24	5,8	222	0,08
223	р.Осетр-д.Маркино	10.05.1961	0,23	0,74	47,2	2940	0,18
250	р.Пра-с.Борисово	09.05.1961	0,28	0,98	122	3520	0,05

№	река-пост	дата	V(м/с)	h(м)	B(м)	F(км²)	I(‰)
296	р.Керженец-с.Огибное	11.05.1961	0,34	1,68	24	1310	0,081
315	р.Алатырь-с.Мадаево	09.05.1961	0,45	0,57	29,6	1340	0,4
327	р.Ветлуга-г.Ветлуга	09.05.1961	0,73	5,6	190	22400	0,13
339	р.Ижма-д.Большие поляны	08.05.1900	0,41	1,42	16,5	602	0,34
341	р.Люнда-д.Копылово	04.05.1961	0,44	0,63	15,4	455	0,32
342	р.Рутка-кордон Арбуч	14.05.1961	0,65	1,89	24	1440	0,21

2.1 Обзор режима рек

Характеристика бассейна и общие многолетние сведения о температуре, осадках, ледовом режиме, режиме уровней и стока в данном Ежегоднике не приводятся (см. Ежегодники 1959, 1960 гг.). Ниже приводится обзор режима рек за 1960-1961 гидрологический год.

Осенне-зимний сезон 1960-61 года был холодным, а в южных районах дождливым. В октябре преобладала циклоническая деятельность в южных районах ЕТС. Циклоны смещались с Чёрного моря на северо-восток. В северных же областях ЕТС преобладало антициклональное поле, так как из Прибалтики и Финляндии к востоку и юго-востоку происходило перемещение антициклонов. Поэтому в северных районах отмечалось наименьшее количество осадков- 60% месячной нормы. К югу количество их увеличивалось, достигая 160%. Среднемесячная температура воздуха была ниже нормы к на 0,5-1,0° на юге района. К северу отрицательная аномалия

увеличивалась до $2-2,5^{\circ}$. В ноябре преобладали антициклональные процессы над всей ЕТС. Над Казахстаном был хорошо развит антициклон, гребень которого и определял антициклональный режим погоды в центральных областях ЕТС в большую часть месяца. Месячная положительная аномалия давления увеличивалась с запада на восток от 2 до 10 мб. В связи с такими процессами осадков на востоке было мало (менее 40%), к юго-западу их количество увеличивалось до 160%.

Среднемесячная температура воздуха была на $2-3^{\circ}$ ниже нормы. Средняя температура воздуха за сезон была $0,6-1,6^{\circ}$ на юго-западе территории, понижаясь по направлению к северо-востоку до $3,0-3,5^{\circ}$. Наибольшее отклонение от нормы средней за сезон температуры воздуха было в районе гг. Арзамаса, Темникова и Саранска ($-2,2-2,8^{\circ}$) и наименьшее ($-0,4-0,9$) в районе Жиздры и Ефремова.

Переход средней суточной температуры воздуха через 0° наблюдался в центральных, западных и юго-восточном районах (10—13/XI), что для юго-западного района на 2—3 дня, а для центрального и северо-западного районов на 4—9 дней раньше обычного, на северо-востоке территории 15—17/X (на 10—12 дней ранее средних многолетних сроков). В целом погода в осенне-зимний период была очень неустойчивой. Периоды со значительными похолоданиями сменялись оттепелями, которые на юго-западе были более значительными и продолжительными, а на северо-востоке кратковременными и незначительными (до $+1, +3^{\circ}$). Первое значительное похолодание на большей части территории наблюдалось с 17—19/X. В связи с этим и первые ледяные образования на большинстве рек появились в период 20—26/X, что на 12—20 дней раньше нормы.

В верховьях р. Оки (юго-западный район), где похолодание было незначительным, ледяные образования появились лишь в период второго

значительного похолодания 13—18/XI, что около нормы или на 5—12 дней позже обычного.

На большей части рек сначала появились забереги, шугоход, а на более крупных—ледоход. В северо-западном и центральном районах в связи с потеплением, наступившим в начале ноября, ледяные образования исчезли, затем, во 2-й декаде появились вновь. Появление ледяных образований на многих реках северного и юго-восточного районов сопровождалось образованием зажоров, но как правило, подъем уровня при этом не превышал 30—60 см. Ледостав на большей части бассейна наступил 17—21/XI, на 5—15 дней ранее средних многолетних сроков. На крайнем севере и в северо-восточном районе ледостав наступил в период 25/X

На 12—20 дней ранее средней многолетней даты. На большинстве рек в начальный период ледостава наблюдались полыньи, которые постепенно замерзали. Осадки в октябре выпадали сначала в виде дождя, затем в виде снега, в ноябре также в виде дождя и снега. В целом за сезон осадков в северо-западном и юго-восточном районах выпало около нормы, в северо-восточном- меньше нормы (50—75%) и в юго-западном больше нормы (120—190%). Небольшие дожди, прошедшие в начале октября, не могли дать существенного повышения уровня.

Увеличение стока наблюдалось лишь в юго-западном районе и на малых реках северо-западного района в начале ноября в результате значительной оттепели, когда почти весь снег, выпавший в последней декаде октября, растаял и большинство рек полностью очистилось ото льда. Выпавшие в этот период осадки в сочетании с талон водой, поступившей в реки, дали значительный подъем уровня и увеличение стока.

В северо-восточном районе, где потепление было менее значительным, подъем уровня был небольшим, а в юго-восточном районе осадки пошли на пополнение запасов грунтовых вод.

Сток в осенне-зимний сезон па большей части территории был около нормы ($K=0,7—1,3$). В северо-восточном районе и на севере северо-западного сток был ниже нормы ($K=V_{mg}=0,2—0,5$). На юге юго-восточного района модульный коэффициент достигал $1,4—1,5$.

Наблюдавшиеся наибольшие расходы превышали меженный сток в северо-западном и юго-западном районах в 6-20 раз, в северо-восточном в 4-6 раз и в юго-восточном всего лишь в $1,5—2,5$ раза. Модульные коэффициенты максимального стока в северо-западном и юго-западном районах были порядка $1,3—3,4$, а на р. Протве — $5,6$ в северо-восточном и юго-восточном — $K = 0,1-0,3$.

Модульные коэффициенты минимального стока в северо-западном и юго-западном районах наблюдались порядка $0,7-1,9$ в северо-восточном и юго-восточном $-0,3-0,9$.

Зима 1960—1961 года была исключительно теплой. Среднемесячная температура воздуха по всей территории была выше нормы на $4—6^{\circ}$, а в декабре на $6—8^{\circ}$.

Преобладающим процессом, который определил такой характер зимы, был вынос теплого воздуха с юга по западной периферии гребня Сибирского антициклона. Количество осадков, однако, было близким к норме на большей части территории. В северных областях осадков было несколько больше нормы— $150—180\%$, а в южных и особенно в юго-восточных- меньше нормы ($60—80\%$). В первой декаде декабря В наступила оттепель, которая продолжалась от 5 дней в северо-восточном районе до 10 дней в западном.

Температура воздуха в этот период достигала 4—5° тепла (максимальная +6, +8°) в западных районах и 2—4° тепла:- в восточных районах. В середине декабря в течение 10—15 % дней наблюдалась морозная погода, сменившаяся затем оттепелью.

Резкое и значительное похолодание до 20—25° мороза (минимальное до —30°) наблюдалось в период с 16 по 26 января. Февраль также был теплым, кратковременные оттепели наблюдались в первой и третьей декадах. В течение марта стояла необычайно теплая и неустойчивая погода, а в конце месяца (22—26 числа) наблюдался переход среднесуточной температуры воздуха через 0°.

Осадки зимой выпадали как в виде снега, так и в виде мороси и дождя. Снег, выпавший в октябре и ноябре, при оттепелях таял. Устойчивый снежный покров образовался лишь в конце декабря. Максимальная высота снежного покрова наблюдалась в середине февраля в центральных и западных районах, в восточных в середине марта и изменялась от 12—15 *см* в юго-западном районе до 25—35 в центральном и 40—50 *см* в северо-восточном. В западных районах ледостав, установившийся в ноябре, в начале декабря растаял, на многих реках этого района наблюдался ледоход. Толщина льда в данном году вследствие теплой зимы была небольшой: в западных районах 20—30 *см*, на севере бассейна и в северо-восточном районе- 40—60 *см* (а на р. Ветлуге 100 *см*), что в среднем на 20—30 *см*. менее средней за ряд наблюдений. В результате оттепели в декабре во всех районах произошло повышение уровня и увеличение стока, которое в западных районах и особенно в северо-западном было значительным (от 1,0 до 3,0 м), в восточных районах- небольшим. Второй, менее значительный подъем уровня (и увеличения стока) наблюдался в северо-западном районе в результате оттепели в январе.

На остальных реках региона подъёма уровня не наблюдалось. Зимняя межень на большинстве рек установилась в январе.

Водность рек в зимний период на большей части бассейна была выше нормы ($K=1,3—3,6$). Лишь на крайнем севере Северо-Западного региона и в северо-восточном районе сток был немного ниже нормы ($K=0,7—0,9$), так как в этих районах оттепели были незначительными, питание рек было в основном за счет грунтовых вод. Максимальный сток в зимний период наблюдался в декабре, в период оттепели и в северо-западном и юго-восточном районах был выше нормы, на остальной территории — около нормы.

Минимальный сток в зимний сезон на большей части бассейна, кроме рек северо-восточного района, больше нормы, с модульным коэффициентом в северо-западном районе $K=2,0—3,0$. в юго-западном и юго-восточном районах $K=1,1—1,8$, в северо-восточном — $K=0,8—0,9$

Весна 1961 г. характеризовалась устойчивым западно-восточным переносом воздушных масс.

Смещение циклонов со Скандинавии и Прибалтики к востоку чередовалось с тыловыми гребнями и антициклонами. Эти процессы обусловили резкие изменения погоды. Пасмурная дождливая погода с ранними грозами сменялась хорошей солнечной погодой без осадков. Температура воздуха колебалась в очень широких пределах: от $0—7^{\circ}$ мороза (а местами и $10—14^{\circ}$ мороза) до $20—26^{\circ}$ тепла. Среднемесячная температура воздуха, однако, была близкой к норме, лишь на севере в апреле она была на $1—2^{\circ}$ ниже нормы.

Осадков выпало также около нормы, только на юге района в апреле выпало $150—200\%$ месячной нормы осадков.

Так как весь март был теплым, а в 3-й декаде марта на большей части территории наступило значительное потепление, переход средней суточной температуры воздуха через 0 осуществился в юго-западном районе 10—19/III, что на 14-23 дня раньше средних сроков; в центральном и юго-восточном районах 27—30/III (на 4—9 дней раньше нормы), в северо-западном— 5—10/IV, что около нормы, на севере и востоке северо-западного района и в северо-восточном районе переход среднесуточной температуры через 0° наблюдался 15—17/IV (на 10—14 дней позже обычного).

Весеннее снеготаяние по бассейну проходило неравномерно. В южной части бассейна снеготаяние началось в первой декаде марта, а в северо-восточном — в конце марта — апреле. Также неравномерно по территории начался подъем уровня воды в реках и вскрытие их. В юго-восточном районе вскрытие рек наблюдалось в период 14/III—7/IV, в юго-западном — 12—29/III, что на 6—20 дней раньше обычных сроков. В западной части территории вскрытие началось также в марте, 10—28/III, на 12—25 дней раньше средних дат; на севере и в восточных районах вскрытие рек прошло 19/IV—3/V, на 5—12 дней позже средних дат. Разрушение ледяного покрова началось с образования промоин и закраин, на многих реках перед ледоходом наблюдались подвижки льда. Как правило, на большинстве средних рек ледоход длился не более 4—5 дней, на крупных реках до 10—12 дней. Ледоход в основном проходил спокойно; лишь на некоторых реках отмечено образование небольших заторов. На малых реках и верхних „участках некоторых средних рек весеннего ледохода не было, лед таял на месте (реки Тверца, Лидь, Песь, Ворон, Кема, Цон, Оптуха, Неручь, Суда, Колпь, Ока). Подъем уровня в реках начался в южных районах в середине марта. Вначале он был очень интенсивный (в течение 3—5 дней), но в связи с похолоданием подъем прекратился, начался резкий спад, лишь через 3—5 дней, с

наступлением положительных температур возобновился поверхностный сток и начался второй пик. В северо-западном районе половодье также прошло двумя пиками, причем первый пик наблюдался в первой декаде апреля, а второй пик — в конце второй декады.

В мае в этом районе выпали значительные осадки, которые вызвали на спаде половодья подъем уровня воды. Пик половодья проходил повсеместно, за исключением северных районов, раньше обычных сроков; так, в южных районах на 15—20 дней раньше, в западных районах пик на 2—12 дней раньше.

В северном и северо-восточном районах пик половодья прошел на 5—20 дней позже обычных сроков. Почти на всей территории максимальные уровни воды были на 20-70 см ниже нормы, а на южных притоках Оки на 100-300 см ниже. Лишь в северо-западной части территории, да на реках Мокше, Нее, Сивинн, Ваде максимальные уровни превышали норму на 20—70 см.

Несмотря на то, что запас воды в снеге был на всей территории на 40-60% меньше нормы, средний сток за весенний период почти на всей территории был в пределах нормы.

В летний период преобладало влияние циклонов, перемещающихся по северным областям Европейской территории Союза что обусловило неустойчивый характер погоды по всей Территории с частыми ливневыми дождями и сильной

Ливневый характер осадков определял неравномерное их распределение по площади. Так, месячная сумма осадков по одним пунктам составляла только 30—50% среднемноголетней нормы, по другим (как, например, в северных районах)- до 200% многолетней нормы.

Среднемесечная температура воздуха в большую часть сезона была близка к норме и только в начале сезона (июнь) — выше нормы на $2-4^{\circ}$, максимальная t° воздуха в июле достигала $31-33^{\circ}$. Осенние заморозки начались во второй половине сентября, но не превышали 2° мороза.

На реках западной, северной и восточной части территории летняя межень установилась в начале или конце июня, ход уровней за весь сезон был ровный и лишь в конце августа начале сентября из-за ливневых дождей наблюдались подъемы уровня на большинстве рек до $40-60$ см, на отдельных реках (Сежа, Гжать) подъем был до $80-125$ см, на р. Ворон летний пик в августе-сентябре достигал $2,2$ м, что на 30 см ниже весеннего пика, на р. Мологе дождевые пики достигали $2,0-3,1$ м, что всего на $50-60$ см ниже весеннего пика.

На реках центральной и южной части территории летняя межень установилась к началу июня, в течение всего сезона наблюдался ровный ход уровня, лишь на некоторых реках ливневые дожди в июле и августе вызвали небольшие подъемы уровня до $20-40$ см.

В Мещерской низменности вследствие регулирующего влияния болот, а также на реках с озерным регулированием (р. Селижаровка) спад половодья продолжался до конца сентября.

Средние уровни за период межени в северном и юго-восточном районах были выше средних многолетних на $5-25$ см, в центральном районе средние уровни близки к средним за многолетие.

На остальной территории (за редким исключением) средние уровни ниже нормы на $10-30$ см. На большей части территории модульные коэффициенты максимального стока были порядка $0,3-0,9$. На реках Мологе, Андоге $A=1,6-3,5$, на реках Мокше и Ветлуге $A=1,4-1,5$.

Минимальный сток за сезон был около нормы ($A=0,9—1,1$) и только на реках Мологе, Андоге, Костроме, Мокше $A=2,1—3,0$.

Средний сток за сезон был в пределах нормы ($A = 0,9-1,1$) и лишь на реках Мологе, Андоге, Колпи $A=1,7—2,2$.

1960-1961 гидрологический год по водности был близким к норме (модульные коэффициенты $A=0,7—1,8$) с небольшим отклонением в сторону уменьшения в северо-восточном и юго-западном районах ($A=0,7—1,0$) и в сторону увеличения в северо-западном и юго-восточном районах ($A=1,0—1,8$), что в основном обусловлено количеством выпавших осадков. Внутри года сток распределялся следующим образом: на реках северо-западного района в зимний период сток составлял 24% от годового, в период половодья-57%, за летнее-осенний период-19%; на реках юго-западного района зимний сток составлял 23%, весенний 51%, летнее-осенний-26%, на реках северо-восточного района соответственно 7,77 и 16%, на реках юго-восточного района 14, 69 и 17%.

2.2 Описание гидрометрических постов

92. *р. Молога-с. Спас-Забережье*. Пост расположен в 100 м к 3 от северной окраины с. Спас-Забережья, в 3 км ниже устья р. Кезы

Прилегающая местность-слабохолмистая равнина, местами покрытая смешанным лесом, распаханная.

Правый склон долины реки высотой до 15м, умеренно крутой, распахан, левый-пологий, покрыт хвойным лесом и кустарником. Пойма левобережная, шириной 70-80м, луговая, начинает затопляться при уровне воды 430см.

Русло реки на участке поста прямолинейное, выше и ниже-разветвлённое, песчано-галечное, незначительно деформирующееся, у берегов зарастающее, ширина реки в межень 90-100м. В 300м выше поста имеется пережат, выше и ниже- острова, вызывающие косоструйность течения. В период весеннего ледохода у островов образуются заторы льда, зимой донный лёд и шуга, иногда создающие заборы. Река используется для сплава леса.

Водопост находится на правом берегу и состоит из свай и реперов. Основной мет.репер №7 МУГМС 1951г. В 13.6м ниже водпоста с высотой 131,718м БС, мет.репер(рельс) №5 ГМС 1940г. В створе водпоста с высотой 128,539м БС.

Высоты реперов получены в 1952 г нивелировкой 4 кл. УГМС ЦО от стенного репера №83 в здании церкви С.Спас-Забережье с высотой 136,479м БС. Длина связующего хода 0.5 км, невязка 3 мм.

111. р.Андога- д.Пакино. Пост расположен в 1.6 км ниже д.Пакина, в 4км выше впадения р.Солохты.

Прилегающая местность представляет собой равнину, местами заболоченную, занятую лесом и сельскохозяйственными угодьями.

Правый склон долины крутой, незатопляемый, левый-пологий, слабо выражен. Склоны плавно переходят в равнину, покрыты луговыми травами, лесом.

Русло реки на участке поста прямолинейное, гравелисто-каменистое, зарастающее у берегов водной растительностью. Ширина реки в межень 35-40м. Берега крутые: правы высотой 4м, незатопляемый, левый-высотой 2-3 м, заливается на ширину 20-30 м. В 200 м ниже водпоста имеется пережат. Река используется для сплава леса. У пережата иногда образуются заломы.

Водпост находится на правом берегу в нижней части плёса и состоит из свай и жел.-бет. Репера №1 СУГМС 1960г. В створе водпоста с высотой 10.90 м усл. Высота нуля графика 15.43м усл.

Гидроствор №1 расположен в створе, гидроствор №2(меженный) – в 2км выше водпоста.

Температура воды измеряется в створе водпоста у берега; толщина льда- в створе подпоста на середине реки.

121. р.Кема-д.Левково. Пост расположен в 400м от д.Левково, в 12км ниже устья р.Индоманки.

Рельеф прилегающей местности равнинный.

Склоны долины крутые, поросшие хвойным лесом. Пойма левобережная, шириной до 300м, ровная, луговая, покрыта кустарником, начинает затопляться при уровне воды 325 см.

Русло реки прямолинейное, песчано-галечное, зарастающее водной растительностью. Ширина реки в межень 105-110м. Берега крутые, левый-одернённый, правый-обрывистый, местами обнажён. В 170 м выше водпоста находится остров, затопляемый высокими водами, в 2 км ниже поста-порог «Яровский».

Река используется для сплава леса. В осеннее-зимний период ниже водпоста образуются заторы, в период лесосплава-заломы леса.

Водпост находится на правом берегу и состоит из свай и реперов. Основной мет.репер №139 ГУГМС 1949г. С высотой 126,25м БС, потайной жел.бет. репер №10 СУГМС 1958г в 2.4м ниже водпоста с высотой 124,25м БС, дер.репер №4 АУГМС 1954г. В створе водпоста с высотой 124,53м БС.

Высоты реперам переданы в 1954г. От репера №133 ГЛТ с высотой 214,110 м БС, расположением 40 км от репера №526 Гидропроекта на территории пос. Ковженского Завода с высотой 112,423м БС.

131.р.Пахна-с.Богослов.Пост расположен у д.Богослов, в 1км выше устья р.Рожан и в 4 км ниже устья р.Конопельки.

Прилегающая местность-волнистая, слабопересечённая, открытая равнина.

Долина реки с умеренно крутыми склонами, шириной 1.5-2км. Пойма двухсторонняя, луговая, правобережная-шириной 250м, левобережная-50-100м, начинает затопляться при уровне 520 см.

Русло реки извилистое, на участке поста слабоизогнутое, шириной 20-30м, песчано-илистое, зарастающее водной растительностью. Берега крутые, высотой 4-5.5 м.

В период весеннего ледохода у ж.-д. моста в 6 км ниже водпоста, в отдельные годы образуются заторы льда. В 15 км ниже и в 14 км выше водпоста находится плотина, оказывающая влияние на уровенный режим реки.

Водпост находится на левом берегу и состоит из свай и 2 реперов в створе водпоста. Основной мет.репер №6 1951г. С высотой 122,371м БС, контрольный мет.репер №7 УГМС ЦО 1956г. С высотой 122,66 м БС.

Высоты реперам переданы в 1951 г. Нивелировкой 4 кл. протяжением 6км от марки №273 на ж.д. мосту через р.Пахну у ст.Ленинская с высотой 122.389 м БС.

Высота нуля графика 116,26 м БС.

Гидроствор №3 расположен в створе водпоста.

Уклонные посты из оборудования водпоста исключены.

Пробы на определение химического состава воды берутся в створе водпоста на 0.5 ширины реки.

Температуры воды измеряется в створе водпоста у берега, толщина льда в створе водпоста на середине реки.

146.р. Покша- д.Рыжково. Пост расположен на северо-западной окраине деревни, в 11 км выше впадения р.Сендеги и в 300 м ниже впадения р.Танги.

Долина р.Покши пойменная. Правый склон её высотой 10-15м, пологий, сложен супесями, распахан под сельскохозяйственные угодья. Левый склон высотой 15-20 м, крутой, рассечен оврагами, сложен суглинками, порос лесом. Пойма на участке поста правобережная, шириной до 40м, ровная, луговая, начинает затопляться при уровне воды 300см.

Русло реки прямолинейное, выше и ниже поста, умеренно извилистое, песчано-гравелистое, деформирующееся, у берегов зарастающее. Ширина реки в межень 25-30 м. В 250 м выше и в 80 м ниже водпоста расположены перекаты, не замерзающие в течение зимы. Берега крутые, высотой 1-2м(правый) и 3,5-4м (левый), сложены супесями, одернованы, покрыты лесом.

На уровенный режим реки оказывает влияние плотина, расположенная на р.Танге, в 5-6 км от её устья. В период весеннего ледохода у остатком плотины, в 6-8км ниже водпоста, образуются заторы льда.

Водпост находится на левом берегу и состоит из мет. Свай и 2 мет. Реперов. Основной репер №1 ВВУГМС 1959г. В 11 м ниже водпоста с высотой 95,645м БС (50,00 м усл.) и контрольный репер №2 ВВУГМС 1959г. В створе водпоста с высотой 95,98 м БС (50,34 м усл.)

Высота нуля графика 90,64 м БС (45,00 м усл.)

Высоты реперам переданы 15, 16/окт. 1960г. Нивелировкой 4 кл. ВВУГМС от грунтового репера №2847 с высотой 107,770 м БС, расположенного в 0.2км к СВ от с. Боровикова, в 30м к В от шоссе. Длина связующего хода 7.7км невязка 4мм. Гидроствор №1 расположен в створе №2(меженный)-в 70м выше водпоста. Гидроствор №2 оборудован временным гидрометрическим мостиком.

Температура воды измеряется в створе водпоста в 1.5-2 км от берега, толщина льда-В створе водпоста на середине реки.

153.р.Желватъ-х.Кельи. Пост расположен в 200 м южнеех.Кельи.

Прилегающая местность- холмистая равнина, покрытая смешанным лесом, местами распаханная.

Долина реки шириной 0,8-1,0 км. Склоны ее слабо рассечены неглубокими оврагами, сложены супесями и суглинками, покрыты смешанным лесом. Правый склон высотой 10-12 м, плавно понижаясь, оканчивается крутым уступом, высотой 5-6 м. Левый склон умеренно крутой, высотой 10-11 м. Пойма левобережная, преимущественно ровная, шириной до 150 м, в прирусловой части сложена супесями, покрыта лесом, а в остальной части занята торфяниками, заболочена. Начинает затопляться при высоте уровня воды 300 см.

Русло реки извилистое, на участке поста слабоизогнутое, слабдеформирующееся. Ширина реки в межень 10-12 м. Берега крутые, сложены супесями, поросли травой, правый- высотой 5-6 м левый – 3-3,5 м. Летом 1959 г. с целью улучшения сплава древесины русло реки в 200 м выше вод- поста искусственно спрямлено.

В 2,5 км выше водпоста расположена водоподъемная плотина, попуски которой в период сплава леса в межень, вызывают резкие колебания уровня воды.

Водпост находится на правом берегу и состоит из свай, самописца уровня воды типа «Валдай» и реперов в створе водпоста. Основной мет.репер № 1 ВВУГМС 1957 г. (рельс) с высотой 95,566 м БС, контрольный мет. репер № 2 ВВУГМС 1957 г. (свая) с высотой 94,78 м БС.

Высоты реперов переданы в 1958 г. нивелировкой IV кл. ВВУГМС от репера № 3367 с высотой 94,725 м БС, расположенного южнее д. Андреевки, Ведровского сельсовета на приусадебном участке гр-на Кузина. Длина связующего хода 5,4 км, невязка 1 мм.

Высота нуля графика 87,57 м БС.

Гидроствор № 1 расположен в створе водпоста.

Верхний уклонный водпост расположен в 900 м выше основного водпоста, нижним уклонным водпостом является основной водпост.

Температура воды измеряется в створе водпоста у берега, толщина льда- в створе водпоста на середине реки.

*169.р. Чёртный-Лух -с.Юрово.*пост расположен у с. Юрова в 3,5 км выше устья р. Шилекши, в 2,5 км вышеустья р. Молокши.

Прилегающая местность — слабоволнистая равнина, покрытая лесом, частично занятая сельскохозяйственными угодьями, местами заболоченная.

Левый склон долины реки высокий, крутой; правый — пологий, незаметно сливается с прилегающей местностью. Пойма правобережная, шириной до 130 м, луговая, частично заболоченная; начинает затопляться при уровне воды 300 см.

Русло реки извилистое, на участке поста прямолинейное, песчаное, деформирующееся. Ширина реки в межень 15—18 м. Берега крутые, высотой 6,5—7 м.

Река используется для сплава леса. В период летней межени выше водпоста устанавливается лесоплавная плотина, оказывающая влияние на уровенный режим реки; наблюдаются заломы леса.

Водпост находится на левом берегу и состоит из свай и реперов. Основной (потайной) жел.-бет. репер № 1 ВВУГМС 1958 г. с высотой 101,49 м (БС) вместо 54,150 м уел. в 55 м от репера № 2, контрольный жел.-бет. репер № 2 ВВУГМС 1948 г. в створе водпоста с высотой 97,51 м (БС) вместо 50*169 м уел.

Высоты реперам переданы в 1959 г. нивелировкой IV кл. ВВУГМС от дер. репера № 12 Гипролеспрома с высотой 97,345 м (БС), расположенного в 100 м к В от репера № 2 водпоста. Высота репера № 12 передана в 1959 г. нивелировкой IV кл. Гипролеспрома от стенного репера № 234 с высотой 115,006 м БС в стене здания церкви в с. Николо-Макарьеве.

Высота нуля графика 93,84 м (БС) (46,50 м уел.). Гидроствор № 1 расположен в створе основного водпоста. Нижний уклонный водпост расположен в 275 м ниже основного водпоста, верхним уклонным водпостом является основной водпост.

Температура воды измеряется в створе водпоста у берега, толщина льда - в створе водпоста на середине реки.

204 р. Уна-д. Орлово. Пост расположен в 1 км западнее д. Орлово в 1,4 км ниже устья р. Плавы.

Прилегающая местность-слабохолмистая равнина, занятая пашнями и луговой растительностью. В 1.5км к С от поста расположен лесной массив б. заповедника «Тульские засеки».

Долина реки шириной около 0,7 км. Склоны ее высотой до 20 ж; правый — пологий, левый — умеренно крутой, покрыты луговой растительностью. Пойма правобережная, шириной 250 м, луговая, с невысоким сглаженным прирусловым валом, начинает затопляться при уровне воды 800 см.

Русло реки прямолинейное, шириной 45—50 м, илистое, слабдеформирующееся, у берегов зарастающее. Берега высокие, крутые, покрыты луговой растительностью, незначительно размываемые.

В 0,8 км выше водпоста (у ледорезов автогужевого моста) и ниже водпоста, на крутых поворотах реки, в период ледохода часто образуются заторы льда, в зимний период у моста образуются полыньи. На уровень реки оказывают влияние мельничные плотины, расположенные в 20 км выше водпоста, вс. Никольском и на р. Плаве в 10 км от устья.

Водпост находится на правом берегу и состоит из свай и теперов в створе водпоста. Основной мет.репер № 0 УГМС ЦО 1957 г, с высотой 149,77 м БС, потайной мет. репер № 6 УГМС ЦО 1957 г. в 3,1 itвыше репера № 5, с высотой 9,44 м БС.

Высоты реперам переданы нивелировкой IV кл. УГМС ЦО 58 г. протяжением 1.0 км от грунтового репера № 240 1ДЭП с высотой 161,66 ж БС, расположенного в 400 я к С г. Крапивны, в 300 м к ЮЗ от моста.

Высота нуля графика 135,74 м БС.

Гидроствор № I расположен в створе водпоста.

В 200 М выше и ниже основного водпоста расположены временные уклонные посты.

Единичные пробы воды на мутность берутся в 0.8 км выше водпоста на середине реки интеграционным способом батометром-бутылкой, ёмкостью 1 л.

Пробы на определение химического состава воды берутся в створе водпоста на стрежне реки.

Температуры воды измеряется в створе водпоста у берега, толщина льда в створе на середине реки.

207.р.Черепетка-с.Зябрево. Пост расположен в 0,8 км выше с. Зябрева. Прилегающая местность — открытая волнистая равнина.

Склоны долины крутые. Пойма правобережная, шириной 55 м, начинает затопляться при уровне воды 200 см.

Русло реки извилистое, песчаное, деформирующееся, шириной 6—8 м. Берега крутые, заросшие кустарником, высотой 1-2м.

В 1.5-2км выше водпоста у д. Ханина расположена плотина оказывающая влияние на уровенный режим реки.

Водпост находится на правом берегу и состоит из сваи и мет репера №1 МОТЭП 1955 г. с высотой 160,248м абс., полученной нивелировкой IV кл. протяжением 4,0 кмот дер. Репера №1 МОТЭП в с.Суворове с высотой 152,776 м. Сведений об исходном репере нет.

Высота нуля графика 154,16 м абс.

в 100 м выше и ниже водпоста расположены уклонные водпосты.

223.р.Осётр-д.Маркино. Пост расположен у д.Маркина, в 3км выше устья р.Осетрика.

Прилегающая местность- слабоволнистая, мало залесённая равнина.

На участке и ниже поста оба склона долины пологие, выше- правый склон крутой, левый- пологий. Склоны сложены из камня и суглинков. Пойма левобережная, ровная, луговая шириной до 250 м, начинает затопляться при уровне воды 8/5 см.

Русло реки извилистое, шириной 40—45 м, песчаное, деформирующееся, зарастающее. Берега высотой 5—6 м, крутые, сложены из камня и суглинков; выше поста правый берег сливается со склоном долины.

На уровенный режим реки оказывает влияние работа плотины, расположенной выше поста в 68 км, у д. Ливадии. Плотина, расположенная в 8 км выше поста, у г. Зарайска, в период половодья 1960 г. разрушена. В 1,2 км выше и в 0,8 км ниже водпоста на крутых поворотах реки в период ледохода образуются заторы льда.

Водпост находится на правом берегу и состоит из свай и реперов. Основной мет.репер № 2 МУГМС 1954 г. 82 ж ниже водпоста (расстояние уточнено) с высотой 118,720 ж БС, репер № 1 МУГМС 1954 г. — жел. штырь в фундаменте здания скотного двора с высотой 119,30 м БС.

Высоты реперам № 1 и 2 переданы нивелировкой IV кл. МУГМС 16/X 1954 г. через мет. Репер №6 МУГМС 1950 г. водпоста р. Осетр — д. Великое Поле с высотой 119,105 м БС.

БС от стенного репера № 497 в здании б. МТС г. Зарайска с высотой 168,454 м БС. Длина связующего хода от репера № 1 до репера № 6 составляет 3,0 км, от репера № 6 до репера №497-6,0 км.

Высота нуля графика 107,00 м БС.

В 238 м выше и в 285 м ниже водпоста установлены временные верхний и нижний уклонные водпосты.

Меженный гидроствор № 1 расположен в 50 м ниже, а паводочный № 2 — в 180 м выше водпоста.

Пробы на определение химического состава воды берутся в гидростворе № 1 на 0,3 ширины реки.

Температура воды измеряется в створе водпоста в 6-8 м от берега, толщина льда- в 20 м выше водпоста на середине реки.

251. р. Пра- с. Борисово. Пост расположен в 100 ж к ЮЗ от с. Борисова.

Прилегающая местность — мелкохолмистая равнина, местами заболоченная и покрытая хвойным лесом.

Долина реки неясно выраженная, на участке поста — с высоким, крутым правым склоном и пологим левым. Пойма левобережная, луговая, шириной до 200 ж, а выше и ниже поста — до 2—3 км\начинает затопляться при уровне воды 170 см.

Русло реки извилистое, разветвленное, песчаное, местами заиленное, деформирующееся, у берегов незначительно зарастает водной растительностью. Берега пологие, местами крутые и обрывистые, песчаные и глинистые, покрыты луговой растительностью. В 20 м выше и ниже водпоста имеются небольшие острова. В 400 м выше в створе и в 1,0 км ниже водпоста расположены перекаты.

В период ледохода у моста наблюдаются заторы льда. Водпост находится на правом берегу и состоит из рейки, укрепленной на правобережном ледорезе дер. моста, и реперов. Основной мет.репер № 18 Росгипроводхоза, установленный в 1954 г. на левом берегу в 70 ж ниже водпоста, с высотой 113,762 мБС; контрольный репер № 1 МУГМС 1955 г. на правом берегу в 70 м ниже водпоста с высотой Н5,83ж БС.

Высоты реперам переданы в 1954 г. нивелировкой IV кл. Росгипроводхоза протяжением 8,0 км от марки № 1621 с высотой 115,381 м БС, расположенной в фундаменте пакгауза на ст. Спас-Клепики.

Высота нуля графика 108,76 м БС.

Гидроствор № 1 расположен в 208 м выше, № 2 — в 180 ж ниже водпоста.

Пробы на определение химического состава воды отбираются в 180 ж ниже водпоста на 0,5 ширины реки.

Температура воды измеряется с моста на середине реки, толщина льда — в 200 ж выше водпоста на середине реки.

298. *р. Керженец-с. Огибное*. Пост расположен на восточной окраине с. Огибиого, в 5,0 км выше впадения р. Большой Безменец.

Прилегающая местность — слабопересеченная равнина, покрытая смешанным лесом, частично занятая сельскохозяйственными угодьями. Сложена суглинками, супесями, изредка встречаются валуны.

Долина реки шириной до 4,0 км, покрыта смешанным лесом, сложена суглинками. Склоны ее высотой 20—25 м, сложены супесчаными грунтами; правый — крутой, местами встречаются обнажения коренных пород и выходы грунтовых вод; левый — пологий. Пойма двухсторонняя, на участке поста левобережная, шириной до 0,5 км, сложена супесчаными и торфянистыми грунтами, изрезана старицами и ложбинами, частично заболочена, поросла густым смешанным лесом; начинает затопляться при уровне воды 600 см. Долина реки пересекается шоссейной дорогой, проходящей в пойме по насыпи высотой 2—2,5 м, а через русло и три протоки — по мостам.

Русло реки сильно извилистое, песчано-илистое, деформирующееся, у берегов зарастающее водной растительностью. Длина реки в межень 20—30 м. Берега крутые, высотой 2-3 м, сложены суглинками. В 20 м выше водпоста расположен песчаный остров длиной 10—15 м. Река используется для сплава леса, наблюдаются заломы.

Водпост находится на правом берегу в 10 м ниже шоссейного моста и состоит из свай, рейки и двух реперов. Основной мет.репер марка № 1 (с надписью «НКВД 1936 г.») в стене чайной у входной двери, в 150 м к 3 от водпоста, с высотой 50,00 м усл. грунтовой мет. репер № 2 ВВУГМС 1958 г. и бетонном монолите в 10 м ниже водпоста у огорода гр-на Кукушкин я И. И. с высотой 45,02 м усл.

Высота нуля графика 40,00 м усл.

Гидроствор № 1 расположен в 10 м выше (с низовой с троны моста), № 2 в 1000 м ниже водпоста.

Нижний уклонный водпост расположен в 1000 л ниже водпоста. Верхним уклонным водпостом является основной водпост

Единичные пробы воды на мутность берутся в створе водпоста в 38 м от постоянного начала, интеграционным способом однолитровой бутылкой.

Температура воды измеряется в створе водпоста в 3 м от берега, толщина льда в створе водпоста на середине реки.

315.р. Алатырь-с. Мадаево. Пост расположен у с. Мадаево в 1,3 км выше устья р. Мадаевки.

Прилегающая местность — равнина, покрытая хвойным лесом по левому берегу и лиственным лесом — по правому берегу.

Правый склон долины пологий, сложен суглинком, занят сельскохозяйственными угодьями. Левый склон крутой, высотой 15 ж, сложен суглинком, покрыт луговой растительностью, используется под выгон. Пойма на участке поста только лево- бережная, шириной 400 м, пересечена старицами и озерами, сложена песчаным грунтом, покрыта луговой растительностью; начинает затопляться при уровне воды 200 см.

Русло реки извилистое, песчано-илистое, деформирующееся. Ширина реки в межень 20—25 м. Берега обрывистые, высотой 2—3 м, размываемые.

В 3,0 км выше водпоста находится мельничная плотина, оказывающая влияние на уровенный режим реки.

Водпост находится на правом берегу и состоит из свай, самописца уровня воды типа «Валдай», установленного в дер. будке над дер. колодцем и реперов в створе водпоста. Основной (потайной) мет. репер № 1 ВВУГМС 1956 г. в 147 м от бровки между домами гр-н Сазанова и Толстякова по ул. Твардовке с высотой 53,52 муел., мет. репер № 2 ВВУГМС 1956 г. с высотой 49,99 муел.

Высота нуля графика 46,00 муел.

Гидростворы расположены: № 1 в 370 м ниже (уточнено), № 2 в створе, № 3 в 137 м выше водпоста.

Верхний уклонный водпост расположен в 137 ж выше, нижний — в 370 ж ниже основного водпоста.

Температура воды измеряется в створе водпоста у берега, толщина льда — в створе водпоста на середине реки.

341.р. Ижма — д. Большие Поляны. Пост расположен у южной окраины д. Больших Полян, в 6,0 км ниже устья р. Шангуры.

Прилегающая местность представляет собой слабоволнистую равнину. Левобережная часть покрыта смешанным лесом, правобережная — занята сельскохозяйственными угодьями.

Левый склон долины пологий, правый — умеренно крутой. Пойма реки двухсторонняя, открытая, луговая, местами покрыта кустарником, умеренно заболочена. Ширина поймы правого берега 100 м, левого—200 м; затопляется при уровне воды 200—240 см.

Русло реки слабоизвилистое, песчаное, деформирующееся. Ширина реки в межень 10—15 ж. Берега сложены песчаными и песчано-глинистыми грунтами, крутые, высотой 3—4 м.

В 2 км выше водпоста расположена плотина ГЭС, оказывающая влияние на уровенный режим реки. Река используется для сплава леса.

Водпост находится на правом берегу и состоит из свай и реперов в створе водпоста. Потайной мет.репер № 5 ВВУГМС 1958 г. с высотой 77,0 ж БС, контрольный мет. репер № 6 ВВУГМС 1958 г. с высотой 77,26 ж БС. Дер. репер № 1 Горьк. УГМС 1955 г. и потайной дер. репер № 2 Горьк. УГМС 1955 г. уничтожены.

Высоты реперам переданы в 1955 г. нивелировкой IV кл. от тригонометрического пункта с высотой 103,2 ж БС, расположенного в 0,5 км к СЗ от с. Малого Садова, у дороги Малое Садово в Петровка. Длина связующего хода 4,7 кж, невязка 16 мм.

Высота нуля графика 73,40 ж БС.

Гидроствор № 1 расположен в 140 ж выше водпоста.

Температура воды измеряется в створе водпоста у берега, толщина льда — в створе водпоста на середине реки.

343.р. Люнда-д. Копылово. Пост расположен в 70 м восточнее д. Копылова, в 1,9 км выше устья р. Черной.

Прилегающая местность — слабоволнистая равнина, покрытая смешанным лесом, по правобережью частично заболоченная.

Склоны долины пологие, сложены песчаными и супесчаными грунтами; правый склон распахан, левый — покрыт лесом. Пойма реки двухсторонняя, шириной до 200 м, луговая сложена супесью; затопляется при высоте уровня воды 200—210 см.

Русло реки деформирующееся, засорено топляками, местами зарастает водной растительностью. Ширина реки в межень 10—15 м. На участке поста имеется небольшой остров, разделяющий русло реки на два рукава.

В 1 км выше водпоста расположена плотина, оказывающая влияние на уровенный режим реки.

Водпост находится на правом берегу и состоит из свай и реперов в створе водпоста. Потайной репер № 1 ВВУГМС 1960 г. с высотой 93,80 м (БС) и контрольный дер. репер № 2 ВВУГМС 1960 г. с высотой 92,5 м (БС).

Высоты реперам переданы в 1960 г. нивелировкой IV кл. от потайного мет.репера № 3 Горьк. У ГМС 1955 г. поста р. Люнда- с. Чихтино с высотой 90,94 ж (БС). Длина связующего хода 2,3 км, невязка 1 мм.

Высота потайного мет.репера № 3 Горьк. У ГМС 1955 г. поста р. Люнда- с. Чихтино передана в 1956 г. нивелировкой IV кл. ВВУГМС от марки АГП № 4874 с высотой 89,305 м БС в стене дома гр-на Еремина В. Е. в д. Задворке. Длина связующего хода 23,4 км, невязка 2 мм.

Высота нуля графика 89,85 м (БС).

Гидроствор № 1 расположен в 75 м выше водпоста.

Температура воды измеряется в створе водпоста у берега, толщина льда — в створе водпоста на середине реки.

328. *р. Ветлуга-г. Ветлуга*. Пост расположен в г. Ветлуге, в 0,5 км ниже устья р. Красницы и в 8,0 км ниже устья р. Малой Какши.

Прилегающая местность-холмистая равнина, с развитой овражной сетью на правом берегу, покрытая смешанным лесом.

Правый склон долины высотой 30—35 м, очень крутой, рассечен оврагами, покрыт молодым смешанным лесом, сложен суглинком; левый — пологий, покрыт кустарником, сложен песками и суглинками, плавно переходит в прилегающую местность. Пойма левобережная, шириной 3,5—4 км, покрыта кустарником и смешанным лесом, частично заболочена, встречаются озера, сложена супесями и суглинками; начинает затопляться при высоте уровня воды 450 см. В 390 м ниже водпоста долина пересечена шоссейной дорогой, проходящей в пойме по насыпи, высотой до 4 м.

Русло реки прямолинейное, песчаное, слабо деформирующееся. Ширина реки в межень 110—130 м. В русле имеются острова. Правый берег сливается со склоном долины, супесчаный; левый низкий, покрыт кустарником, сложен песком. Река используется для сплава леса. В период ледохода выше водпоста образуются заторы льда, а в осенне-зимний период ниже водпоста- зажоры.

Водпост находится на правом берегу и состоит из свай и реперов в створе водпоста. Мет.репер № 7 Горьк. УГМС 1955 г. с высотой 95,133 м БС, потайной мет.репер № 8 ВВУГМС 1958 г. с высотой 96,802 м БС в 2 м от репера № 7. Мет.репер № 6 Горьк. УГМС 1954 г. уничтожен.

Высоты реперам переданы в 1954 г. нивелировкой IV кл. Горьк. УГМС от марки № 5444 с высотой 110,528 м БС в фундаменте дома № 19 по ул. Штурмина в г. Ветлуге. Длина связующего хода 0,71 км, невязка 10 мм.

Высота нуля графика 86,99 м БС.

Гидростворы № 1 и 5 расположены в 388 м и 1,8 км ниже водпоста. Гидроствор № 4 не используется.

Температура воды измеряется в створе водпоста у берега, толщина льда — в створе водпоста на середине реки.

345.р. Рутка-кордон Арбуч. Пост расположен в 2 км к С от лесного участка Сухая Дорога (б. кордон Арбуч), в 1,5 км ниже устья р. Арбиш.

Прилегающая местность — слабопересеченная, плоская равнина, поросшая смешанным лесом.

Долина реки неясно выраженная. Склоны ее пологие, высотой 8—10 м, песчаные, покрытые хвойным лесом. На участке поста пойма левобережная, шириной до 400 м, изрезана протоками, поросла смешанным лесом, местами заболочена; начинает затопляться при высоте уровня воды 300 см.

Русло реки на участке поста слабоизогнутое, деформирующееся, незначительно зарастающее, на перекатах песчаное, а плесах — илистое. Ширина реки в межень 20—30 м. Берега крутые, высотой до 2 м, песчаные, поросли кустарником.

Река используется для лесосплава; наблюдаются заломы леса.

Водпост находится на правом берегу у лесной пристани «Лазуркино» и состоит из свай и реперов в створе водпоста. Потайной мет.репер № 11 Горьк. УГМС 1948 г. с высотой 76,234 м БС, контрольный мет.репер № 14 ВВУГМС,

установленный в 1960 г., с высотой 77,20 м БС, переданной нивелировкой IV кл. от потайного мет. репера № И. Репер № 13 Горьк. УГМС 1955 г. уничтожен.

Высоты реперам переданы в 1956 г. нивелировкой IV кл. ВВУГМС от грунтового репера № 3940 с высотой 88,158 м БС у дороги с. Кумья — г. Козьмодемьянск, в 3 км от Арбучинского казенного дома. Длина связующего хода 3,7 км, невязка 34 мм. Высота нуля графика 71,17 м БС.

Гидроствор № 1 расположен в створе водпоста. Гидроствор №2 не используется.

Пробы на определение химического состава воды берутся в створе водпоста на середине реки.

Температура воды измеряется в створе водпоста у берега, толщина льда в створе водпоста на середине реки.

3. Методика построения кривых $C/C_{\text{ср.}}=f(h/h_{\text{ср.}})$ и $n/n_{\text{ср.}}=f(h/h_{\text{ср.}})$

Нами были сделаны определенные проработки в определении типа кривых для исходных рек. В частности, на примере 20 рек было выполнено исследование зависимости коэффициентов шероховатости от средних глубин речных русел. Как уже указывалось, анализ зависимостей вида $n=f(h)$ и $C=f(h)$ затруднен из-за сложности сравнения этих графиков, приведенных на рисунке (3.1)

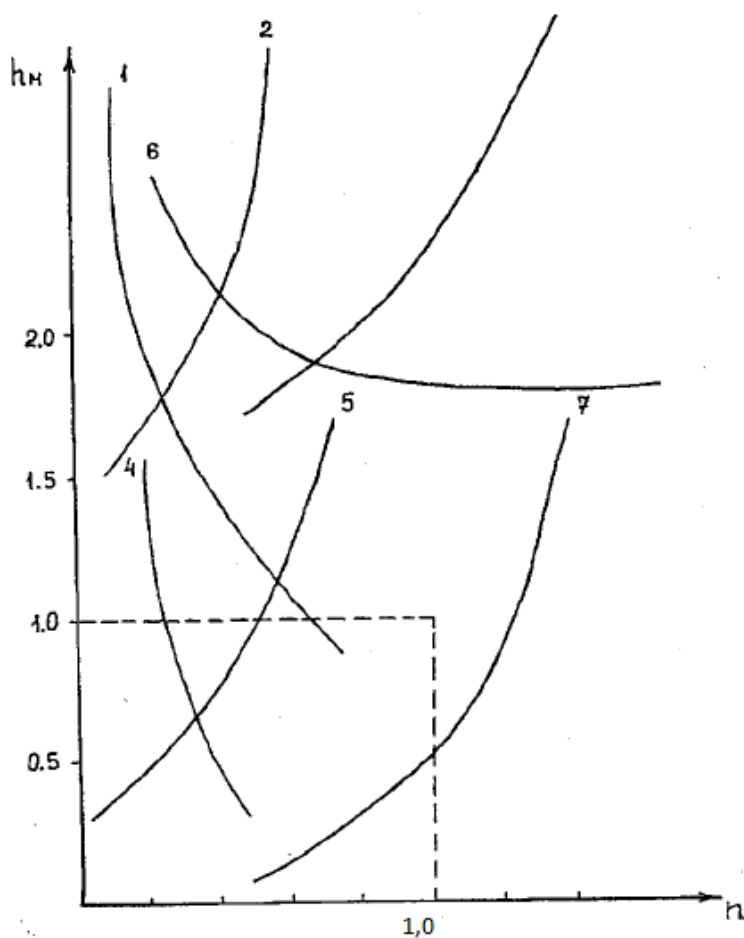


Рисунок 3.1 кривые $n=f(h)$

Поэтому был осуществлен переход к их безразмерным величинам вида $C/C_{\text{ср.}}=f(h/h_{\text{ср.}})$. Некоторые затруднения вызвал выбор реперных значений коэффициентов Шези шероховатости и средних глубин. Сначала в качестве таковых были приняты их среднеарифметические значения (C, n) и (h) . Однако из-за коротких рядов при переходе к последним кривые $C/C_{\text{ср.}}=f(h/h_{\text{ср.}})$ все-таки, как правило, не пересекались в точке с координатами $[1,0; 1,0]$. Поэтому был применен прием, при котором все

кривые смещались параллельно осям координат таким образом, чтобы они пересекались в указанной точке, (рисунок 3.2) (приложение №1,2,3,4) что, в свою очередь, привело к необходимости уточнения реперных значений ($h_{ср.}$) и ($C_{ср.}$).

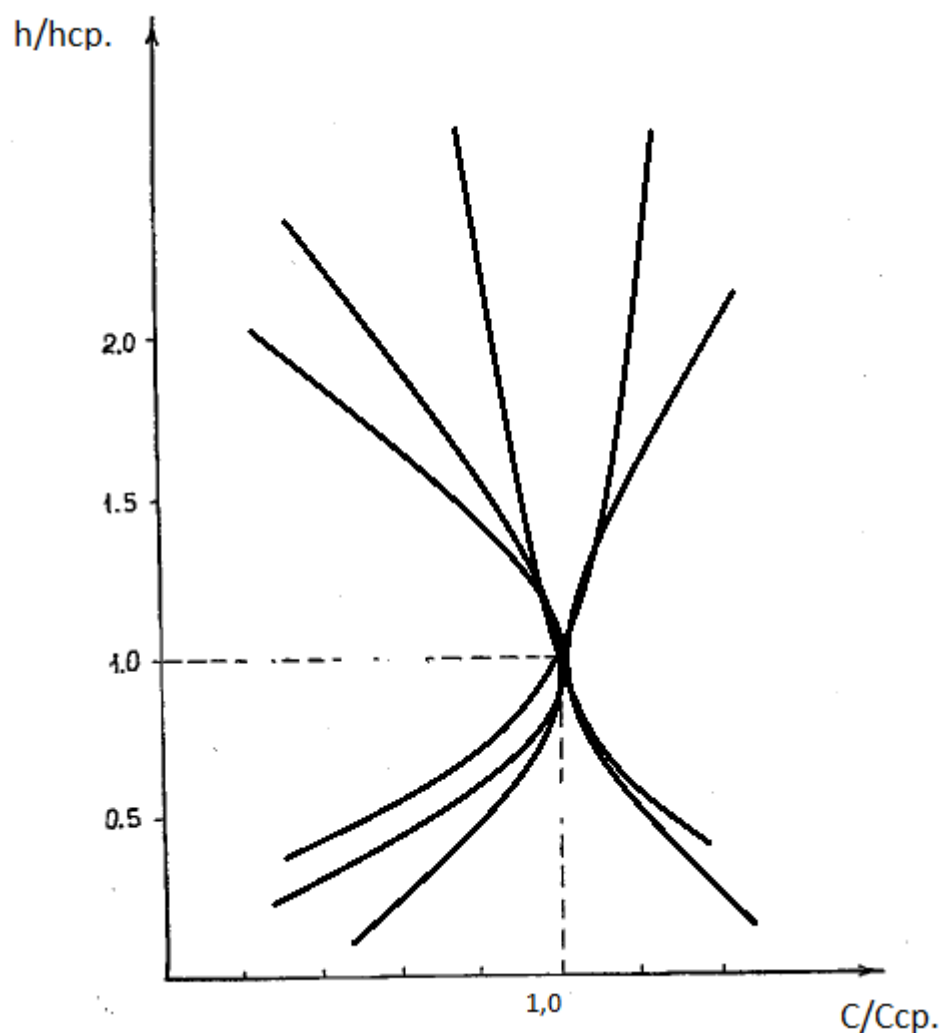


Рисунок.3.2 пример кривых $C/C_{ср.}=f(h/h_{ср.})$ приведённых в точках $[1.0;1.0]$

Следует отметить, что этот прием, хотя и недостаточно корректен, значительно облегчил выполнение анализа и позволил выявить некоторые закономерности.

4. Оценка влияния глубин и русловых образований, а так же других факторов на коэффициенты шероховатости речных русел. 5 типов зависимостей

Можно выделить ряд факторов, которые либо вообще не учтены в таблицах, либо их учёт выполнен не полностью. К таким факторам следует отнести глубины, форму сечения русел рек и частично размеры реки. Это неполный перечень недоучтённых факторов в таблицах. Однако даже их учёт позволил бы повысить точность определения значений коэффициентов шероховатости.

Анализ графиков $C/C_{ср.}=f(h/h_{ср.})$ и $n/n_{ср.}=f(h/h_{ср.})$ позволил выделить 5 типов кривых:

-К первому (приложение А) относятся реки, берега которых заросли растительностью, включая кустарники и деревья, что наиболее характерно для равнинных рек. Этот тип кривых характеризуется увеличением «n» при увеличении h.

ПОДТИПЫ ПЕРВОГО ТИПА ЗАВИСИМОСТИ $n/n_{50} = f(h/h_{50})$

Под-тип	В/н	Форма русла в плане	Грунты	Берега	Зарастаемость	Наличие деформаций	Диапазон изменения	
							h/h_{50}	n/n_{50}
А	30-80	Прямолинейное, извилистое	Песчано-галечные, песчано-каменистые	Одернованные, размываемые	Зарастает	Деформации	0,2-1,7	0,3-2,0
Б	до 30	Прямолинейное, умеренно-извилистое	Песчано-каменистые, песчано-илистые	Одернованные, размываемые	Зарастает	Малоразмываемые	0,4-2,2	0,9-1,2
В	20-140	Сильноизвилистое, прямолинейное	Галечно-песчаные, песчаные	Одернованные, размываемые	Зарастает	Деформации	0,9-1,1	0,2-2,0

Таблица 4.1 подтип первого типа зависимости

-Ко второй группе (приложение Б) относятся реки с хорошо разработанными не заросшими руслами, для которых характерно уменьшение «n» при увеличении h. Этот тип кривых зависимостей $n/n=f(h/h_{ср.})$ наиболее часто встречается на горных и полугорных реках, что

объясняется значительно чаще встречающимся зарастанием берегов на равнинных реках, чем на горных.

ТАБЛИЦА ВТОРОГО ТИПА ЗАВИСИМОСТИ $n/n_{50} = f(h/h_{50})$

Под-тип	B/h	Форма русла в плане	Грунты	Берега	Зарастаемость	Деформации русел	Диапазон изменения	
							h/h_{50}	n/n_{50}
А	30–80	Прямолинейное, умеренно-извилистое	Песчано-галечные, галечно-каменистые, валуны, щебень	Устойчивые, поросшие		Незначительно деформируемые	0,4–2,4	0,5–1,9
Б	20–30	Прямолинейное, извилистое	Песчаные илисто-глинистые, валунно-галечные	Заросшие, одернованные	В межень зарастает	Мало деформируемые	0,2–2,0	0,9–1,6
В	30–140	Прямолинейное, извилистое, в межень могут быть острова, разветвленное	Дно – скалистая плита, валунно-галечное или каменистое с включением песка, ила	Заросшие, одернованные		Деформируемые	0,9–2,5	0,2–2,5

Таблица 4.2 подтип второго типа зависимости

-Третий тип (приложение В) характерен для рек с извилистым руслом. Русло сложено песком с примесью камней и суглинка, деформируемое, слабозарастающее.

-Четвёртый тип (приложение Г) характерен для слабоизогнутых русел. Один из берегов пологий, зернистый, другой крутой, каменистый.

-Пятый тип характерен для больших рек с глубиной 3 метра и более, отсутствует быстрое движение мезоформ, свойственен рекам с пойменной и русловой многорукавностью при наличии больших островов

При зарастании русла водной растительностью кривые отклоняются вправо в нижней её части.

Так же хорошо все 5 типов представлены в (таблица 4.3).

Для анализа характера сопротивления рассмотрены также данные об относительных ширинах B/h . Установлено, что в руслах в большинстве случаев значение коэффициентов шероховатости увеличивается при увеличении относительной ширины.

Таблица.4.3 Характерные признаки типов зависимости коэффициентов шероховатости от глубин

Характерные признаки типов	Типы зависимости коэффициента шероховатости от глубин				
	1	2	3	4	5
Тип руслового процесса	Побочневый	Ленточно грядовый	Русловая многорукавность	Сочетание прямолинейных и извилистых участков	Пойменная многорукавность
Грунты	Песчано галечные, песчано каменистые, песчано илистые	Песчаные, галечно каменистые, илисто глинистые	Песчаные, песчано галечные, галечные	Песчаные, галечно каменистые	Песчаные, песчано-гравелистые, песчано-галечные
Берега	Одернованные, засоренные, зарастаемые, размываемые	Устойчивые, слабо заросшие, одернованные	Неустойчивые, деформируемые	Берега могут быть крутыми, деформируемыми незначительно	Незначительно размываемые
Зарастаемость русла	Зарастает	Зарастает в межень незначительно	Зарастает у берегов	Незначительно зарастает у берегов	Незначительно зарастает у берегов
Деформации русел	Малоразмываемые русла, малоподвижные гребни перекатов ниже гидро створа	Деформируемые, наличие мезоформы ниже гидроствора	Деформируемые наличие мезоформы ниже гидроствора	Деформируемые, наличие мезоформы выше гидроствора	Незначительно деформируемые, отсутствие быстрого движения крупных мезоформ
Прочие	Внутри года река может находиться в условиях, близких к пространственным	Влияние дна затухает при увеличении глубины, соответствующей 1/3 амплитуды колебания уровня	Амплитуда колебания уровня до 3 м	Амплитуда колебания более 3 м	Глубина более 3 м

Были сделаны попытки получить зависимость $n=f(F;B/h)$ и $c=f(F;B/h)$. (рис.4.3)

В качестве расчётного были приняты значения коэффициентов шероховатости при минимальном, среднем и максимальном значениях уровня.

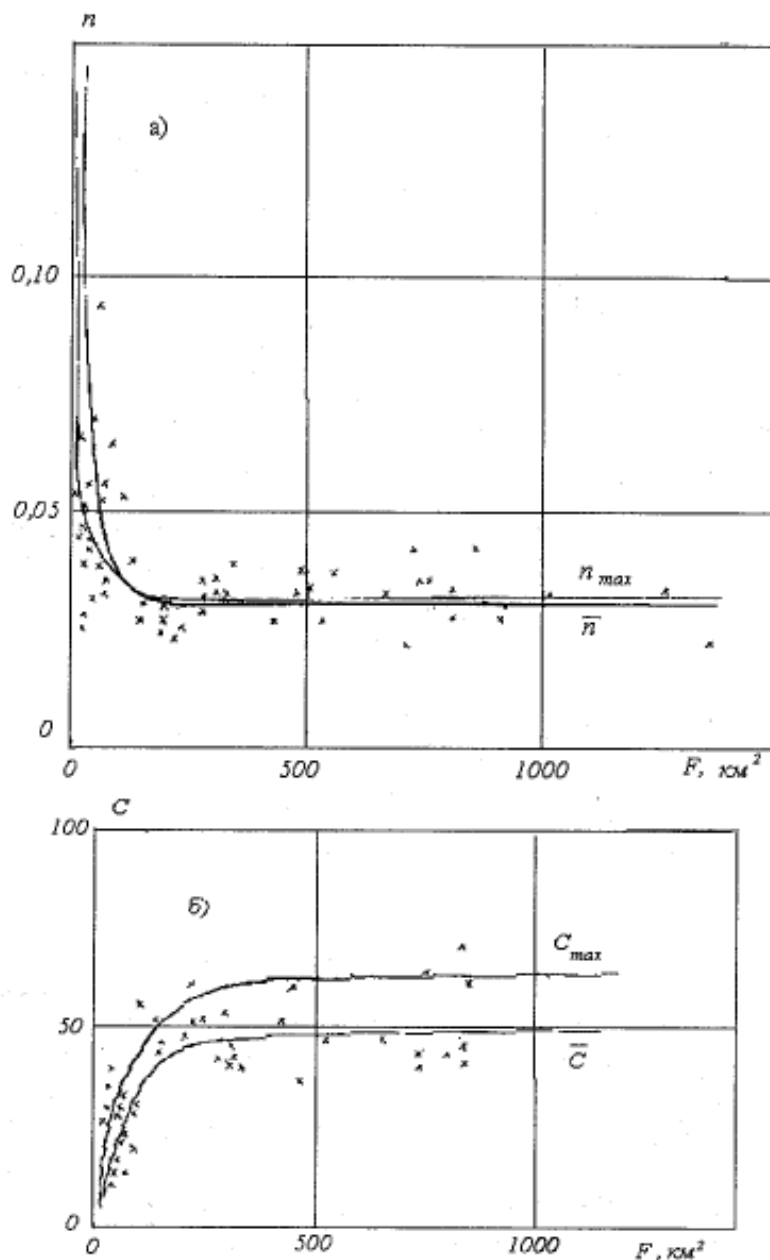


Рисунок (4.1) зависимость $n=f(F; B/h)$ и $c=f(F; B/h)$.

На основании данных наблюдений по 20 постам была выполнена попытка получить зависимость коэффициента Шези от размеров реки. Явной зависимости при этом не наблюдается. Разброс точек велик. В то же время некоторая связь прослеживается на графиках зависимости

- $C_{cp}=f(F; B/n)$;

- $CH_{min}=f(F; B/n)$;

- $CH_{max}=f(F; B/n)$.

Наблюдается постепенное увеличение «С» при увеличении F и B/n.

При построении графиков этих зависимостей разброс точек не большой.

$$-C_{cp}=f(F; B/h);$$

$$-C_{Hmin}=f(F; B/h);$$

$$-C_{Hmax}=f(F; B/h).$$

Для больших рек отмечается прямая зависимость: с увеличением относительной ширины реки значения коэффициентов шероховатости незначительно изменяются. Лишь при малых значениях B/h и F наблюдается плавное увеличение значений коэффициентов шероховатости.

Объяснение характера изменения коэффициентов шероховатости и Шези от глубин русла только строением берегов, их засоренностью и зарастаемостью неправомерно, так как имеется еще ряд других факторов, которые определяют вид этой зависимости. К основным из них следует отнести русловые образования и особенно перекаты и их расположение относительно расчетного створа, форму сечения русел и ряд других факторов.

Все виды русловых образований и их расположение относительно расчетного створа являются формами процесса саморегулирования в исследуемой системе. Особенно велика роль лимитирующих перекатов. В частности, при расположении лимитирующего переката ниже расчетного участка последний находится в состоянии подпора, который оказывает большое воздействие при низких уровнях вод. Влияние подпора существенно уменьшается при увеличении уровней. При расположении переката выше расчетного участка на последнем, наоборот, наблюдается увеличение скоростей течения. Влияние этого переката на нижерасположенный плесовый участок также уменьшается при увеличении глубин руслового потока.

Существенное воздействие оказывают и другие виды русловых образований, в частности, определяющие форму поперечного сечения русла. Характер, вид и расположение русловых образований относительно

расчетного створа зависят от ряда факторов (сток воды и наносов и физико-географические условия). При этом первые два фактора могут существенно изменяться во времени, а последний - относительно стабилен. Поэтому первые два фактора и определяют процесс саморегулирования в системе бассейн - речной поток – русло.

Результат анализа зависимостей $C/C_{\text{ср.}}=f(h/h_{\text{ср.}})$ и $n/n_{\text{ср.}}=f(h/h_{\text{ср.}})$

В ходе проделанной работы и расчётов коэффициентов Шези и коэффициентов шероховатости, для каждой реки были построены кривые вида $C/C_{\text{ср.}}=f(h/h_{\text{ср.}})$, при этом было установлено, что кривая $n=f(h)$ является зеркальным отображением кривой $c=f(h)$. Поэтому дальнейший анализ выполняется только для зависимости коэффициента шероховатости от глубин.

При установленном среднем значении коэффициента Шези, для выбора расчётного типа зависимости $C/C_{\text{ср.}}=f(h/h_{\text{ср.}})$ I, II, III или IV рекомендуется использовать описание характера берегов, деформаций, рельефа дна, соотношение B/h , наличие подпорных и регулирующих сооружений, характер засорённости и зарастаемости берегов, русла и тип руслового процесса. К сожалению часть из этих данных недоступна или доступ частично осложнён, поэтому была сделана попытка определить тип зависимости благодаря кривой вида $C/C_{\text{ср.}}=f(h/h_{\text{ср.}})$. Однако из-за относительно малого количества измеренных расходов воды, эти кривые не пересекались в одной точке с координатами $[1;1]$. Поэтому был применён метод, основанный на изменении среднего коэффициента шероховатости, в соответствии с которым, все кривые смещались вдоль оси абсцисс (C). Таким образом получили графики вида $C/C_{\text{ср.}}=f(h/h_{\text{ср.}})$ и $n/n_{\text{ср.}}=f(h/h_{\text{ср.}})$ в точке пересечения с координатами $[1;1]$ и как следствие посчитаны дисперсии (приложение Е).

Первый тип зависимости, характеризуемый увеличением коэффициента шероховатости с глубиной, (приложение А) наиболее часто встречается на малых реках и средних реках (как равнинных, полугорных, так и горных) для которых велико влияние берегов и внутри года река может находиться в режиме, близком к пространственному. Интенсивность нарастания глубин для таких рек меньше, чем интенсивность прироста ширин. Для первого типа увеличение коэффициента шероховатости с глубиной связано с засорёнными береговыми отмелями, зарастаемыми берегами, пляжами, свойственными

участкам рек побочного типа с малоподвижными гребнями перекатов. К этому типу можно отнести реки:(Малога, Кема, Алатырь, Шола, Осетр) .

Второй тип зависимости (приложение Б), (уменьшение коэффициента шероховатости при увеличении глубины) характерен как для малых, средних, так и больших рек непроточного режима. Наиболее характерен этот тип для рек с песчаным, деформируемым, относительно прямолинейным руслом с движением наносов в виде гряд массового распространения (тип руслового процесса на участке гидроствора близок к ленточно-грядовому). Влияние дна «затухает» с увеличением глубины при превышении трети амплитуды колебания уровня. К этому типу можно отнести реки:(Андога, Пахна, Черный Лух, Черепетка).

Третий тип (увеличение, а затем уменьшение коэффициента шероховатости с глубиной) (приложение В), встречается на реках с неустойчивыми, деформируемыми берегами, а также для случаев низких горизонтов воды и небольших- до 3 метров- амплитуд колебания уровня воды. Увеличение коэффициента шероховатости до какого-то предела увеличение уровней вызвано влиянием гребней нижерасположенной мезоформы, оказывающей подпирющее воздействие на поток в гидростворе. С дальнейшим ростом уровня выше указанного предела (перелив слоя воды через гребень мезоформы) знак изменения n сменится на обратный. К этому типу можно отнести реки:(Покша, Упа, Керженец, Ижма).

Четвёртый тип зависимости (приложение Г) характерен для рек с поймой или значительными деформациями в паводок, с амплитудами колебания уровня воды более 3 м. Такой ход зависимости характерен для гидростворов, расположенных под влиянием гребня вышележащей мезоформы и- в отдельных случаях- под влиянием нижерасположенного поворота русла. Уклон водной поверхности для этого типа зависимости на низких горизонтах больше, чем на высоких. Увеличение n с ростом уровня связано с влиянием нижележащих перекатов, поворотов, влияние которых при низких горизонтах не сказывается из-за их удалённости от гидроствора. В

этом, в частности, проявляется структурность как русловых форм, так и величин, характеризующих сопротивление. Кроме того, следует отметить, что четвёртый тип характерен для рек со смешанными типами руслового процесса, сочетания прямолинейных участков с извилистыми, русла которых, как правило, деформируемы. К этому типу можно отнести реки: (Желва, Пра, Ветлуга, Люнда, Рутка).

Заключение

Проблема сопротивлений речных русел имеет большую историю, но ещё далека от решения, хотя её значение трудно переоценить. И действительно, после того, как А. Шези в конце 18 века предложил свою формулу для расчётов средних скоростей дискуссии по поводу сопротивлений практически не затухают. Введение в расчёты интегральных характеристик- коэффициентов шероховатости значительно повысило точность расчётов.

В решении проблемы гидравлических сопротивлений речных русел есть два взаимосвязанных направления:

Первое - основано на системном переходе, согласно которому сопротивление является регулятором работы саморегулирующейся системы «бассейн - речной поток- русло»;

Второе - заключается в использовании таблиц для определения коэффициента шероховатости, но все они составлены 35-40 лет тому назад и требуют критической оценки, ибо дают большие погрешности расчётов.

Наиболее известными таблицами для определения коэффициента шероховатости являются таблицы: М.Ф. Срибного, В.Т. Чоу, Дж. Бредли, И.Ф. Карасёва.

Задачей дипломного проекта явилась определение коэффициента шероховатости и выявление его зависимости от определяющих факторов, в качестве которых были использованы глубина русла и размеры реки (площадь водосбора, форма сечения русла B/h и др.)

Для решения поставленной задачи была собрана исходная информация: сведения об измеренных расходах воды, уклонах водной поверхности, средних скоростях и глубинах, сведения о площадях водосбора, описательная характеристика сопротивления русла. Вся информация получена для беспойменных створов.

Были отобраны данные по 20 рекам. Для каждого из исследуемых объектов были определены значения коэффициентов Шези и шероховатости

на основе формулы Шези-Маннинга и построены кривые их зависимости от глубин и уровней воды.

При этом было установлено, что кривая $n=f(h)$ является зеркальным отображением кривой $c=f(h)$. Поэтому дальнейший анализ выполняется только для зависимости коэффициента шероховатости от глубин.

Были построены кривые зависимостей в относительных единицах вида $C/C_{ср.}=f(h/h_{ср.})$ и $n/n_{ср.}=f(h/h_{ср.})$.

Однако из-за относительно малого количества измеренных расходов воды, эти кривые не пересекались в одной точке с координатами [1;1]. Поэтому был применён метод, основанный на изменении среднего коэффициента шероховатости, в соответствии с которым, все кривые смещались вдоль оси абсцисс (C). Таким образом получили графики вида $C/C_{ср.}=f(h/h_{ср.})$ и $n/n_{ср.}=f(h/h_{ср.})$ в точке пересечения с координатами [1;1]. Но это привело соответственно к изменению среднего значения коэффициента Шези.

Для анализа характера сопротивления рассмотрены также данные об относительных ширинах B/h . Установлено, что в руслах, в большинстве случаев, значения коэффициента шероховатости увеличиваются при увеличении относительной ширины.

Относительные характеристики сопротивления русел, приведенные в Гидрологических Ежегодниках, являются недостаточными и не позволяют точно определить табличные значения коэффициентов шероховатости. К тому же в них не вносят ежегодных изменений и уточнений ситуации в районе гидростворов. Это приводит к отсутствию возможностей выявления причин изменения коэффициентов шероховатости и характера их зависимости с глубиной (уровнем) от года к году или за период 3-10 лет.

Традиционные методы расчёта сопротивлений, разработанных для искусственных сооружений, малоэффективны для речных русел, поэтому необходим поиск новых путей для решения этой сложной проблемы.

Одним из них, по нашему мнению, является переход к исследованию сопротивлений саморегулирующихся систем «бассейн - речной поток-русло», который выполняет роль регулятора работы системы.

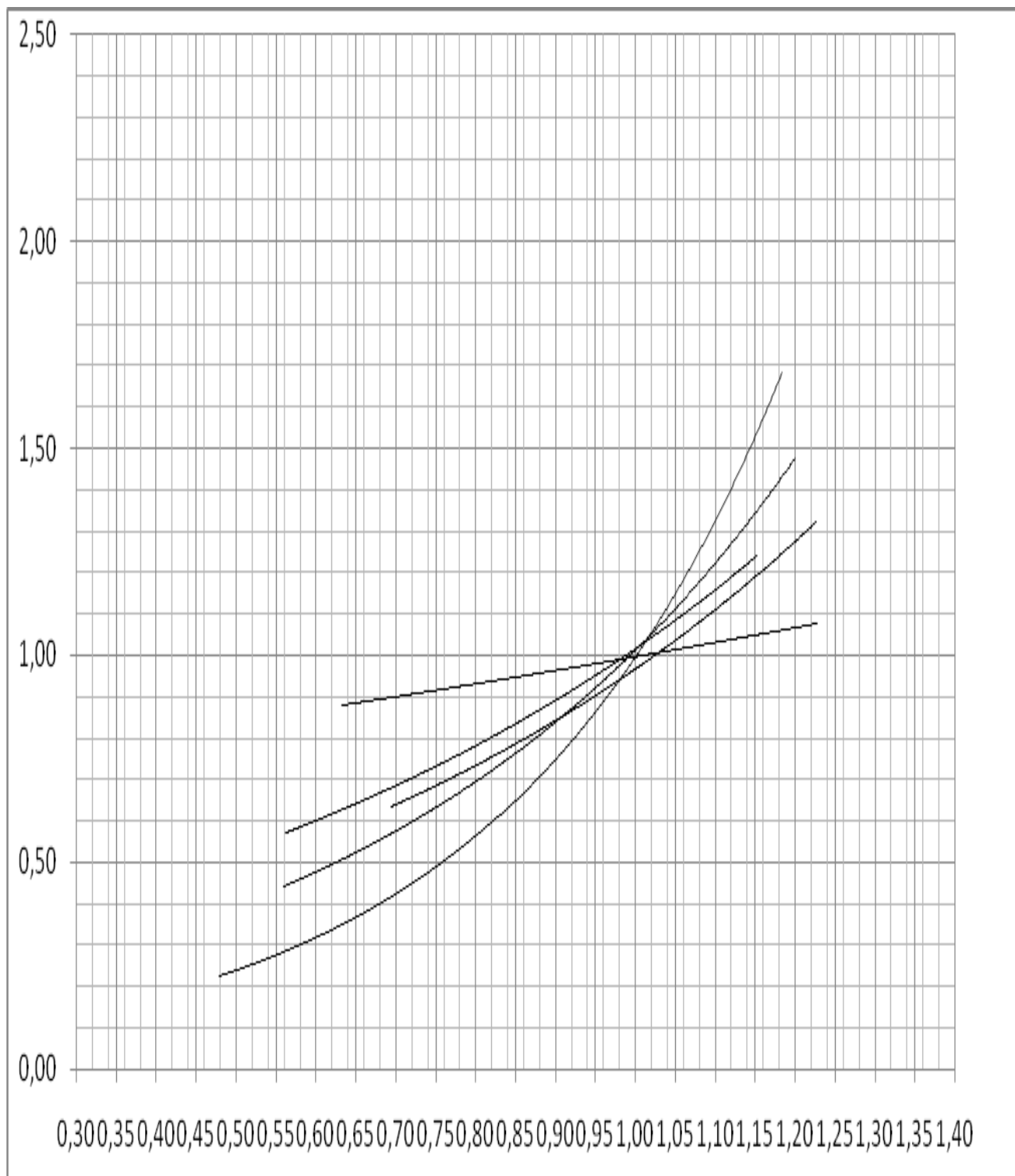
Список используемой литературы

1. Барышников Н.Б., Попов И.В. Динамика русловых потоков и русловые процессы. Л.: Гидрометеиздат, 1988.
2. Барышников Н.Б. Антропогенное воздействие на русловые процессы. Л.: Изд-во ЛГМИ 1990.
3. Барышников Н.Б. Гидравлические сопротивления речных русел Учебное пособие. СПб, изд. РГГМУ, 2003.
4. Барышников Н.Б. Динамика русловых потоков. Учебник. - СПб.: изд. РГГМУ, 2007
5. Гидрологический ежегодник 1961 Т.4 Вып.1-3 Бассейн Каспийского моря
6. Павловский Н.Н. Гидравлический справочник -М.: Энергоиздат, 1972.
7. Спицын И.П., Соколова В.А. Общая и речная гидравлика.- Л.: Гидрометиздат, 1990

ПРИЛОЖЕНИЯ

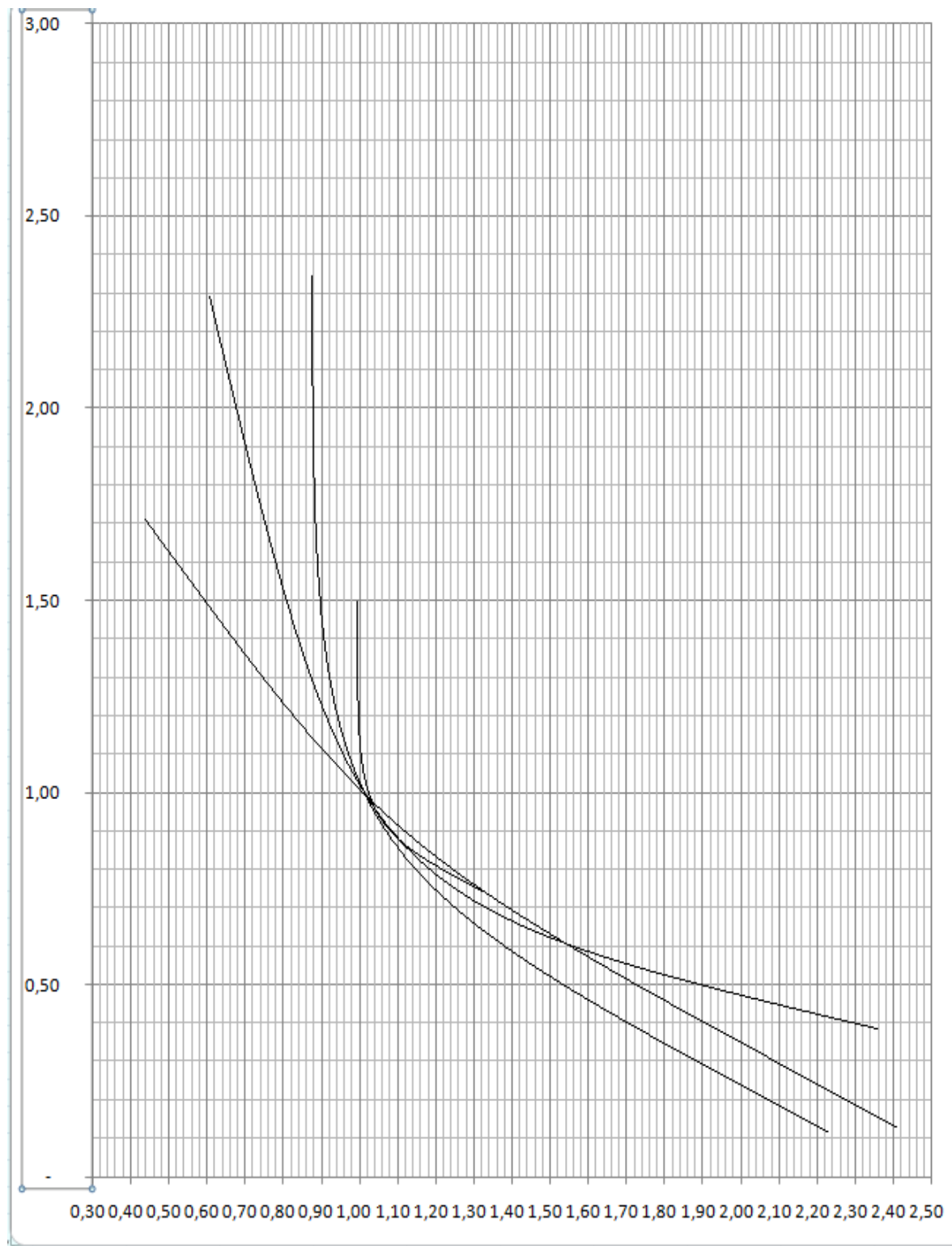
Приложение А

«График связи $C/C_{\text{ср.}}=f(h/h_{\text{ср.}})$ » 1 тип рек



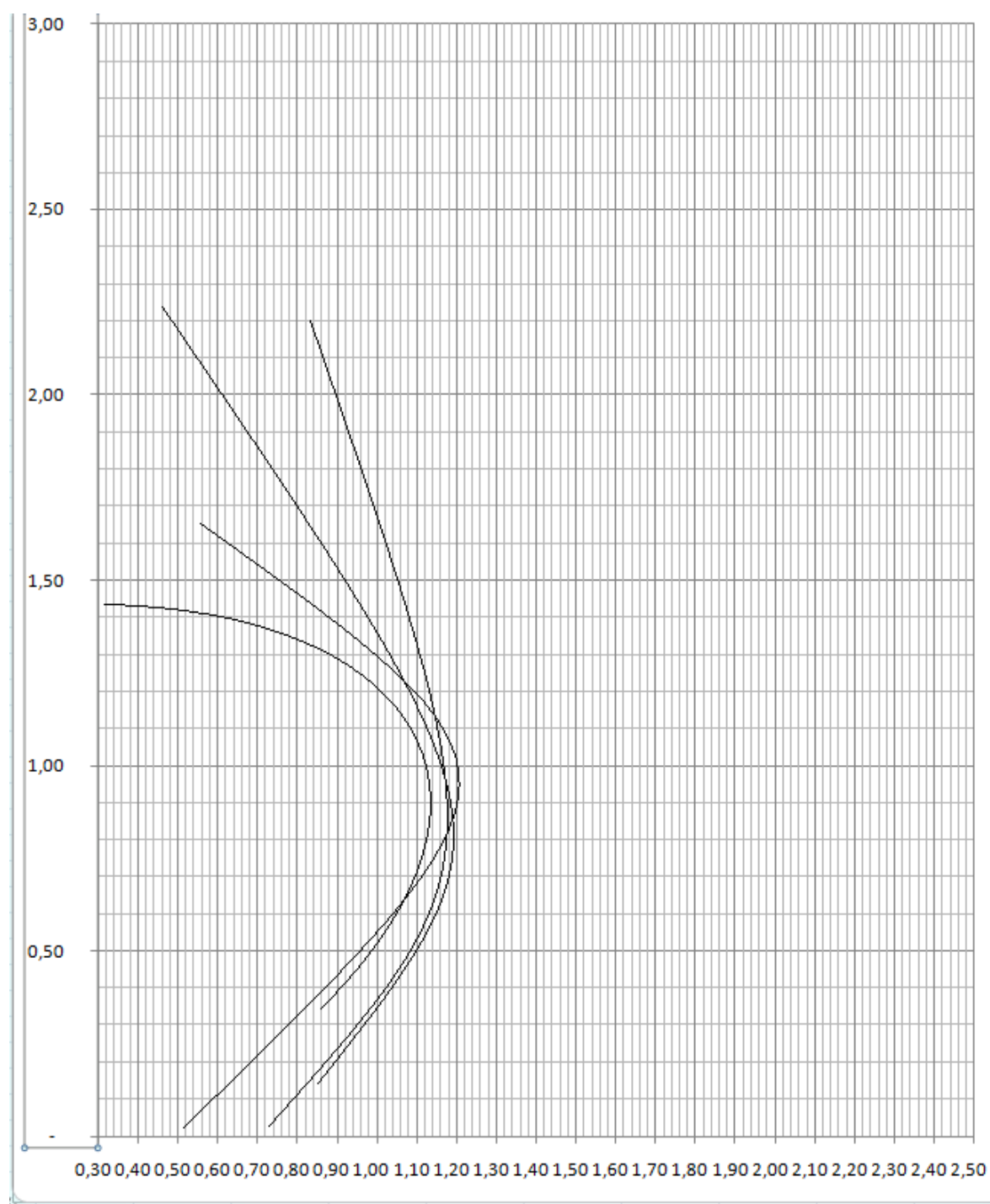
Приложение Б

«График связи $C/C_{\text{ср.}}=f(h/h_{\text{ср.}})$ » 2 тип рек



Приложение В

«График связи $C/C_{\text{ср.}}=f(h/h_{\text{ср.}})$ » 3 тип рек



Приложение Г

«График связи $C/C_{\text{ср.}} = f(h/h_{\text{ср.}})$ » 4 тип рек

