

HYDROSYS

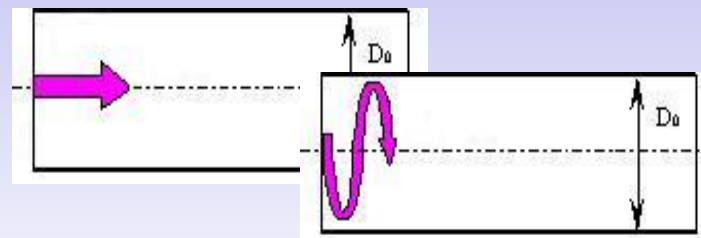
**Программный комплекс
для гидравлических расчетов**

Возможности

- Расчет гидросистем, образованных последовательностью соединений отдельных участков, т.е. **линейных**.



- Расчет **осевых и закрученных потоков**.



- Решение **прямой задачи гидравлики**, кроме того, может быть подготовлен для решения обратной и смешанных гидравлических задач, в том числе неклассического типа (например, оптимизационных).

Научная новизна

Принадлежность к информационным системам “открытого” типа и возможность постоянного расширения его функциональных возможностей без переделки существующих программных единиц. Новый участок в HydroSys образуется путем создания его расчетной схемы в простейшем текстовом редакторе.



Расчет для элемента «Вход прямой в трубу, удаленную»: Прямая задача

Вход:

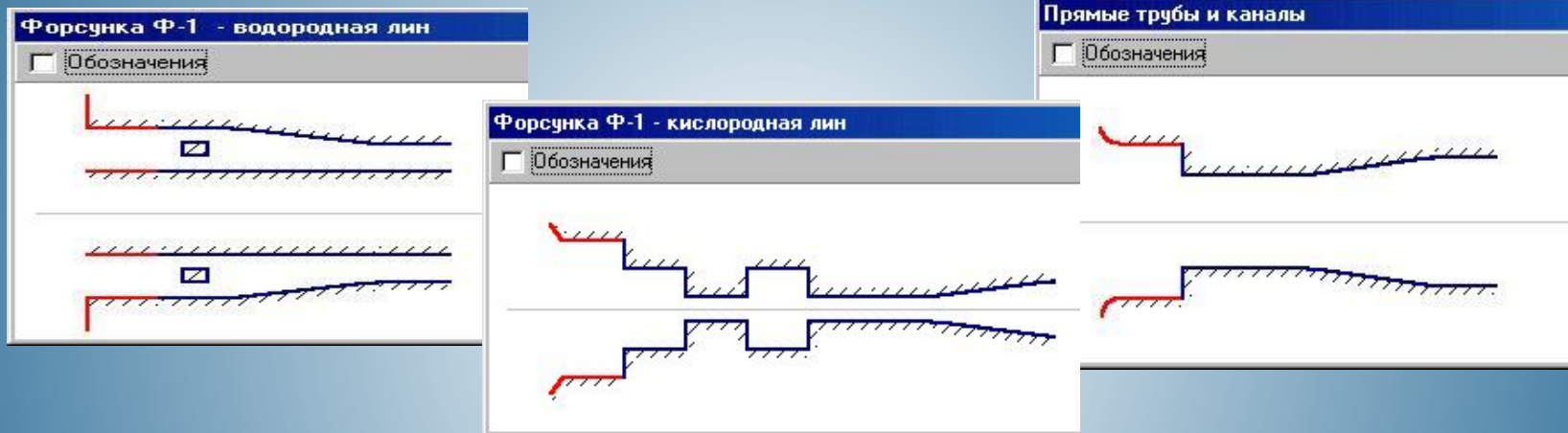
Тип ввода	Обозначение	Название
ввод	p0	давление
ввод	T0	температура
ввод	m0	массовый расход
таблица	Ro0	плотность (таблица)
таблица	Mu0	коэффициент вязкости (таблица)
ввод	D0	диаметр входного отверстия

Расчет:

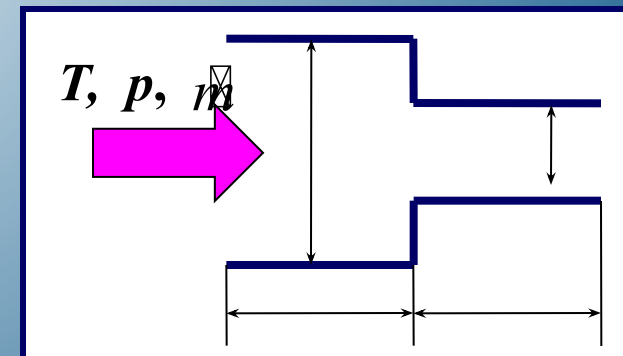
Тип ввода: формула

Тип ввода	Обозначение	Ед. изм.	Знач.	Название	Формула
формула	F0	м2	6	Площадь входного отверстия	$F0 = 3.1415926 \cdot (D0^2) / 4$
формула	W0	м/с	4	начальная скорость	$W0 = m0 / (Ro0 \cdot F0)$
формула	Nu	м2/с	4	коэффициент кинематической вяз	$Nu = Mu0 / Ro0$
формула	Re		4	число Рейнольдса	$Re = W0 \cdot D0 / Nu$
таблица	Lambda		4	коэффициент сопротивления трен	$Tr_kprg_cev.dbc(Re)$
формула	b_D0	м/с	4	Относительный выступ трубы	$b_D0 = b / D0$
формула	d_D0	м/с	4	Относительная толщина трубы	$d_D0 = d / D0$
таблица	KzM		4	коэффициент местного сопротивл	$Bx_np_tp.dbc(b_D0, d_D0)$

- Рассматривается гидросистема, образованная последовательно соединенными отдельными участками.



- Известными являются секундный массовый расход \dot{m} , температура T и давление p рабочего тела (газ или жид-кость), а также все геометрические ха-рактеристики элементов.

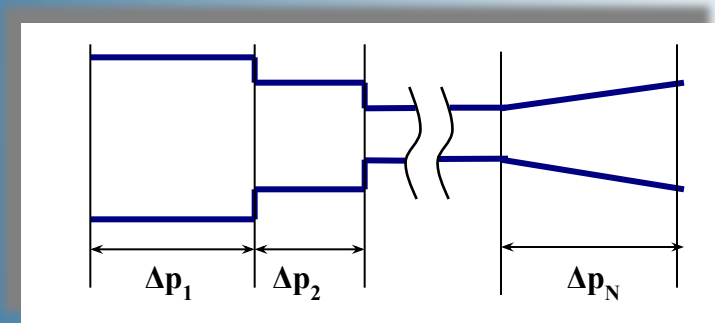


- Физические свойства ρ - плотность, μ - вязкость текущей среды определяются заданными значениями температуры и давления. Текущая среда считается сжимаемой.
- Процесс течения принимается изотермическим, то есть температура на любом из участков гидросистемы остается постоянной и равной температуре на входе.
- Необходимо провести расчет падения давления в гидросистеме, как суммы падений давления на каждом из участков гидросистемы с учетом изменения физических свойств рабочего тела за счет изменения давления и зависимости коэффициентов сопротивления участков от режима течения.

$$\begin{aligned}\rho &= \rho(T, p) \\ \mu &= \mu(T, p)\end{aligned}$$

$$T = const$$

В основе математической модели гидросистемы лежит **принцип её декомпозиции** на отдельные элементы - участки, для которых рассчитывается падения давления по заданным значениям плотности и скорости потока и определяемого экспериментально коэффициента сопротивления.



$$\Delta p = \sum_{i=1}^N \Delta p_i$$

Δp_i - потери давления на i -ом элементе или участке гидросистемы, N – количество участков. Величина падения давления на отдельном участке гидросистемы рассчитываются с помощью известной формулы сопротивления.

$$\Delta p_i = \xi_i^{sum} \frac{\rho_i w_i^2}{2}$$

$$\xi_i^{sum} = \xi_i^{sum}(Re, a)$$

ξ_i^{sum} - суммарный коэффициент гидравлического сопротивления i - го участка гидросистемы, определяемый экспериментально и зависящий от числа Рейнольдса и геометрических параметров элемента;

ρ – плотность текущей среды на i -м участке гидросистемы, определяемая давлением в потоке и его температурой;

w_i – средняя скорость течения на i – м участке.

Число Рейнольдса является основным динамическим параметром потока рабочего тела, характеризует режим течения, выражая собой отношение инерциальных сил к силам вязкости

$$Re = \frac{wD_H}{\nu}$$

где D_H – гидравлический диаметр; ν – кинематический коэффициент вязкости.

В частном случае можно полагать, что течение изотермическое, и все $T_i = T_0$, где T_0 – температура на входе. Скорость потока рабочего тела может быть вычислена по заданной величине секундного массового расхода

$$w = \frac{\dot{m}}{\rho F}$$

F – площадь поперечного сечения.

Коэффициент гидравлического сопротивления представляется в виде суммы коэффициента сопротивления трения ξ^{fr} и коэффициента местных гидравлических сопротивлений ξ^{loc}

$$\xi^{sum} = \xi^{fr} + \xi^{loc}$$

где

$$\xi^{fr} = \lambda \frac{l}{D_h}$$

Здесь λ - коэффициент сопротивления движению жидкости в участке гидросистеме вследствие трения. Определяемые экспериментально коэффициенты сопротивления приводятся в справочной литературе.

Предлагаемая методика **позволяет рассчитывать** линейные гидросистемы. При этом любая из них рассматривается как гидравлическая сеть с некоторым числом разнообразных фасонных частей, различных препятствий в виде дроссельных и иных видов устройств.

В основе методики расчета гидросистем лежит принцип их декомпозиции на отдельные элементы – участки. Расчет падения давления в гидросистеме сводится к последовательности расчетов падения давления на каждом отдельном участке, после чего полученные значения потерь давления суммируются.

В связи с задачами, поставленными при проектировании, наиболее часто приходится решать прямую задачу гидравлики, для которой **исходными данными** являются:

✓ Вид рабочего тела;

✓ Давление в рабочем теле на входе в гидросистему, P_0 ;

✓ Температура рабочего тела на входе, T_0 ;

✓ Массовый расход рабочего тела на входе, \dot{m} ;

✓ Геометрические размеры всех участков гидросистемы.

Последовательность расчета каждого участка гидросистемы, при условии, что исходные данные известны, состоит в следующих вычислениях

Последовательность расчета

1.

Плотность ρ рабочего тела и вязкость μ определяются по таблицам по заданным значениям P_i и T



2.

Площадь F и периметр Π сечения участка, ортогонального направлению потока, вычисляются по соответствующим геометрическим формулам



3.

Определение гидравлического диаметра участка

$$D_h = \frac{4F}{\Pi}$$



4.

Скорость рабочего тела вычисляется согласно условию постоянства массового расхода

$$W = \frac{m_0}{\rho F}$$



6. Определение **коэффициента гидравлического сопротивления** ξ_{sum} как суммы коэффициента местного сопротивления и коэффициента сопротивления трения производится с помощью справочника.

5. Определение **числа Рейнольдса**

$$Re = \frac{W D_h \rho}{\mu}$$

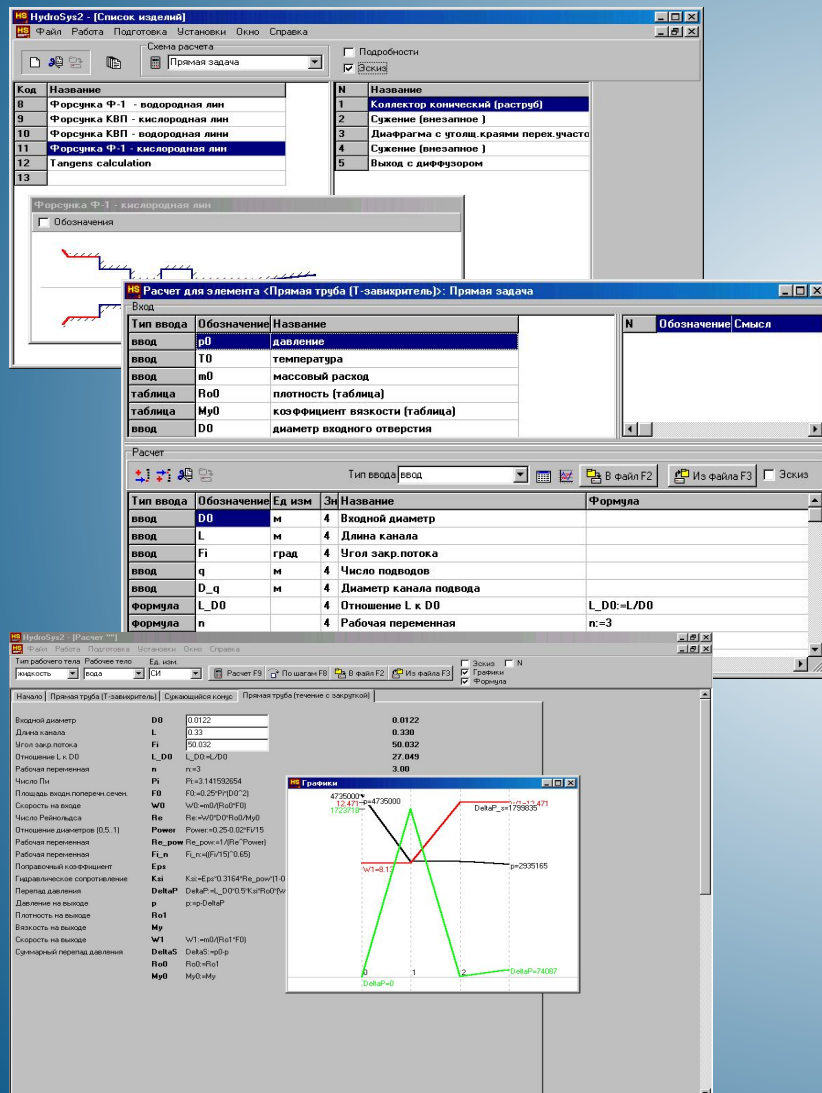
7. Завершение расчета участка гидросистемы: определение **перепада давления** в элементе

$$\Delta p_i = \xi_i^{sum} \frac{\rho_i w_i^2}{2}$$

8. Вычислить давление на выходе из этого участка и провести расчет физических параметров текущей среды при новых значениях давления — плотности, коэффициентов динамической и кинематической вязкости.

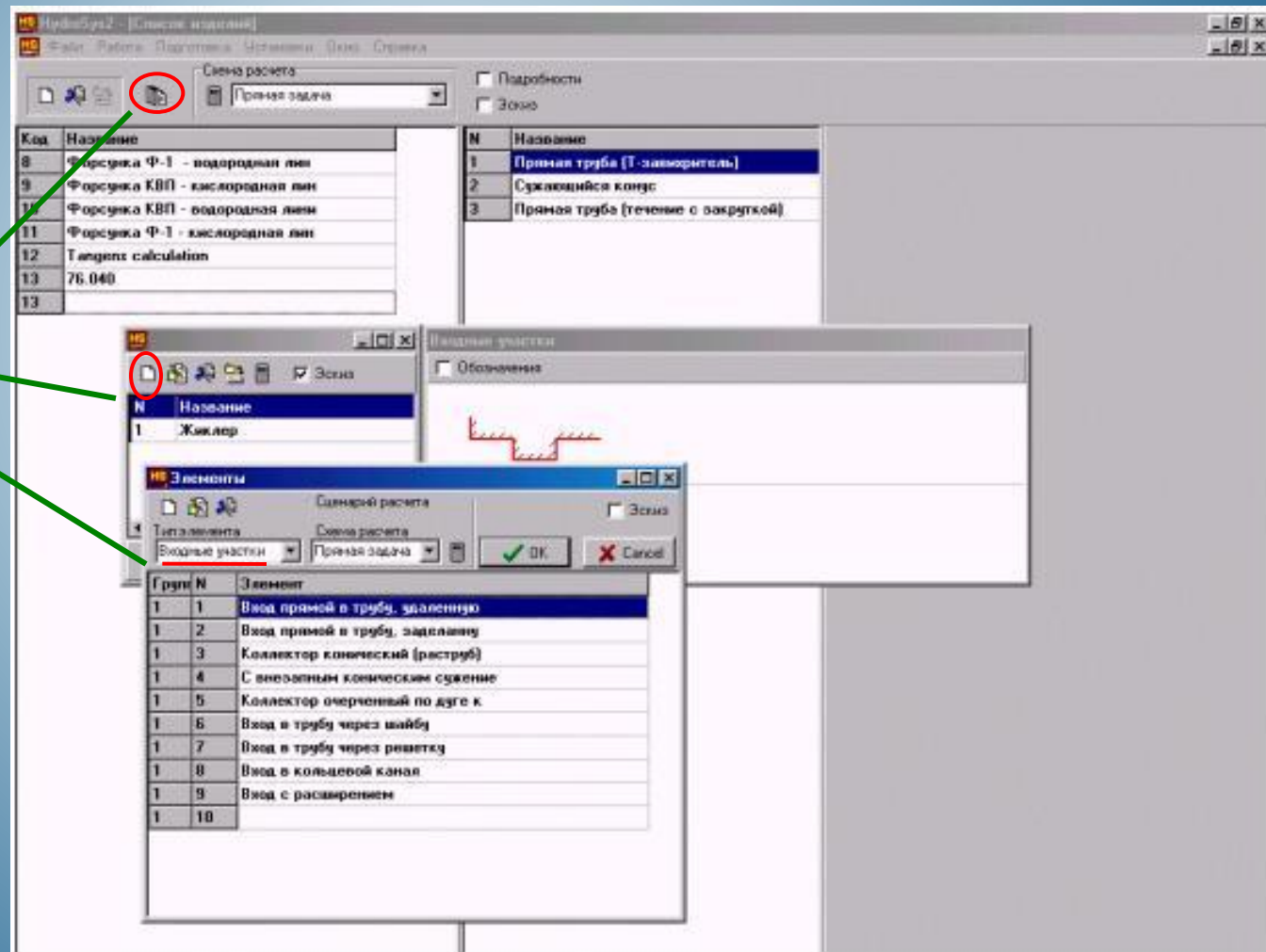
Практическая ценность

Может эксплуатироваться инженером, имеющим **минимальные навыки в работе на персональном компьютере**, при конструировании или расчете линейных гидравлических систем, как для известных конструкций, так и для принципиально новых.

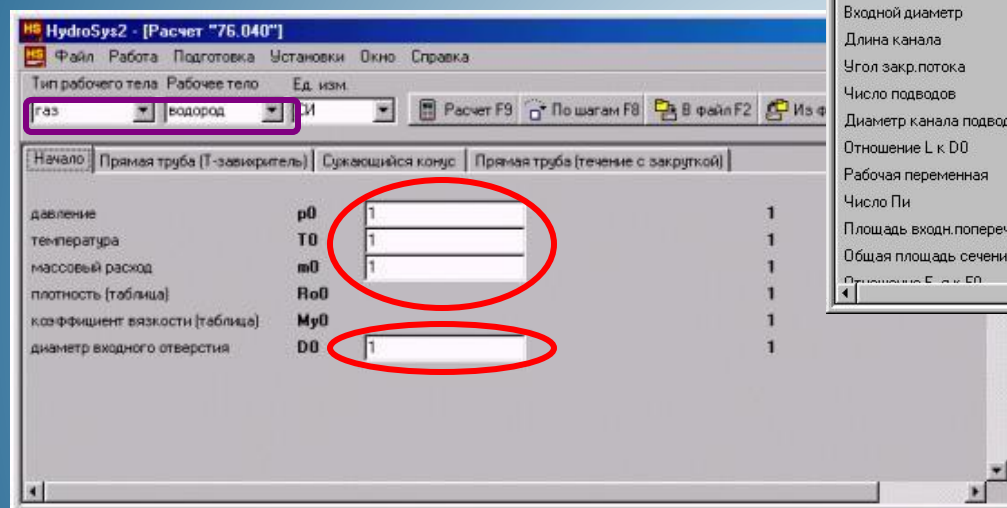


Создание и изменение

Создание и добавление нового участка в гидросистему производится нажатием нескольких кнопок



Начальные данные



HydroSys2 - [Расчет "76.040"]

Файл Работа Подготовка Установки Окно Справка

Тип рабочего тела: газ Рабочее тело: водород Ед. изм.: СИ

Расчет F9 По шагам F8 В файл F2 Из файла F3

Начало Прямая труба (Т-завихритель) Сужающийся конус Прямая труба (течение с закруткой)

давление p_0 1 1

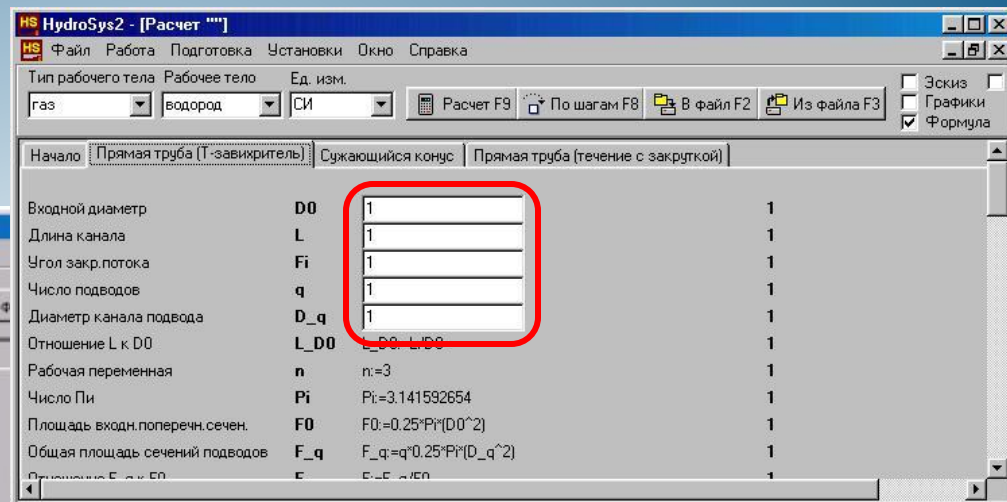
температура T_0 1 1

массовый расход m_0 1 1

плотность (таблица) ρ_0 1 1

коэффициент вязкости (таблица) μ_0 1 1

диаметр входного отверстия D_0 1 1



HydroSys2 - [Расчет ""]

Файл Работа Подготовка Установки Окно Справка

Тип рабочего тела: газ Рабочее тело: водород Ед. изм.: СИ

Расчет F9 По шагам F8 В файл F2 Из файла F3

Начало Прямая труба (Т-завихритель) Сужающийся конус Прямая труба (течение с закруткой)

Входной диаметр D_0 1 1

Длина канала L 1 1

Угол закрутки F_i 1 1

Число подводов q 1 1

Диаметр канала подвода D_q 1 1

Отношение L к D_0 L_{D_0} 1 1

Рабочая переменная n $n=3$ 1 1

Число Пи P_i $P_i=3.141592654$ 1 1

Площадь входн. поперечн. сечен. F_0 $F_0=0.25 \cdot \pi \cdot (D_0^2)$ 1 1

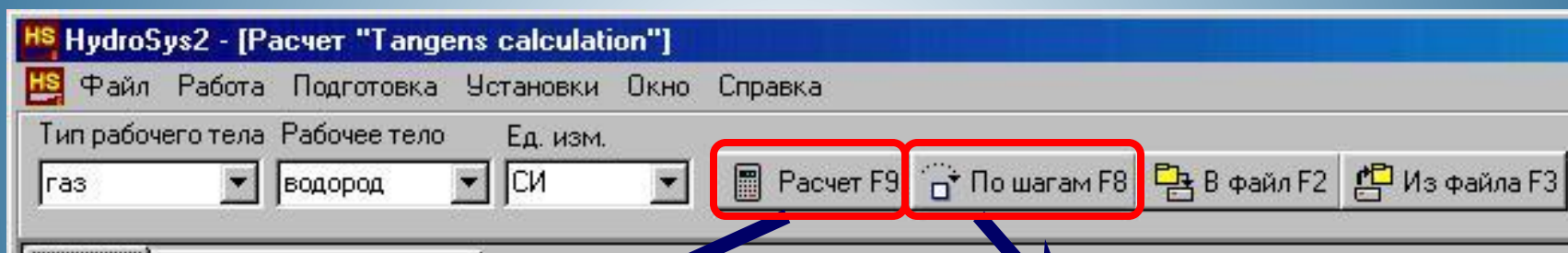
Общая площадь сечений подводов F_q $F_q=q \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot (D_q^2)$ 1 1

Энергия E $E=5 \cdot 10^5$ 1 1

Начальные данные для расчета указываются в соответствующих окошках. Рабочее тело и его агрегатное состояние выбираются из раскрывающихся списков.

Расчет

Расчет можно производить двумя способами



ИЛИ

Все изделие сразу

Последовательно
для каждого участка

Результат

Результат может быть представлен в виде:



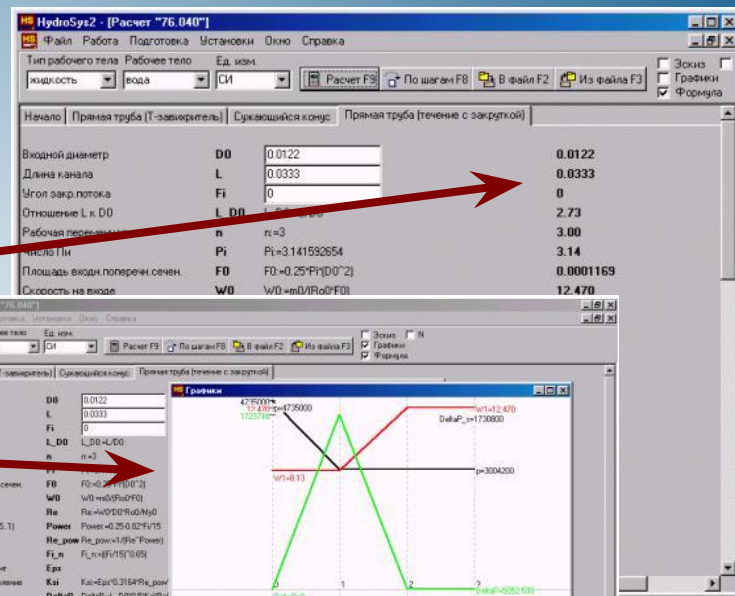
Численном



Графическом



Специально созданного протокола



Протокол

Комментарий

- * Гидравлическое сопротивление $K_{\text{ai}} = 0.0613$
- * Перепад давления $\Delta P_{\text{tr}} = 2030.257$
- * Давление на выходе $p = 3009252$
- * Плотность на выходе $\rho_{\text{a0}} = 1000.172$
- * Вязкость на выходе $\mu_{\text{y}} = 0.00109$
- * Скорость на выходе $W1 = 12.470$
- * Суммарный перепад давления $\Delta P_{\text{сум}} = 1725748$
- * $\rho_{\text{a0}} = 1000.172$
- * $\mu_{\text{y0}} = 0.00109$
- * Прямая труба (течение с закруткой)
- * Входной диаметр $D0 = 0.0122$
- * Длина канала $L = 0.0333$
- * Угол закр. потока $Fi = 0$
- * Отношение L к D0 $L_D0 = 2.73$
- * Рабочая переменная $n = 3.00$
- * Число Пн $Pi = 3.14$
- * Площадь входн. поперечн. сечен. $F0 = 0.0001169$
- * Скорость на входе $W0 = 12.470$
- * Число Рейнольдса $Re = 139561$
- * Отношение диаметров [0.5..1] $Power = 0.250$
- * Рабочая переменная $Re_{\text{pow}} = 0.0517$
- * Рабочая переменная $Fi_n = 0$

HydroSys обладает базой данных теплофизических свойств рабочих тел. Файлы содержат значения вязкости, плотности и коэффициентов сопротивления.

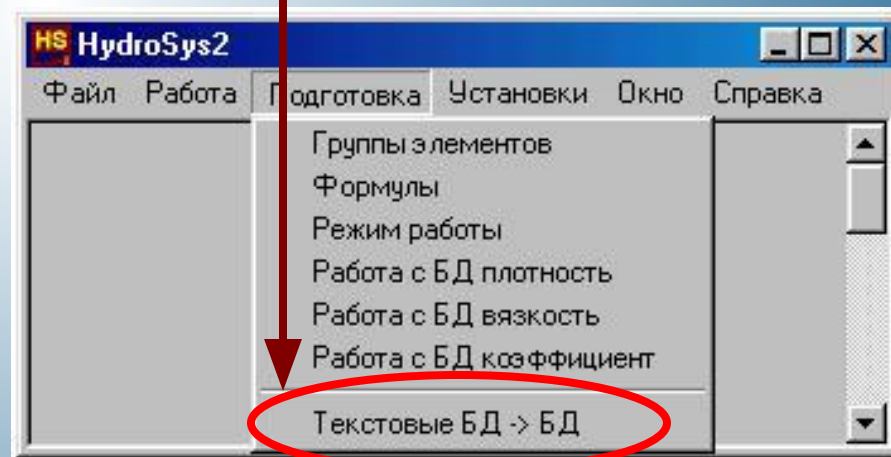
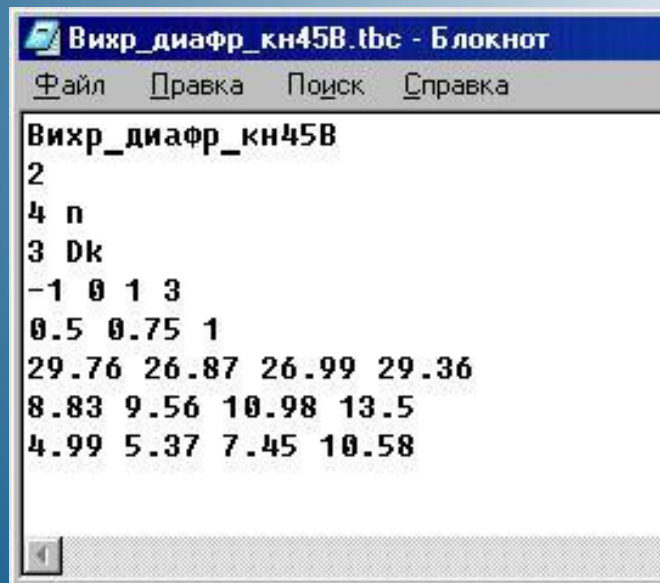
HS Вязкости			
N	File	Рабочее тело	Num
1	Вода.dbm	вода	2
2	Водород.dbm	водород	2
3	Воздух.dbm	воздух	2
4	Керосин.dbm	керосин (ж)	
5	Кислород.dbm	кислород (ж)	
6	Метан.dbm	метан	
7	Пропан.dbm	пропан	

HS Коэффициенты		
N	File	Участок
1	Kn_2_7.dbc	Kn (n=1,2)-
2	Kn_t.dbc	Kn_t
3	Vx_pr_tr.dbc	Vx_pr_tr - Вход в п
4	Vx_truby.dbc	Вход в трубу (Образе
5	Vyx_diffuzr	Vyx_diffuzор Выход(
6	Раструб.dbc	Раструб
7	Раструб_1.db	Раструб_1
8	Тр_круг_сеч	Тр_круг_сеч - Труба
9	Тр_с_выемка	Тр_с_выемками - Тру
10	Тр_шорок.dbc	Тр_шорок - Труба кр
11	Вихр_диафр_	Вихр_диафр_кн45В
12	Вихр_диафр_	Вихр_диафр_кн45С
13	Вихр_диафр_	Вихр_диафр_кнВ
14	Вихр_диафр_	Вихр_диафр_кнС

HS Плотности			
N	File	Рабочее тело	Num
1	Вода.dbr	вода	2
2	Водород.dbr	водород	2
3	Воздух.dbr	воздух	2
4	Керосин.dbr	керосин (ж)	1
5	Кислород.dbr	кислород (ж)	2
6	Метан.dbr	метан	2
7	Пропан.dbr	propan - density	0

База данных может быть **пополнена** одним из двух способов:

1) Создание новых файлов. Сначала файл создается в простейшем текстовом редакторе, затем конвертируется в самой программе HydroSys.



2) Изменение старых файлов.

HS вода [плотность]

Столбцы: T

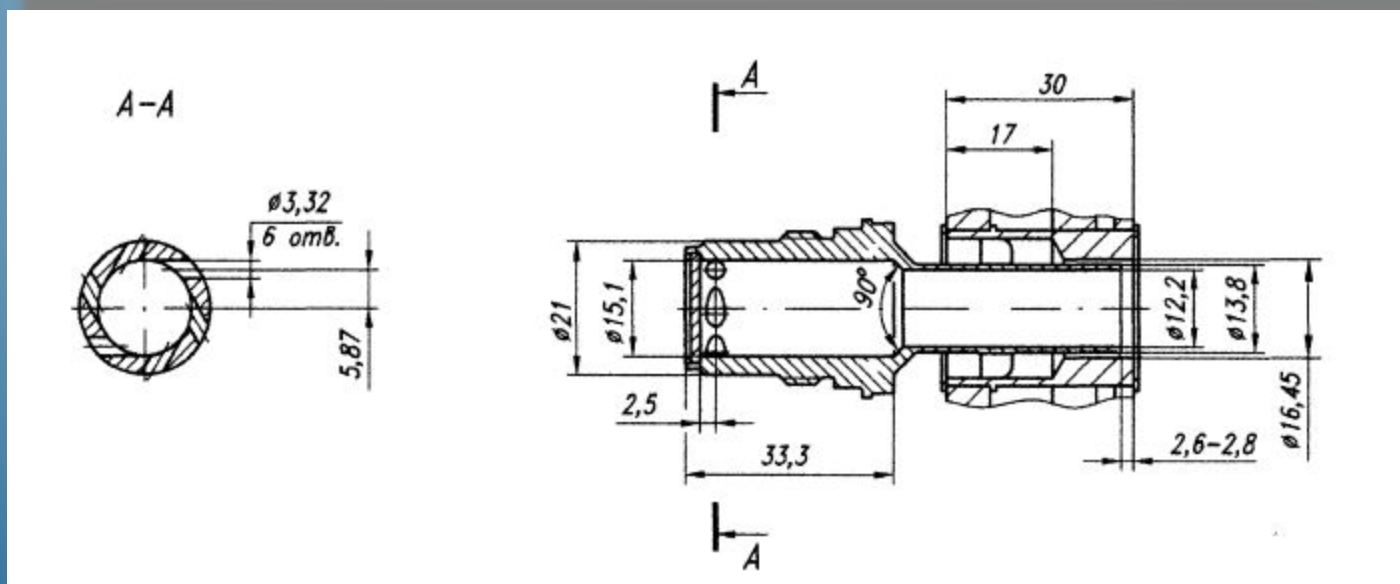
Строки: p

Рабочее тело: вода

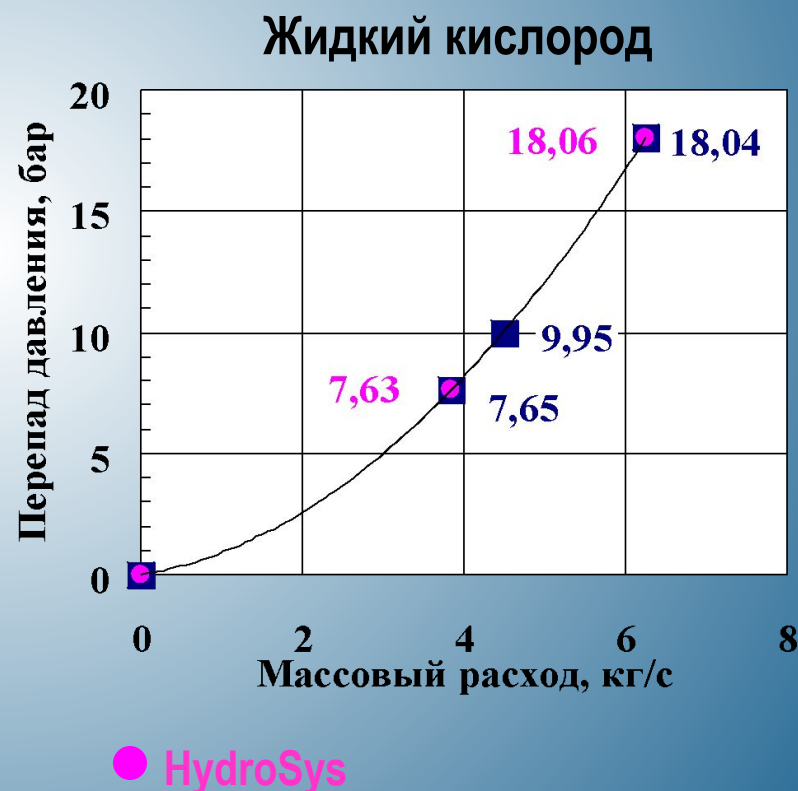
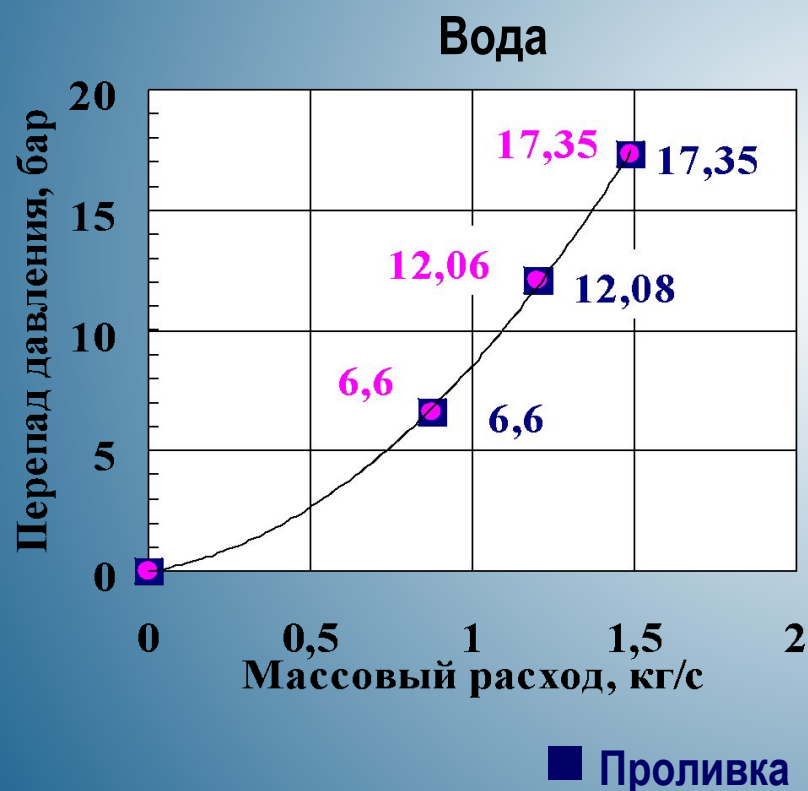
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
		273	274	275	276	277	278
p1	100000	999.841	999.9	999.941	999.965	999.973	999.978
p2	5000000	1002.196	1002.255	1002.2964	1002.32	1002.328	1002.332
p3	10000000	1004.51501	1004.57428	1004.61548	1004.63959	1004.64763	1004.65371

Апробация работы программного комплекса проводилась в КБ Химавтоматики путем сопоставления результатов экспериментов с данными, полученными средствами HydroSys.

В качестве примера приведены результаты расчета центробежной крупнорасходной соосно-струйной форсунки с закруткой потока на входе.



Сравнение результатов проливок* с результатами расчета, проведенного с помощью HydroSys



* Результаты проливок являются обобщением большого количества экспериментальных данных



Спасибо за внимание