

РАСЧЕТ МОРФОСТВОРА

MORFOSTVOR
версия 1.2

авторы:

Е. К. Воробьев

В. А. Жоров

О. В. Ловцкая

С. Г. Яковченко

Барнаул
2002

Обращение к пользователю

Уважаемые пользователи программы MorfoStvor!

По всем вопросам, связанным с эксплуатацией программы обращайтесь к разработчикам:

e-mail: <mailto:lov@iwep.asu.ru>

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Программа предназначена для определения расходов и скоростей течения реки в заданном поперечном сечении (морфостворе) в зависимости от уровня воды.

При расчете учитываются:

- шероховатость пойм и русла реки по участкам,
- косина потока,
- уклон реки,
- наличие мертвых отсеков.

Эти параметры могут варьироваться в процессе расчета.

Для заданных расчетных расходов определяются соответствующие им расчетные уровни и наоборот.

Результатами расчета являются таблицы и графики зависимостей расхода и скорости течения от уровня воды.

Результаты расчета передаются в Word 97/ Word 2000/Word XP.

2. Алгоритм расчета

2.1 *Расчет кривой расходов воды*

Вычисление кривой расходов, других гидрологических зависимостей потока в морфостворе производится от дна русла и пойм, через заданный шаг расчета, вверх к поверхности потока с последовательным суммированием площадей сечений и осреднением скоростей течения по текущему горизонту воды (в отсеках) и по морфологически однородным участкам морфоствора (руслу и поймам).

Начинается расчет от первой целой отметки уровня у низшей точки дна русла и через шаг расчета заканчивается на отметке, которая задается в исходных данных (конец расчета).

Кроме того, расчет кривых производится при всех заданных характерных уровнях:

- уровень меженной воды (УМВ)
- уровень высокой воды прошлых лет (УВВ)
- расчетный уровень воды (РУВВ)
- исторический уровень воды (ИУВВ)

2.1.1. Вычисление площади живого сечения потока в каждом отсеке

Площадь вычисляется путем дробления профиля отсека до текущего горизонта воды на элементарные геометрические фигуры (прямоугольники, треугольники, трапеции) с последующим вычислением их площадей. Вычисление текущих площадей производится по каждому участку профиля, по отсекам, по морфологическим элементам долины (руслу, поймам); всему морфоствору в целом

Если на морфостворе имеются "мертвые пространства" (мертвые отсеки), то они исключаются из расчета (для получения площади живого сечения площадь мертвого отсека вычитается из общей площади отсека).

Если отсек располагается под углом к течению воды (косина потока), то при вычислении площади вводится поправка на угол.

2.1.2. Вычисление средней глубины (h_{cp}) в отсеке (русле, пойме) при текущем уровне воды потока (ΔH_i)

Средняя глубина находится как отношение площади живого сечения потока (в отсеке, русле, на пойме) к ширине потока при текущем горизонте воды

2.1.3. Вычисление других характеристик для отсека (русла, поймы)

Смоченный периметр (L) – суммарная длина дна и берегов.

Гидравлический радиус (R) – отношение площади живого сечения к смоченному периметру.

Коэффициент формы русла (α_ϕ) – отношение максимальной глубины отсека к средней глубине

Параметр (S_p) – отношение удвоенной ширины потока к средней глубине.

Все характеристики вычисляются для текущего горизонта воды

2.1.4. Средняя скорость течения воды в отсеке (русле, пойме)

Вычисляется по текущему горизонту воды по следующим формулам:

1. Равнинные реки и любые большие реки с обширными, сложными, плоскими поймами

$$V_{cp} = \frac{1}{n} \times h_{cp}^{2/3} \times J_p^{1/2} \times \cos \alpha$$

где: n - коэффициент шероховатости в отсеке;

h_{cp} - средняя глубина воды в отсеке при текущем горизонте воды, м

J_p - расчетный уклон водной поверхности потока;

$\cos \alpha$ - поправка на косину струб.

Среднюю скорость по данной формуле вычисляют при S_p (см п. 2.1.3) ≤ 30 .

Если $S_p > 30$, то средняя глубина заменяется гидравлическим радиусом.

Для русловых отсеков в формулу расчета скорости вводится параметр формы живого сечения $\beta_\phi = f(\alpha_\phi)$.

α_{ϕ}	1.5	1.75	2.0	2.25	2.5	2.75	3
β_{ϕ}	1.09	1.15	1.21	1.25	1.30	1.36	1.41

Приведенная таблица аппроксимируется линейной функцией

$$\beta_{\phi} = 0.795 + 0.205 * \alpha_{\phi} \quad \text{для } \alpha_{\phi} \in [1, 3];$$

$$\beta_{\phi} = 1.41 \quad \text{для } \alpha_{\phi} > 3.$$

Поправки в расчетную формулу скоростей для русловых отсеков вводятся при только до бровок берегов. При горизонтах воды выше бровок берегов, расчет скоростей ведется без поправок (как для пойменных отсеков)

2. Расчет скоростей течения воды предгорных и горных водотоков с распластанными руслами:

$$V_{cp} = \frac{1}{n} \times A \times h_{cp}^x \times J_p^{1/2} \times \cos \alpha$$

где A, x учитывают изменения скоростей течения рек от глубины воды в русле

$$A=1, \text{ если } h_{cp} > 1.7$$

$$A=1.07, \text{ если } h_{cp} \leq 1.7$$

h_{cp}	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.8
x	0.349	0.396	0.416	0.440	0.454	0.504	0.529	0.666

при $h_{cp} > 1.8, x=0.666$

3. Расчет скоростей горных потоков большой мутности и селей

$$V_{cp} = \frac{6.5}{a_c} \times h_{cp}^{2/3} \times J_p^{1/4}$$

где a_c - коэффициент внутреннего сопротивления в потоке, определяется по формуле:

$$a_c = \left(\frac{\gamma_n (\gamma_c - 1)}{\gamma_n - \gamma_c} \right)^{0.5}$$

где γ_n, γ_c - удельный вес материала, отложенного потоком (γ_n), и селевой массы (γ_c).

Значения γ_n, γ_c вводятся пользователем.

Выбор расчетной формулы для вычисления скоростей в отсеках задается в исходных данных

Средние скорости воды на левой (правой) пойме в целом и на всем морфостворе (а также в русле, если оно задано несколькими отсеками) определяются путем осреднения по площади живого сечения средних скоростей в отсеках, входящих в состав поймы (русла, морфоствора)

В результате расчета получаем зависимости $v_{cp}=f(H_i)$ для русла, поймы (левой, правой) и морфоствора в целом

2.1.5. Расходы воды

Расходы воды вычисляются сначала по отсекам, потом по элементам речной долины (поймам, морфоствору) по текущему горизонту.

В отсеках (и в русле) расходы=площадь живого сечения * средняя скорость³.

Работа с программой

В начале работы экран имеет вид, представленный на рис.1.



Рис. 1. Экран программы после загрузки

Экран разбит на 4 области:

- строка меню
- строка кнопок
- столбец кнопок
- рабочая область, состав и структура которой зависят от действия, выбранного с помощью кнопок.

Строка меню

Работа с пунктами меню ведется обычным для Windows способом и не требует дополнительных пояснений.

Строка кнопок

"Нажатие" на кнопку **"Общие данные"** приведет к изменению рабочей области (рис. 2)

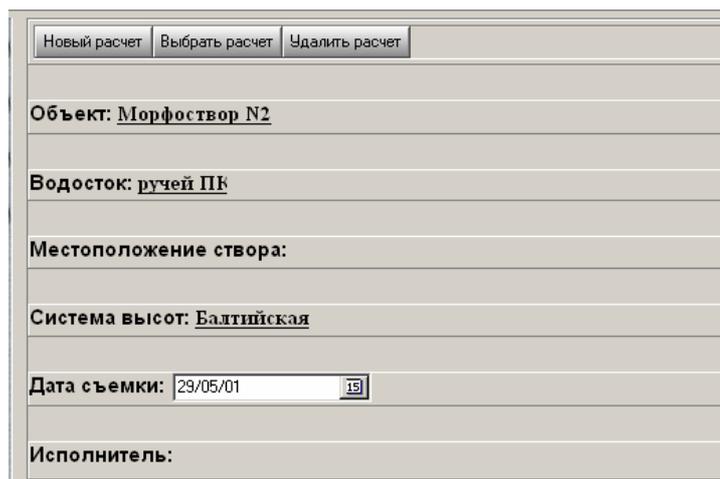


Рис. 2. Рабочая область экрана при нажатии кнопки "Общие данные"

Нажатие кнопки **"Новый расчет"** приводит к очистке заполненных полей. Для того, чтобы изменить или ввести название объекта, водотока и т. д. достаточно подвести указатель мыши к соответствующей строке, нажать левую кнопку и в открывшемся окне редактирования выполнить нужные действия.

Нажав на кнопку **"Выбрать расчет"** вы получаете список проведенных расчетов. Выбор из списка - двойной щелчок мыши. Действия по кнопке **Удалить расчет** очевидны.

Кнопка **"Профиль морфоствора"** открывает таблицу для ввода и редактирования информации о профиле (рис. 3).

Автоматический расчет таблицы				
№	Отметки поверхности земли в точке, м	Расстояние между точками, м		Длина морфостворов, м
		Прямые	Наклонные	
0	35.00	0.00	0.00	0.00
1	30.00	1.00	5.10	1.00
2	28.50	7.00	7.16	8.00
3	28.00	7.00	7.02	15.00
4	27.92	1.00	1.00	16.00
5	27.83	4.00	4.00	20.00
6	27.81	5.00	5.00	25.00
7	27.92	2.50	2.50	27.50
8	28.00	3.50	3.50	31.00
9	28.50	14.00	14.01	45.00
10	30.00	6.00	6.18	51.00
11	35.00	1.00	5.10	52.00

Рис. 3. Таблица профиля морфоствора

Работа со всеми таблицами, используемыми в программе, выполняется по общим правилам:

корректировка: щелчок левой кнопкой мыши в нужной клетке, ввод нового значения;

вставка строки: клавиша *Insert*;

удаление строки: клавиши *Ctrl + Delete*;

добавление строки: стрелка ↓ в любой клетке последней строки таблицы.

Первый столбец является обязательным для заполнения, из трех следующих можно заполнять любой в зависимости от имеющейся информации, но в строке должно быть указано хотя бы одно расстояние или длина.

По нажатию кнопки "*Автоматический расчет таблицы*" заполняются или пересчитываются столбцы таблицы.

При любом изменении таблицы автоматический расчет обязателен.

Внимание. Если в строке заполнены несколько клеток, то при расчете таблицы они будут откорректированы в соответствии с приоритетом:

прямое →наклонное→ длина (т.е., если задано прямое расстояние, то все остальные значения будут рассчитаны, независимо от заполнения)

По кнопке "*Отсеки*" высвечивается графическое изображение профиля морфоствора, который необходимо разбить на отсеки

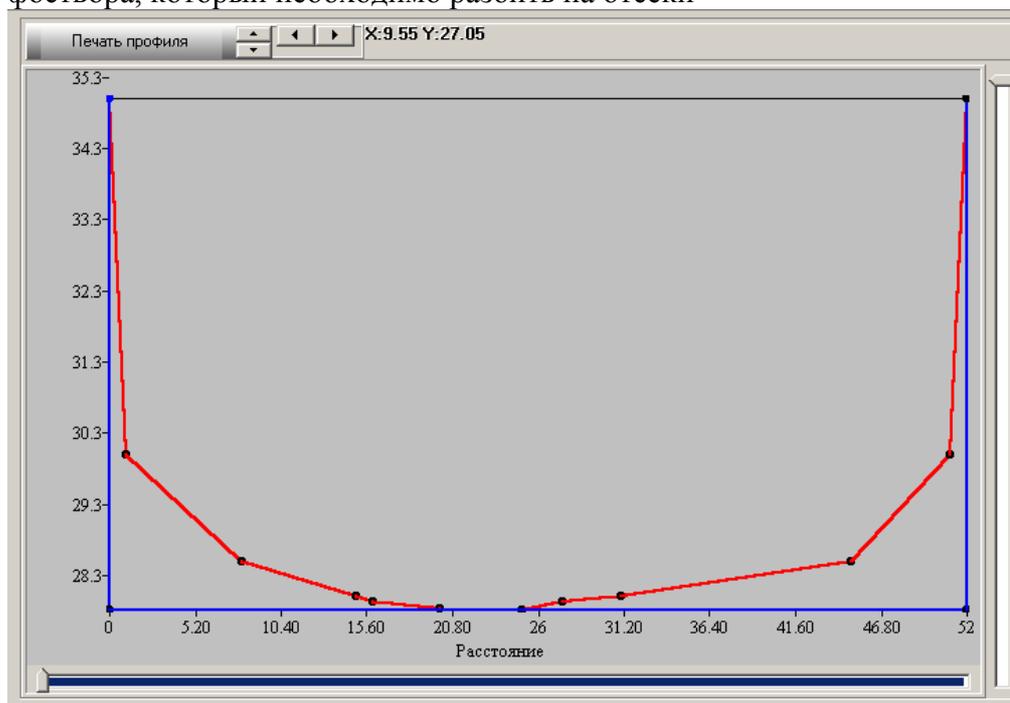


Рис. 4. Графическое изображение профиля морфоствора

Правила разбиения на отсеки:

- создание границы отсека:
 - подвести указатель мыши к точке профиля, щелчок правой кнопкой мыши
- изменение границы отсека

подвести указатель мыши к линии границы отсека, выполнить перемещение при нажатой левой кнопке мыши

- удаление границы отсека
выбранная граница отсека удаляется при одновременном нажатии клавиши **Ctrl** и правой кнопки мыши

Замечания:

1. Границы профиля являются соответствующими границами крайних отсеков
2. Граница отсека может не проходить через точку профиля

Кнопка "Печать профиля" позволяет выдать графическое изображение профиля на печать (формируется документ Word).

Кнопка "Состав морфоствора" открывает таблицу отсеков, в которой можно провести корректировку графического разбиения на отсеки и внести дополнительную информацию (рис.5).

Отсеки		Гидроморф. признак	Косина потока в градусах	Вариант расчета скорости	Расчетный отсек
№	Нач.расст.				
1	0.00	Пойма	0.00	1	
2	15.00				
3	31.00				

Рис. 5. Таблица состава морфоствора

Строки таблицы могут изменяться, добавляться, вставляться, удаляться по общим правилам работы с таблицами (см. **Кнопка "Профиль морфоствора"**)

Гидроморфологический признак отсека выбирается из списка (для получения списка - двойной щелчок мыши):

- пойма,
- русло (русловой отсек на пойме)
- главное русло.

Вариант расчета скорости выбирается из списка:

- 1 - равнинные реки и любые большие реки с обширными, сложными, плоскими поймами
- 2 - расчет скоростей течения воды предгорных и горных водотоков с распластанными руслами
- 3 - расчет скоростей горных потоков большой мутности и селей

Расчетный отсек - отсек, информация по которому должна быть выведена в отчетах отдельной строкой

Внимание. Отсек задается своей левой границей. Правой границей отсека считается левая граница следующего отсека (для последнего правого отсека - конечная точка профиля).

Кнопка "Состав мертвых отсеков" открывает таблицу мертвых отсеков, в которой указываются их границы (рис.6). Введенная информация отображается на профиле морфоствора (рис.7).

Замечание. Все графы таблицы, в том числе уровень действия, заполнять обязательно.

Отсеки			Уровень действия
№	Начало	Конiec	
1			

Рис. 6. Таблица состава "мертвых отсеков"

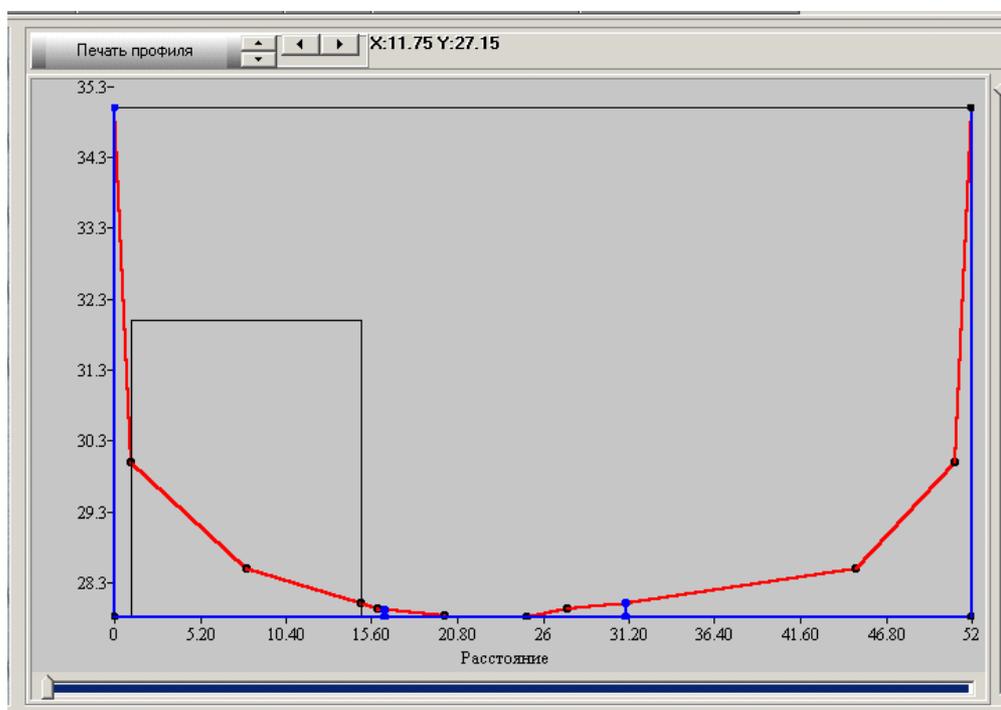


Рис. 7. Профиль морфоствора с "мертвым отсеком"

Столбец кнопок



характерные параметры речного стока

Уровень меженной воды, м (УМВ)	Величина	Дата	Обеспеченность %
Уровень высокой воды прошлых лет, м (УВВ)	Величина	Дата	Обеспеченность %
Расчетный уровень воды (РУВВ)	Величина	Обеспеченность %	
Расчетный расход, м. куб/с (Q)	Величина	Обеспеченность %	
	33.00	10.00	
Исторический уровень воды, м (ИУВВ)	Величина	Обеспеченность %	
	32.00	5.00	
Шаг расчета, м	Величина		
	0.25		
Конец расчета, м	Величина		
	35.00		

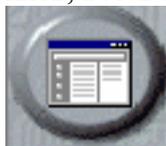
Рис.8. Характерные параметры речного стока

Обязательные поля для заполнения:

- шаг расчета;
- продольный уклон.

Если не заполнено поле "Конец расчета", то максимальный расчетный уровень выбирается из таблицы "Профиль морфоствора"

Остальные поля могут также не заполняться. В случае заполнения они могут содержать практически неограниченно количество строк. Строки можно изменять, вставлять, удалять по общим правилам работы с таблицами данных.



коэффициент шероховатости (рис.9)

Отсеки			Коэффициент шероховатости	Уровень действия
№	Нач.расст.			
1	0.00	Пойма	0.1670	
2	15.00	Главное русло		
3	31.00	Пойма		

Рис.9. Таблица коэффициентов шероховатости

Коэффициент шероховатости должен быть задан для каждого отсека. В зависимости от уровня действия таких коэффициентов может быть несколько.

Отсеки			Продольный уклон	Уровень действия
№	Нач.расст.			
1	0.00	Пойма	0.00002500	33.00
2	15.00	Главное русло		
3	31.00	Пойма		

Рис. 10. Таблица коэффициентов продольного уклона



продольный уклон (рис.10)



расчет.

По результатам расчета формируются графики зависимости $Q(h)$, $V(h)$, $F(h)$ (рис.11, 12, 13).

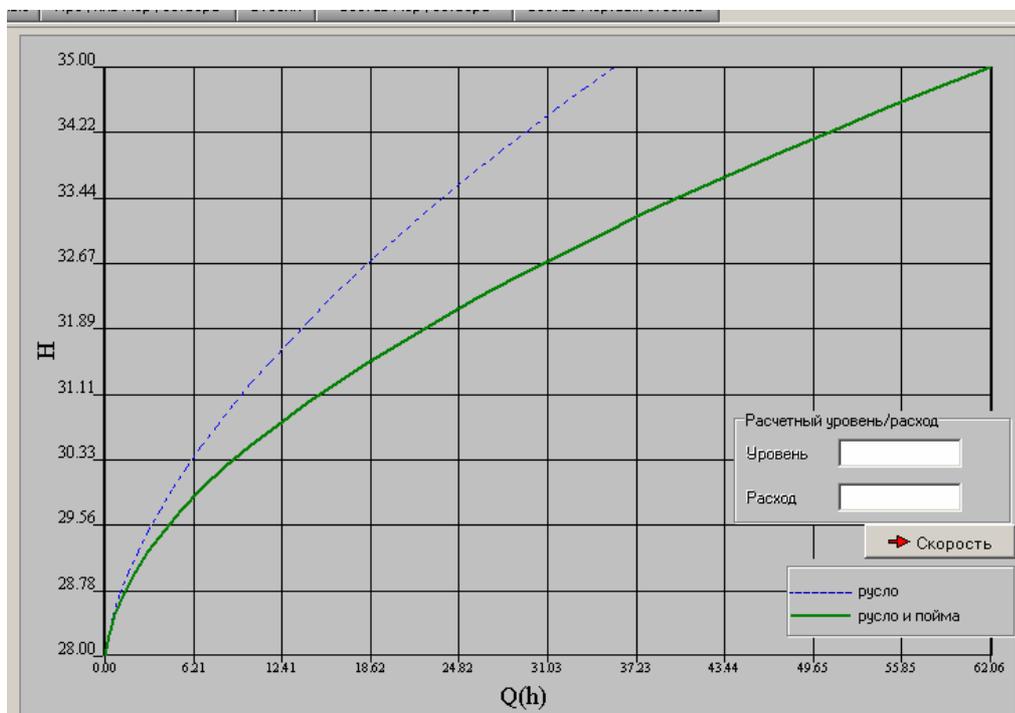


Рис. 11. График зависимости $Q(h)$

Задав уровень (расход) и щелкнув левой кнопкой мыши в поле расход (уровень), получим соответствующее расчетное значение и его отображение на графике.

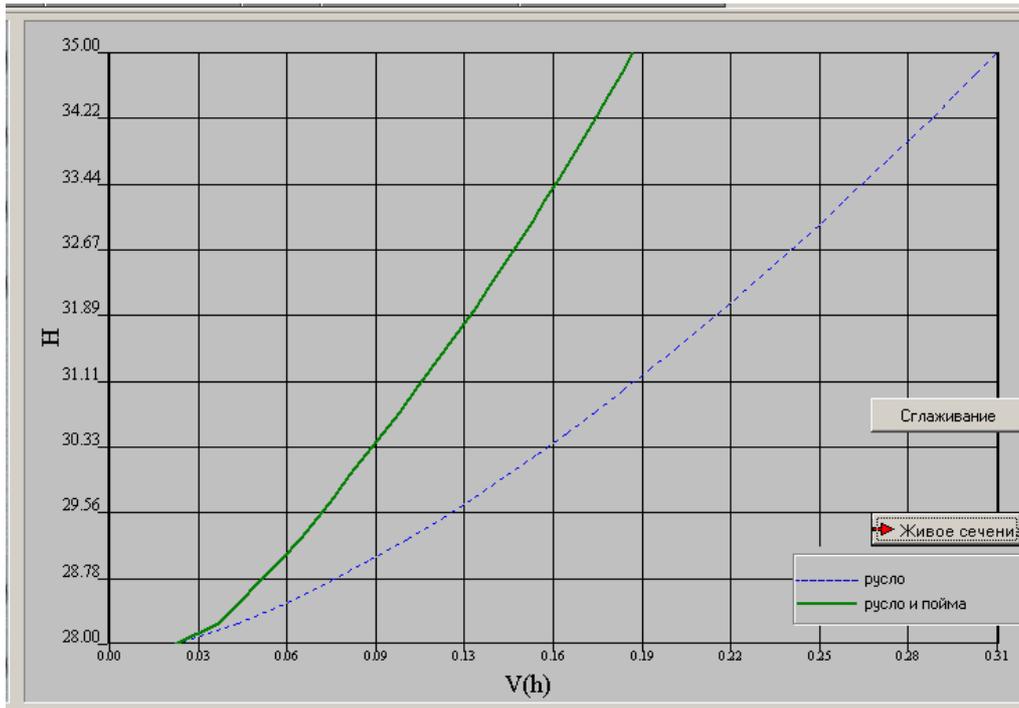


Рис.12. График зависимости V(h)

По нажатию кнопки *Сглаживание* можно пересчитать и отразить на графике сглаженные значения скоростей.

Формула пересчета: $V_t = (V_{t-2} + 4 \cdot V_{t-1} + 6V_t + 4V_{t+1} + V_{t+2}) / 16$.

По рассчитанным значениям скорости пересчитываются расходы.

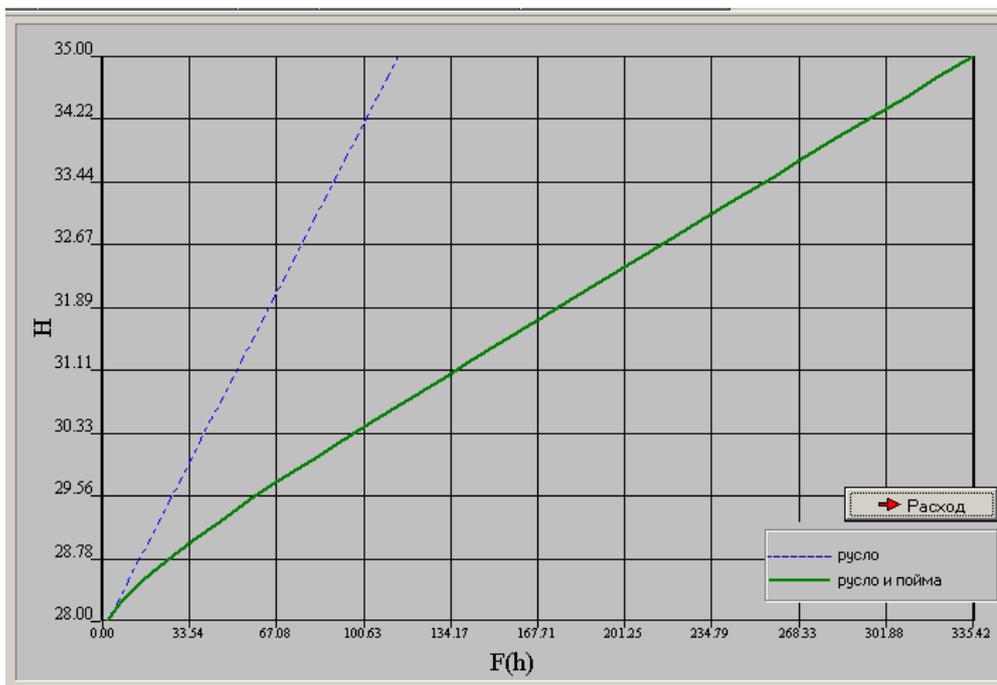


Рис.13. График зависимости F(h)



отчеты

Высвечивается список подготовленных отчетов (рис. 14). Количество отчетов определяется заданными уровнями и расходами (см. Характерные параметры речного стока).

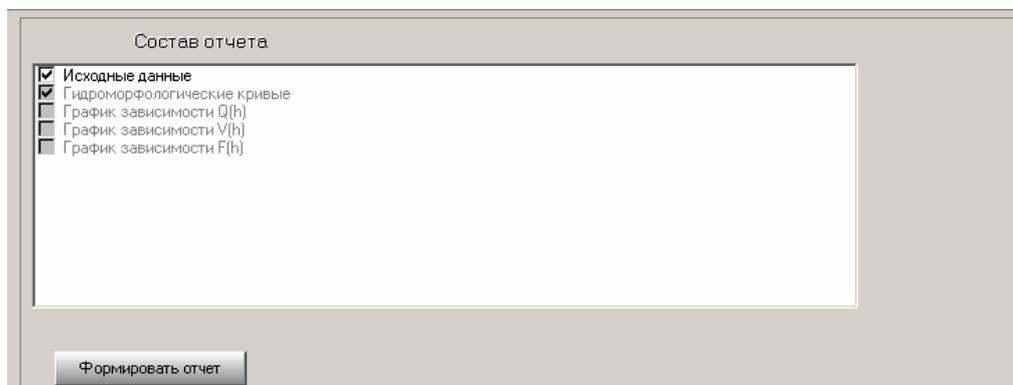


Рис.14. Список отчетов для печати

По нажатию кнопки "Формировать отчет" документы передаются в Word 97/2000, и дальнейшая работа с ними определяется желанием пользователя.



печать профиля

Высвечивается список параметров, которые могут быть выведены на профиле морфоствора (рис. 15).

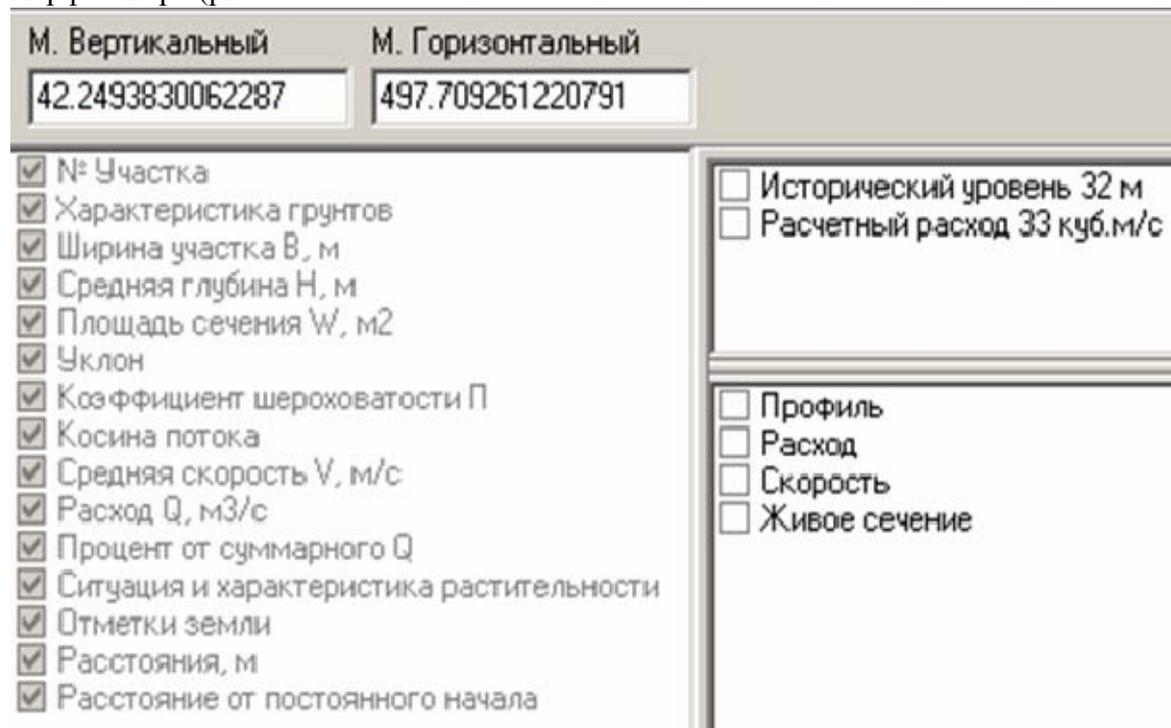


Рис.15. Список параметров для печати

В полях ввода *M. вертикальный* и *M. горизонтальный* показаны масштабы вывода профиля на принтер в соответствии с выбранным размером бумаги. (рис. 16, 17) Пользователь может откорректировать эти значения

Кнопка "Настройка принтера" предназначена для выбора и настройки принтера в соответствии с требованиями выдаваемого документа. Если принтер допускает ленточную подачу (рис. 16), то можно выбрать размер бумаги, необходимый пользователю (рис. 17).

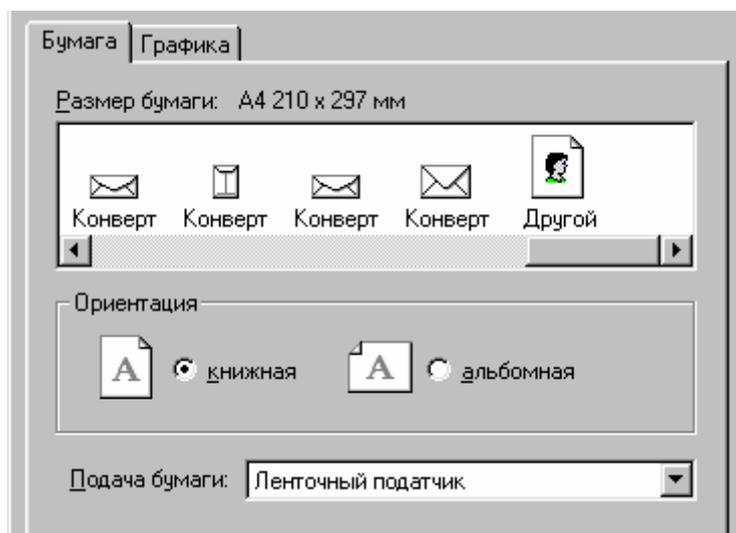


Рис. 16. Пример параметров драйвера принтера с ленточной подачей

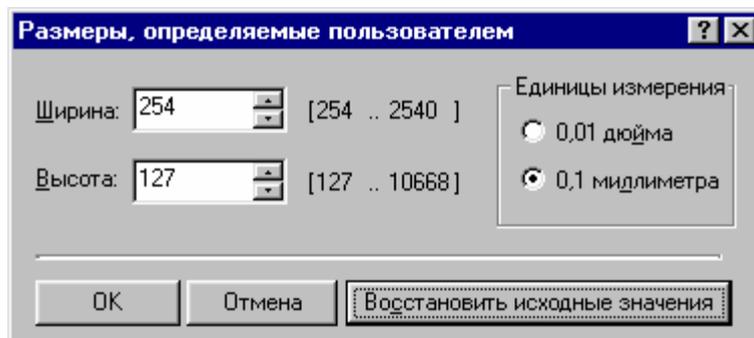


Рис. 17. Пример определения размера бумаги