# МОРФОСТВОР · *морфометрический расчёт*

**SHUR · HYDROLOGICAL INTELLIGENCE**

# Руководство пользователя

Морфометрический расчёт поперечного профиля речной долины
по СП 529.1325800.2023:
кривые Q = f(H), ω = f(H), V = f(H), высшие уровни воды
заданной вероятности превышения, чертёж морфоствора и отчёт

Версия программы 1.5.1: настольная (Windows), файл Morfostvor.exe
Дата редакции руководства: 04.11.2026

*Where water meets intelligence.  Там, где вода встречается с интеллектом.*

# Содержание

1. Введение

2. Установка и запуск

3. Общий вид окна

4. Порядок работы — коротко

5. Исходные данные: загрузка из Excel и проекты

6. Вкладка «Профиль». Редактирование таблиц

7. Водоток и гидрология

8. Вкладка «Расходы и ГВВ»

9. Вкладка «Участки и шероховатость»

10. Вкладка «Размыв русла»: ППР и линия возможного размыва

11. Расчёт

12. Вкладка «Результаты»

13. Вкладка «Кривые Q, ω, V = f(H)»

14. Вкладка «Чертёж и штамп»

15. Выгрузка: чертёж, отчёт Word, Excel

16. Сообщения программы и типичные ситуации

Приложение А. Расчётные формулы

Приложение Б. Таблица В.9 СП 529.1325800.2023

Приложение В. Пример: р. Кунара

# 1. Введение

«Морфоствор» — программа семейства Шур (SHUR) для инженерно-гидрометеорологических изысканий. По поперечному профилю речной долины (морфоствору) она строит кривые зависимости расхода, площади живого сечения и средней скорости от уровня воды, находит высшие уровни воды для расчётных расходов заданной вероятности превышения и выпускает готовые материалы для отчёта ИГМИ: чертёж морфоствора, отчёт Word и таблицы Excel.

## Что умеет программа

- загружает профиль морфоствора из Excel (№ точки, отметка, пикет и плюс, описание) — в том формате, в котором его обычно готовят по материалам съёмки;
- даёт редактировать все данные прямо в окне: точки профиля, участки, расходы, дополнительные отметки, штамп;
- делит профиль на участки (левая пойма — русло — правая пойма) по отметкам «лб» и «пр»;
- подбирает коэффициент шероховатости по встроенной таблице В.9 СП 529.1325800.2023;
- решает прямую задачу (характеристики при заданном уровне) и обратную (уровень для заданного расхода);
- работает с несколькими видами расходов: весеннее половодье, дождевые паводки, ледоход и подвижка льда — и сводит уровни в таблицу как в отчёте;
- сравнивает способы расчёта (по полосам, с поправкой β Кокорева, по средней глубине) и формулы коэффициента Шези, проверяет форму кривых Q(H);
- назначает уклон водной поверхности по продольному профилю (четыре метода) и подбирает n или уклон по измеренному расходу;
- выпускает чертёж «Поперечный профиль долины и кривые зависимостей» с основной надписью (.dwg/.dxf), отчёт (.docx) и книгу Excel с таблицами и графиками (.xlsx).

## Методические основы

- **Нормативная база** — СП 529.1325800.2023, п. 7.9.1: расчётные высшие уровни воды при свободном состоянии русла определяются по кривым Q = f(H); при наличии поймы кривые строятся отдельно для русла и поймы и суммируются;
- **Расход** — формула (7.43) СП 529: Q = ω/n · h^(2/3) · I^(1/2);
- **Шероховатость** — таблица В.9 СП 529 «Шкала шероховатости речных русел и пойм»;
- **Порядок расчёта** — «Пособие к СНиП 2.05.03-84 по изысканиям и проектированию мостовых переходов» (ПМП-91): расчёт по элементарным полосам между точками профиля, разбиение на однородные участки — как в программах «Морфоствор 1.0» (Кредо) и nanoCAD GeoSeries «Гидрология»;
- **Ледовые уровни** — СП 529, п. 7.9.7: расходы при подвижке льда и ледоходе Q′ = (η/K_Q)·Q р%, уровни — по той же кривой Q = f(H).

Формулы подробно — в приложении А.

> **Проверка.** *Результаты программы на примере р. Кунара совпадают с расчётом в Кредо «Морфоствор» до 0,01 м (приложение В).*

# 2. Установка и запуск

## Готовая программа: две редакции

Программа поставляется папкой — внутри exe и все библиотеки (Python устанавливать не нужно). Распакуйте архив в любое место (например, C:\Программы\) и запустите exe двойным щелчком; для удобства создайте ярлык на рабочем столе. Файл проекта (.morf) или Excel можно перетащить на значок программы — он откроется сразу.

- **Morfostvor\Morfostvor.exe** — полная (desktop) версия — без ограничений;
- **Morfostvor_Trial\Morfostvor_Trial.exe** — пробная версия: 14 дней со всеми функциями, затем выгрузки — по ключу (см. «Пробная версия и ключ»).

**Примечание.** *Не переносите exe из папки отдельно: рядом с ним должна лежать папка _internal с библиотеками. При первом запуске программа готовит кэш шрифтов графиков — это занимает несколько секунд один раз.*

## Пробная версия и ключ

В пробной редакции первые 14 дней программа работает полностью; на чертежах, в отчёте Word и в Excel ставится отметка «Выполнено в пробной версии программы «Морфоствор»», в шапке окна — число оставшихся дней. После окончания пробного периода расчёт и просмотр доступны, а выгрузки — только после ввода ключа.

- **Получить ключ** — «Справка → Лицензия…» (или щелчок по надписи «Пробная версия» в шапке) → «Копировать» — отправьте код компьютера вида MRF-XXXX-XXXX-XXXX-XXXX разработчику;
- **Активировать** — вставьте полученный ключ XXXX-XXXX-XXXX-XXXX и нажмите «Активировать». Ключ действует на этом компьютере — бессрочно или до указанной даты.

**Примечание.** *Ключ привязан к компьютеру: после переустановки Windows или замены системного диска код компьютера меняется — понадобится новый ключ.*

## Сохранение в DWG

Чертёж строится в формате DXF. Для перевода в DWG программа использует бесплатный ODA File Converter (сайт opendesign.com, раздел ODA File Converter). Установите его один раз — программа найдёт его сама; если он установлен в нестандартную папку, укажите путь в окне «Настройки…» (рис. 1).




*Рис. 1. Окно «Настройки»: путь к ODA File Converter*

**Примечание.** *Если конвертера нет, программа попробует сохранить DWG через установленный AutoCAD или nanoCAD, а если и их нет — сохранит DXF. AutoCAD, nanoCAD и Cadcraft открывают DXF напрямую, без потерь.*

# 3. Общий вид окна

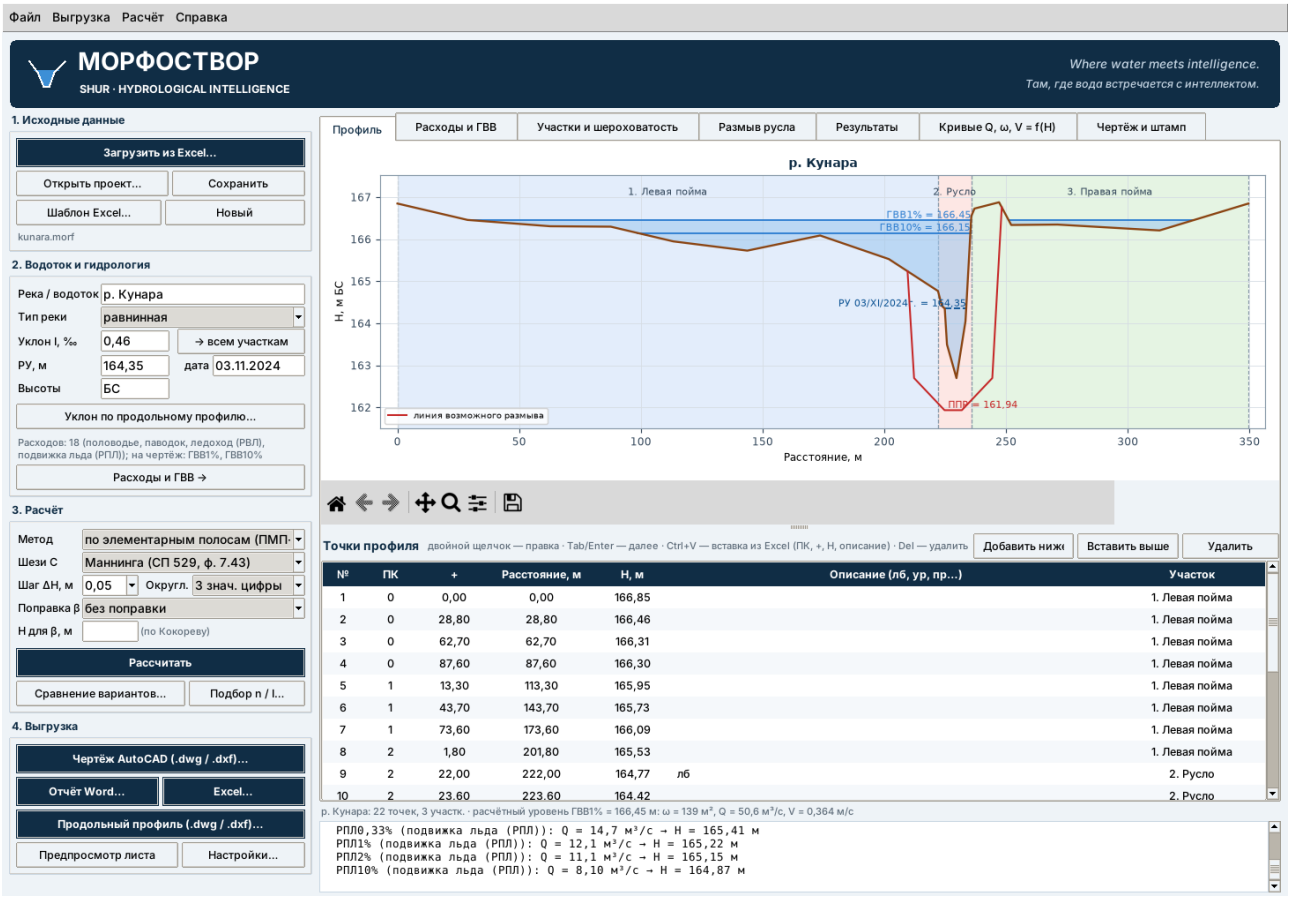



*Рис. 2. Окно программы: р. Кунара, вкладка «Профиль»*

- **Меню** — «Файл», «Выгрузка», «Расчёт», «Справка» дублируют кнопки левой панели; в «Справке» — краткий порядок работы;
- **Фирменная шапка** — название программы, номер версии и слоган SHUR;
- **Левая панель** — четыре раздела: «1. Исходные данные», «2. Водоток и гидрология», «3. Расчёт», «4. Выгрузка». Если панель не помещается по высоте, она прокручивается колёсиком мыши;
- **Вкладки справа** — «Профиль», «Расходы и ГВВ», «Участки и шероховатость», «Результаты», «Кривые Q, ω, V = f(H)», «Чертёж и штамп»;
- **Строка состояния** — сводка по расчётному уровню: отметка, площадь, расход, скорость;
- **Журнал** — внизу справа — сообщения программы, ГВВ после расчёта, ошибки в данных (красным).

Горячие клавиши: Ctrl+O — загрузить Excel, Ctrl+S — сохранить проект, F5 — рассчитать.

# 4. Порядок работы — коротко

1. Нажмите «Загрузить из Excel…» и выберите файл с профилем морфоствора (раздел 5);
2. Проверьте точки профиля на вкладке «Профиль» и при необходимости поправьте их (раздел 6);
3. Проверьте реку, уклон водной поверхности, РУ и его дату (раздел 7);
4. На вкладке «Расходы и ГВВ» вставьте из буфера таблицу расчётных расходов (Ctrl+V) — половодье, паводки, при необходимости ледовые (раздел 8);
5. На вкладке «Участки и шероховатость» проверьте границы участков и назначьте n по таблице В.9 (раздел 9);
6. На вкладке «Размыв русла» проверьте ППР, введите скорости размыва берегов и проверьте линию возможного размыва (раздел 10);
7. Нажмите «Рассчитать» (F5) и посмотрите ГВВ в журнале и на вкладке «Расходы и ГВВ» (разделы 11, 12);
8. Заполните штамп на вкладке «Чертёж и штамп», посмотрите лист кнопкой «Предпросмотр листа» (раздел 14);
9. Выгрузите чертёж, отчёт Word и таблицы Excel (раздел 15) и сохраните проект .morf.

**Примечание.** *Расчёт выполняется автоматически при каждом изменении данных — графики и таблицы обновляются сразу. Кнопка «Рассчитать» дополнительно выводит итоги и ошибки в журнал.*

# 5. Исходные данные: загрузка из Excel и проекты

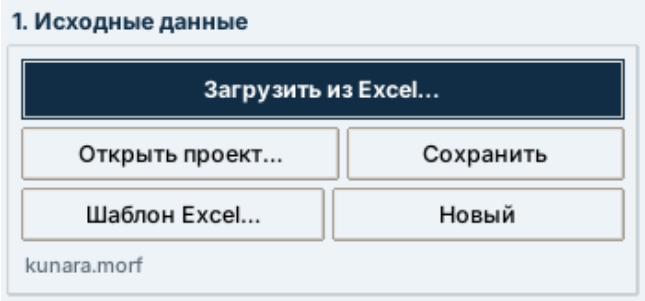



*Рис. 3. Раздел «1. Исходные данные»*

- **Загрузить из Excel...** — читает профиль морфоствора (формат ниже);
- **Открыть проект... / Сохранить** — проект Морфоствора — файл .morf со всеми данными: профиль, участки, расходы, настройки расчёта, штамп;
- **Шаблон Excel...** — создаёт пустой шаблон для заполнения с листами «Профиль», «Участки», «Расходы», «Параметры»;
- **Новый** — очищает проект (штамп, запомненный по умолчанию, сохраняется).

## Формат листа с профилем

Программа ищет строку заголовка по столбцу отметок («Н, м БС», «Н», «Отметка») и распознаёт остальные столбцы по названию. Порядок столбцов значения не имеет.

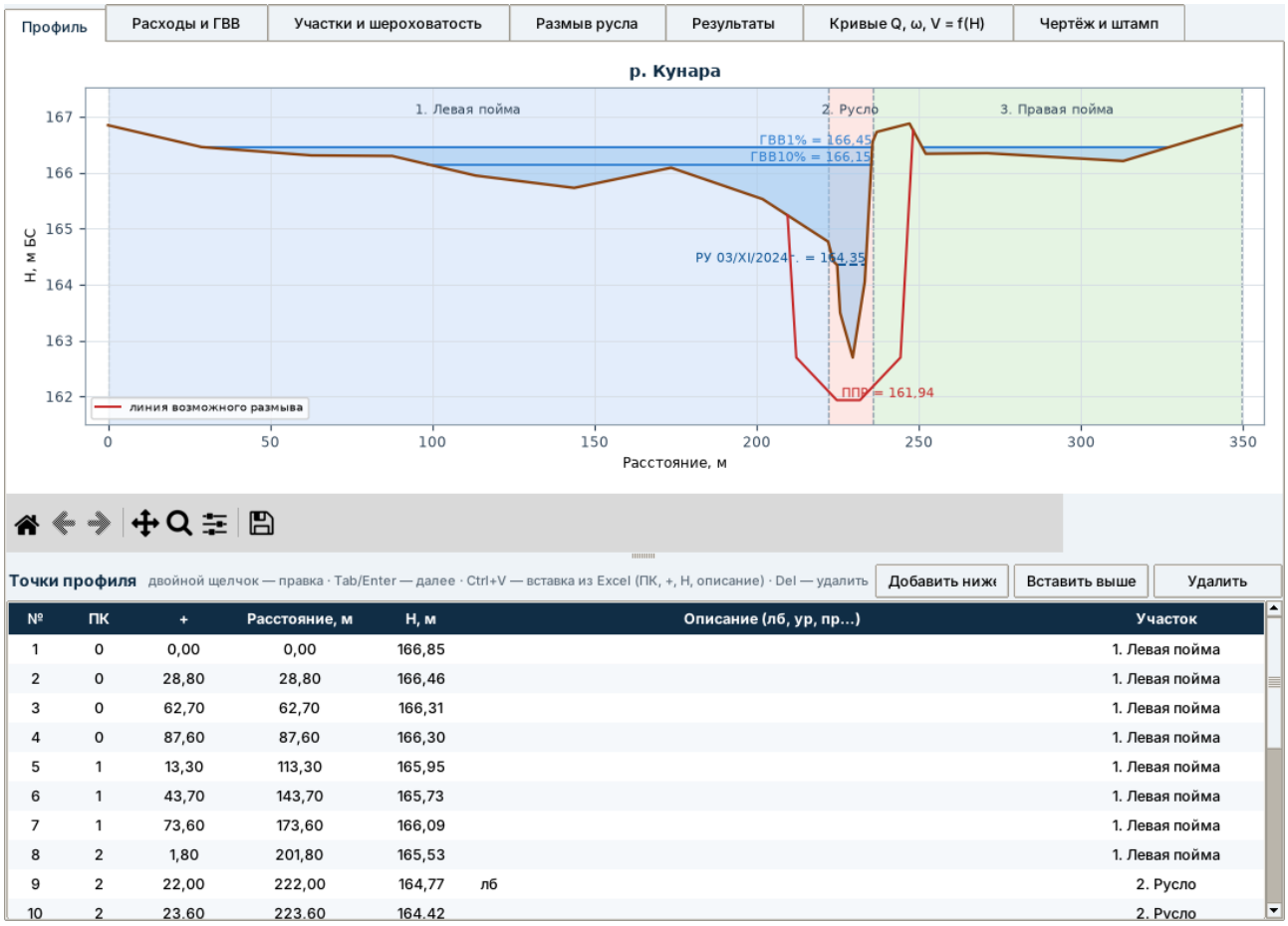
| Столбец | Что в нём | Пример |
|---|---|---|
| №п/п | номер точки (необязательно) | 1, 2, 3… |
| Н, м БС | отметка поверхности земли / дна, м; система высот берётся из заголовка | 166,85 |
| ПК и + | пикет и плюс; расстояние = ПК·100 + плюс | 2 \| 22,0 |
| Расстояние, м | можно вместо ПК и + (расстояние от постоянного начала) | 222,0 |
| Описание | пометки точек: лб, пр — бровки/берега; ур — урез воды. Столбец может быть без заголовка | лб, ур, пр |
| Река | название водотока (во 2-й строке) | р. Кунара |
| Уклон | уклон водной поверхности, ‰ (во 2-й строке) | 0,46 |
| РУ, м / Дата РУ | уровень воды на дату изысканий (необязательно) | 164,35 \| 03.11.2024 |

> **Примечание.** *Если РУ не указан, он берётся как среднее из отметок точек с пометкой «ур». Если в книге есть листы «Участки», «Расходы» и «Параметры» (как в шаблоне и в выгрузке Excel), они тоже загружаются — выгруженную книгу можно отредактировать в Excel и загрузить обратно.*

## После загрузки

Программа сразу делит профиль на участки по пометкам «лб» и «пр»: левая пойма — от первой точки до «лб», русло — от «лб» до «пр», правая пойма — от «пр» до последней точки. Если пометок нет, участки строятся по урезам «ур», а при их отсутствии весь профиль считается руслом. Коэффициенты шероховатости ставятся по умолчанию — журнал напомнит их проверить.

# 6. Вкладка «Профиль». Редактирование таблиц




| № | ПК | + | Расстояние, м | Н, м | Описание (лб, ур, пр...) | Участок |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0,00 | 0,00 | 166,85 | | 1. Левая пойма |
| 2 | 0 | 28,80 | 28,80 | 166,46 | | 1. Левая пойма |
| 3 | 0 | 62,70 | 62,70 | 166,31 | | 1. Левая пойма |
| 4 | 0 | 87,60 | 87,60 | 166,30 | | 1. Левая пойма |
| 5 | 1 | 13,30 | 113,30 | 165,95 | | 1. Левая пойма |
| 6 | 1 | 43,70 | 143,70 | 165,73 | | 1. Левая пойма |
| 7 | 1 | 73,60 | 173,60 | 166,09 | | 1. Левая пойма |
| 8 | 2 | 1,80 | 201,80 | 165,53 | | 1. Левая пойма |
| 9 | 2 | 22,00 | 222,00 | 164,77 | лб | 2. Русло |
| 10 | 2 | 23,60 | 223,60 | 164,42 | | 2. Русло |

*Рис. 4. Вкладка «Профиль»: поперечный профиль с участками, ГВВ и РУ; ниже — таблица точек*

Сверху — поперечный профиль: линия земли, участки (заливка), уровни ГВВ, отмеченные для чертежа, РУ и дополнительные отметки; живое сечение при расчётном уровне залито голубым. Панель инструментов под графиком позволяет увеличивать фрагменты и сохранять картинку. Границу между графиком и таблицей можно перетаскивать.

Снизу — таблица точек: № , ПК, плюс, расстояние (вычисляется), отметка Н, описание и участок, к которому относится точка.

## Как редактировать таблицы

Одинаковые правила действуют во всех таблицах программы:

| Действие | Как |
|---|---|
| Править ячейку | двойной щелчок, Enter или F2 |
| Подтвердить и перейти | Enter — на строку ниже, Tab — в следующий столбец, Shift+Tab — в предыдущий |
| Отменить правку | Esc |
| Удалить строки | выделить (Shift/Ctrl+щелчок) и нажать Del или кнопку «Удалить» |
| Вставить из Excel | скопировать столбцы в Excel, выделить строку в таблице и нажать Ctrl+V (для точек — ПК, +, Н, описание) |
| Скопировать в Excel | Ctrl+C — выделенные строки или вся таблица |

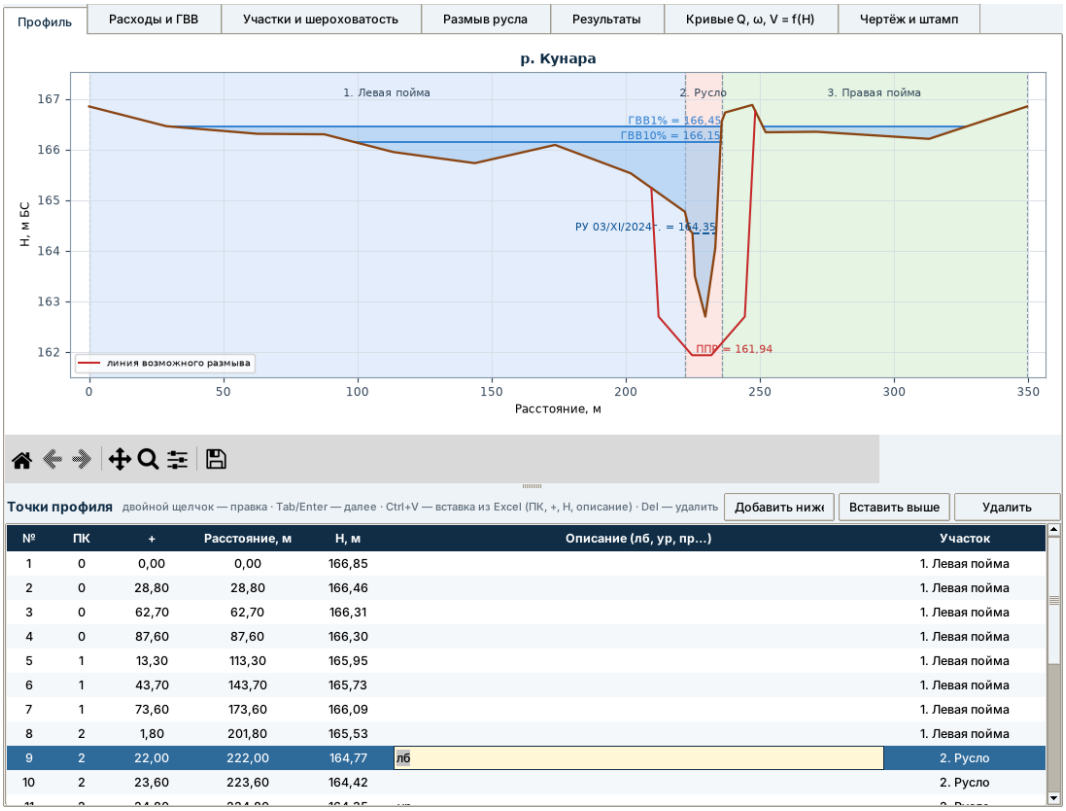



*Рис. 5. Правка ячейки «Описание» в таблице точек*

- **Добавить ниже / Вставить выше** — новая точка рядом с выделенной;
- **Сортировать по расстоянию** — упорядочивает точки, если они вводились не по порядку.

**Примечание.** *Если расстояние у точки меньше, чем у предыдущей, строка подсвечивается красным, а расчёт не выполняется до исправления. При добавлении и удалении точек границы участков переносятся автоматически.*

# 7. Водоток и гидрология

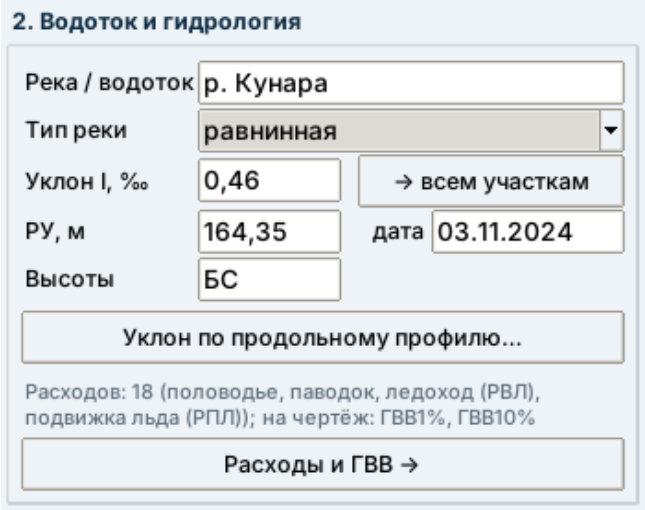



*Рис. 6. Раздел «2. Водоток и гидрология»*

- **Река / водоток** — название — выводится на графиках, в отчёте и на чертеже;
- **Тип реки** — равнинная или горная — определяет, какой столбец таблицы В.9 предлагается для русла;
- **Уклон I, ‰** — уклон водной поверхности по умолчанию. Кнопка «→ всем участкам» записывает его во все участки;
- **РУ, м и дата** — уровень воды на дату изысканий. На чертеже подписывается как «РУ 03/XI/2024г.=164,35»;
- **Высоты** — система высот (БС, по умолчанию) — используется в подписях;
- **Уклон по продольному профилю...** — назначение уклона по нивелировке водной поверхности (см. ниже);
- **Сводка расходов** — сколько расходов задано и какие уровни идут на чертёж; кнопка «Расходы и ГВВ →» открывает вкладку с расходами.

## Уклон по продольному профилю

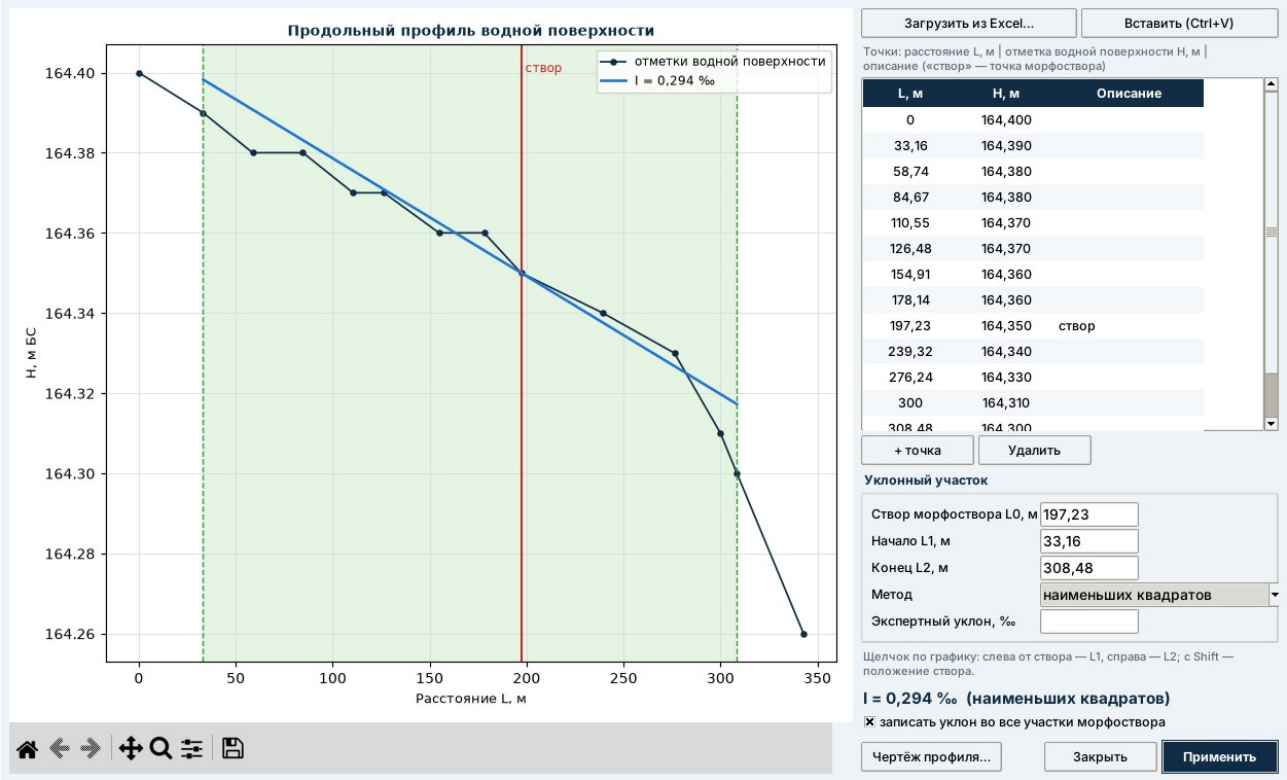



*Рис. 7. Уклон водной поверхности по продольному профилю: участок L1–L2, метод наименьших квадратов*

Окно открывается кнопкой «Уклон по продольному профилю…» или из меню «Расчёт». Точки продольного профиля водной поверхности (расстояние L, отметка H, описание) загружаются из Excel, вставляются из буфера (Ctrl+V) или вводятся в таблицу. Точка морфоствора помечается в описании словом «створ» — по ней ставится красная вертикаль.

- **Уклонный участок** — по умолчанию весь профиль. Щелчок по графику левее створа задаёт начало L1, правее — конец L2; щелчок с Shift переносит створ. Значения можно ввести и в поля;
- **Метод** — средний на участке |H2 − H1| / (L2 − L1); средневзвешенный; наименьших квадратов; экспертное решение — уклон вводится вручную (приложение А);
- **Линия уклона** — синяя, проходит через отметку в створе в пределах L1–L2;
- **Применить** — записывает уклон в поле «Уклон I» и, если отмечено, во все участки;
- **Чертёж профиля…** — выгружает лист продольного профиля (раздел 15).

**Примечание.** *Продольный профиль сохраняется в проекте и в выгрузке Excel (лист «Продольный»), а в отчёте Word указывается, по каким данным и каким методом назначен уклон.*

# 8. Вкладка «Расходы и ГВВ»

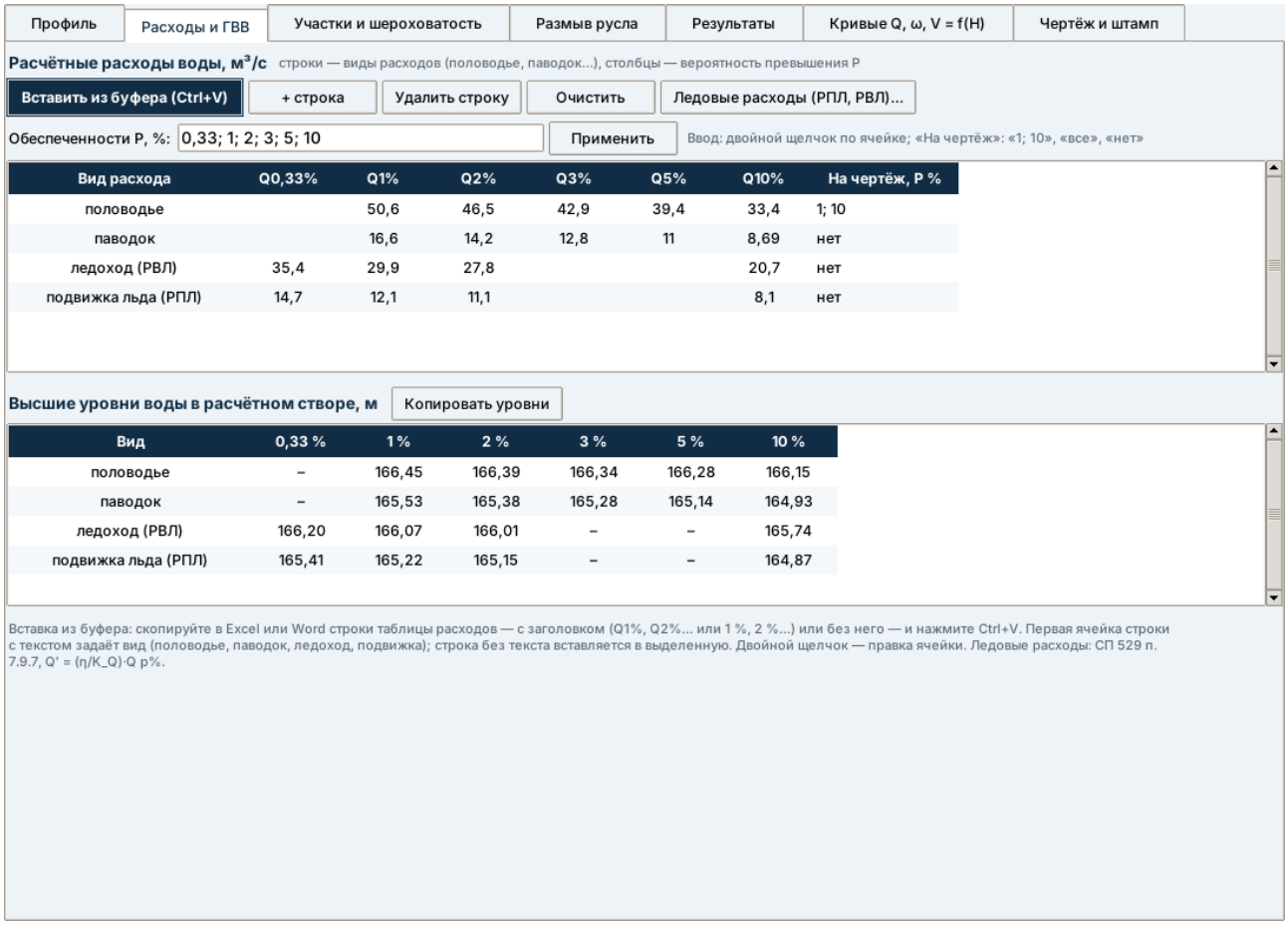



*Рис. 8. Вкладка «Расходы и ГВВ»: таблица расходов «вид × вероятность превышения» и сводная таблица высших уровней*

Расходы вводятся таблицей, как в отчёте: строки — виды расходов (весеннее половодье, дождевые паводки, ледоход, подвижка льда), столбцы — вероятности превышения P. Ячейка — расход Q, м³/с. Под таблицей программа сразу показывает высшие уровни воды в том же виде.

## Ввод из буфера обмена

1. Выделите в Excel или в таблице Word строки с расходами — вместе со строкой заголовка (Q1%, Q2%, … или 1 %, 2 %, …) или без неё;
2. Скопируйте (Ctrl+C), перейдите на вкладку «Расходы и ГВВ» и нажмите Ctrl+V или кнопку «Вставить из буфера»;
3. Проверьте результат в таблице и в журнале.

- **С заголовком** — значения раскладываются по столбцам P из заголовка — лишние столбцы (F, h0, Cv, слои стока) пропускаются, недостающие P добавляются;
- **Без заголовка** — числа ставятся по порядку в текущие столбцы P;
- **Вид расхода** — берётся из первой ячейки строки: «половодье», «весеннее…» → половодье; «паводок», «дождевые…» → паводок; «ледоход», «РВЛ» → ледоход; «подвижка», «РПЛ» → подвижка. Строка без подписи (или с названием створа) вставляется в выделенную строку таблицы, а если ничего не выделено — в первый ещё не заданный вид;

- **Числа** — с запятой или точкой; прочерки «–» пропускаются.

## Редактирование

| Элемент | Что делает |
|---|---|
| Двойной щелчок по ячейке | правка расхода; Enter — вниз, Tab — вправо |
| Столбец «Вид расхода» | выбор из списка или свой текст (вид «прочее» и др.) |
| Столбец «На чертёж, P %» | какие уровни строки нанести на профиль, например «1; 10» или «все»; по умолчанию у половодья — 1 и 10 % |
| Обеспеченности P, % | набор столбцов, например «0,5; 1; 2; 3; 5; 10», затем «Применить» |
| + строка / Удалить строку / Очистить | добавить следующий вид, удалить выделенные строки, очистить таблицу |
| Копировать уровни | сводная таблица уровней — в буфер только значения (без заголовка и названий видов) для вставки в таблицу отчёта |

| Вид расхода | Обозначение на чертеже и в таблицах |
|---|---|
| половодье | ГВВ1%, ГВВ10% … |
| паводок | ГВВ1% пав. … |
| ледоход (РВЛ) | РВЛ1% … — высокий весенний ледоход |
| подвижка льда (РПЛ) | РПЛ1% … — первая подвижка льда |
| прочее и свои виды | Н1% … |

## Ледовые расходы




*Рис. 9. Расходы при подвижке льда и ледоходе*

Кнопка «Ледовые расходы (РПЛ, РВЛ)…» считает Q = k · Q1% половодья. Коэффициенты k1 (первая подвижка льда) и k2 (высокий ледоход) задаются для P = 0,33; 1; 2; 10 %. По СП 529 (п. 7.9.7) они равны η/K_Q и определяются по рекам-аналогам — введите свои значения. Повторное нажатие заменяет ранее добавленные ледовые расходы.

> **Важно.** *Если расход больше пропускной способности профиля (вода выходит за крайние точки), уровень показывается со знаком «>» и не наносится на чертёж. Продлите профиль выше по склонам долины.*

# 9. Вкладка «Участки и шероховатость»

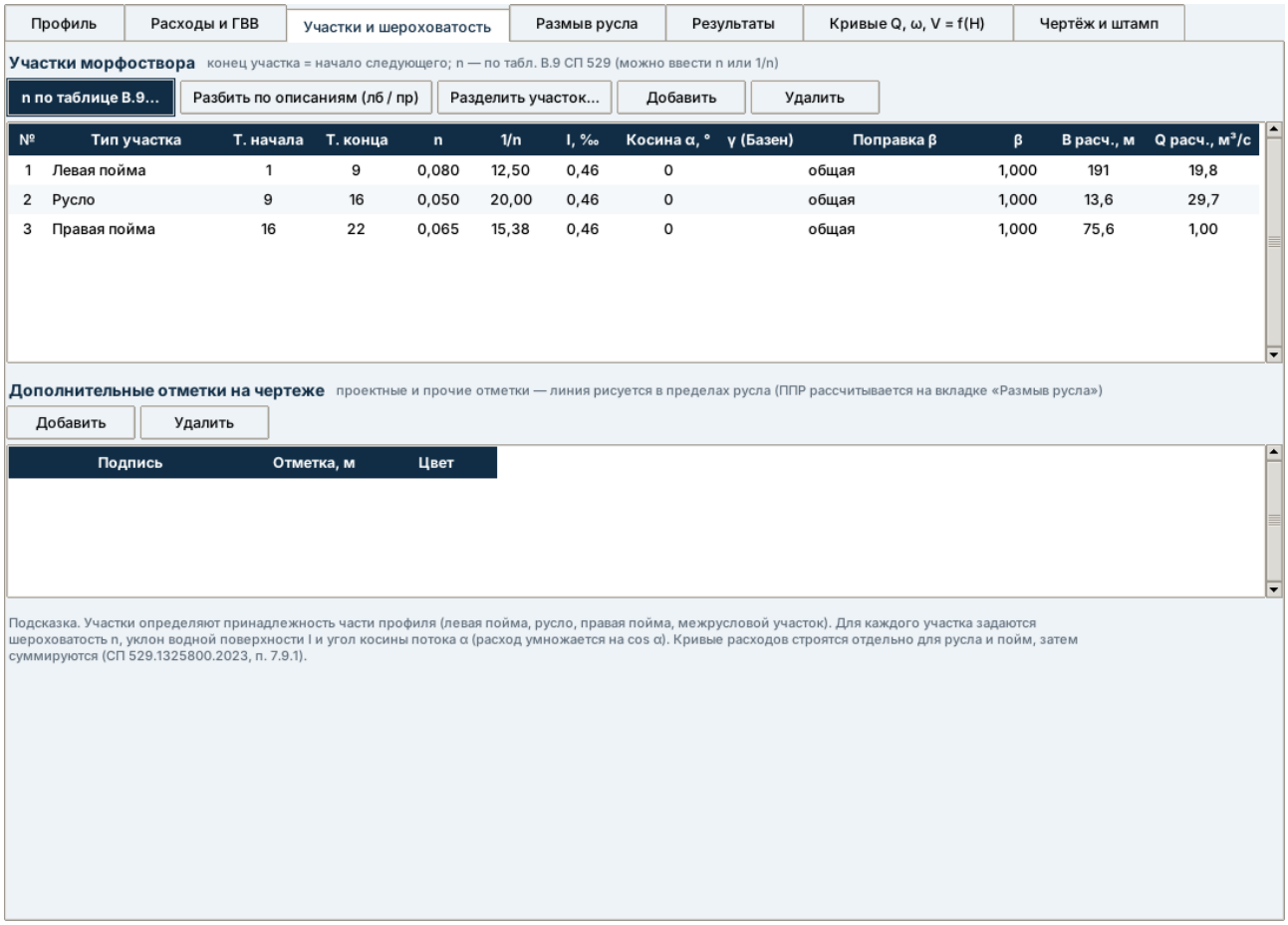



*Рис. 10. Участки морфоствора и дополнительные отметки*

Участок — часть профиля, однородная по шероховатости и принадлежности: левая пойма, русло, правая пойма, межрусловой участок, протока. Участки задаются номерами первой и последней точки; конец участка совпадает с началом следующего, а все вместе они покрывают профиль от первой до последней точки.

| Столбец | Что задаёт |
|---|---|
| Тип участка | выбор из списка; определяет группу на графиках (Л, Р, П, М) и столбец таблицы В.9 |
| Т. начала / Т. конца | границы участка — номера первой и последней точки профиля |
| n и 1/n | коэффициент шероховатости; можно ввести любой из двух — второй пересчитается. Число больше 1 в столбце n понимается как 1/n |
| I, ‰ | уклон водной поверхности для участка |
| Косина α, ° | угол между направлением течения и нормалью к створу; расход участка умножается на cos α |
| γ (Базен) | коэффициент формулы Базена; если пусто — берётся по n |
| Поправка β | способ поправки Кокорева для участка: «общая» (как в разделе «Расчёт»), «нет», «по всей амплитуде H», «при уровне Hmax», «при заданном H» |
| β | значение поправки при расчётном уровне (справочно) |
| B расч., Q расч. | ширина и расход участка при расчётном уровне (справочно) |

- **n по таблице В.9...** — открывает таблицу шероховатости для выделенного участка (рис. 11);
- **Разбить по описаниям (лб / пр)** — заново строит участки по пометкам точек;

- **Разделить участок…** — делит выделенный участок на два в указанной точке — например, чтобы выделить заросшую часть поймы с другим n;
- **Добавить / Удалить** — ручное редактирование списка участков.

**Важно.** *Строки участков, у которых n ещё не назначен (стоит значение по умолчанию после загрузки Excel), подсвечиваются жёлтым, а в строке состояния и журнале выводится предупреждение. От n напрямую зависят ГВВ: например, для р. Кунара с n по умолчанию ГВВ1% = 166,24 м, а с n по таблице В.9 (0,080 / 0,050 / 0,065) — 166,45 м.*

**Участок 2: Русло (сейчас n = 0.050). Двойной щелчок по строке — выбрать n.**

| n | ▶ Равнинные реки | Полугорные и горные реки | Поймы |
|---|---|---|---|
| 0,040 | Сравнительно чистые русла постоянных водотоков с некоторыми неправильностями в направлениях струй, неровностями дна и берегов и влечением донных наносов | Земляные русла периодических водотоков (сухих логов) в благоприятных условиях. Правильные хорошо разработанные галечные русла в нижнем течении, J = 0,8–1,0 ‰ | Ровная пойма, занятая зрелыми полевыми культурами, пастбищем с высокой травой и вырубками без побегов, небольшое количество стариц и мелких просек |
| 0,050 | Значительно засоренные русла больших и средних рек, частично заросшие или каменистые, с неспокойным течением. Чистые русла периодических водотоков | Значительно засоренные каменистые русла с бурным течением. Периодические водотоки с крупногалечным покрытием ложа, J = 7–15 ‰ | Пойма, поросшая редким кустарником и деревьям (весной без листвы), изрезанная староречьями |
| 0,065 | Скалистые русла больших и средних рек. Русла периодических водотоков, засоренные и заросшие | Галечно-валунные русла с бурным течением. Засоренные периодические водотоки, J = 15–20 ‰ | Пойма под редким кустарником и деревьями с листвой или вырубками с развивающейся поросл |
| 0,080 | Речные русла, значительно заросшие, с промоинами и неровностями дна и берегов | Валунные русла в средней и верхней частях бассейна и периодические водотоки с бурным течением и взволнованной водной поверхностью, J = 50–90 ‰ | Поймы, покрытые кустарником средней и большо густоты (весной без листвы) |
| 0,100 | Русла рек, сильно заросшие, загромождённые стволами деревьев и валунами | Русла водопадного типа преимущественно в верховьях с крупновалунным ложем и бурным течением, J = 90–200 ‰ | Поймы, занятые лесом при уровне ниже ветвей и кустарником средней и большой густоты с листвой |
| 0,140 | Реки болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода) | Русла с завалами из валунов и обломков скал и валунами, J = 90–200 ‰ | Поймы, покрытые лесом при затоплении ветвей и густым ивняком |
| 0,200 | — | Русла с завалами из валунов и обломков скал | Глухие, сплошь заросшие, труднопроходимые поймы таёжного типа |

*Рис. 11. Таблица В.9 СП 529.1325800.2023. Подходящий столбец отмечен ▶; двойной щелчок по строке назначает n участку*

## Дополнительные отметки на чертеже

Нижняя таблица вкладки — отметки, которые нужно показать на чертеже, но не рассчитывать: проектные отметки, отметки по данным других изысканий и т. п. Задаются подпись, отметка и цвет (красный или синий). Линия рисуется в пределах русла, подпись — как у ГВВ. ППР рассчитывается и наносится автоматически на вкладке «Размыв русла» (раздел 10).

# 10. Вкладка «Размыв русла»: ППР и линия возможного размыва

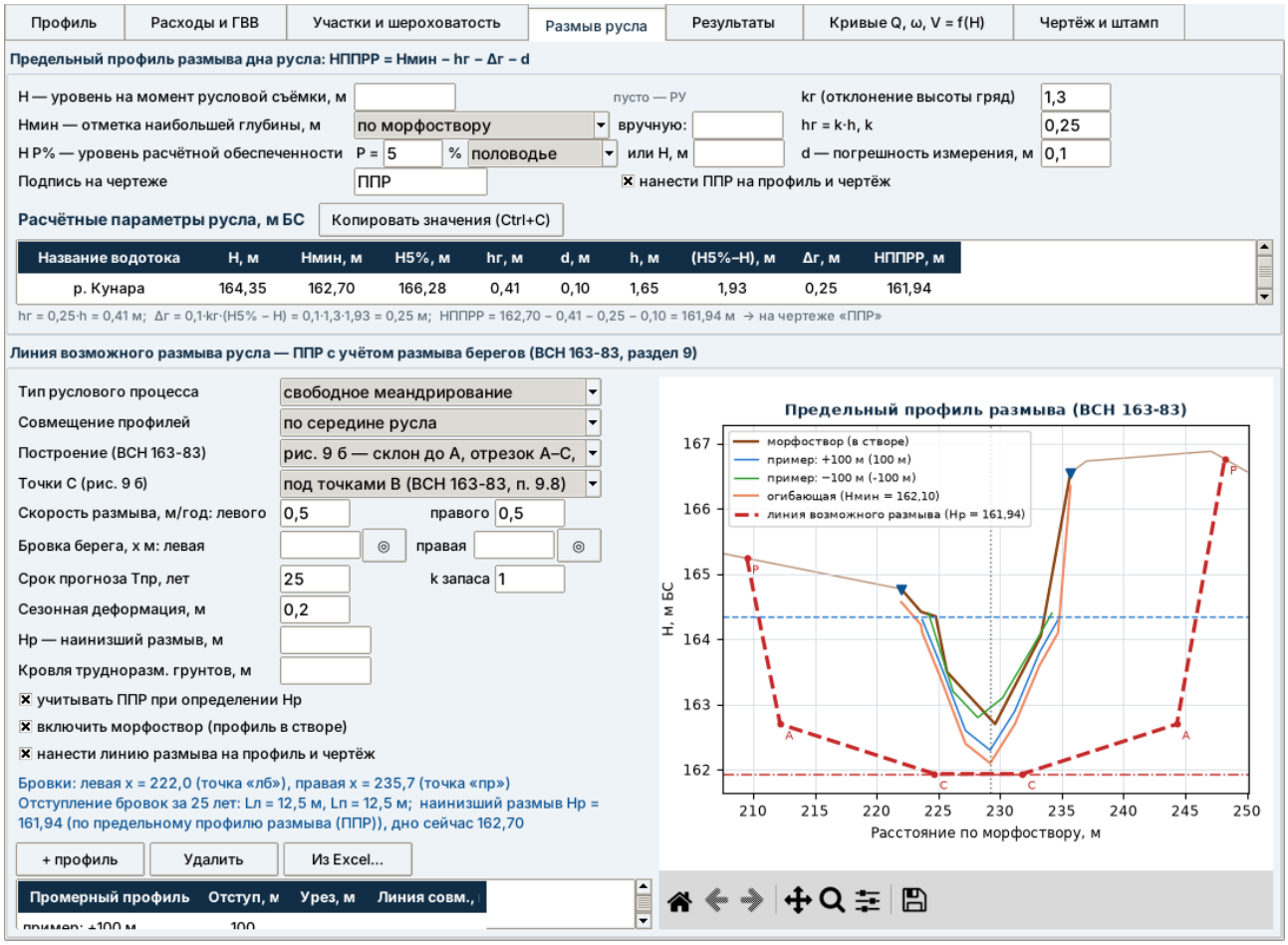



*Рис. 12. Вкладка «Размыв русла»: ППР и линия возможного размыва (ВСН 163-83, рис. 9 б)*

## Предельный профиль размыва (ППР)

Отметка предельного профиля размыва дна русла в расчётном створе:

$$НППРР = Нмин - hг - Δг - d; \quad hг = 0{,}25h; \quad Δг = 0{,}1kг(Н5\% - Н)$$

| Поле | Что задаёт |
|---|---|
| Н — уровень на момент русловой съёмки | по умолчанию РУ; можно задать вручную |
| Нмин — отметка наибольшей глубины | по морфоствору (наименьшая отметка профиля), по совмещённым промерным профилям (наибольшая глубина по тальвегу в пределах излучины) или вручную |
| Н P% | уровень расчётной обеспеченности (по умолчанию 5 % половодья) — берётся из расчёта ГВВ, можно ввести вручную |
| kг | коэффициент отклонения высоты гряд от расчётной, 1,3 |
| hг = k·h, k | коэффициент высоты гряд, 0,25; h = Н − Нмин |
| d | погрешность измерения, 0,10 м |
| Подпись на чертеже | текст у линии ППР; флажок — наносить ли ППР на профиль и лист |

Результат сводится в таблицу «Расчётные параметры русла» в том же составе, что таблица отчёта (Н, Нмин, Н5%, hг, d, h, (Н5%−Н), Δг, НППРР); кнопка «Копировать значения» переносит строку в буфер.

ППР наносится на профиль и лист Г.3 (как горизонталь линии возможного размыва с подписью «ППР=…», а если линия размыва выключена — отдельной красной линией в пределах русла) и попадает в отчёт Word и лист «ППР и размыв» книги Excel.

## Линия возможного размыва (ВСН 163-83, раздел 9)

Предельный профиль размыва строится по рис. 9 ВСН 163-83 и состоит не более чем из пяти отрезков: горизонтальный участок на наинизшей отметке размыва Нр (обычно — ППР), левый и правый береговые склоны, смещённые на величину размыва берегов, и два соединяющих отрезка А–С. Глубинные деформации учитываются через Нр (ППР, огибающая совмещённых промерных профилей или отметка вручную), плановые — через отступление бровок Lб = k·С·Тпр, где скорость размыва берега С, м/год, берётся из отдельного расчёта и вводится вручную.

- **Построение** — «рис. 9 б» — смещённый склон доводится до горизонтали наинизшей отметки существующего дна (точка А), от А прямая к точке С на горизонтали Нр, между точками С — горизонталь Нр (пять отрезков); «рис. 9 а» — смещённые склоны продолжаются до горизонтали Нр или до взаимного пересечения (три–четыре отрезка);
- **Точки С** — «под точками В» (по умолчанию) — строго по п. 9.8: под пересечением линии существующего склона с горизонталью наинизшей отметки дна; «у урезов при РУ» — горизонталь Нр на ширину русла по урезам;
- **Скорость размыва берега, м/год** — левого и правого, по отдельному расчёту (например 0,1 или 0,5 м/год); пусто или 0 — берег не смещается;
- **Бровка берега** — от бровки откладывается размыв Lб; по умолчанию — точки профиля с описанием «лб» и «пр», без них — перелом склона у уреза; можно ввести х вручную или нажать ◎ и щёлкнуть точку на графике;
- **Срок прогноза Тпр, k запаса** — Lб = k·С·Тпр; результат (Lл, Lп, Нр) показывается под полями;
- **Нр — наинизший размыв** — пусто — автоматически: наименьшая из отметок ППР (флажок «учитывать ППР»), огибающей совмещённых профилей и дна; можно задать вручную;
- **Кровля трудноразмываемых грунтов** — если задана, Нр не опускается ниже неё (п. 9.14);
- **Тип руслового процесса, совмещение, сезонная составляющая, промерные профили** — огибающая по наинизшим отметкам совмещённых профилей (рис. 8): «+ профиль», точки вставляются Ctrl+V из Excel, «Из Excel…» загружает книгу (лист — профиль).

Построение: от бровки берега в сторону берега откладывается Lб (точка Р на поверхности земли); из Р проводится линия, параллельная характерной линии склона, до наинизшей отметки существующего дна (точка А); А соединяется с точкой С на горизонтали Нр. Характерная линия берегового склона — наиболее крутой отрезок профиля у уреза при РУ, обращённый к руслу. Справа показаны профиль в створе, совмещённые профили, огибающая, РУ, ППР, точки А и С и стрелки Lл, Lп. На профиле и листе Г.3 линия рисуется сплошной красной; если её горизонталь — ППР, отдельная линия ППР не выводится, а подпись «ППР=…» ставится над горизонтальным участком. В отчёт Word добавляется описание построения и рисунок, в Excel — исходные данные и координаты точек линии.

# 11. Расчёт

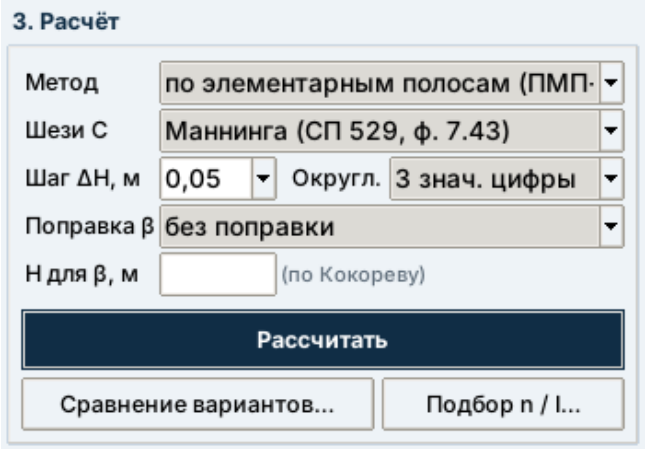



*Рис. 13. Раздел «3. Расчёт»*

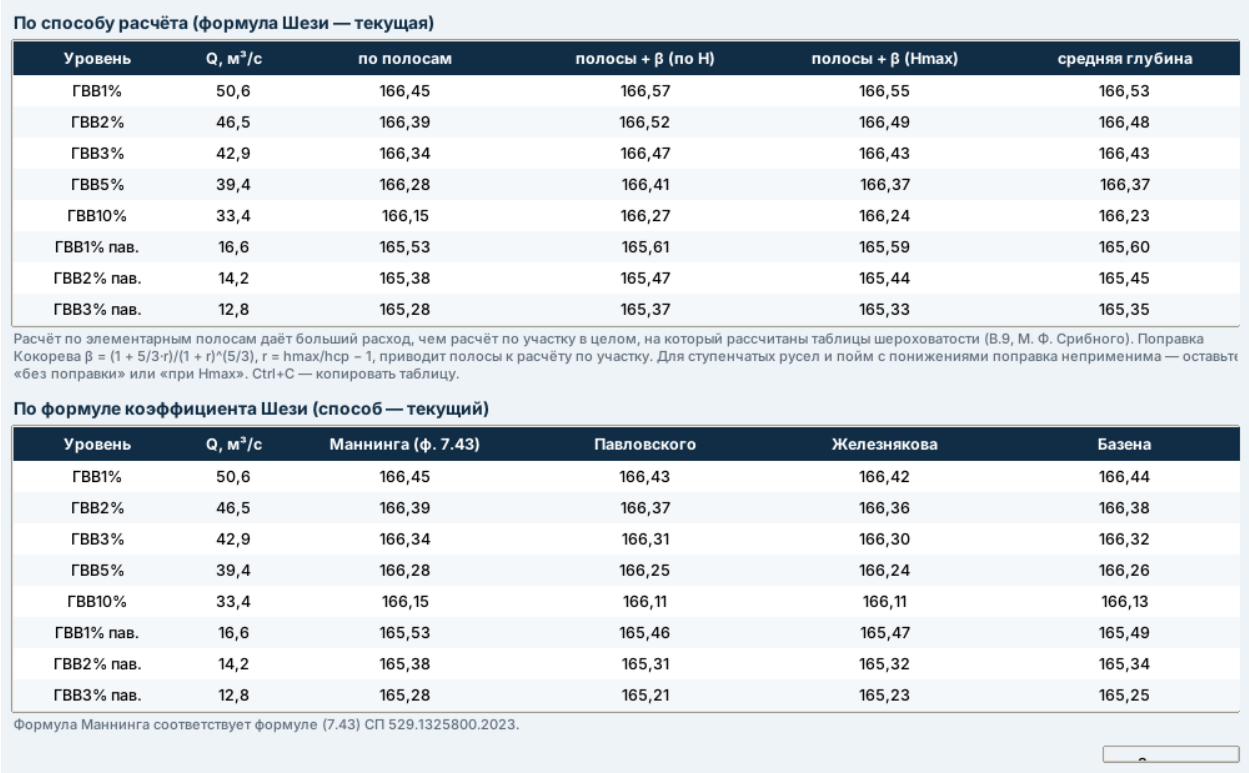
- **Метод** — «по элементарным полосам (ПМП-91)» — расход каждого участка суммируется по полосам между соседними точками профиля; так считают Кредо «Морфоствор» и nanoCAD «Гидрология». «По средней глубине участка» — формула (7.43) для участка целиком, h = ω/B;
- **Шези C** — формула коэффициента Шези: Маннинга (это и есть формула 7.43 СП 529, по умолчанию), Павловского, Железнякова, Базена;
- **Шаг ΔH** — шаг по уровню для таблицы и графиков Q = f(H); сами ГВВ находятся точно, независимо от шага;
- **Округл.** — «3 знач. цифры» — расходы, площади, скорости, ширины и глубины округляются до трёх значащих цифр; «0,01» — до сотых. Отметки уровней всегда даются до 0,01 м;
- **Поправка β** — общий для всех участков способ поправки Кокорева к расчёту по полосам: без поправки (по умолчанию), по всей амплитуде H, при уровне Hmax, при заданном H (поле «H для β»). Для отдельного участка способ можно изменить в таблице участков;
- **Рассчитать** — выполняет расчёт и выводит ГВВ, ошибки и замечания по форме кривых в журнал;
- **Сравнение вариантов...** — ГВВ по способам расчёта и по формулам Шези в одном окне (рис. 14);
- **Подбор n / I...** — предварительный расчёт по измеренному расходу (рис. 15).

## Поправка β и выбор способа расчёта

Расход, сложенный из элементарных полос, всегда больше, чем рассчитанный по формуле Шези для участка в целом, а таблицы шероховатости (В.9, М. Ф. Срибного) составлены именно для участка в целом. Поэтому при расчёте по полосам с n из таблиц пропускная способность может быть завышена, а ГВВ — занижены. А. В. Кокорев (ВФ ГГИ, программа Profiles2012) предложил приводить сумму по полосам к расчёту по участку поправкой β = (1 + 5/3·r)/(1 + r)^(5/3), где r = hmax/hcp − 1 — показатель формы русла (для треугольного русла β = 0,84, для прямоугольного — 1).

- **по всей амплитуде H** — β считается при каждом уровне; для простых по форме участков кривая практически совпадает с расчётом по средней глубине;
- **при уровне Hmax** — β считается один раз — при высшей отметке профиля — и применяется ко всем уровням; рекомендуется для ступенчатых русел;

- **при заданном H** — β по форме участка при отметке из поля «H для β»;
- **без поправки** — для участков с ярко выраженной ступенчатостью или понижениями (староречья на пойме) — поправка к ним неприменима.



По способу расчёта (формула Шези — текущая)

| Уровень | Q, м³/с | по полосам | полосы + β (по H) | полосы + β (Hmax) | средняя глубина |
|---|---|---|---|---|---|
| ГВВ1% | 50,6 | 166,45 | 166,57 | 166,55 | 166,53 |
| ГВВ2% | 46,5 | 166,39 | 166,52 | 166,49 | 166,48 |
| ГВВ3% | 42,9 | 166,34 | 166,47 | 166,43 | 166,43 |
| ГВВ5% | 39,4 | 166,28 | 166,41 | 166,37 | 166,37 |
| ГВВ10% | 33,4 | 166,15 | 166,27 | 166,24 | 166,23 |
| ГВВ1% пав. | 16,6 | 165,53 | 165,61 | 165,59 | 165,60 |
| ГВВ2% пав. | 14,2 | 165,38 | 165,47 | 165,44 | 165,45 |
| ГВВ3% пав. | 12,8 | 165,28 | 165,37 | 165,33 | 165,35 |

Расчёт по элементарным полосам даёт больший расход, чем расчёт по участку в целом, на который рассчитаны таблицы шероховатости (В.9, М. Ф. Срибного). Поправка Кокорева β = (1 + 5/3·r)/(1 + r)^(5/3), r = hmax/hcp − 1, приводит полосы к расчёту по участку. Для ступенчатых русел и пойм с понижениями поправка неприменима — оставьте «без поправки» или «при Hmax». Ctrl+C — копировать таблицу.

По формуле коэффициента Шези (способ — текущий)

| Уровень | Q, м³/с | Маннинга (ф. 7.43) | Павловского | Железнякова | Базена |
|---|---|---|---|---|---|
| ГВВ1% | 50,6 | 166,45 | 166,43 | 166,42 | 166,44 |
| ГВВ2% | 46,5 | 166,39 | 166,37 | 166,36 | 166,38 |
| ГВВ3% | 42,9 | 166,34 | 166,31 | 166,30 | 166,32 |
| ГВВ5% | 39,4 | 166,28 | 166,25 | 166,24 | 166,26 |
| ГВВ10% | 33,4 | 166,15 | 166,11 | 166,11 | 166,13 |
| ГВВ1% пав. | 16,6 | 165,53 | 165,46 | 165,47 | 165,49 |
| ГВВ2% пав. | 14,2 | 165,38 | 165,31 | 165,32 | 165,34 |
| ГВВ3% пав. | 12,8 | 165,28 | 165,21 | 165,23 | 165,25 |

Формула Маннинга соответствует формуле (7.43) СП 529.1325800.2023.

*Рис. 14. Сравнение ГВВ по способам расчёта и по формулам коэффициента Шези*

Окно «Сравнение вариантов» показывает, насколько способ расчёта влияет на уровни, — это обоснование выбора для отчёта. Те же таблицы выводятся на лист «ГВВ» книги Excel.

## Подбор n или уклона по измеренному расходу

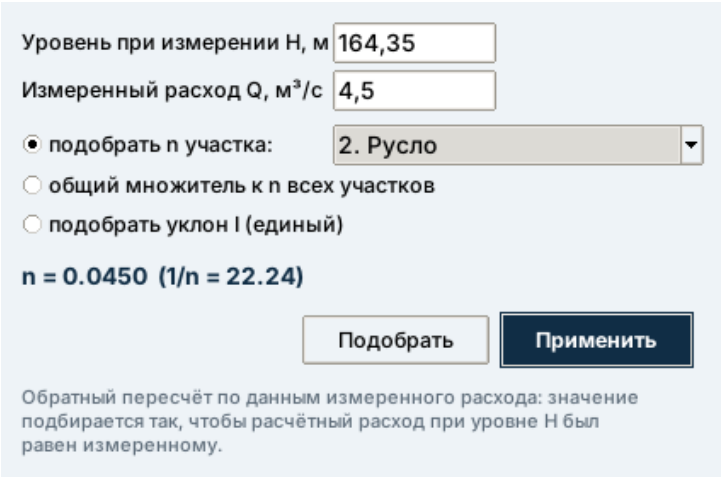



*Рис. 15. Предварительный расчёт: подбор n русла по расходу, измеренному при РУ*

Введите уровень, при котором измерен расход (по умолчанию — РУ), и измеренный расход. Выберите, что подбирать: n одного участка (обычно русла), общий множитель к n всех участков или единый уклон I. «Подобрать» показывает значение, «Применить» записывает его в проект.

# 12. Вкладка «Результаты»

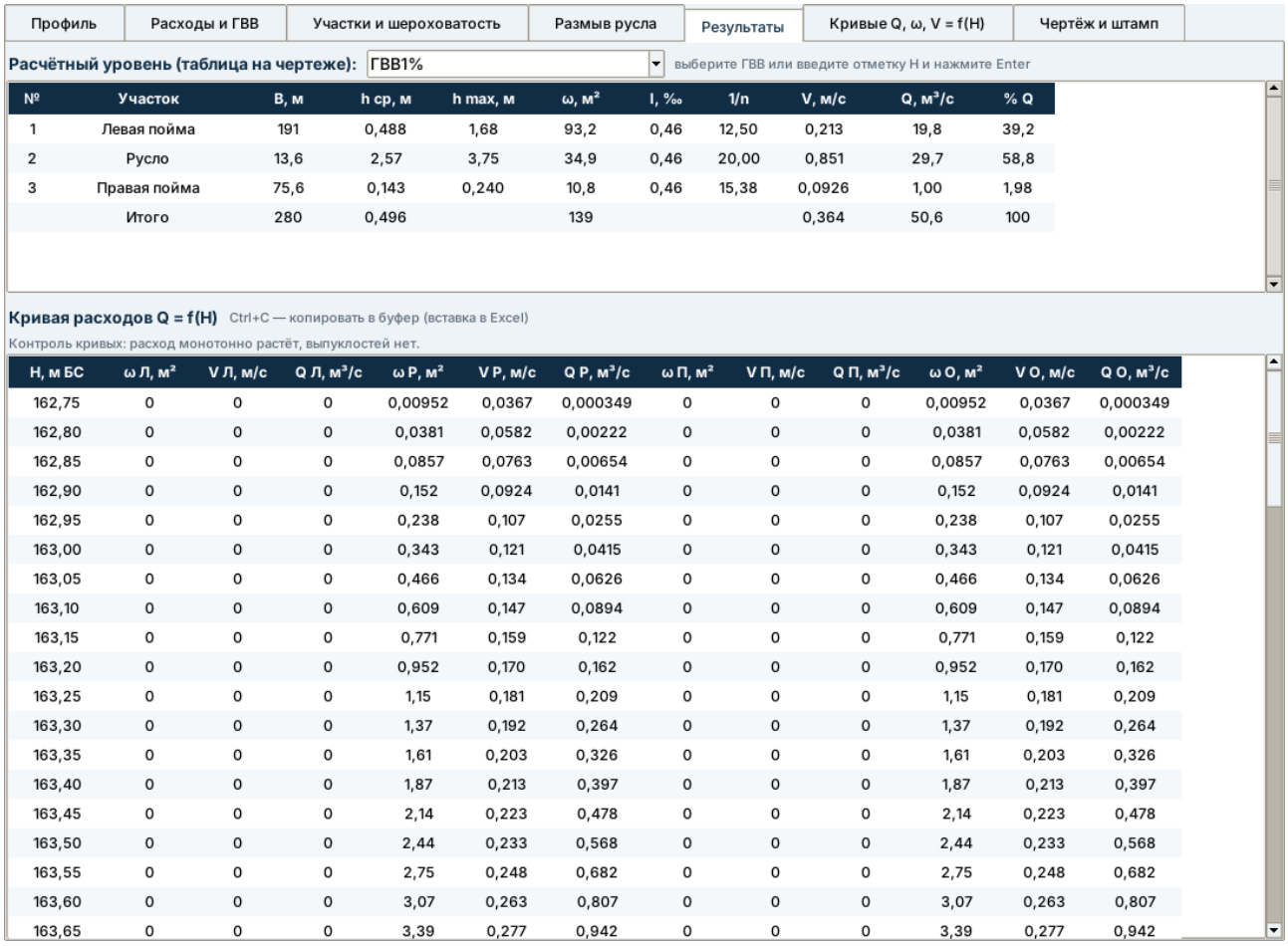



*Рис. 16. Характеристики участков при расчётном уровне и кривая расходов*

## Расчётный уровень

Расчётный уровень — тот, при котором заполняется таблица участков на чертеже (ширина, глубина, площадь, скорость, расход и доля расхода каждого участка). По умолчанию это ГВВ наименьшей вероятности превышения половодья (обычно ГВВ1%). В списке можно выбрать любой рассчитанный уровень или РУ, а можно ввести отметку числом и нажать Enter.

## Контроль формы кривых

Над таблицей кривой — результат автоматической проверки кривых Q(H) каждой группы участков и суммарной:

- **убывание расхода** — с ростом уровня расход уменьшается — недопустимая ошибка; обычна для ступенчатых русел при расчёте по средней глубине. Перейдите на расчёт по полосам (при необходимости с поправкой β «при Hmax») или измените границы участков;
- **выпуклость $d^2Q/dH^2 < 0$** — кривая «загибается» — правилам гидрометрии не соответствует, но встречается и в натуре; оцените участок по графику.

## Кривая расходов Q = f(H)

Нижняя таблица — площадь ω, скорость V и расход Q по каждой группе участков (Л — левая пойма, Р — русло, П — правая пойма, М — межрусловой участок) и общие (О) для уровней от дна с выбранным шагом до низшей из крайних точек профиля. Ctrl+C копирует таблицу для вставки в Excel.

# 13. Вкладка «Кривые Q, ω, V = f(H)»

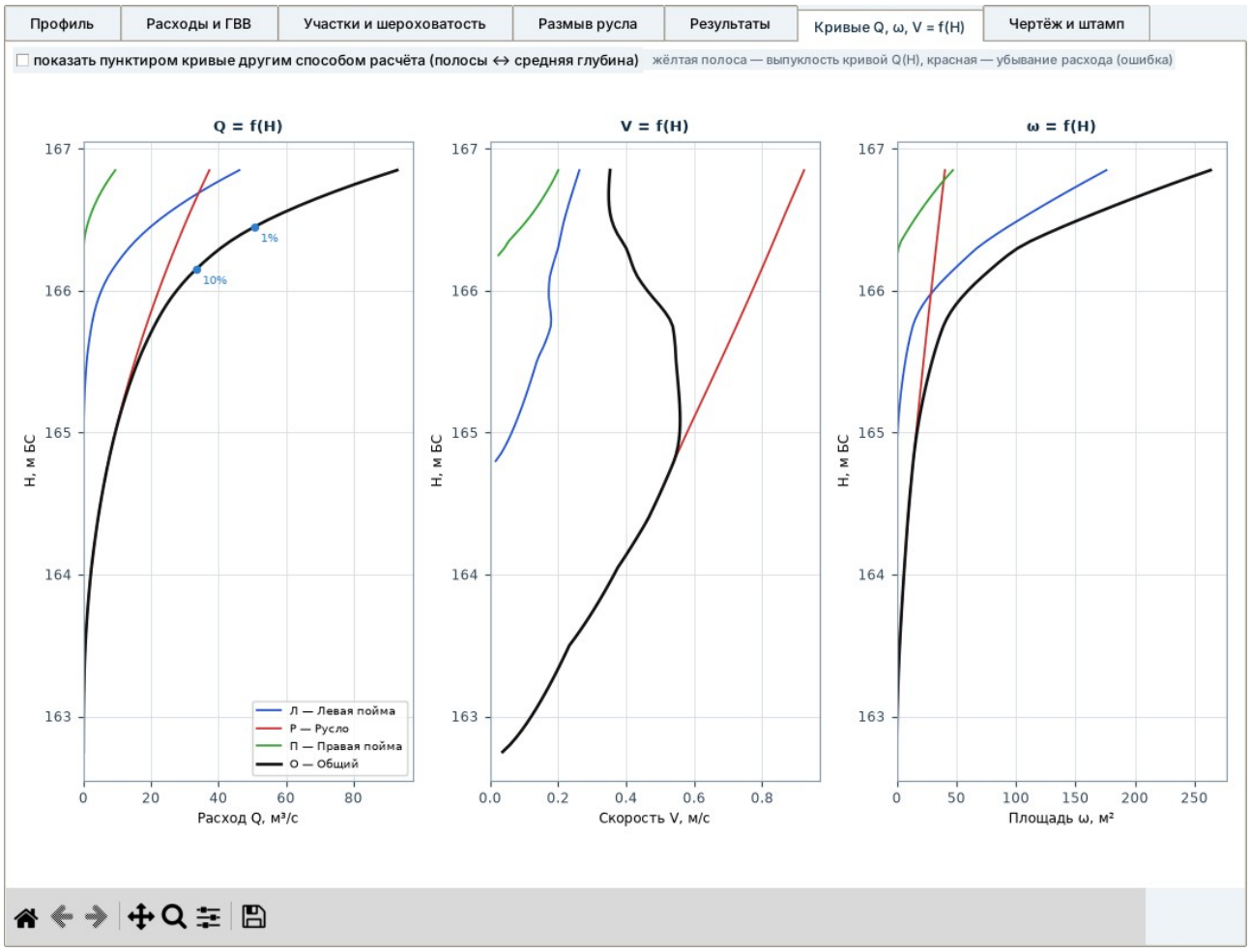



*Рис. 17. Кривые зависимостей расхода, скорости и площади от уровня*

Три графика: Q = f(H), V = f(H), ω = f(H) — по группам участков и общий. На графике расходов точками отмечены уровни, отмеченные «На чертёж». Те же графики выводятся на чертёж, в отчёт Word и в книгу Excel.

- **Флажок «показать пунктиром…»** — добавляет на графики Q и V кривые, рассчитанные другим способом (полосы ↔ средняя глубина), — расхождение видно сразу;
- **Цветные полосы** — на графике Q жёлтым отмечены интервалы выпуклости кривой, красным — убывания расхода.

# 14. Вкладка «Чертёж и штамп»

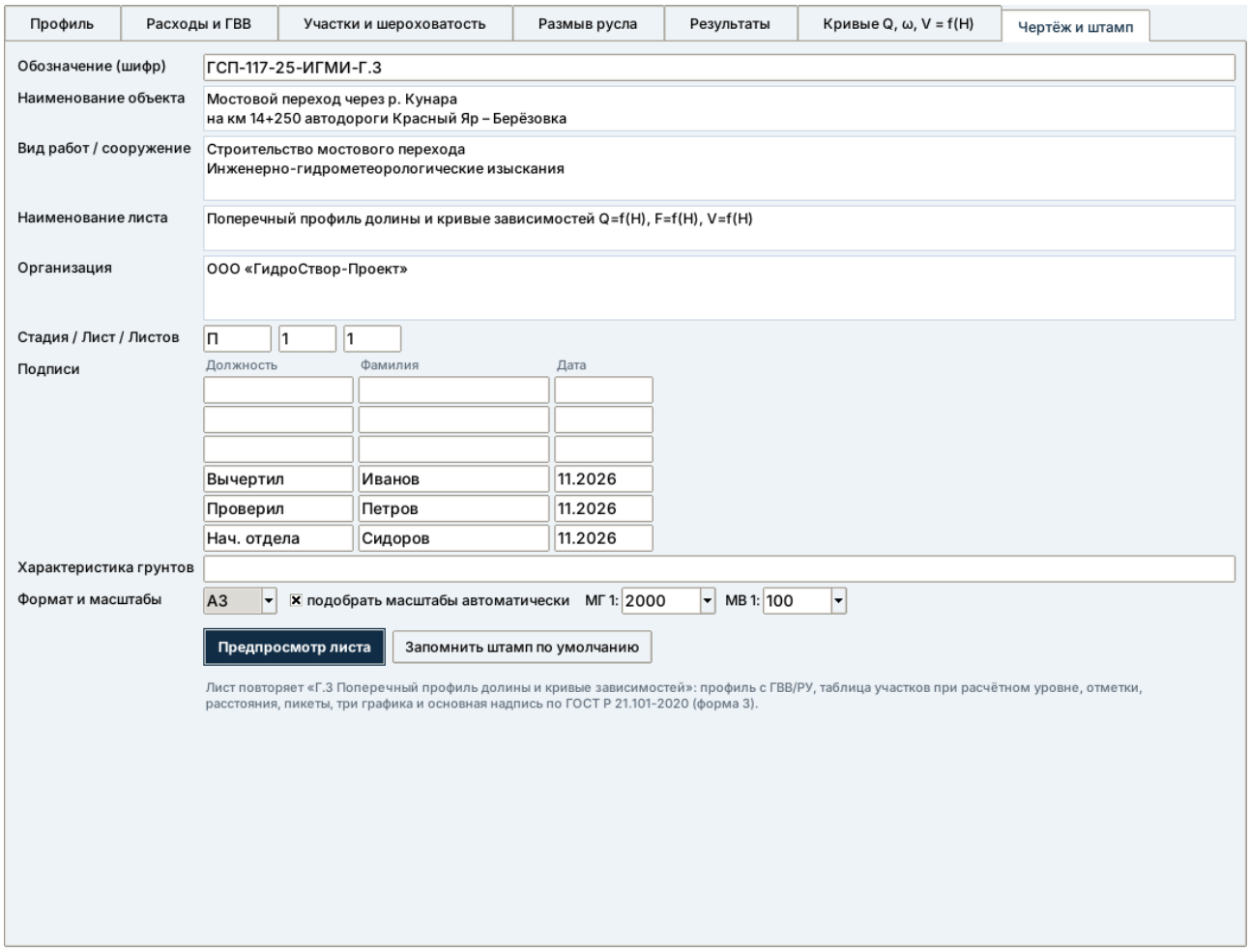



*Рис. 18. Поля основной надписи и параметры листа*

| Поле | Куда попадает |
|---|---|
| Обозначение (шифр) | верхняя графа штампа, например …-ИГМИ-Г.3 |
| Наименование объекта | вторая графа (до двух строк) |
| Вид работ / сооружение | графа над наименованием листа (до трёх строк) |
| Наименование листа | «Поперечный профиль долины и кривые зависимостей …» |
| Организация | графа организации (до трёх строк) |
| Стадия / Лист / Листов | одноимённые графы |
| Подписи | шесть строк: должность, фамилия, дата |
| Характеристика грунтов | строка «Характ. грунтов» таблицы под профилем |
| Формат и масштабы | А3, А2 или А1; масштабы МГ и МВ — автоматически или вручную |

- **Подобрать масштабы автоматически** — горизонтальный масштаб выбирается из ряда 1:100 … 1:50 000 так, чтобы профиль поместился на лист рядом с графиками, вертикальный — из ряда 1:10 … 1:2000 по перепаду отметок;
- **Запомнить штамп по умолчанию** — организация, подписи, стадия и шифр подставляются в каждый новый проект (пока штамп не запомнен, в новом проекте стоит демонстрационный: Иванов, Петров, Сидоров, ООО «ГидроСтвор-Проект»);
- **Предпросмотр листа** — показывает лист так, как он будет выгружен (рис. 19).

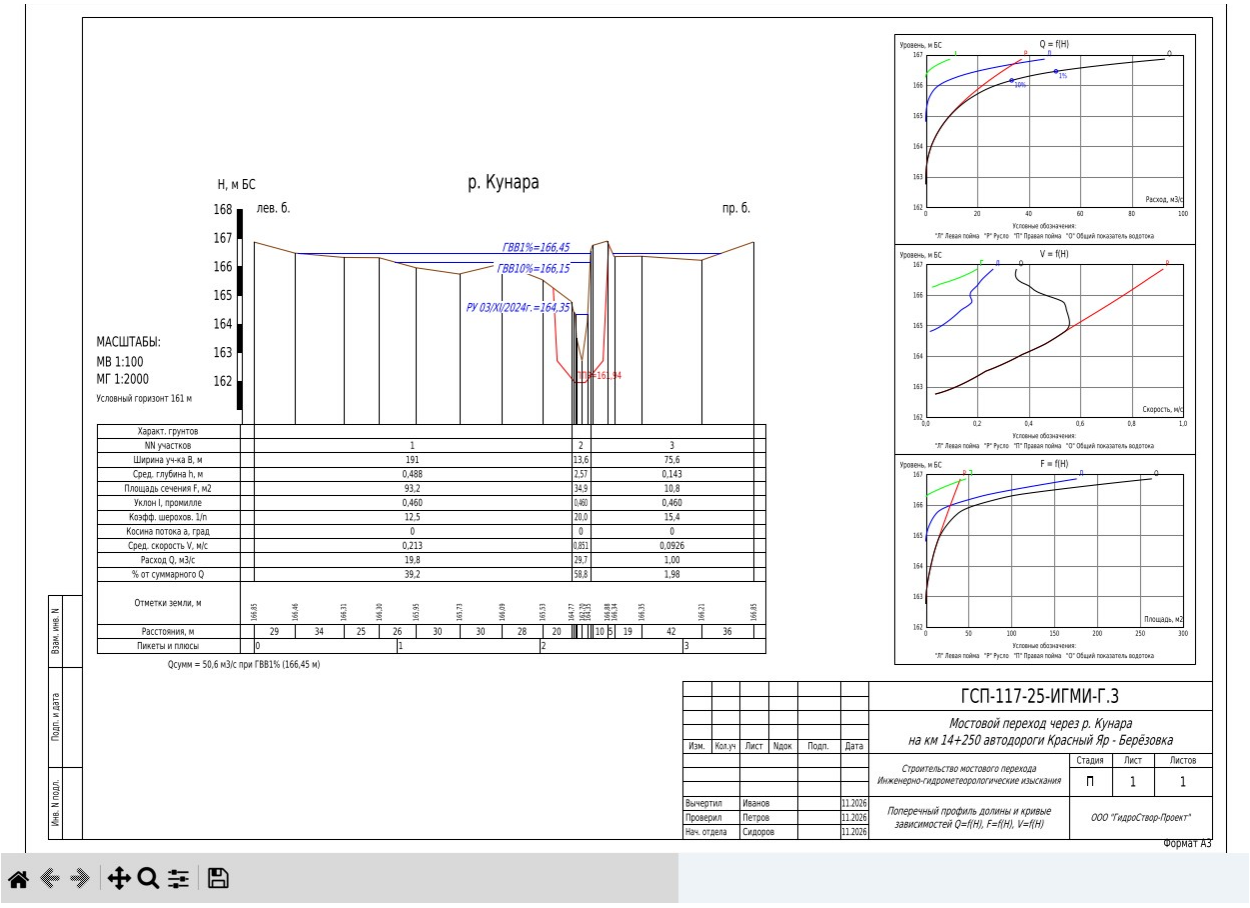



*Рис. 19. Предпросмотр листа (шрифты в просмотре условные)*

## Состав листа

- профиль морфоствора: линия земли, ординаты точек, жирные границы участков, уровни ГВВ/РВЛ/РПЛ, отмеченные «На чертёж», РУ с датой, ППР, линия возможного размыва, дополнительные отметки; подписи уровней не накладываются друг на друга;
- шкала высот, масштабы, условный горизонт, название реки, «лев. б.» и «пр. б.»;
- таблица: характеристика грунтов, номера участков, ширина, средняя глубина, площадь, уклон, 1/n, косина, средняя скорость, расход и % от суммарного расхода при расчётном уровне; отметки земли, расстояния, пикеты;
- три графика Q = f(H), V = f(H), ω = f(H) с условными обозначениями;
- рамка, дополнительные графы слева и основная надпись по ГОСТ Р 21.101-2020 (форма 3).

Слои чертежа: РАМКА, ШТАМП, ЗЕМЛЯ (линия земли — коричневая), ОРДИНАТЫ, УЧАСТКИ, УРОВНИ, УРОВНИ_ДОП, ТАБЛИЦА, ТЕКСТ, ГРАФИКИ, СЕТКА, КРИВЫЕ, ВОДА, УКЛОН. Текстовый стиль MORF — шрифт simplex.shx, наклон 15°, степень сжатия 0,8. Чертёж строится в пространстве модели 1:1 в миллиметрах листа.

> **Примечание.** *Шрифты SHX AutoCAD не содержат знаков ‰, ², ³, ω, α, °, Σ, «». Поэтому на чертеже они заменяются: «промилле», «м2», «м3», «F» (площадь сечения), «а», «град», «Qсумм», прямые кавычки.*

# 15. Выгрузка: чертёж, отчёт Word, Excel

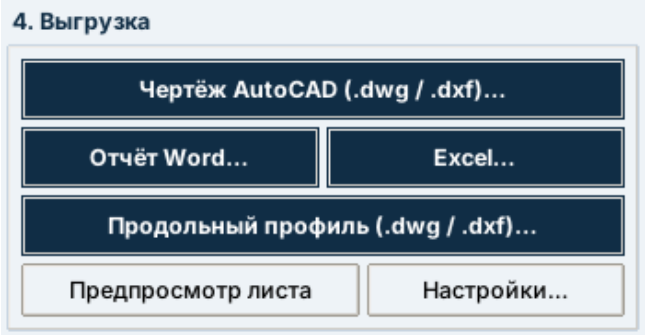



*Рис. 20. Раздел «4. Выгрузка»*

## Чертёж AutoCAD (.dwg / .dxf)

В окне сохранения выберите тип файла: DWG или DXF. Для DWG нужен ODA File Converter (раздел 2); без него сохранится DXF с тем же именем, а журнал сообщит об этом. После сохранения файл открывается в программе, связанной с ним в Windows.

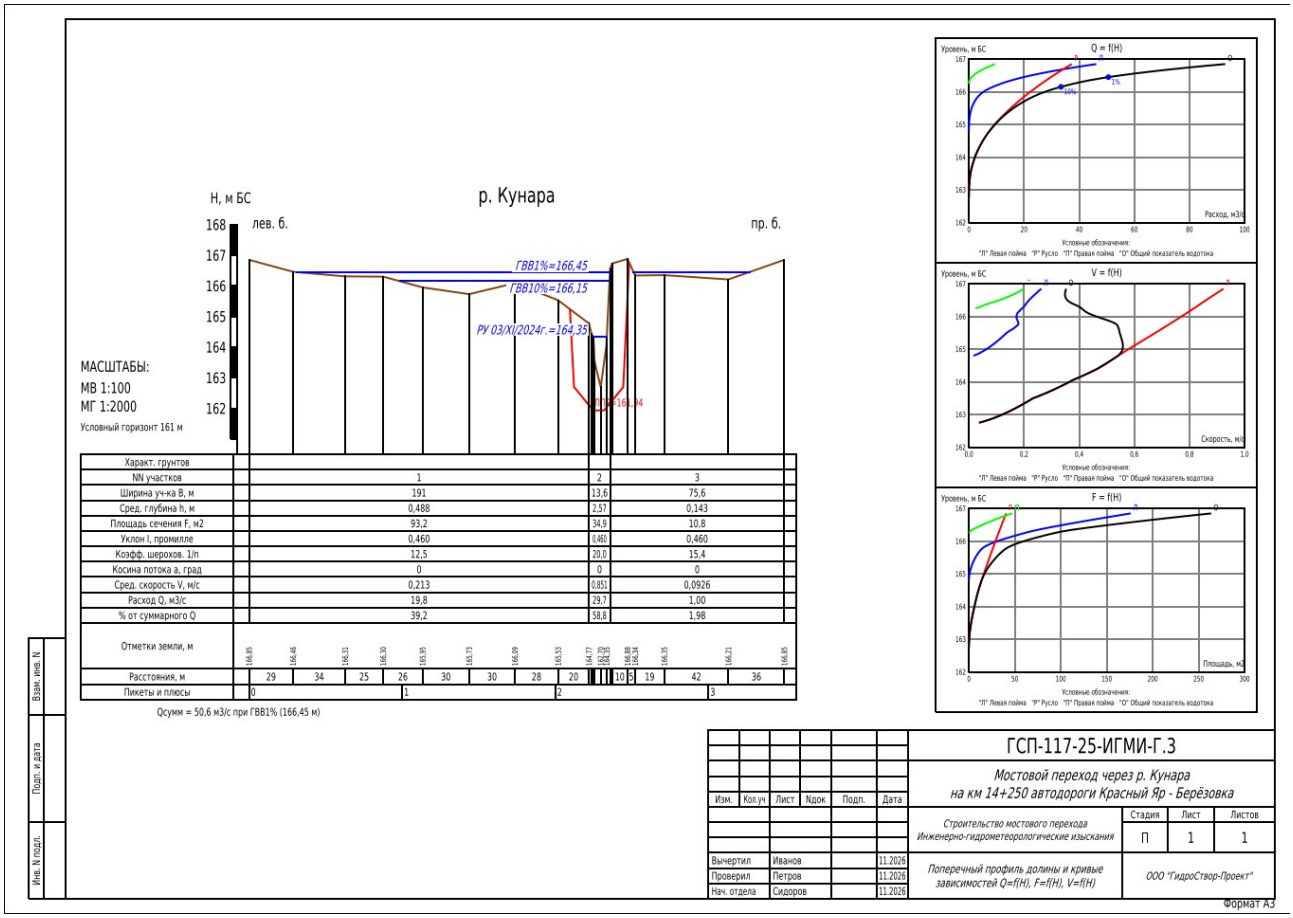



*Рис. 21. Лист «Поперечный профиль долины и кривые зависимостей» (р. Кунара)*

## Продольный профиль (.dwg / .dxf)

Кнопка «Продольный профиль (.dwg / .dxf)...» (или «Чертёж профиля...» в окне уклона) выпускает второй лист — «Продольный профиль реки на участке изысканий» — по точкам нивелировки водной поверхности из окна «Уклон по продольному профилю».

- линия водной поверхности с подписью «РУ» и датой, ординаты точек;
- штриховая вертикаль створа морфоствора;
- расчётный уклон — штриховая линия через створ на участке L1–L2 с подписью «I = … промилле (метод)»;
- таблица: отметки водной поверхности, уклон (промилле) и длина каждого интервала с диагональю по направлению падения, пикеты;
- шкала высот, масштабы (подбираются автоматически), условный горизонт, название реки;
- рамка и основная надпись: шифр …Г.3 заменяется на …Г.4, наименование листа — «Продольный профиль реки на участке изысканий».

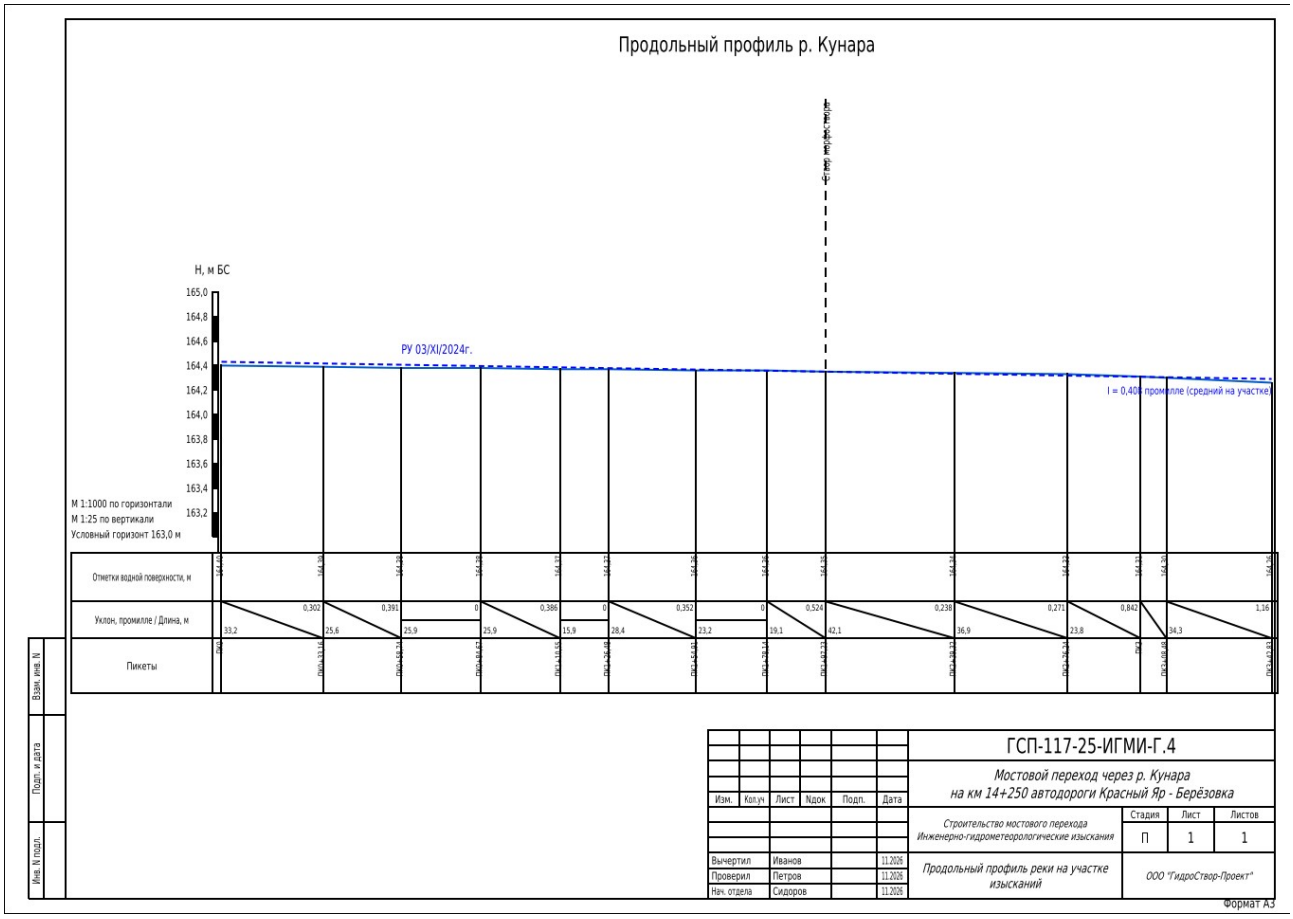



*Рис. 22. Лист «Продольный профиль реки на участке изысканий» (р. Кунара)*

Предпросмотр листа продольного профиля — меню «Выгрузка → Предпросмотр продольного профиля».

## Отчёт Word (.docx)

- исходные данные: таблица точек профиля, участки, расчётные расходы;
- методика: формула (7.43) СП 529, метод расчёта, формула коэффициента Шези, шаг;
- высшие уровни воды — сводная таблица по видам расходов и вероятностям и подробная таблица «расход — уровень»;
- морфометрические характеристики участков при каждом уровне «На чертёж» и при РУ;
- кривая расходов Q = f(H) с шагом не мельче 0,1 м;
- рисунки: профиль с уровнями и кривые зависимостей.

Отчёт оформлен шрифтом Times New Roman 12 пт с нумерованными таблицами и рисунками — его разделы можно переносить в технический отчёт ИГМИ.

## Таблицы Excel (.xlsx)

| Лист | Содержимое |
|---|---|
| Профиль, Участки, Расходы, Параметры | исходные данные в формате загрузки — книгу можно поправить и загрузить обратно |
| Q=f(H) | ω, B, V, Q по группам участков и общие для каждого уровня |
| Графики | три диаграммы Excel: Q, V, ω = f(H) |
| ГВВ | уровни по всем расходам и сравнение по формулам Шези |
| Участки при ГВВ | характеристики участков при каждом уровне и РУ |

# 16. Сообщения программы и типичные ситуации

| Сообщение / ситуация | Что делать |
|---|---|
| «Точки N–N+1: расстояние убывает» | проверьте ПК и плюсы; при необходимости нажмите «Сортировать по расстоянию» |
| «Участки должны покрывать весь профиль» | первая точка первого участка — 1, последняя точка последнего — номер последней точки профиля |
| «Участок k: начало не совпадает с концом предыдущего» | исправьте номера точек или нажмите «Разбить по описаниям» |
| ГВВ со знаком «>», «расход больше пропускной способности профиля» | профиль не доходит до нужной отметки — продлите его вверх по склонам долины |
| «Проверьте n участков… подставлены значения по умолчанию» | назначьте n по таблице В.9 для каждого участка |
| «Конвертер в DWG не найден — сохранён DXF» | установите ODA File Converter или откройте DXF в AutoCAD и сохраните как DWG |
| Подписи на чертеже мелкие или профиль узкий | выберите формат А2 или задайте масштабы вручную |
| «расход убывает с ростом уровня» | ступенчатое русло: расчёт по полосам, поправка β «при Hmax» или «нет», другие границы участков |
| «Уклон не определён» в окне продольного профиля | нужно не меньше двух точек и L2 > L1; для экспертного метода введите значение |
| Вставка расходов попала не в ту строку | подпишите строки в Excel («половодье», «паводок») или выделите строку перед Ctrl+V |
| Уровни ГВВ получились выше отчётных на всю величину | проверьте единицы уклона: вводится в промилле (‰), например 0,46 |

# Приложение А. Расчётные формулы

## А.1 Расход воды (СП 529.1325800.2023, ф. 7.43)

$$Q = \omega/n \cdot h\text{^}(2/3) \cdot I\text{^}(1/2)$$

где ω — площадь поперечного сечения русла или поймы при уровне H, м²; n — коэффициент шероховатости (таблица В.9); h — средняя глубина, м; I — уклон водной поверхности (вводится в ‰, в формулу подставляется в долях единицы).

## А.2 Расчёт по элементарным полосам (ПМП-91)

Между соседними точками профиля i и i+1 строится полоса. При уровне H для неё определяются затопленная ширина $b_i$ (с интерполяцией положения уреза), площадь $\omega_i$ (трапеция) и средняя глубина $h_i = \omega_i / b_i$. Расход участка:

$$Q = cos\ \alpha \cdot \Sigma\ \omega_i \cdot C_i \cdot (h_i \cdot I)\text{^}(1/2)$$

Средняя скорость участка V = Q / ω, средняя глубина h = ω / B. При методе «по средней глубине участка» формула применяется к участку целиком с h = ω / B. Затопленные понижения внутри участка учитываются.

## А.3 Коэффициент Шези C

| Формула | C |
|---|---|
| Маннинга (= ф. 7.43) | C = R^(1/6) / n |
| Павловского | C = R^y / n,  y = 2,5√n − 0,13 − 0,75√R (√n − 0,10) |
| Железнякова | C = ½·A + √(¼·A² + √g/0,13 · (1/n + √g · lg R)),  A = 1/n − √g/0,13 · (1 − lg R) |
| Базена | C = 87 / (1 + γ/√R); γ — по n (табл. ниже) или задаётся |

Здесь R — гидравлическая глубина полосы (участка), м; скорость V = C·√(R·I).

| n | 0,025 | 0,027 | 0,036 | 0,040 | 0,050 | 0,070 | 0,082 | 0,132 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| γ | 1,25 | 1,50 | 2,40 | 2,75 | 3,75 | 5,75 | 7,00 | 12,00 |

## А.4 Обратная задача

Уровень для заданного расхода находится делением отрезка между дном и низшей из крайних точек профиля до точности 0,1 мм — расход Q(H) монотонно растёт с уровнем. Поэтому ГВВ не зависят от шага таблицы ΔH.

## А.5 Ледовые уровни (СП 529, п. 7.9.7)

$$Q'p\% = (\eta\ /\ K_Q) \cdot Qp\%$$

В программе Q′ = k · Q1% половодья, где k1 — для первой подвижки льда, k2 — для высокого ледохода. Уровни определяются по той же кривой Q = f(H).

## А.6 Поправка β (А. В. Кокорев, Profiles2012)

$$\beta = (1 + 5/3r)\ /\ (1 + r)\text{^}(5/3),\quad r = hmax\ /\ hcp - 1$$

Сумма расходов элементарных полос QΣ приводится к расчёту по участку в целом: Q = β · QΣ. Показатель формы r вычисляется по глубинам участка при текущем уровне, при высшей отметке профиля или при заданном уровне.

## A.7 Уклон по продольному профилю

| Метод | Формула |
|---|---|
| средний на участке | I = \|H2 − H1\| / (L2 − L1) |
| средневзвешенный | I = Σ (Hi−1 + Hi − 2H0) · li / L², H0 — отметка нижнего конца |
| наименьших квадратов | I = \|Σ (Li − L̄)(Hi − H̄)\| / Σ (Li − L̄)² |
| экспертное решение | задаётся специалистом |

Отметки на границах L1, L2 интерполируются линейно; уклон выводится в ‰.

## A.8 Контроль формы кривой Q(H)

По таблице Q = f(H) с шагом ΔH для каждой группы участков проверяется: убывание расхода Qi < Qi−1 (ошибка) и выпуклость — уменьшение приращения ΔQ/ΔH более чем на 5 % (замечание). Интервалы у дна, где расход меньше 0,1 % от наибольшего, не проверяются.

## A.9 Предельный профиль размыва

$$НППРР = Нмин - hг - Δг - d, \quad hг = 0{,}25h, \quad h = H - Нмин$$

$$Δг = 0{,}1 \cdot kг \cdot (H5\% - H), \quad kг = 1{,}3, \quad d = 0{,}10\ м$$

Пример (р. Кунара): H = 164,35; Нмин = 162,70; H5% = 166,28; h = 1,65; hг = 0,41; H5% − H = 1,93; Δг = 0,25; НППРР = 162,70 − 0,41 − 0,25 − 0,10 = 161,94 м БС.

## A.10 Линия возможного размыва

$$Lб = k \cdot C \cdot Tпр; \quad xP = xбровки \mp Lб; \quad xA = xP + (Hb - zP) / s$$

s — уклон характерной линии склона у уреза, zP — отметка земли в точке P, Hb — наинизшая отметка существующего дна. Линия: P → A (на Hb) → C (на Hр) → C → A → P. Пример (р. Кунара): Сл = Сп = 0,5 м/год, Tпр = 25 лет — Lл = Lп = 12,5 м от бровок «лб» (x = 222,0) и «пр» (x = 235,7); P: 209,5 и 248,2 м; A: 212,19 и 244,32 м; B (= C): 224,69 и 231,82 м; Hр = ППР = 161,94 м БС, Hb = 162,70 м БС. Огибающая совмещённых профилей: каждый профиль сдвигается так, чтобы его точка совмещения совпала с точкой совмещения морфоствора, берётся наименьшая отметка и вычитается сезонная составляющая; её минимум участвует в выборе Hр.

## A.11 Подбор по измеренному расходу

Подбирается значение (n участка, множитель к n или уклон I), при котором расчётный расход при уровне измерения равен измеренному. Решение — делением отрезка (расход убывает с ростом n и растёт с ростом I).

# Приложение Б. Таблица В.9 СП 529.1325800.2023

Шкала шероховатости речных русел и пойм (встроена в программу).

| n | Равнинные реки | Полугорные и горные реки | Поймы |
|---|---|---|---|
| 0,020 | Прямолинейные русла канализированных рек в плотных грунтах с тонким слоем илистых отложений | – | – |
| 0,025 | Естественные земляные русла в благоприятных условиях, чистые, прямые, со спокойным течением | Искусственные отводы русел, высеченные в скале | Ровная чистая пойма с низкой травой без сельскохозяйственного использования |
| 0,030 | Гравийно-галечные русла в тех же условиях | Гравийно-галечные русла в благоприятных условиях (чистые, прямые), J = 0,8–1,0 ‰ | Ровная пойма под пашней без посевов и пастбищем с низкой травой |
| 0,040 | Сравнительно чистые русла постоянных водотоков с некоторыми неправильностями в направлениях струй, неровностями дна и берегов и влечением донных наносов | Земляные русла периодических водотоков (сухих логов) в благоприятных условиях. Правильные хорошо разработанные галечные русла в нижнем течении, J = 0,8–1,0 ‰ | Ровная пойма, занятая зрелыми полевыми культурами, пастбищем с высокой травой и вырубками без побегов, небольшое количество староречий и мелких просек |
| 0,050 | Значительно засоренные русла больших и средних рек, частично заросшие или каменистые, с неспокойным течением. Чистые русла периодических водотоков | Значительно засоренные каменистые русла с бурным течением. Периодические водотоки с крупногалечным покрытием ложа, J = 7–15 ‰ | Пойма, поросшая редким кустарником и деревьями (весной без листвы), изрезанная староречьями |
| 0,065 | Скалистые русла больших и средних рек. Русла периодических водотоков, засоренные и заросшие | Галечно-валунные русла с бурным течением. Засоренные периодические водотоки, J = 15–20 ‰ | Пойма под редким кустарником и деревьями с листвой или вырубками с развивающейся порослью |
| 0,080 | Речные русла, значительно заросшие, с промоинами и неровностями дна и берегов | Валунные русла в средней и верхней частях бассейна и периодические водотоки с бурным течением и взволнованной водной поверхностью, J = 50–90 ‰ | Поймы, покрытые кустарником средней и большой густоты (весной без листвы) |
| 0,100 | Русла рек, сильно заросшие, загромождённые стволами деревьев и валунами | Русла водопадного типа преимущественно в верховьях с крупновалунным ложем и бурным течением, J = 90–200 ‰ | Поймы, занятые лесом при уровне ниже ветвей и кустарником средней и большой густоты с листвой |
| 0,140 | Реки болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода) | Русла с завалами из валунов и обломков скал и валунами, J = 90–200 ‰ | Поймы, покрытые лесом при затоплении ветвей и густым ивняком |
| 0,200 | – | Русла с завалами из валунов и обломков скал | Глухие, сплошь заросшие, труднопроходимые поймы таёжного типа |

# Приложение В. Пример: р. Кунара

Пример лежит в папке primer архива: исходный Excel, проект Кунара.morf и результаты (чертёж, отчёт, таблицы). Створ — 40 м ниже створа мостового перехода, 22 точки профиля, I = 0,46 ‰; участки: левая пойма (т. 1–9, n = 0,080), русло (т. 9–16, n = 0,050), правая пойма (т. 16–22, n = 0,065).

## Сравнение с расчётом в Кредо «Морфоствор» (лист Г.3) при ГВВ1% = 166,45 м

| Участок | B, м | ω, м² | V, м/с (Кредо) | V, м/с (программа) | Q, м³/с (Кредо) | Q, м³/с (программа) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Левая пойма | 190,92 | 93,16 | 0,21 | 0,213 | 19,85 | 19,85 |
| Русло | 13,60 | 34,94 | 0,85 | 0,851 | 29,75 | 29,75 |
| Правая пойма | 75,60 | 10,81 | 0,09 | 0,093 | 1,00 | 1,00 |

## Высшие уровни воды, м БС

| Вид | P = 1 % | 2 % | 3 % | 5 % | 10 % |
|---|---|---|---|---|---|
| Половодье: Q = 50,6 … 33,4 м³/с | 166,45 | 166,39 | 166,34 | 166,28 | 166,15 |
| Паводки: Q = 16,6 … 8,69 м³/с | 165,53 | 165,38 | 165,28 | 165,14 | 164,93 |
| Высокий ледоход: k2 · Q1% | 166,07 | 166,01 | – | – | 165,74 |
| Первая подвижка льда: k1 · Q1% | 165,23 | 165,15 | – | – | 164,87 |

Уровни половодья и паводков совпадают с техническим отчётом до 0,01 м.

*Where water meets intelligence.  Там, где вода встречается с интеллектом.*