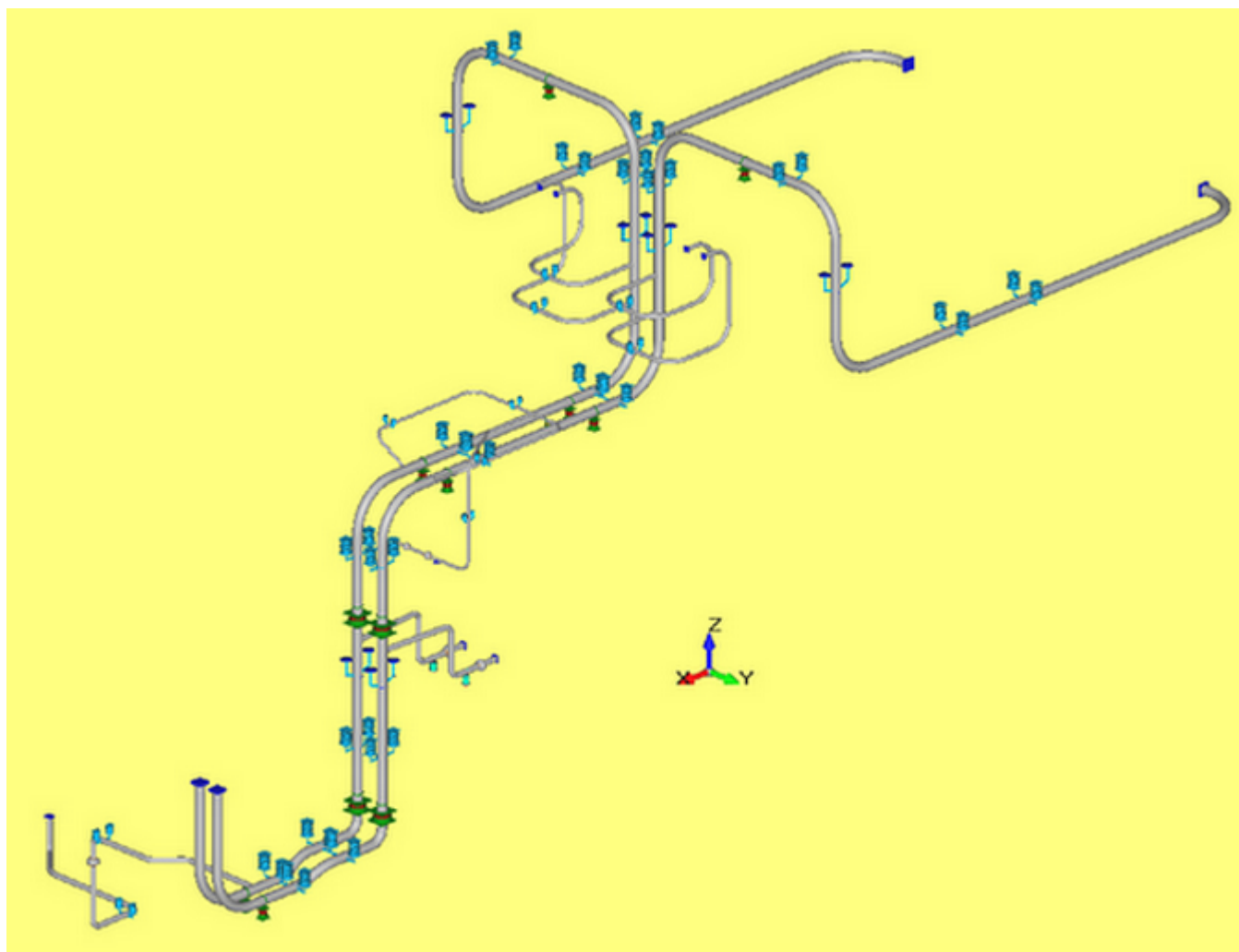




dPIPE 5. Самоучитель.



С. Петербург
© 2017 ЦКТИ-Вибросейсм

Содержание

	0
Часть I Введение	3
1 Установка программы.....	3
2 Тестовый пример.....	3
3 Основное окно программы.....	4
Часть II Быстрый старт	5
1 Нормы расчета.....	5
2 Сечения труб.....	7
3 Геометрия трубопровода.....	12
Сохранение модели	15
Принцип задания направления	15
Продолжение построения модели	17
4 Режимы работы.....	21
5 Задание на расчет.....	23
6 Ход выполнения расчета	24
7 Просмотр результатов.....	25
Распечатки результатов расчетов	26
Pipe3DV	29
Часть III Базовый курс	32
1 Текстовый режим.....	32
2 Моделирование ответвления.....	35
Тройник	35
Пружина и клапан	41
Переход и патрубок насоса	44
3 От насоса к тройнику.....	45
4 Редактирование модели.....	50
Разделение модели на логические части	50
Вставка промежуточных узлов	51
Изменение типа опоры	52
Нелинейные опоры	55
Отрывающаяся опора	57
Мигающая пружина	58
	0

1 Введение

Настоящий документ предназначен для быстрого ознакомления и начала работы с ПК dPIPE 5. Ниже приведено краткое описание интерфейса программы и "горячих клавиш". На примере [тестовой модели](#) дается пример по рекомендованной последовательности действий и приемам Пользователя для построения расчетной модели, ввода исходных данных, формированию задания на расчет, выполнению расчета, просмотра и анализов результатов расчета. Представленная в примере расчетная модель ограничена двадцатью узлами и может быть проанализирована в рамках демо-версии программы.

1.1 Установка программы

Для того чтобы установить dPIPE 5 на Ваш компьютер следует запустить инсталляционную программу dp5_setup.exe и следовать ее инструкциям. В процессе установки программы Вам будет предложен язык интерфейса программы-установщика, место на диске Вашего компьютера, куда программа будет установлена, а также язык интерфейса dPIPE.

Программа установки либо входит в установочный пакет, передающийся Пользователю при ее покупке, либо может быть скачана через Интернет с сайта www.dpipe.ru (раздел "[Файлы для загрузки](#)").

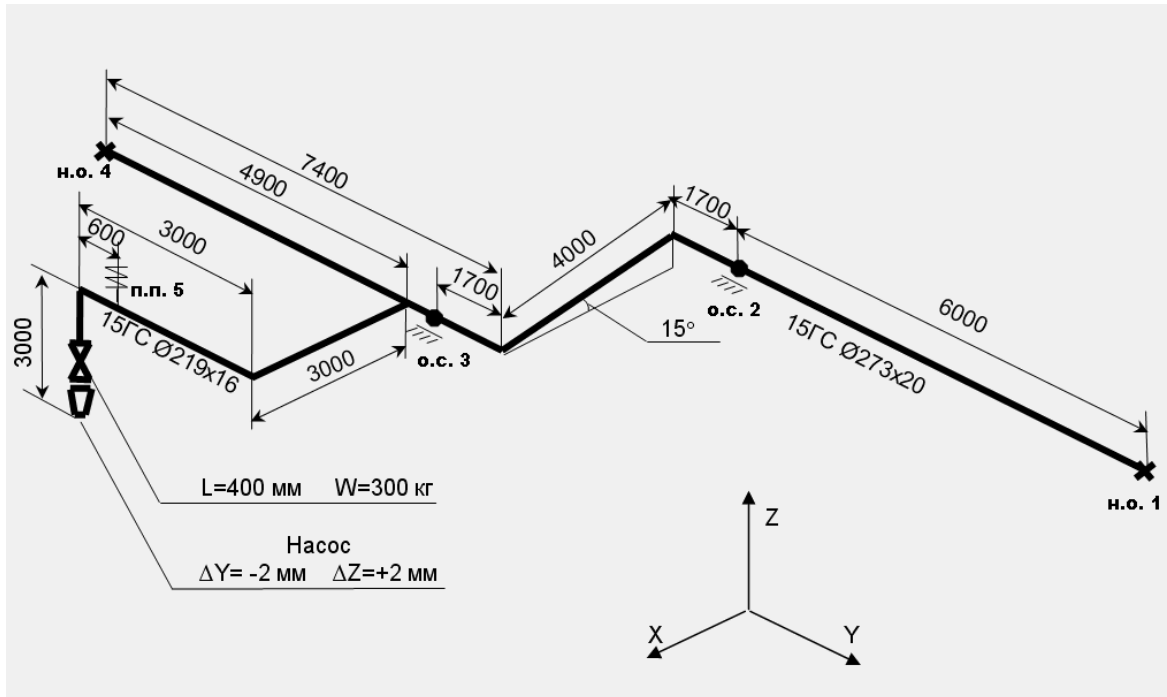
Для полноценной работы программы необходим защитный ключ (аппаратный или программный, пользовательский или сетевой).

При отсутствии защитного ключа программа работает в демонстрационном режиме. В этом случае ее полноценное функционирование ограничено 30 узлами расчетной модели.

1.2 Тестовый пример

Рассмотрим учебный расчет трубопровода питательной воды от насоса в коллектор.

Категория трубопровода I, группа 4 согласно ПБ 10-573-03 "Правила пара и горячей воды".

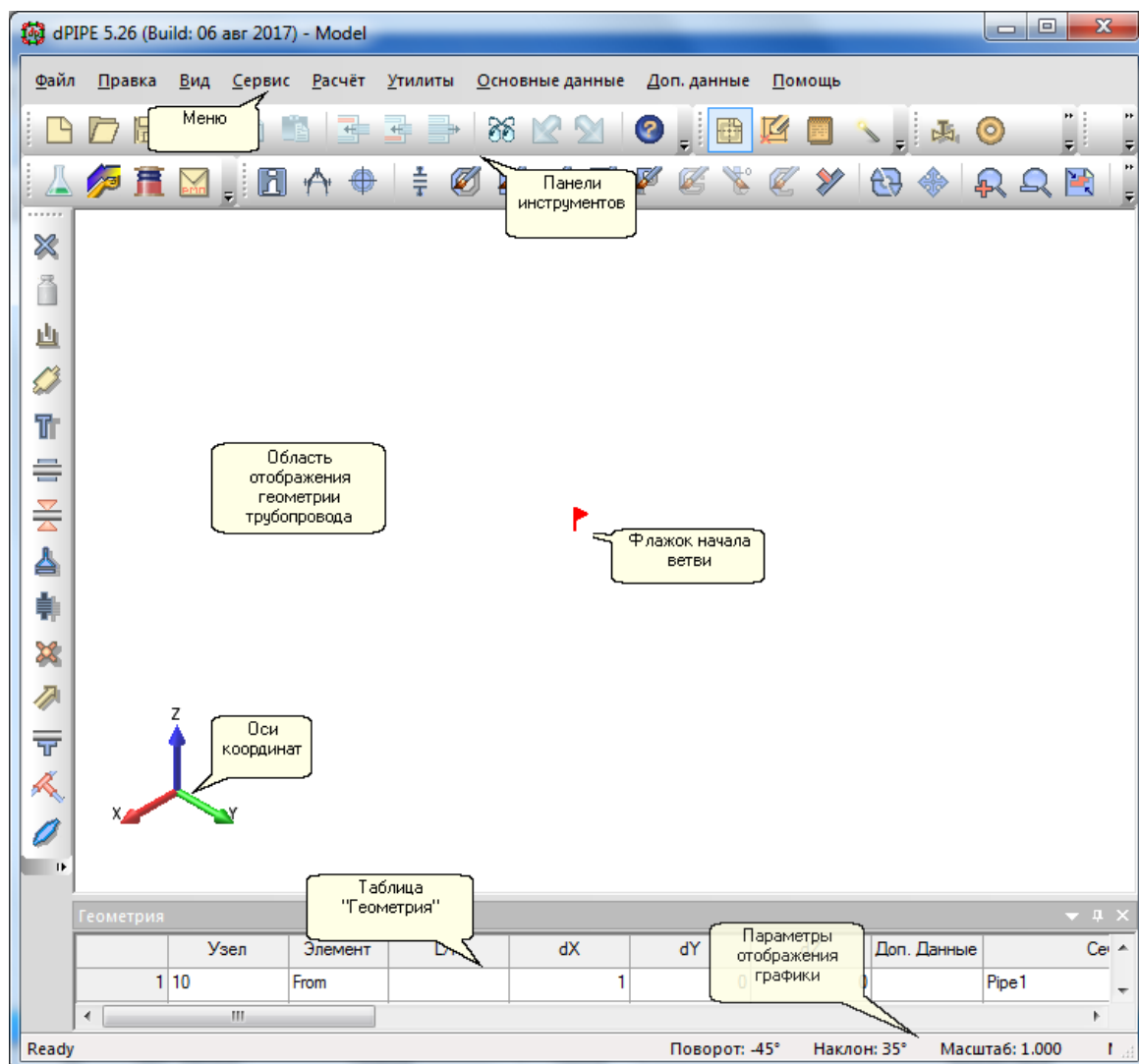


Рабочие параметры: температура 215°C, давление 184 кгс/см². Трубы по ОСТ 108.320.102-78. Изоляция 30 кг/п.м. для трубы 273x20, 25 кг/п.м. для трубы 219x16. Патрубок насоса 194x15, перемещения указаны на рисунке.

Теперь откройте dPIPE 5, если он у Вас еще не открыт, и ознакомьтесь с [ОСНОВНЫМ ОКНОМ ПРОГРАММЫ](#).

1.3 Основное окно программы

В верхней части основного окна расположено меню и панели инструментов. В нижней части таблица задания геометрических размеров трубопровода. Отображение таблицы включается из меню “Основные данные”



Для начала работы выберите [Нормы расчета](#).

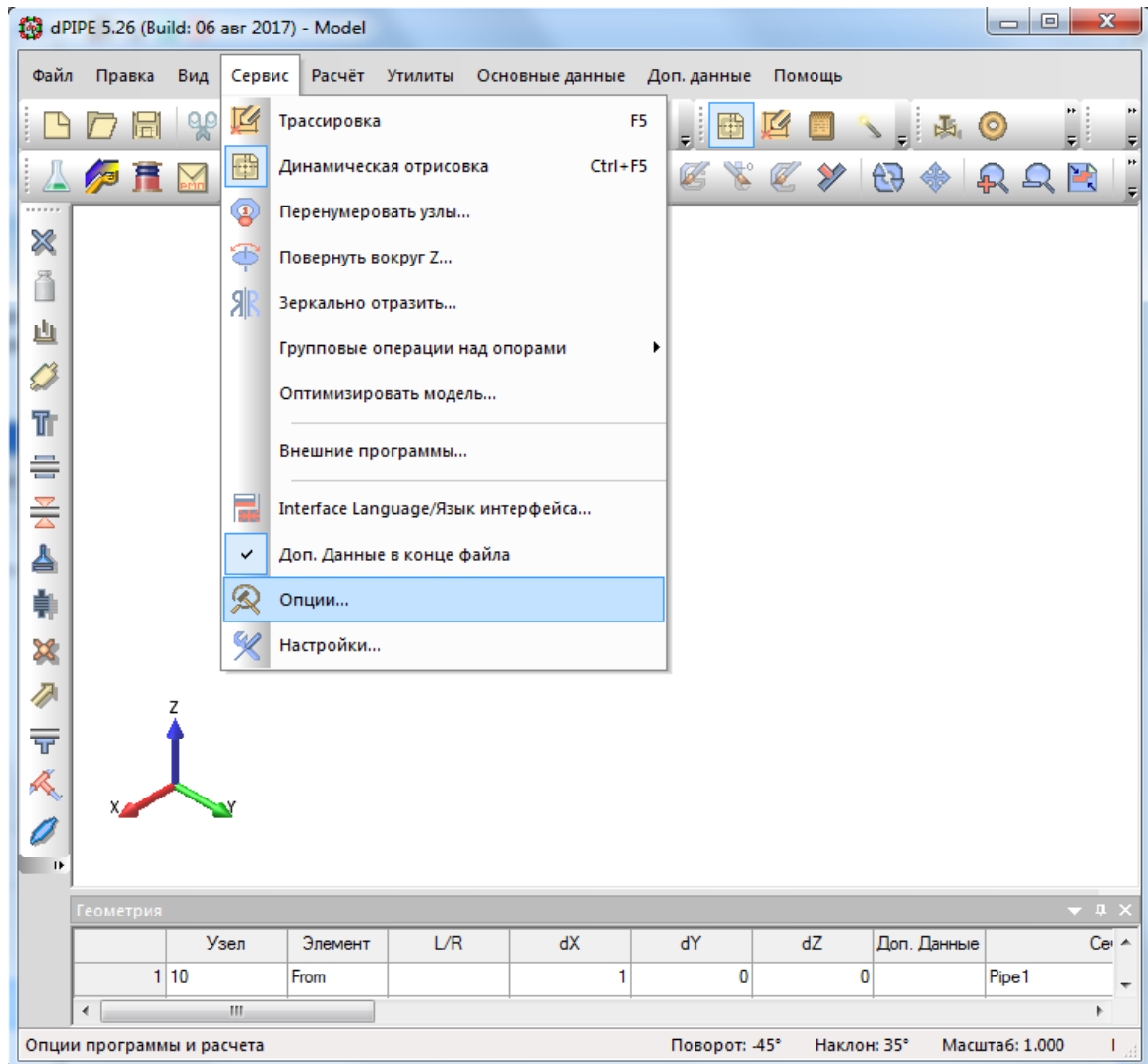
2 Быстрый старт

В этой главе приводится информация о том, как построить простейшую модель трубопровода и выполнить расчет.

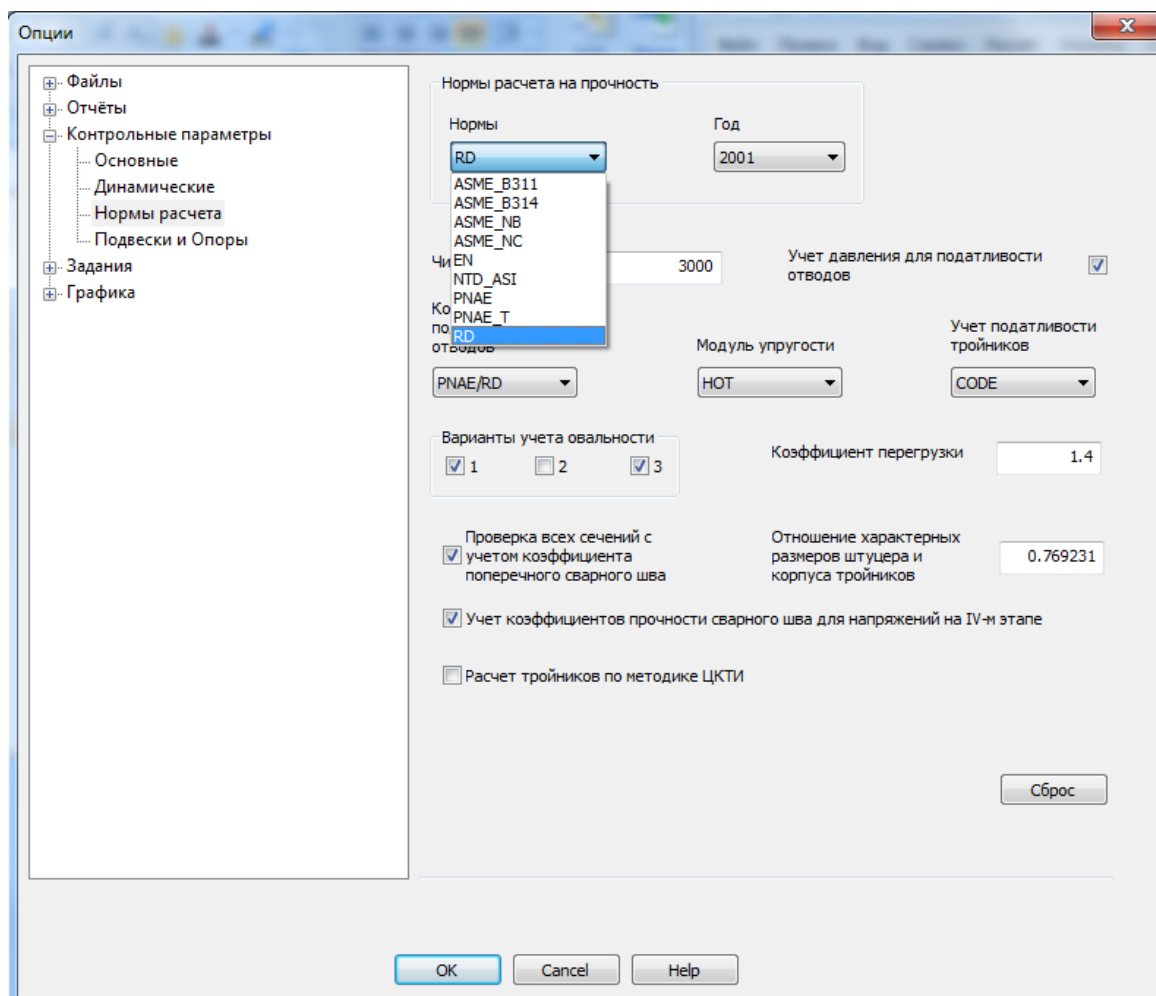
2.1 Нормы расчета

Прежде всего следует определить Нормы расчета на прочность, по которым будет производиться расчет. В соответствии с выбранными Нормами будут определяться **специфические исходные данные** (*физические свойства материалов, допускаемые напряжения, типоразмеры труб и отводов, расчетные случаи*), необходимые для расчета.

В меню "Сервис" выберите команду "Опции":



Откроется следующее диалоговое окно. В папке “Контрольные параметры” выберите строку “Нормы расчета”.

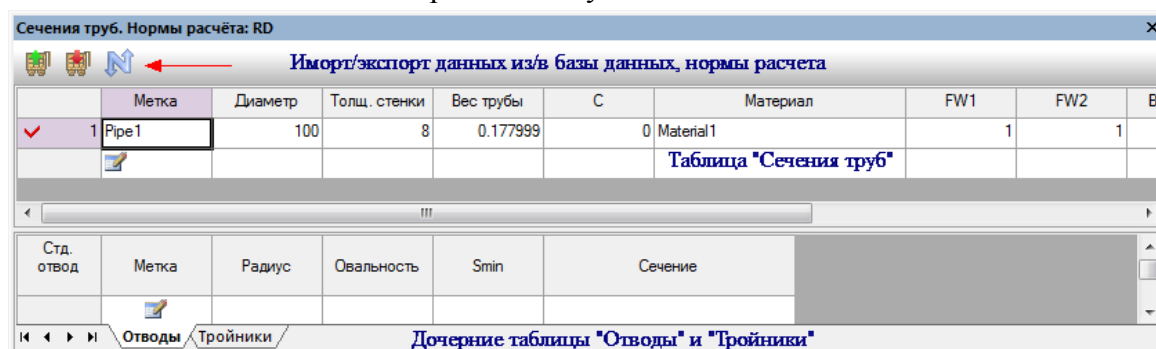


В поле ввода со списком “Нормы расчета на прочность” выберите Нормы "RD" (Это РД 10-249-98 (с Изменением № 1 РДИ 10 413(249) 01) и нажмите кнопку “OK”.

Теперь следует [задать сечения](#) трубопровода, то есть характеристики прямых труб, отводов и тройникового соединения.

2.2 Сечения труб

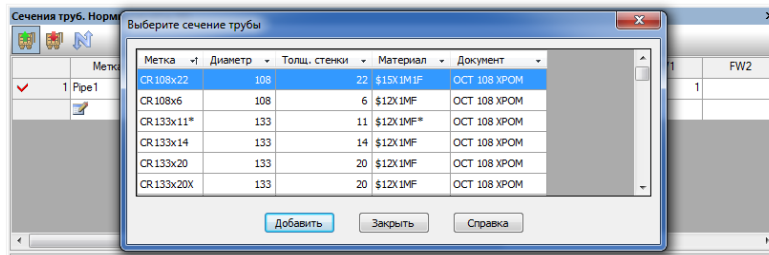
Находясь в [основном окне программы](#), воспользуйтесь командой “Сечения труб” из меню "Основные данные". Откроется следующее окно:



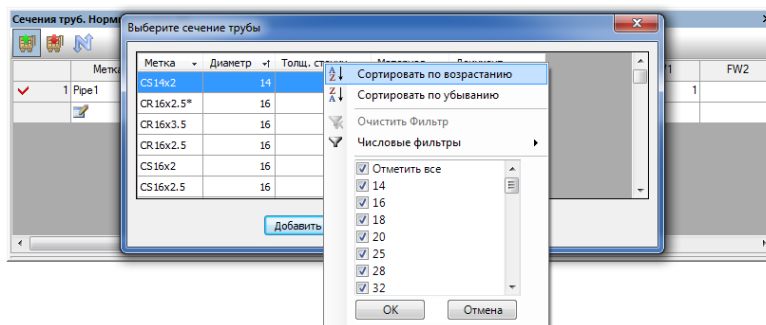
Нажмите на кнопку  для загрузки базы данных

Для удобства пользователей программа содержит базы данных по наиболее часто используемым типоразмерам труб для атомных и тепловых станций. Для тепловых станций в базе представлены два документа: для труб высокого давления - ОСТ 108... и для труб низкого давления: ОСТ 34-10... Базы составлены в открытом текстовом формате (файл PIPE.dbs) и могут пополняться Пользователем самостоятельно.

Появится следующее диалоговое окно:



Щелкните левой клавишей мыши на заголовок столбца “Диаметр”, выберите пункт меню “Сортировать по возрастанию”. Список будет отсортирован по возрастанию значений диаметров труб:

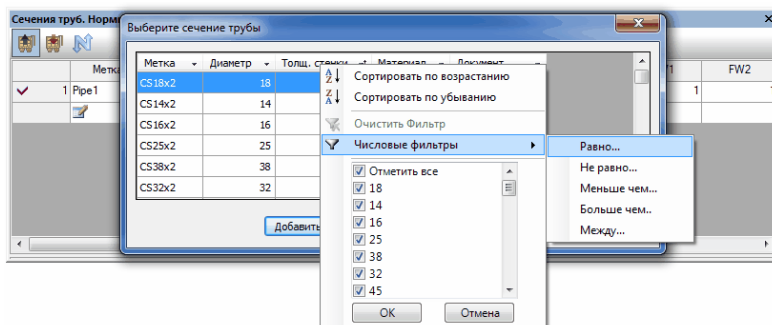


Об обозначениях:

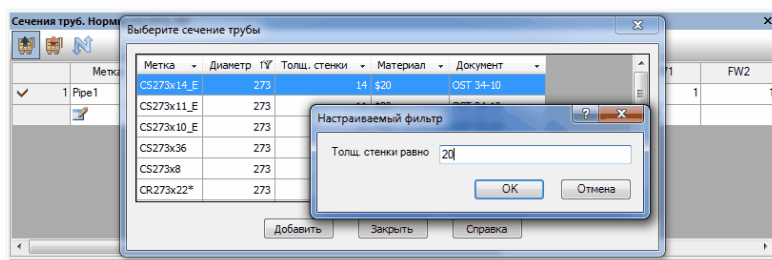
Метки для сечений труб содержат информацию о типе материала, наружном диаметре и толщине стенки, а также о величине ресурса, для которого приведены свойства материала. Например, сечение CS108x8 соответствует трубе с наружным диаметром 108 мм и номинальной толщиной стенки 8 мм. Префикс «CS» используется для углеродистой стали, а префикс «CR» - для нержавеющей. Данные для сечений трубопровода экспортируются программой из текстового файла “pipe.dbs”, который может редактироваться и дополняться Пользователем. Свойства материалов также экспортируются из базы данных, записанной в текстовый файл «mat.dbs» и доступны для дополнения/редактирования Пользователем...

В правом столбце мы видим марку стали трубы. Значок доллара \$ означает, что характеристики стали берутся по котельным Нормам (РД 10-249-98). Если бы мы изначально выбрали атомные Нормы расчета (ПНАЭг 7-002-86), то список был бы другим. Последний символ “*” (звездочка) означает, что номинальные допускаемые напряжения принимаются, исходя из расчетного ресурса 100 тысяч часов. Для остальных труб расчетный ресурс 200 тысяч часов.

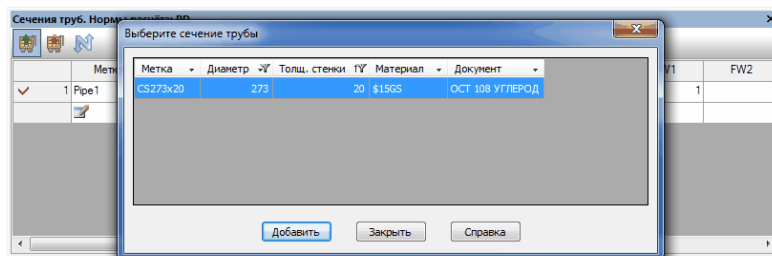
Для поиска трубы с определенной величиной диаметра воспользуйтесь числовым фильтром. Щелкните левой клавишей мыши на заголовок столбца “Диаметр”, выберите пункт меню “Числовые фильтры”, выберите пункт меню “Равно..”, задайте значение 273.



Аналогичным образом задайте фильтр поиска сечения с толщиной стенки, равной 20 мм.



Выберите трубу 273x20 15ГС и нажмите “Добавить”:



В окне “Сечения труб” появилась новые записи. Растяните мышкой это окно так, чтобы видеть все строки:

Сечения труб. Нормы расчёта: RD

	Метка	Диаметр	Толщ. стенки	Вес трубы	C	Материал	FW1	FW2	Вес изол.	Корр.
1	Pipe1	100	8	0.177999	0	Material1	1	1	0	0 Нет
2	CS284x28E	284	28	1.964	0	\$15GS	1	CS	0	0 Нет
✓ 3	CS273x20	273	20	1.333	1	\$15GS	1	CS	0	0 Нет

Стд. отвод	Метка	Радиус	Овальность	Smin	Сечение
1	LR	1370	7	14.7	CS273x20
2	SR	375	7	15.5	CS273x20
2	EL	350		17	CS284x28E

Отводы / Тройники

В верхней части таблицы представлены трубы, в нижней - стандартные детали, сочетающиеся с выбранным сечением: отводы (гибы) и тройники. Встаньте мышкой на нижнюю строчку верхней таблицы. Это выбранная нами труба 273x20 15ГС. Вес трубы принят по ОСТ 108.320.102-78. Значение 1 мм в столбце “С” соответствует утонению 5%, эта величина принята по ТУ 14-ЗР-55-2001.

если значение в поле “С” задается числами больше нуля, то программа интерпретирует это как величину утонения в мм. Значения < 0 программа интерпретирует как проценты от толщины стенки и автоматически преобразует их в мм.

Введите в столбце “Корр”(коррозия) в строке CS273x20 значение “1”, то есть 1 мм.

Так как трубы бесшовные, то в поле “FW1”– коэффициент снижения прочности продольного (спирального) сварного шва – оставляем “1”. А поле “FW2” содержит коэффициент снижения прочности поперечного сварного шва в соответствии с таблицей 4.2 Норм.

В dPIPE дробная часть отделяется от целой всегда точкой (.) и никогда запятой (,)

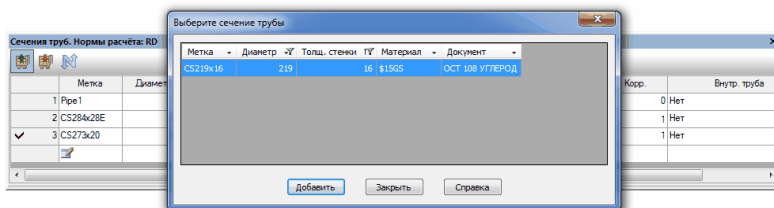
В поле “Вес изол” – введите вес изоляции в Н/мм.: 30 кг/м ~ 0.3 Н/мм.

☐ О трубе E_CS225C.

Рассмотрим нижнюю таблицу окна “Сечения труб”. Одной прямой трубе в верхней таблице соответствуют 3 возможных отвода в нижней таблице. Характеристики поперечного сечения отвода берутся из верхней таблицы.

Здесь LR - гнутый отвод, SR - крутоизогнутый, EL - колено штампованное. Так как LR и SR изготавливаются из той же самой трубы 273x20 15ГС, то в поле “Сечение” этой таблицы стоит ссылка на эту трубу. Сечение штампованного колена отличается другим наружным диаметром и толщиной стенки, поэтому для него в верхнюю таблицу прямых труб автоматически добавилась E_CS225C.

Аналогичные действия произведите для ввода сечения 219x16 из стали 15ГС. В базе данных этому сечению соответствует метка CS219x16:



В таблице "Сечения труб" задайте погонный вес изоляции 0.25 Н/мм:

Сечения труб. Нормы расчёта: RD											
	Метка	Диаметр	Толщ. стенки	Вес трубы	C	Материал	FW1	FW2	Вес изол.	Корр.	
	2	CS284x28E	284	28	1.964	0 \$15GS	1	CS	0	0.3	Не
	3	CS273x20	273	20	1.333	1 \$15GS	1	CS	0	0.3	Не
	4	CS221x22E	221	22	1.224	0 \$15GS	1	CS	0	0.25	Не
✓	5	CS219x16	219	16	0.856	0.8 \$15GS	1	CS	0	0.25	Не

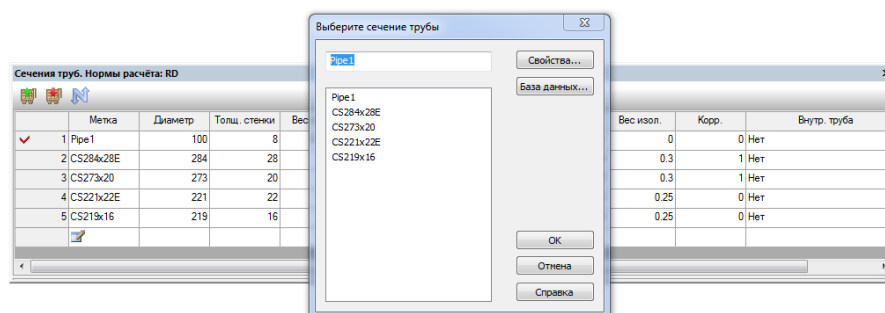
Стд. отвод	Метка	Радиус	Овальность	Smin	Сечение
1	LR	850	7	11.7	CS219x16
2	SR	375	7	13	CS219x16
3	EL	260		14	CS221x22E

Удалить сечение "Pipe1" сейчас нельзя. Программа не даст удалить сечение, которое используется в трубопроводе. Точно также программа не позволит удалить материал, если на него ссылается сечение трубы.

В нижнем окне "Геометрия" щелкните два раза левой кнопкой мышки по полю "Сечение" (там, где написано "Pipe1").

Геометрия											
	Узел	Элемент	L/R	dX	dY	dZ	Доп. Данные	Сечение	Группа		
1		From		1	0	0		Pipe1	LG1		

Откроется окно "Выбор сечения":



Выберите CS273x20 и нажмите ОК.

☐ Или можно нажать кнопку “Свойства...” и еще раз просмотреть/отредактировать свойства сечения. Можно нажать кнопку “База данных” и открыть уже знакомый диалог выбора труб. Если написать в верхнем поле идентификатор, не входящий в список, то будет создано новое сечение труб....

Таблица "Геометрия" готова к вводу исходных данных:

Геометрия									
	Узел	Элемент	L/R	dX	dY	dZ	Доп. Данные	Сечение	Группа
1	10	From		1	0	0		CS273x20	LG1

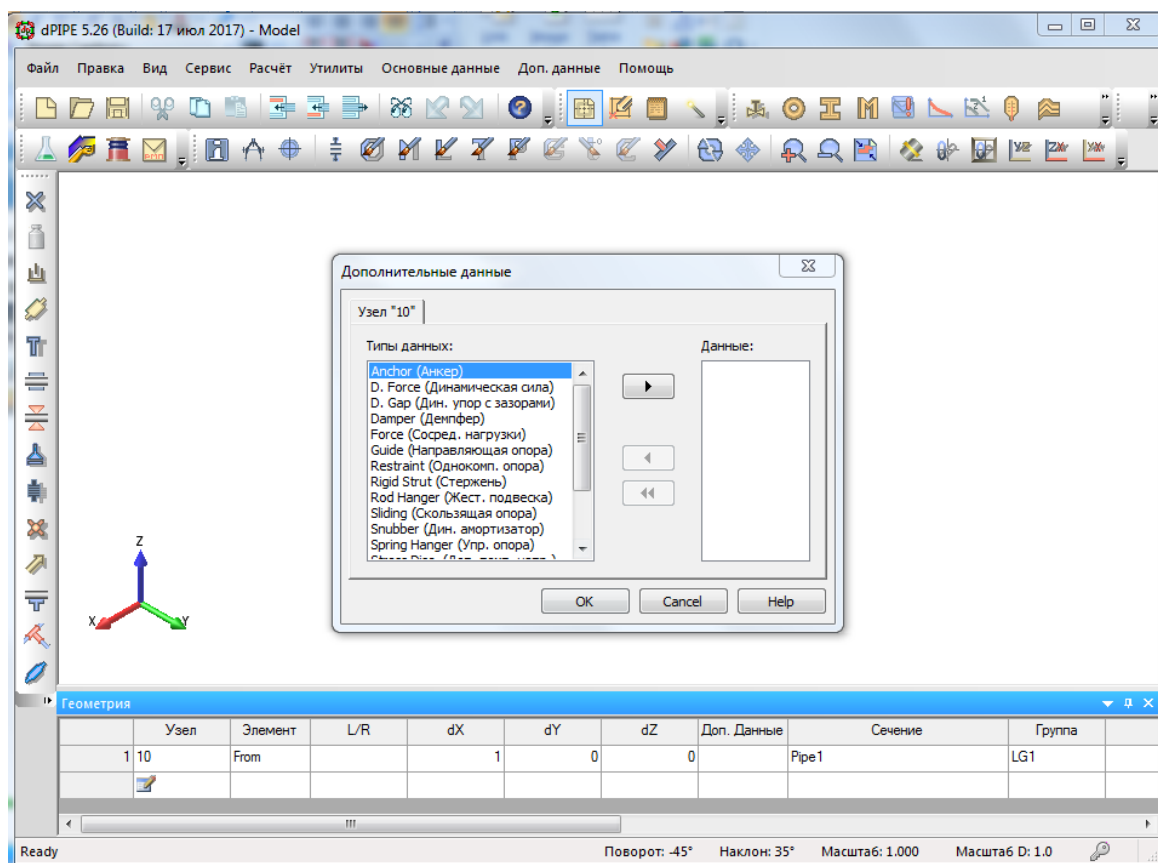
Теперь можно удалить из таблицы “Сечения” трубу “Pipe1”. Находясь на строке "Pipe1", нажмите правую кнопку мыши и во всплывающем окне выберите команду ☐ "Удалить строки". Можно воспользоваться аналогичной командой из меню "Правка", нажать соответствующую кнопку в панели инструментов или сочетание клавиш клавиатуры "Ctrl+D".

	Метка	Диаметр	Толщ. стенки	Вес трубы	C	Материал	FW1	FW2	Вес изол.	Корр.
✓ 1	Pipe1	100	8	0.177999	0	Material1	1	1	0	0 Нет
2	CS284x28E			1.964	0	\$15GS	1	0.9	0.3	1 Нет
3	CS273x20			1.333	1	\$15GS	1	0.9	0.3	1 Нет
4	CS221x22E			1.224	0	\$15GS	1	0.9	0.25	0 Нет
5	CS219x16			0.856	0.8	\$15GS	1	0.9	0.25	0 Нет

Закройте таблицу “Сечения” и перейдите к таблице ["Геометрия"](#).

2.3 Геометрия трубопровода

Введите в полях dX, dY и dZ числа 0, -1, 0 соответственно. Затем дважды щелкните левой кнопкой мыши по полю “Доп. Данные”. Откроется диалоговое окно. В левом списке выберите “Anchor (Анкер)” – и нажмите кнопку со стрелкой вправо или дважды щелкните левой клавишей мыши по левому списку на первой строке – в узле появится Anchor (неподвижная опора).



Нажмите кнопку “ОК”. Диалоговое окно закрывается.

Для продолжения ввода исходных данных спуститесь на следующую строку таблицы и в поле "L/R" введите число **6000**. Это длина участка трубопровода в миллиметрах между неподвижной (Anchor) и скользящей опорой. После нажатия клавиши "ENTER" в поле "Узел" появится новая метка узла "20".

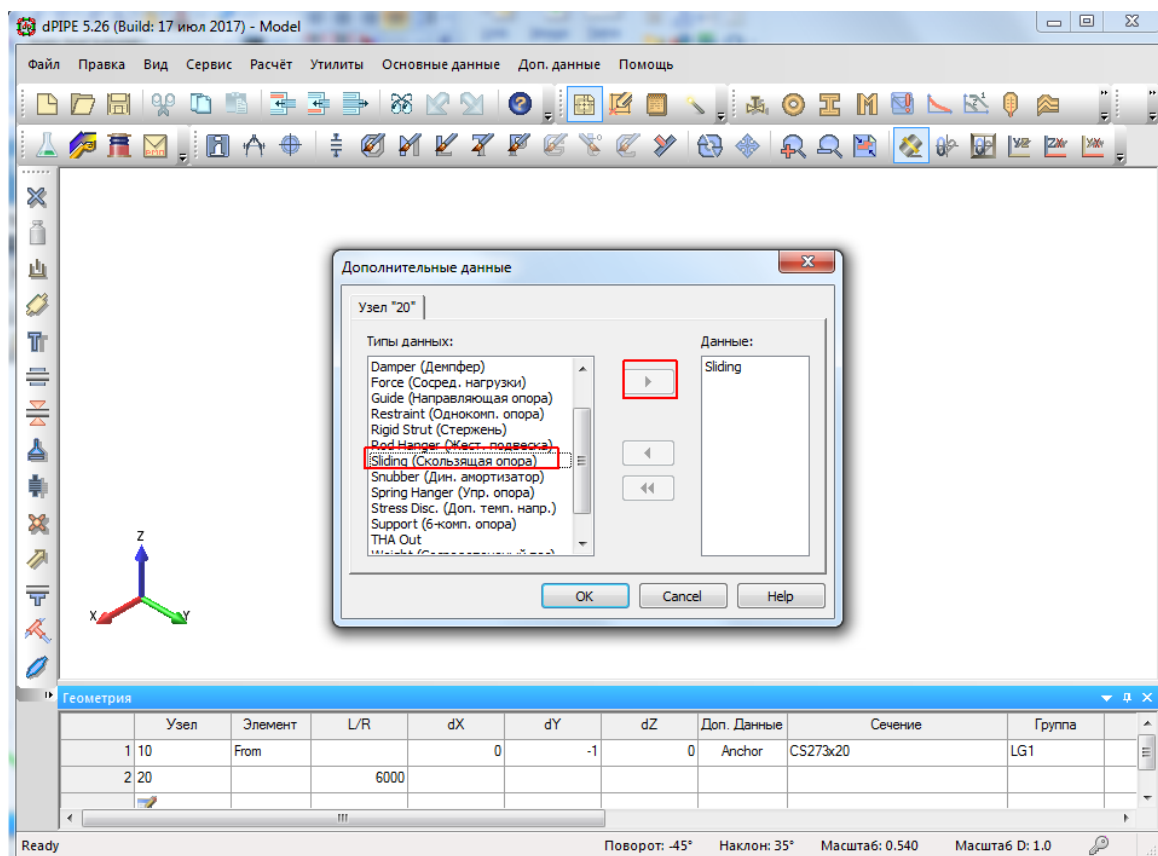
Узел - это точка расчетной модели, в которой задаются/изменяются исходные данные и вычисляются перемещения, нагрузки и напряжения.

▣ *Информация для Пользователей, знакомых с программой РАМПА:*

В РАМПе модель делилась на участки, участки делились на сечения. Границами участков являлось изменение свойств трубопровода (температура, давление, диаметр, вес, номинальное допускаемое напряжение), тройники, неподвижные опоры (заделки, патрубки оборудования) и свободные концы трубопровода. Количество сечений на участке было ограничено.

В dPIPE 5 те данные, которые в РАМПЕ требовали создания нового участка, можно задать в каждом узле. Если проводить аналогию между РАМПой и dPIPE 5, то можно представить узел как границу участка по возможности и как сечение по удобству - так как при переходе от узла к узлу описываются только изменившиеся свойства.

По аналогии с вводом неподвижной опоры (Anchor) в этой же строке в поле “Доп. Данные” введите скользящую опору (Sliding):



В поле “L/R” третьей строчки введите **“1700”**. Между панелью инструментов и таблицей “Геометрия” появилось изображение отрезка трубы.

Программа имеет два режима: режим "динамической отрисовки" и одновременной проверки исходных данных и “пассивный” режим без проверки и отрисовки. Переключение между режимами осуществляется командой “Сервис”-“Динамическая отрисовка” или клавишами “Ctrl+F5” или кнопкой "динамической отрисовки".

Если при вводе допущена ошибка, то выдается предупреждение, и программа переходит в “пассивный” режим. В этом случае следует исправить ошибку и вернуться в режим "динамической отрисовки".

Далее следует перейти на следующую строку и дважды щелкнуть левой клавишей мыши по полю “Элемент” (или нажать на клавиатуре "F2"). В диалоговом окне следует выбрать “Bend” (отвод) и нажать кнопку “OK”. Затем дважды щелкните левой клавишей мыши в ячейке “L/R” и выберите из списка “LR”. В ячейке “dX” вводим **“1”**.

Передвигаться между ячейками таблицы удобнее клавишами курсора (стрелки вверх - вниз, вправо - влево на клавиатуре).

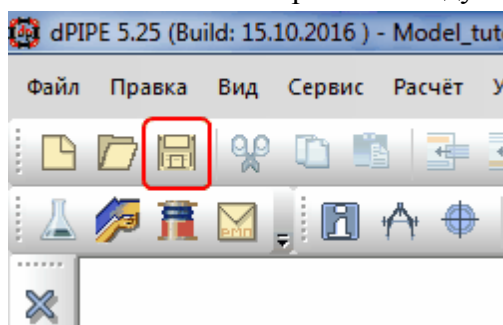
Перейдите на следующую строку, в ячейке “L/R” введите **“4000”** и [сохраните модель](#).

Далее рассмотрим [принцип задания направления](#) и доработаем [оставшуюся часть модели](#).

2.3.1 Сохранение модели

Определите рабочий каталог, например, C:\work\ и сохраните модель, используя стандартный диалог Windows. Не рекомендуется сохранять файлы в инсталляционной папке dPIPE.



В меню “Файл” выберите команду “Сохранить” или нажмите кнопку с дискетой:

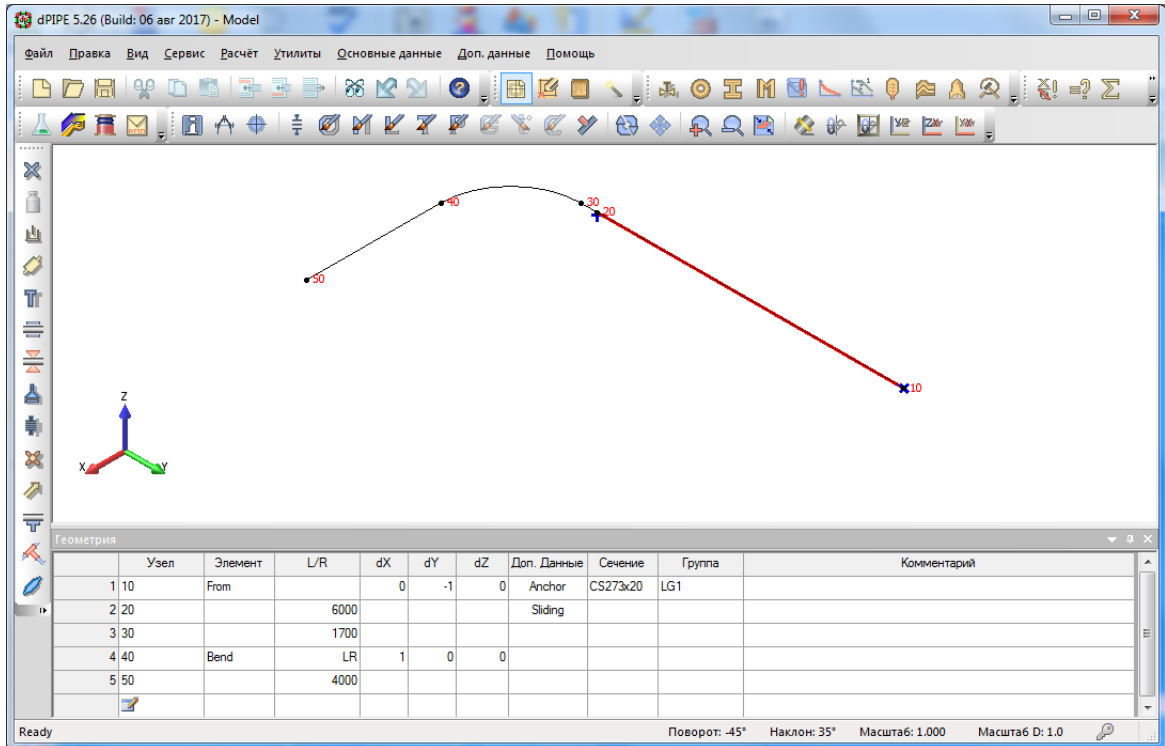


В дальнейшем, в процессе ввода исходных данных рекомендуется периодически сохранять модель. Программа не сохраняет расчетную модель автоматически. Для возврата к последней, сохраненной Пользователем модели, можно воспользоваться командой "Файл" - "Вернуться к сохраненному" (или нажать клавиши Ctrl-T).

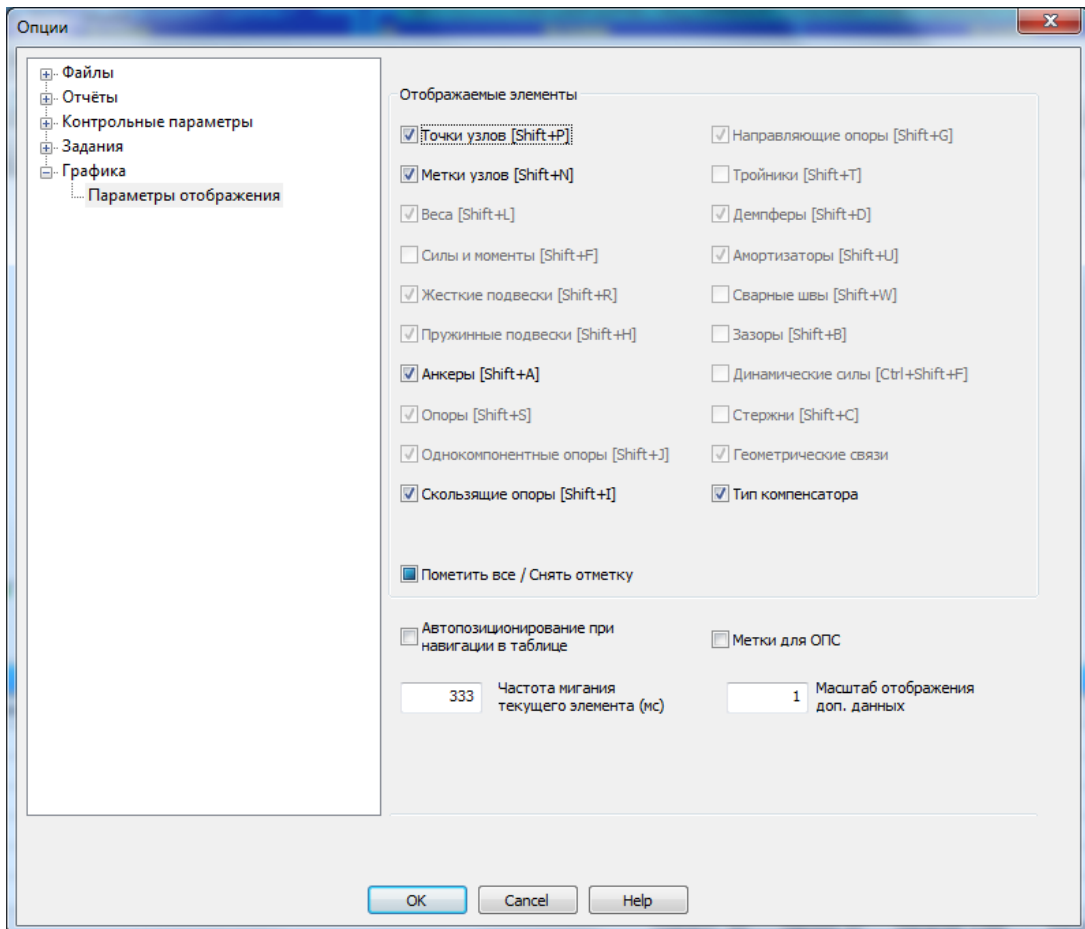
[Рассмотрим](#) построенный трубопровод.

2.3.2 Принцип задания направления

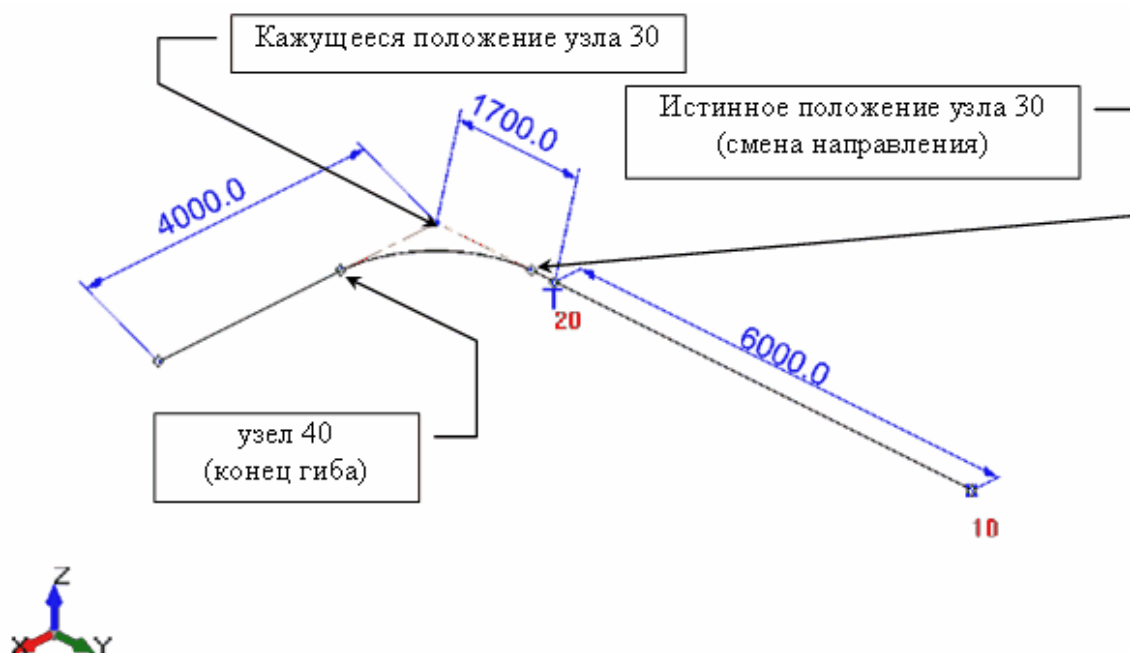
Нажмите на клавиатуре “Ctrl+Shift+I” или “Ctrl+A” или кнопки на панели инструментов  или . Получим:



Если на полученном изображении отсутствуют значки неподвижной и скользящей опор или точек в узлах, нажмите "F3" (либо выполните переход по пунктам меню "Сервис" -> "Опции..." -> "Графика" -> "Параметры отображения") и отметьте соответствующие галочки:



Перед нами построенный участок модели трубопровода, состоящий из 4 элементов и 5 узлов. Трубопровод начинается в узле 10 командой From, где установлена неподвижная опора (Anchor) и направлен в сторону -Y (-1 по dY). Через 6000 мм в узле 20 установлена скользящая опора (Sliding). Еще через 1700 мм трубопровод меняет направление. Новое направление +X (1 по dX). Смена направления происходит в отводе (Bend) гнутом (LR). Трубопровод идет в сторону +X на 4000 мм до узла 50. Рассмотрим местоположение узлов 30 и 40:



Узлы 30 и 40 – точки, где трубопровод меняет направление, то есть прямая труба переходит в изогнутую.

▣ В целях обучения рекомендуется попробовать задать в узле 40 $dX=1$ и $dY=-1$ и получить отвод 45 градусов. Точка 30 переместится относительно точки 20. Верните $dX=1$ и $dY=0$.

Продолжим трубопровод до следующей неподвижной опоры.

2.3.3 Продолжение построения модели

Перейдите на следующую строку после узла 50 и в столбце “Элемент” выберите отвод (Bend). Выберите “**LR**” в столбце “L/R” (нажав на клавиатуре “L” или двойным щелчком мыши по этой ячейке таблицы). В поле dY введите “-7400” и нажмите “Ctrl+Enter”. Поднимитесь курсором на узел 60. Нажмите на клавиатуре

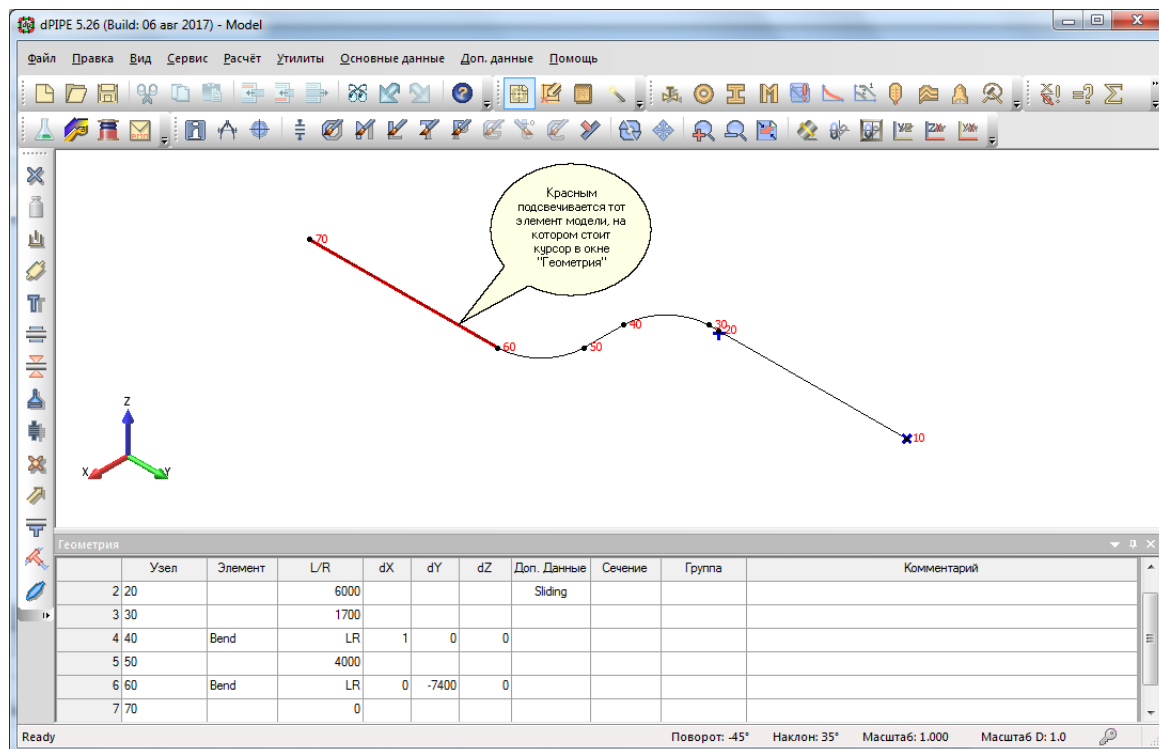
“Ctrl+Shift+I” или “Ctrl+A” или кнопки на панели инструментов



или



Должна получиться следующая картина:

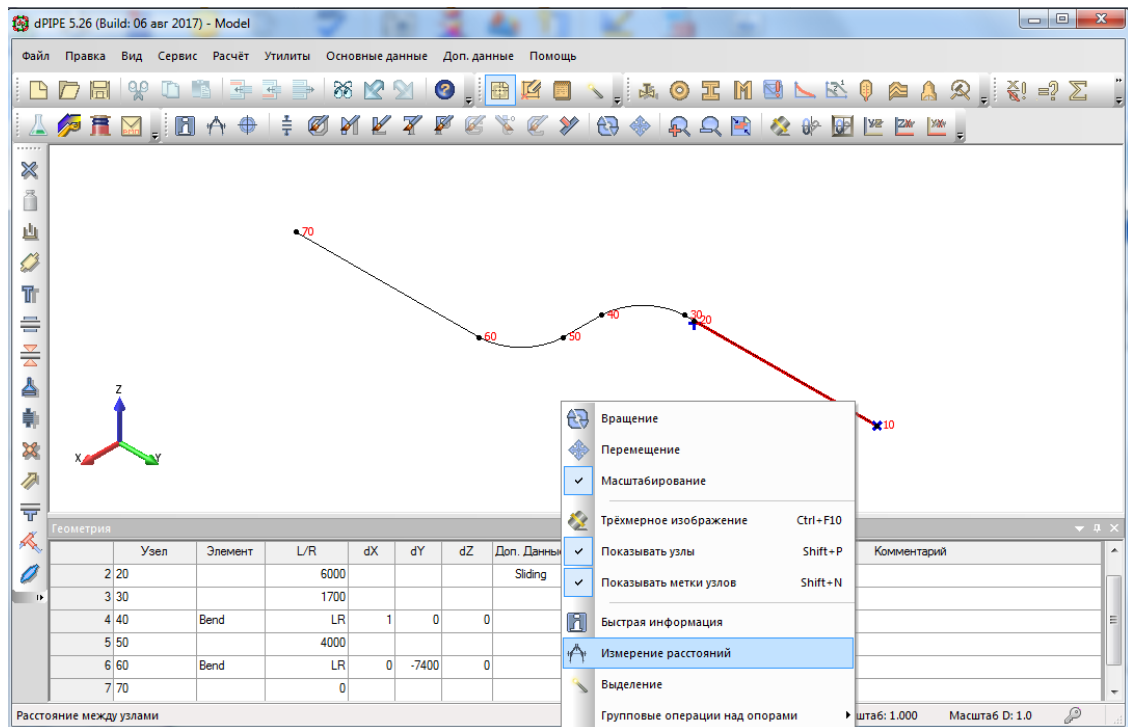


В узлах 10 и 40 задано направление, длина задается соответственно в узлах 20, 30 и 50. В узле 60 в поле для направления задана длина. Но узел 60 - точка, где трубопровод меняет направление. Чтобы появился следующий узел, была добавлена строка узла 70 с нулевой длиной. Если задать ненулевую длину, программа будет воспринимать длину "-7400" как "-1", то есть как будто в узле 60 задано только направление.

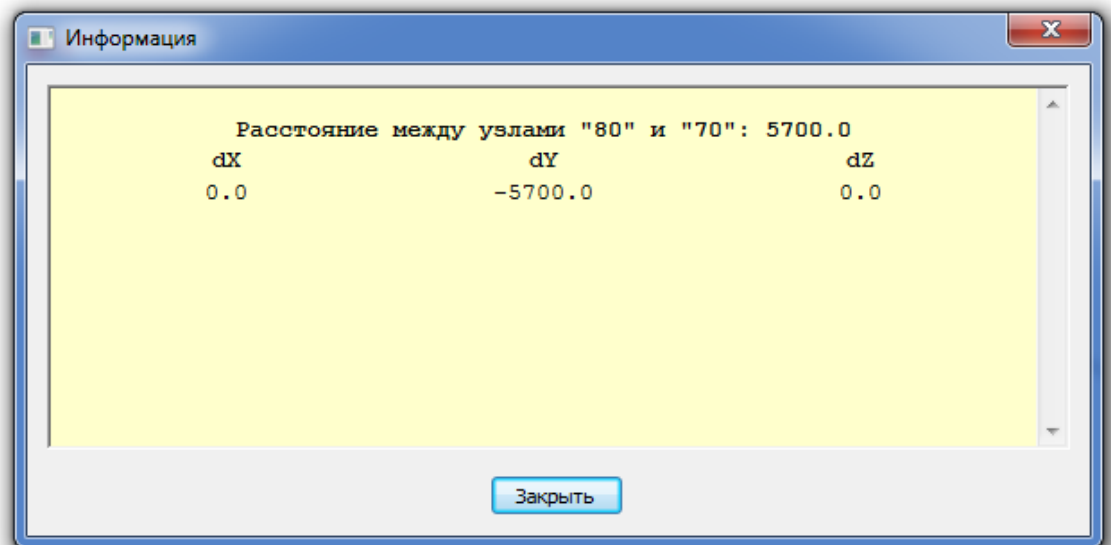
Находясь на шестой строке (узел 60) нажмите "Ctrl+Enter". Между узлами 60 и 70 появился узел 80. Введите в поле "L/R" длину "1700". Это будет местоположение узла 80 относительно узла 60 по -Y. Общее расстояние 7400 мм останется неизменным. Поэтому расстояние между узлом 80 и узлом 60 будет $7400 - 1700 = 5700$ мм.

Измерение расстояний

Находясь в графическом окне, нажмите **правую** кнопку мыши и, если не выбраны, отметьте пункты всплывающего меню "Показывать узлы", "Показывать метки узлов". Выберите во всплывающем меню пункт "Измерение расстояний":




Подведите курсор к узлу 80 и нажмите левую кнопку мыши, а затем к узлу 70 и снова нажмите левую кнопку мыши. Появится информационное окно:



Закройте это окно.

Из этого же всплывающего меню можно выбрать команды "Вращение", "Перемещение", "Масштабирование" для соответствующих действий с помощью мыши; чтобы изменить центр

вращения, нажмите "Ctrl+E" или кнопку , увеличение или уменьшение масштаба зависит от того, в какую сторону вести мышью. Кроме того, поменять масштаб можно колесиком мыши.

Те же действия доступны с клавиатуры: вращение - стрелками курсора, перемещение - стрелками курсора при нажатой клавише "Ctrl", масштабирование - клавишами "+"/"-".

Установите в узле 70 неподвижную опору (Anchor), а в узле 80 скользящую (Sliding).

Добавьте узел 90 на расстоянии 4,9 м до неподвижной опоры узла 70. Для этого в

таблице "Геометрия" встаньте на узел 70, в столбце "L/R" введите "4900" и нажмите "Ctrl+Shift+Enter". Для наглядности можно отключить, а затем снова включить "режим динамической отрисовки" ("Ctrl+F5").

Геометрия										
	Узел	Элемент	L/R	dX	dY	dZ	Доп. Данные	Сечение	Группа	
1	10	From		0	-1	0	Anchor	CS273x20	LG1	
2	20		6000				Sliding			
3	30		1700							
4	40	Bend	LR	1	0	0				
5	50		4000							
6	60	Bend	LR	0	-7400	0				
7	80		1700				Sliding			
8	90		0							
9	70		4900				Anchor			

Расстояние между узлами 80 и 90 составляет $7400-1700-4900=800$ мм. Вставив промежуточные узлы, мы не повлияли на общую длину трубопровода.

При наличии нуля в столбце "L/R" величина в столбцах "dX, dY, dZ" воспринимается как общая длина прямого участка, а длина заданного нулевой длиной отрезка вычисляется. В отсутствии нуля общая длина воспринимается как направление. Два нуля на одном прямом участке не допустимы.

В заключение рассмотрим ещё один полезный способ ввода геометрии трубопровода. Дважды щелкните левой клавишей мыши на заголовке таблицы в столбце "dX" или "dY" или "dZ". Таблица перейдет из декартовых координат в сферические. В узле 40 введите угол "Theta" = "-15" градусов, радиус $r = "4000"$, в узле 50 введите "0".

Геометрия										
	Узел	Элемент	L/R	Fi°	Theta°	r	Доп. Данные	Сечение	Группа	Комментарий
1	10	From		-90	0	1	Anchor	CS273x20	LG1	
2	20		6000				Sliding			
3	30		1700							
4	40	Bend	LR	-15	0	4000				
5	50		0							
6	60	Bend	LR	-90	0	7400				
7	80		1700				Sliding			
8	90		0							
9	70		4900				Anchor			

Теперь участок трубопровода по оси X наклонен на 15 градусов к горизонту. Длина участка по-прежнему составляет 4,0 м. Эта опция особенно полезна при моделировании отводов с углом гиба 15, 30, 60 градусов. Опять дважды щелкните правой клавишей мыши на заголовке таблицы в столбце "Fi" или "Theta" или "r" и вернитесь в декартову систему координат:

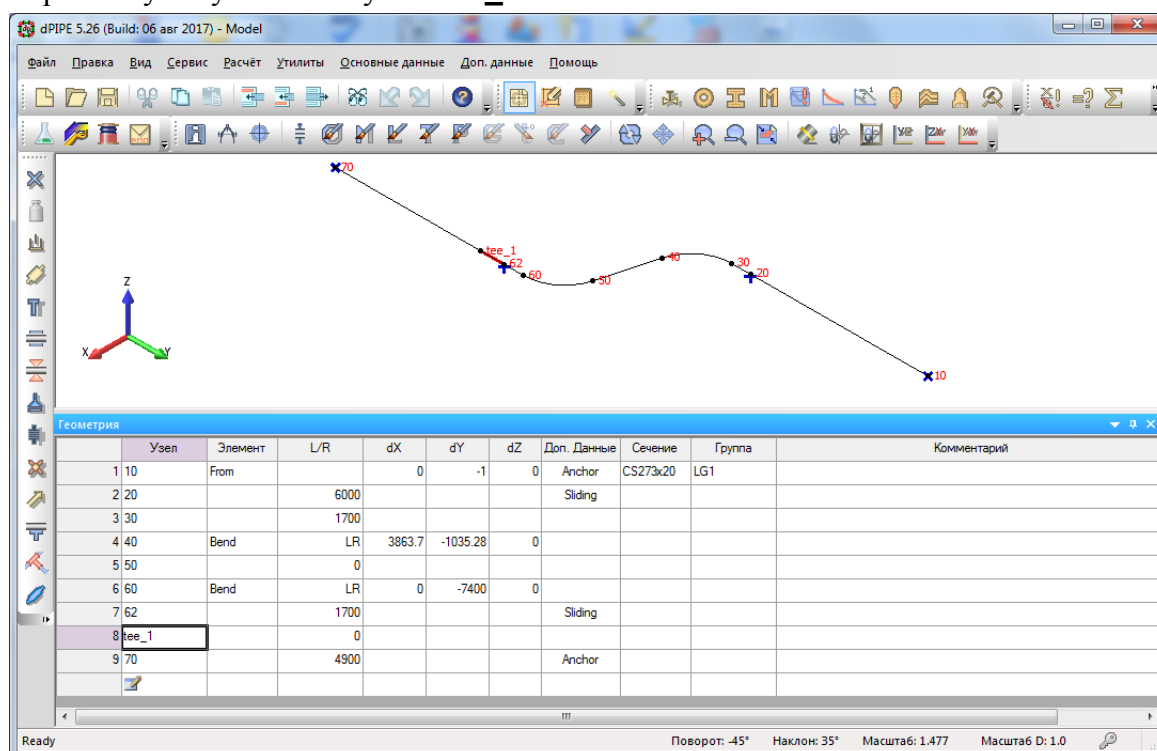
Геометрия										
	Узел	Элемент	L/R	dX	dY	dZ	Доп. Данные	Сечение	Группа	Комментарий
1	10	From		0	-1	0	Anchor	CS273x20	LG1	
2	20		6000				Sliding			
3	30		1700							
4	40	Bend	LR	3863.7	-1035.28	0				
5	50		0							
6	60	Bend	LR	0	-7400	0				
7	80		1700				Sliding			
8	90		0							
9	70		4900				Anchor			

Программа автоматически вычислила размеры по X и Z.

Кроме того, в таблицу встроен простейший калькулятор: введите в колонке "L/R" в 8-ой строке (узел 90) "7400-1700-4900" и нажмите "Enter", а в 9-ой строке введите "0".

Для переименования узла "80" установите курсор на этот номер (7-ая строка, 1-ая колонка) и введите "62".

Переименуйте узел "90" в узел "tee_1".




The screenshot shows the dPIPE 5.26 software interface. The top part displays a 3D model of a pipe system with nodes labeled 10, tee_1, 60, 90, 30, and 20. The bottom part shows a table with the following data:

Узел	Элемент	L/R	dX	dY	dZ	Доп. Данные	Сечение	Группа	Комментарий
1	10	From		0	-1	0	Anchor	CS273x20	LG1
2	20		6000				Sliding		
3	30		1700						
4	40	Bend	LR	3863.7	-1035.28	0			
5	50		0						
6	60	Bend	LR	0	-7400	0			
7	62		1700				Sliding		
8	tee_1		0						
9	70		4900				Anchor		

Закончим на этом построение геометрии трубопровода, зададим режимы работы, расчетные случаи и выполним расчет.

2.4 Режимы работы

Выберите команду меню "Основные данные"—"Режимы работы" (или нажмите ) , чтобы задать рабочие параметры среды. Давление в dPIPE 5 измеряется в МПа, температура в градусах Цельсия, плотность среды в долях от плотности воды.

Введите $P = 18.04$ МПа, $T = 215^{\circ}\text{C}$, $CSG = 1$.

Имя		Метка	P	T	CSG	INS	Тау
✓ 1	OPVAL1	1 LG1	18.04	215	1	1	
		2					

☐ **Примечание:**

Метка *LG1* (*LG=Load Group – нагрузочная группа*) – метка, используемая по умолчанию, для задания участков трубопровода, в которых действуют данные параметры.

Режим работы “*OPVAL1*” – метка, используемая по умолчанию для обозначения режима работы.

Информация для Пользователей, знакомых с программой РАМПА:

В отличие от РАМПы в dPIPE 5 можно рассчитать несколько разных рабочих состояний трубопровода – например, при закрытых задвижках или в одном из рабочих состояний с температурой ниже температуры монтажа и получить максимальные нагрузки на опоры и размахи напряжений между этими состояниями.

Холодное состояние в dPIPE 5, в отличие от РАМПЫ, по умолчанию предполагает отсутствие воды. В РАМПе общий (со средой) погонный вес трубы не мог измениться при переходе из рабочего в холодное состояние, а отличие в плотности среды задавалось только для гидроиспытаний.

Введите параметры для режима гидроиспытаний. Для этого установите курсор на имя “*OPVAL1*” и нажмите “*Ctrl+Enter*”. Появился режим работы “*OPVAL2*”. Переименуйте его в ☐ “*TEST*”.

“*TEST*” – зарезервированное имя для режима гидроиспытаний. Можно назвать этот режим другим именем, но тогда придется изменить команды задания на расчет.

Введите для этого режима $P = 22.55$ МПа, ☐ $T = 20^\circ\text{C}$, среда - вода ($CSG=1$).

Температура гидроиспытания 20°C соответствует температуре монтажа по умолчанию.

Имя		Метка	P	T	CSG	INS	Тау
1	OPVAL1	1 LG1	22.55	20	1	1	
✓ 2	TEST	2					

Закройте эту таблицу и [определите задание на расчет и постпроцессорную обработку результатов](#).

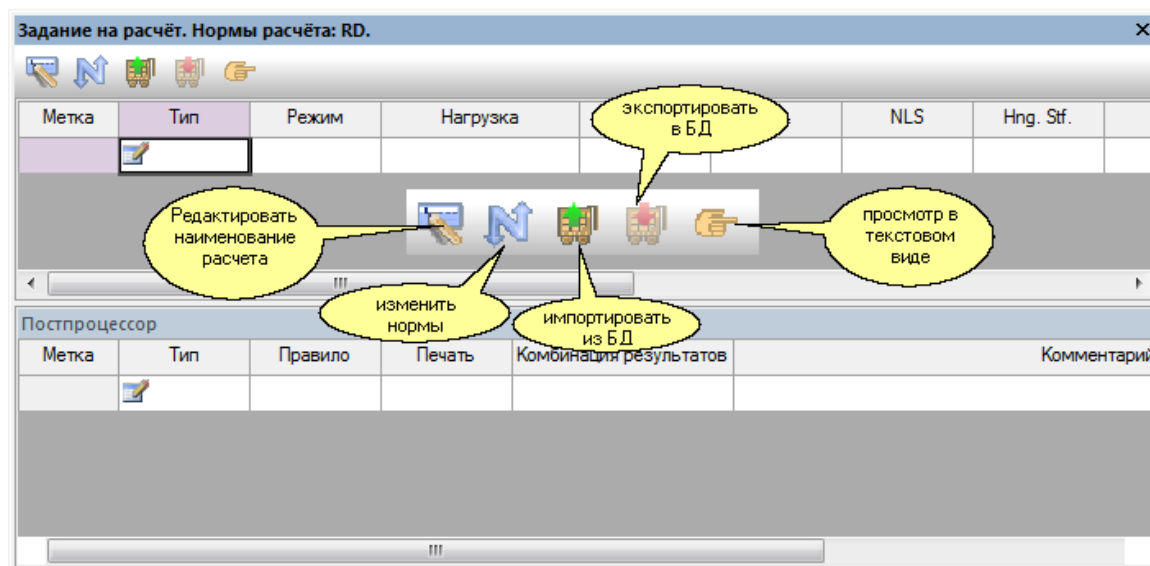
2.5 Задание на расчет

▣ Расчетный случай (случай нагружения, Load Case) - это такое состояние трубопровода, на которое производится расчет.

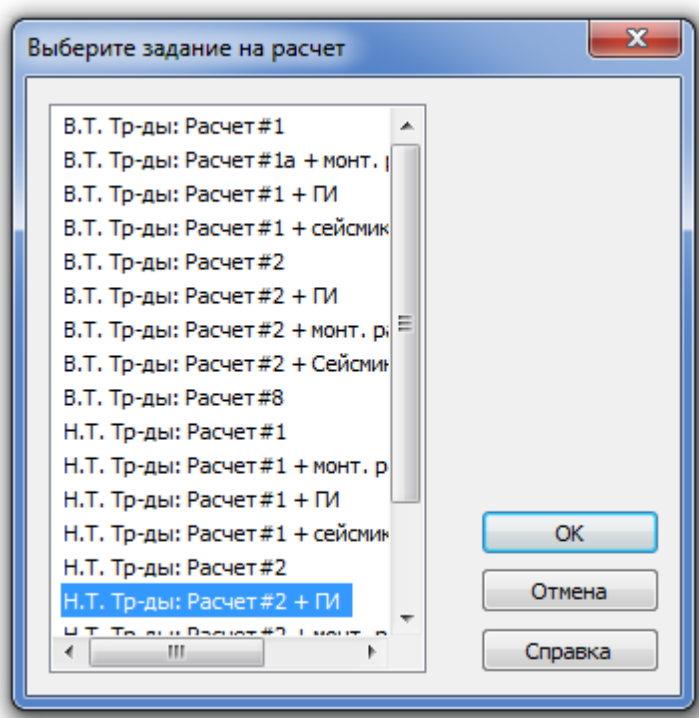
К расчетным случаям относятся привычные этапы I-IV и режим гидроиспытания. Также к расчетным случаям относятся, например, переход в другое состояние при закрытии задвижки, гидроудар при срабатывании быстрозапорного клапана, сейсмическое воздействие и т.д.

Поскольку возможности dPIPE по моделированию разных расчетных случаев достаточно широки, необходимо уметь настраивать эти возможности. С другой стороны, в подавляющем большинстве случаев требуется выполнить нормативный расчет трубопровода при единственном режиме его работы. Для этой цели в состав dPIPE включена база данных, содержащая набор типовых пакетов с заданием на расчет и постпроцессорную обработку результатов (файл solv.dbs).

В меню “Основные данные” выберите пункт “Задание на расчет” и нажмите на кнопку “Импортировать из базы данных”:



Выберите из списка “Н.Т. Тр-ды: Расчет #2 + ГИ”. (“Низкотемпературные трубопроводы. Расчет №2 + Гидроиспытания”) и нажмите кнопку “ОК”:




Чтобы просмотреть команды задания на расчет, нажмите кнопку “Просмотр в текстовом виде”.

Закройте окно “Задание на расчет”.

Запустите [расчет](#).

2.6 Ход выполнения расчета

Выберите в меню “Сервис”- “Пакетный режим” или нажмите  на панели инструментов. Программа попросит подтверждение сохранения модели. Нажмите “Yes”.

Отображается окно выполнения расчета:


```

Файл D:\Работа\_дп правка инструкций\RA_SAMPLE\Model_tutor.bin создан успешно.
Solve > Op 1(A): W+P+T+D+FR+SW      -> done
Solve > Op 1(C): W+P                  -> done
Solve > Cold(B): W+P+T+D+FR+SW      -> done
Solve > Op 2(T): W+P+T+D+FR+SW      -> done
Solve > Op 2(C): W+P                  -> done

dPIPE 5 Post Oct 15 2016
POST: LS1      S_I      LC2 SUM
POST: LS2      S_III    LC1-LC3 SUM
POST: LS3      S_H      LC5 SUM
POST: LS4      DISP     LC2 SUM
POST: LS5      DISP     LC1-LC3 SUM
POST: LS6      DISP     LC5 SUM
POST: LS7      SUPP     LC1 SUM
POST: LS8      SUPP     LC3 SUM
POST: LS9      SUPP     LC4 SUM
Stop - Program terminated.
Нажмите любую клавишу для продолжения . . .

```



▣ *Ход выполнения программы:*

В пяти строчках “Solve” описаны расчетные случаи. В первом расчетном случае (Load Case) действуют вес (Weight), давление (Pressure), температура (Temperature), учитываются перемещения (Displacements), трение (Friction) и маятниковый эффект (Swing). Это соответствует второму этапу расчета в соответствии с РД10-249-98. Во втором расчетном случае нагружающими факторами являются только вес и давление. Это первый этап расчета. В третьей строке нагрузочный случай, соответствующий холодному состоянию трубопровода. В четвертой строке рассматривается следующий режим нагружения (OP2). В нашем случае это гидроиспытания. Пятая строка аналогична второй и требуется для расчета напряжений по первому этапу для режима гидроиспытания. Команды постпроцессора LS1, LS2, LS3 выводят напряжения по первому этапу, напряжения по третьему этапу как разницу между рабочим и холодным состоянием, напряжения гидроиспытания. LS4 и LS5 выводят перемещения по первому и третьему этапу (расчетчик может легко вывести перемещения по второму и четвертому этапам – это бывает полезно при анализе трубопровода). LS6, LS7, LS8 записывают в результаты нагрузки на опоры.

В последней строке Пользователю предлагается нажать любую клавишу на клавиатуре, чтобы закрыть окно выполнения расчета.

Расчет выполнен, можно [просмотреть результаты](#).


2.7 Просмотр результатов

Просмотреть результаты выполненного расчета можно либо в [текстовом](#), либо в графическом виде. Для просмотра полного текстового отчета с результатами расчета нажмите  (меню “Сервис”-“Просмотр листинга результатов”), для просмотра сводных таблиц с нагрузками на опоры нажмите  (меню “Сервис”- “Нагрузки на опоры”).

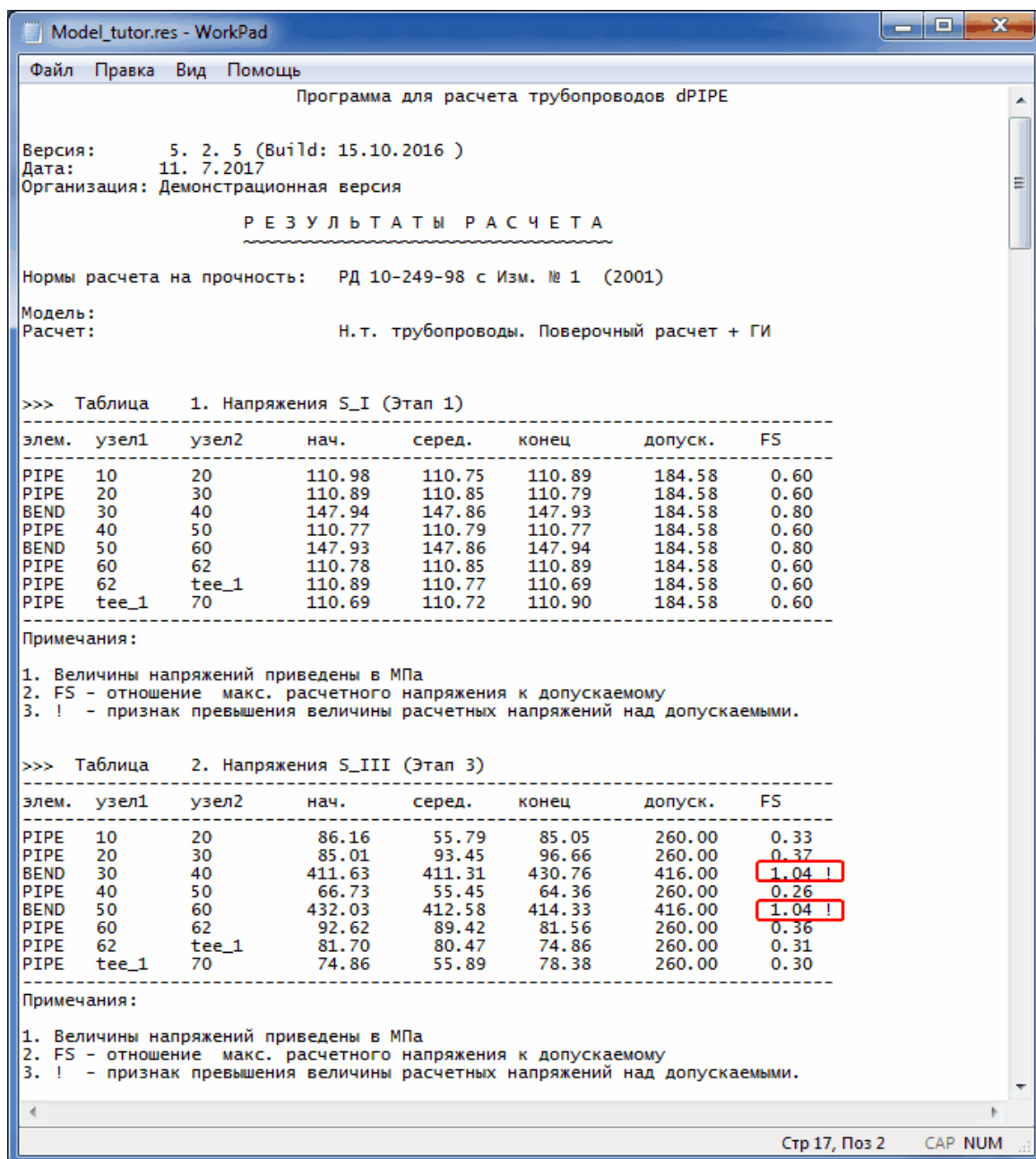
Для просмотра результатов в графическом режиме воспользуйтесь программой [Pipe3DV](#), для запуска которой нажмите  (меню “Расчет”- “Pipe3DV”).

2.7.1 Распечатки результатов расчетов

По результатам выполнения расчетов dPIPE формирует несколько текстовых файлов, хранящихся в папке, в которой расположена расчетная модель трубопровода.

Файл с расширением <имя модели>.res содержит полный листинг результатов расчета, формирующийся в соответствии с командами на постпроцессорную обработку результатов расчета (POST). Чтобы открыть этот файл следует нажать на кнопку  (меню “Сервис”-“Просмотр листинга результатов”).

В открывшемся окне отображается общая информация по условиям расчета и далее следуют таблицы с полными данными результатов. В конце файла содержится секция "Сводные таблицы по результатам расчета", в которой приводятся величины максимальных перемещений, реакций опор и напряжений в элементах трубопровода:



В случае превышения расчетных напряжений над допускаемыми в соответствующей строке появляется восклицательный знак "!", а в заголовке таблицы надпись "- не проходит". С помощью поиска (Ctrl-F) по этим признакам удобно быстро отыскать места, в которых условие прочности трубопровода не выполняется:

Model_tutor.res - WorkPad

Файл Правка Вид Помощь

***** СВОДНЫЕ ТАБЛИЦЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСЧЕТА *****

>>> Таблица 16. Максимальные эффективные напряжения S_I (этап I) + проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск.	FS	<Напряжения S_I (Этап 1)>
PIPE	10	20	111	185	0.60	
BEND	30	40	148	185	0.80	

>>> Таблица 17. Максимальные эквивалентные напряжения S_III (этап III) - не проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск.	FS	<Напряжения S_III (Этап 3)>
PIPE	20	30	97	260	0.37	
BEND	30	40	431	416	1.04 !	
BEND	50	60	432	416	1.04 !	

>>> Таблица 18. Максимальные эффективные напряжения S_II (этап II) + проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск.	FS	<Напряжения S_II (Этап 2)>
PIPE	10	20	111	185	0.60	
BEND	30	40	148	185	0.80	

>>> Таблица 19. Максимальные перемещения


Узел	X	Y	Z	XX	YY	ZZ	
50	0	0	0	-0.000	-0.000	0.000	Весовые перемещения
30	-17	-15	0	0.001	-0.002	0.002	Видимые перемещения
50	0	0	0	-0.000	-0.000	0.000	Перемещения при ГИ

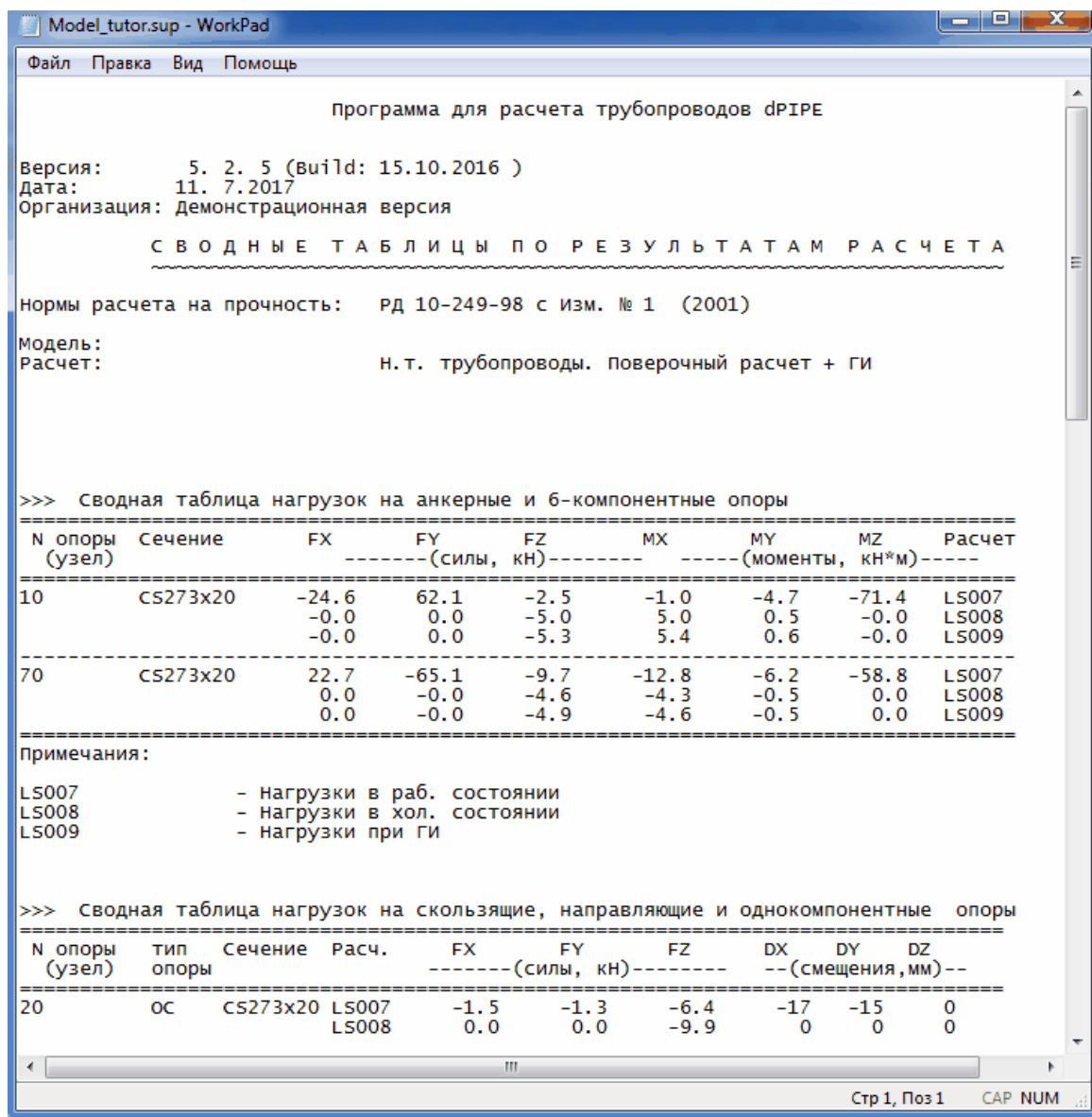
Примечания:
X, Y, Z - перемещения, мм;
XX, YY, ZZ - углы поворотов, рад;

>>> Таблица 20. Максимальные нагрузки на опоры.


Узел	type	CS	FX(A)	FY(H)	FZ(N)	MX(A)	MY(H)	MZ(N)
Нагрузки в раб. состоянии								
70	anch	G	22711	-65147	-9677	-12775	-6175	-58809
10	anch	G	-24578	62131	-2542	-1018	-4730	-71412

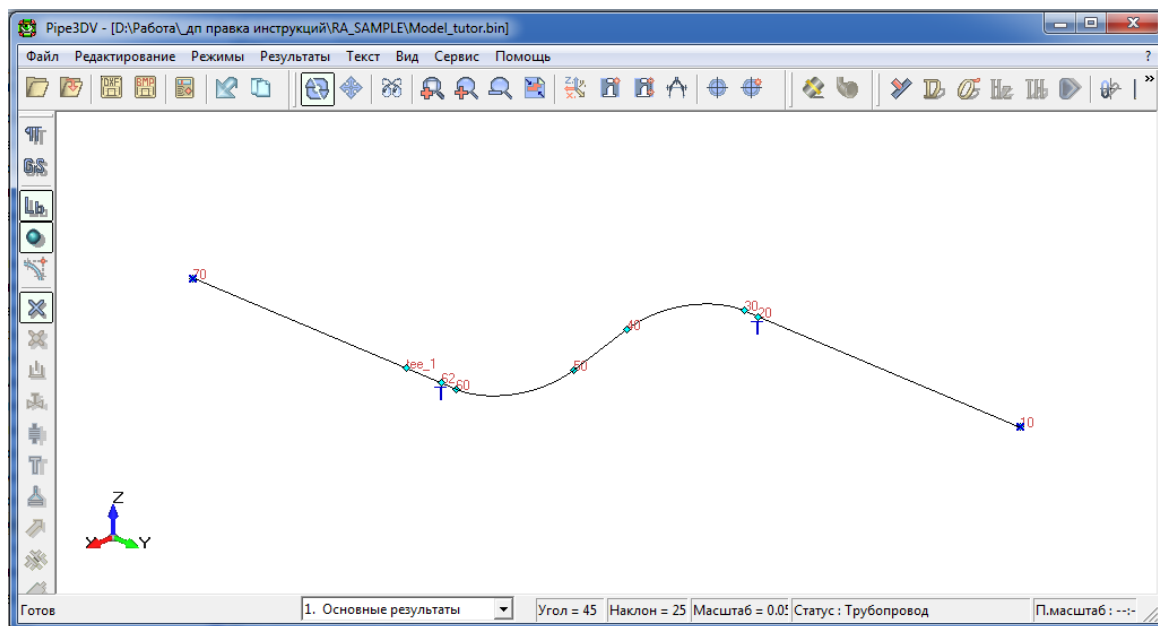
Стр 341, Поз 1 CAP NUM




Файл с расширением <имя модели>.sup содержит сводные таблицы с нагрузками на подвески и опоры. Чтобы открыть этот файл следует нажать на кнопку  (меню “Сервис”- “Нагрузки на опоры”):



2.7.2 Pipe3DV



Для запуска программы отображения результатов в графическом режиме Pipe3DV нажмите . Откроется окно с результатами расчета построенного трубопровода:

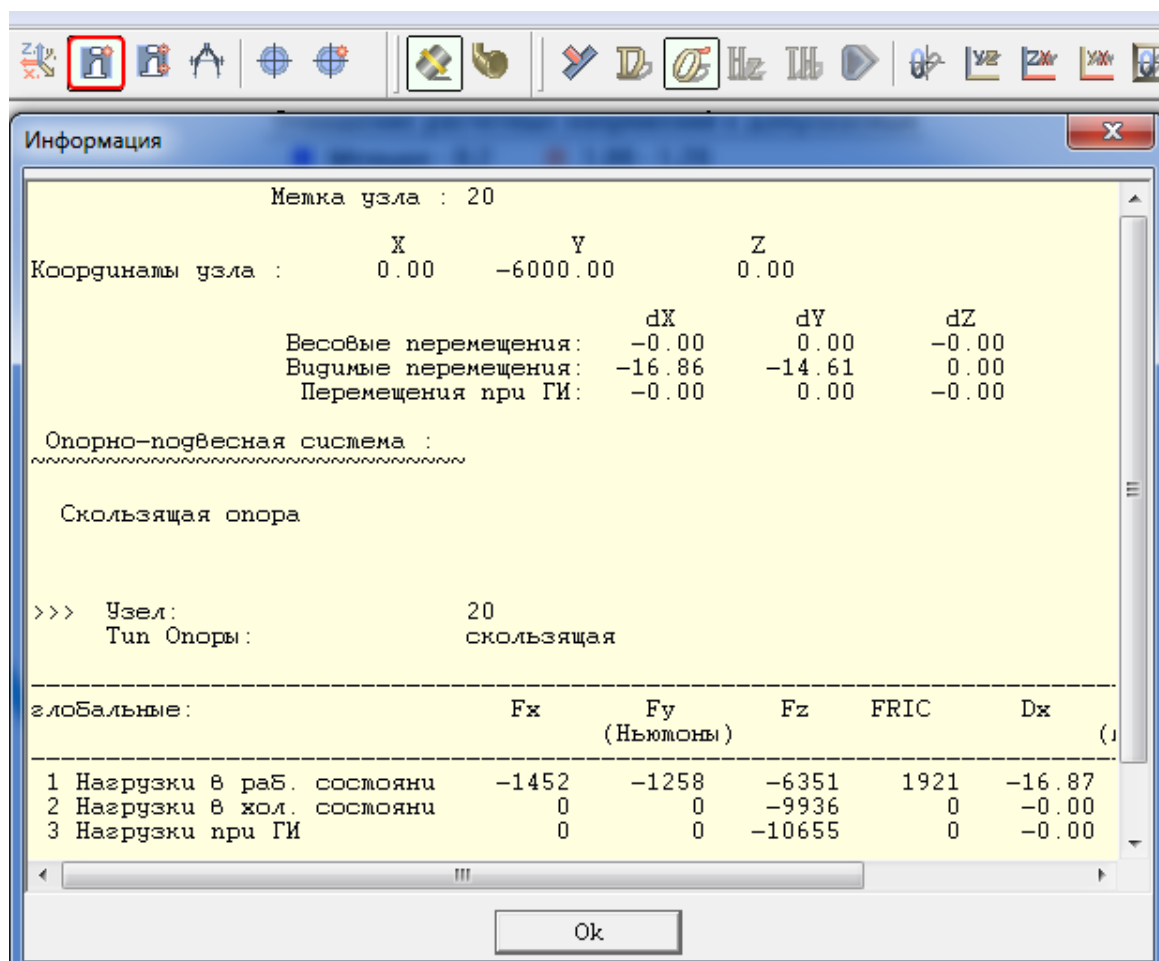



Левая панель инструментов служит для включения /выключения отображения элементов опорно-подвесной системы. Кнопка  служит для создания объемного изображения. Кнопка  служит для графического отображения напряжений. Кнопка  служит для визуализации перемещений *удобнее это делать, когда трубопровод отрисован в одну линию*. Для изменения масштаба перемещений служит комбинация "Alt" и "+/-".

Мышь или клавишами клавиатуры “+” / “-” можно изменять масштаб изображения. Мышь или клавишами курсора на клавиатуре можно поворачивать и передвигать трубопровод.

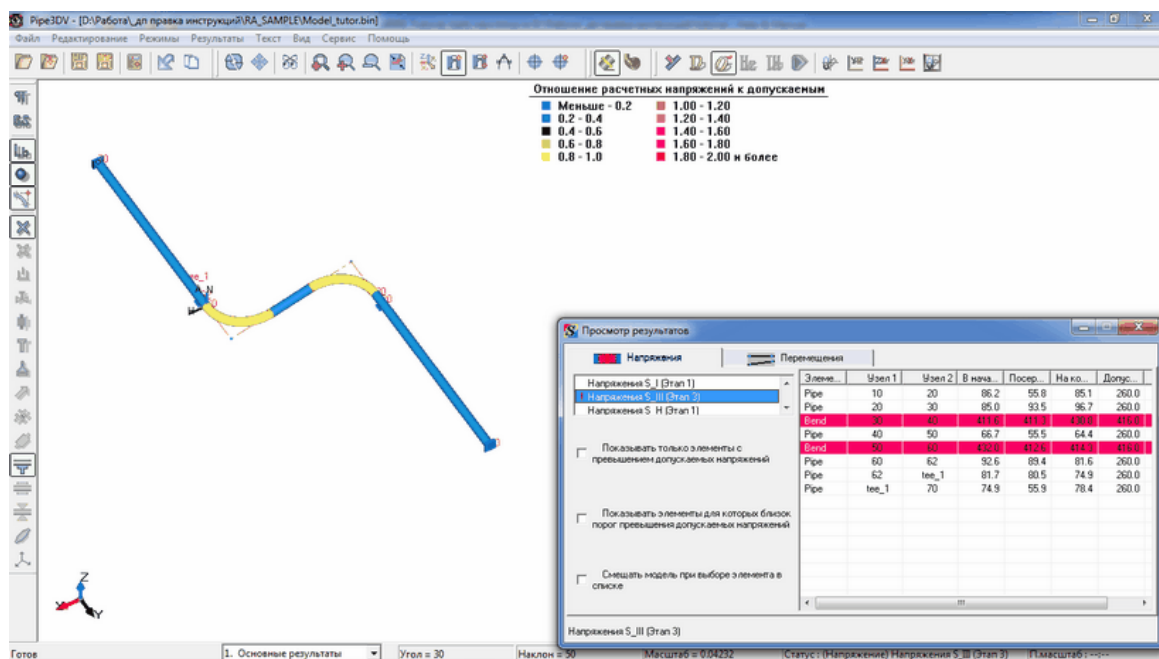
В меню “Результаты” – “Просмотр” отображаются таблицы перемещений и напряжений:

Кнопка или команда всплывающего меню по нажатию правой кнопки мыши служит для отображения информации по узлу. Кнопки   служат для отображения информации по узлу/элементу.



Есть возможность измерить расстояние, а также вывести размеры на экран посредством кнопки .

Можно выключить отображение отдельных частей трубопровода или выделить их разным цветом.



Программа Pipe3DV.exe не требует инсталляции и не защищена ключом. Поэтому расчетчик может передать полученные результаты (*имя_файла.bin*) в электронном виде.

3 Базовый курс

В рамках базового курса приводится дальнейшая информация по способу ввода геометрии и исходных данных рассматриваемого трубопровода, а также особенности моделирования таких элементов, как тройник, задвижка, переход и некоторых компонент опорно-подвесной системы трубопровода.

3.1 Текстовый режим

Находясь в [основном окне](#), нажмите клавишу “F7” на клавиатуре или воспользуйтесь командой меню “Вид” – “Текст”. Трубопровод описывается на языке ввода исходных данных. Внося изменения в таблицы, мы редактируем текст, редактируя текст, мы вносим изменения в таблицы. Модель сохраняется в текстовом файле исходных данных с расширением dr5.

Язык ввода исходных данных удобен для проверки и сохранения исходных данных, для копирования ветвей трубопровода, для обмена исходными данными между разными моделями.

Восстановите исходное состояние трубопровода, **заменив** текст в окне текстового режима на следующий текст:

```
CTRL code = 'RD', brn_run = 0.769231
```



```
FAT '$F1' int = 11
& nc = 100, 200, 1000, 2000, 3000, 7000, 10000, 20000, 50000, 100000
& sa = 900, 700, 380, 300, 260, 200, 180, 150, 120, 100

FAT '$F2' int = 11
& nc = 100, 200, 1000, 2000, 3000, 7000, 10000, 20000, 50000, 100000
& sa = 1440, 1120, 608, 480, 416, 320, 288, 240, 192, 160

CREEP '$C1' t0 = 370
& t = 370, 380, 390, 400, 420, 430, 450, 460
& hi = 0.572, 0.57, 0.566, 0.56, 0.54, 0.528, 0.496, 0.475
& t = 370, 380, 400, 420, 440, 450, 460
& delta = 0.765, 0.77, 0.79, 0.82, 0.86, 0.885, 0.915

MAT '$15GS' fat = '$F1', fat_b = '$F2', creep = '$C1', den = 7.85, mu = 0.3
& t = -50, 20, 100, 200, 500
& e = 204000, 200000, 195000, 190000, 160000
& t = -50, 50, 100, 350, 500
& a = 1.08E-005, 1.15E-005, 1.19E-005, 1.34E-005, 1.4E-005
& t = -20, 20, 100, 200, 250, 275, 300, 320, 340, 350, 360, 380, 400, 410, 420, 430, 440, 450,
& sa[10] = 185, 185, 185, 169, 165, 161, 153, 145, 137, 133, 129, 121, 113, 107, 102, 97, 92,
& t = -20, 20, 100, 200, 250, 275, 300, 320, 340, 350, 360, 380, 400, 410, 420, 430, 440, 450,
& sa[100] = 185, 185, 185, 169, 165, 161, 153, 145, 137, 133, 129, 121, 113, 102, 90, 78, 70,
& t = -20, 20, 100, 200, 250, 275, 300, 320, 340, 350, 360, 380, 400, 410, 420, 430, 440, 450,
& sa[200] = 185, 185, 185, 169, 165, 161, 153, 145, 137, 133, 129, 121, 96, 85, 75, 65, 55, 46
& t = -20, 20, 100, 200, 250, 275, 300, 320, 340, 350, 360, 380, 400, 410, 420, 430, 440, 450,
& sol = 185, 185, 185, 169, 165, 161, 153, 145, 137, 133, 129, 121, 106, 98, 91, 83, 75, 68, 60

PIPE 'CS284x28E' od = 284, t = 28, w = 1.964, mat = '$15GS', fw = 1, 0.9, iwgt = 0.3, corr = 1
PIPE 'CS273x20' od = 273, t = 20, w = 1.333, c = 1, mat = '$15GS', fw = 1, 0.9, iwgt = 0.3, co
& BEND = 'LR', r = 1370, oval = 7, smin = 14.7
& BEND = 'SR', r = 375, oval = 7, smin = 15.5
& BEND = 'EL', r = 350, smin = 17, cros = 'CS284x28E'

OPVAL 'OPVAL1'
& LG 'LG1' p = 18.04, t = 215, csg = 1
OPVAL 'TEST'
& LG 'LG1' p = 22.55, t = 20, csg = 1

SDEF stab = 'OST80', pvar = 0.35, pfac = 1.3, zmax = 6, zmin = 1

10: F dc = 0, -1, 0, cs = 'CS273x20', lg = 'LG1'
    10: ANC
20: P len = 6000
    20: STZ- mu = 0.3
30: P len = 1700
40: B id = 'LR', ds = 0, -15, 4000
50: P len = 4000
60: B id = 'LR', dc = 0, -7400, 0
62: P len = 1700
    62: STZ- mu = 0.3
tee_1: P len = 800
70: P
    70: ANC

SOLV "Н.т. трубопроводы. Поверочный расчет + ГИ"
& LC mod = '$OPER', type = 'OPER_A', pend = 'YES', note = "Этап II (полная нагрузка)" ; LC1
& LC mod = '$OPER', type = 'SUST_C', note = "Этап I" ; LC2
& LC mod = '$COLD', type = 'OPER_B', pend = 'YES', note = "Этап IV ('холодная нагрузка')" ; LC3
& LC mod = 'TEST', type = 'TEST', pend = 'YES', note = "Режим гидроиспытаний" ; LC4
& LC mod = 'TEST', type = 'SUST_C', note = "Этап I для ГИ" ; LC5

POST
```

```

& res = 'S_I', ls = "LC2", note = "Напряжения S_I (Этап 1)" ; LS1
& res = 'S_III', ls = "LC1-LC3", note = "Напряжения S_III (Этап 3)" ; LS2
& res = 'S_H', ls = "LC5", note = "Напряжения S_H (Этап 1)" ; LS3
& res = 'DISP', ls = "LC2", note = "Весовые перемещения" ; LS4
& res = 'DISP', ls = "LC1-LC3", note = "Видимые перемещения" ; LS5
& res = 'DISP', ls = "LC5", note = "Перемещения при ГИ" ; LS6
& res = 'SUPP', ls = "LC1", note = "Нагрузки в раб. состоянии" ; LS7
& res = 'SUPP', ls = "LC3", note = "Нагрузки в хол. состоянии" ; LS8
& res = 'SUPP', ls = "LC4", note = "Нагрузки при ГИ" ; LS9

POST_REP load_hot = 'LC1', load_cold = 'LC3', load_des = 'LC1'

```

;
Добавьте сечение 219x16:

```

PIPE 'CS219x16' od = 219, t = 16, w = 0.856, c = 0.8, mat = '$15GS', fw = 1, 0.9, iwgt = 0.25
& BEND = 'LR', r = 850, oval = 7, smin = 11.7
& BEND = 'SR', r = 375, oval = 7, smin = 13

```

Символ ";" (точка с запятой) означает комментарий.

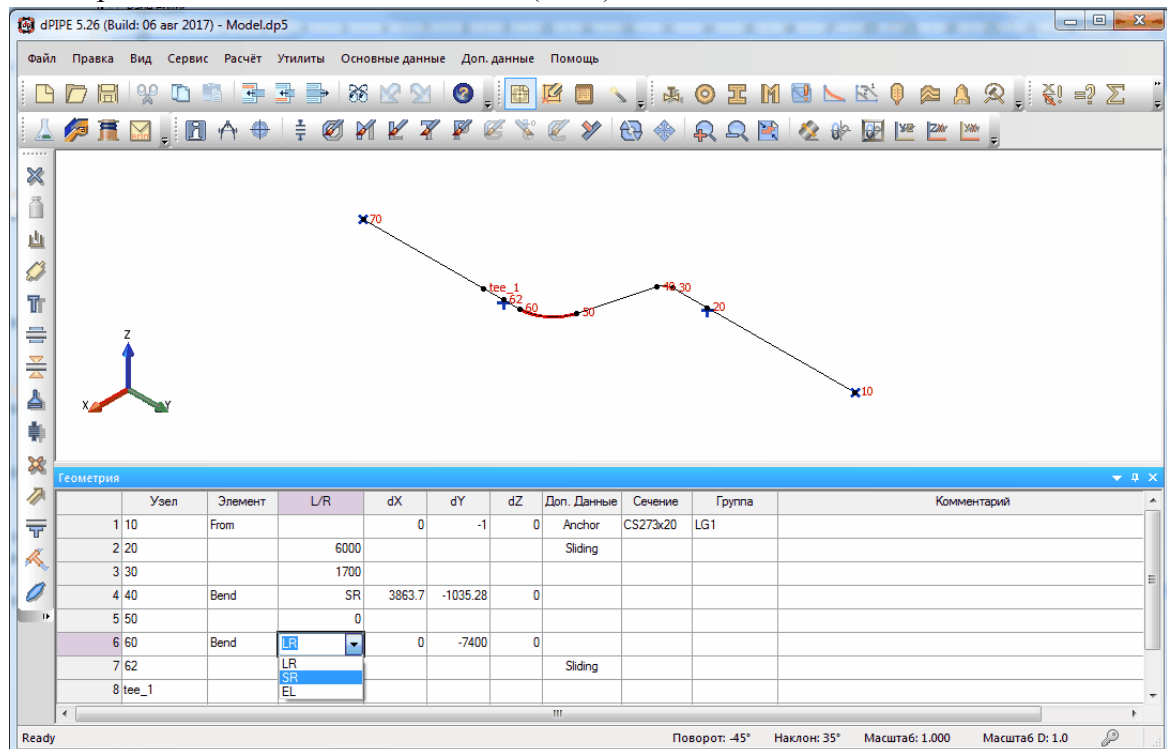
Поэтому можно копировать сразу весь текст- программа сама определит, куда вставить добавленные строки.

В строке состояния отображается текущий номер строки. Если в процессе редактирования текста будет допущена ошибка, то при возврате в табличный режим откроется окно сообщений с описанием ошибки и номером строки. Достаточно дважды щелкнуть левой клавишей мыши по сообщению об ошибке и программа переведет курсор на эту строку.

Для комфортной работы с текстом в пакет dPIPE 5 входит программа dP5Shell.exe.

Нажав "F7", сохраните модель и вернитесь в табличный режим.

Решим проблему с напряжениями, заменив гнугые отводы по ОСТ 108.321.13-82 на кругоизогнутые по ОСТ 108.321.16-82. Кругоизогнутые отводы были определены в модели в тот момент, когда мы добавляли трубы. Теперь достаточно в окне геометрии в столбце "L/R" на отводах (Bend) заменить "LR" на "SR".



Проверьте результаты.

Теперь надо построить [ветку от насоса](#).

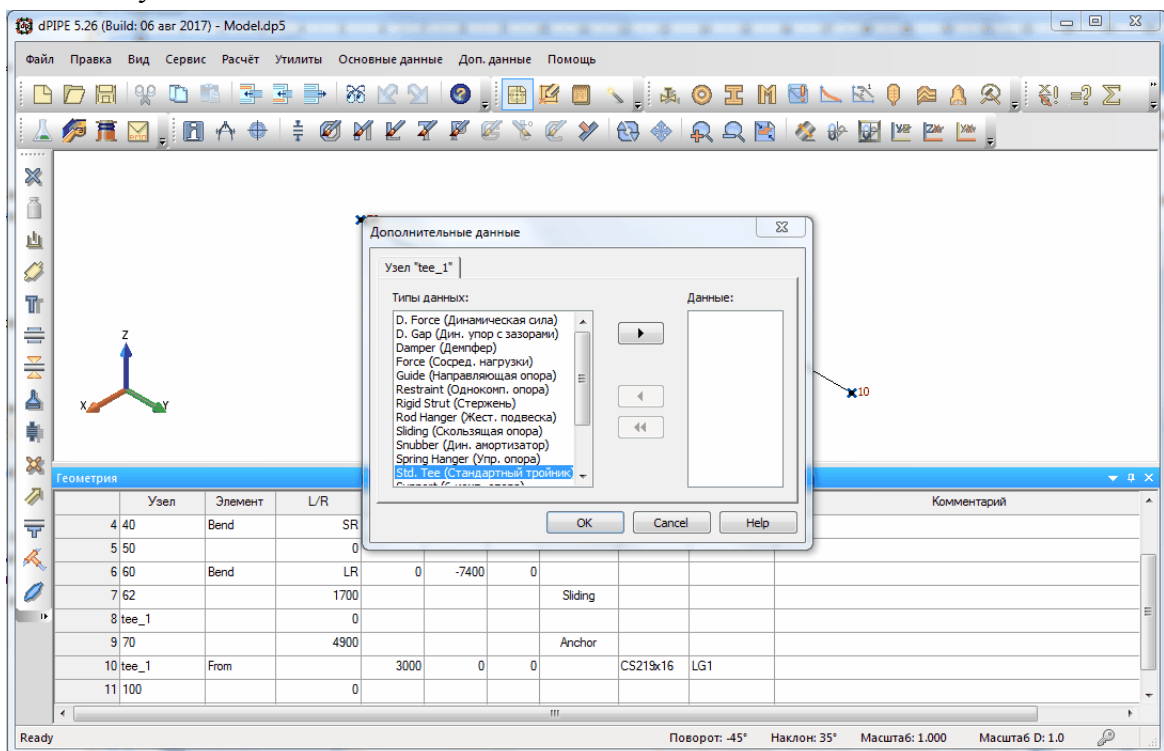
3.2 Моделирование ответвления

Продолжим ввод исходных данных рассматриваемого [учебного трубопровода](#). Смоделировать ответвление можно двумя способами: начать ветвь из тройника (узел “tee_1”) и прийти к насосу или начать ввод геометрии от насоса и прийти в тройник. [Первый способ](#) проще, с него и начнем. [Второй](#) позволит познакомиться с полезными возможностями программы.

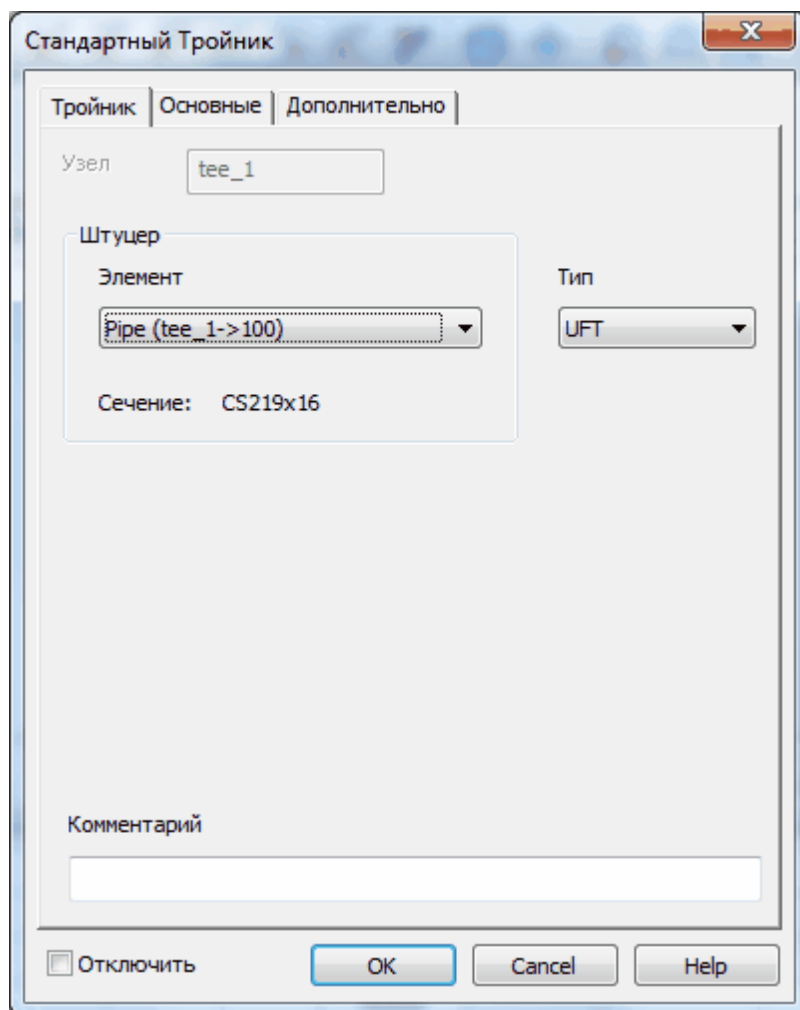
3.2.1 Тройник

Находясь в окне геометрии, перейдите на последнюю строку и в столбце “Узел” напишите “tee_1” (ответьте утвердительно, когда программа попросит подтверждения), в столбце “Элемент” выберите “From”, в столбце “dX” введите “3000”, в столбце “Сечение” выберите “CS219x16”. Нажмите “Ctrl+Enter”, чтобы добавить строку с нулевым параметром “L/R”. Если включен режим динамической отрисовки, программа нарисует ответвление, если выключен, нажмите “F5”.

В узле “tee_1” задайте тройник. Для этого два раза щелкните левой клавишей мыши в столбце “Доп. Данные” любой из строк, в которой есть узел “tee_1”. В открывшемся диалоге выберите “Std. Tee (Стандартный тройник)” и перенесите его в данные узла:



При нажатии кнопки выбора элемента переходим в свойства стандартного тройника:



Параметры выбранного тройника можно просмотреть на вкладках "Основные" и "Дополнительно":

Стандартный Тройник

Тройник | Основные | Дополнительно

Тип: UFT Метка:

Геометрия

Корпус		Штуцер	
Dr	325	Db	219
Tr	28	Tb	22.5
Длина	650	Высота	306

По умолчанию

Сечение штуцера: CS219x16 Материал: \$15GS Вес: 1540

Коэффициенты податливости

Kib	Kob	Ktb	Ka

Отключить OK Cancel Help

Ввод данных для стандартных тройников

Для тех типоразмеров труб, которые включены в базу данных, свойства «стандартных тройников» заранее определены, и вносятся в расчетную модель при экспорте из базы данных соответствующих сечений труб. Если же запись для тройника отсутствует, то Пользователь может самостоятельно определить «стандартный тройник» в диалогах ассоциированных с сечениями для труб. Это можно сделать или через меню «Основные данные – Сечения труб – закладка тройники»:

Сечения труб. Нормы расчёта: RD

	Метка	Диаметр	Толщ. стенки	Вес трубы	C	Материал	FW1	FW2	E
	2 CS284x28E	284	28	1.964	0	\$15GS	1	CS	
✓	3 CS273x20	273	20	1.333	1	\$15GS	1	CS	
	4 CS221x22E	221	22	1.224	0	\$15GS	1	CS	
	5 CS219x16	219	16	0.856	0.8	\$15GS	1	CS	

Стд. Тройник	Метка	DR	TR	Длина	Сечение штуцера	DB
1	EXT	320	50	600	CS273x20	2
2	UFT	325	28	650	CS219x16	2

Отводы Тройники

или непосредственно в таблице «Геометрия»: поставить курсор на колонку «Доп. данные», нажать F2 или дважды щелкнуть мышкой, выбрать стандартный тройник. В случае, если для рассматриваемого сечения стандартные тройники не определены, то появится диалог для ввода параметров:

Стандартный Тройник

Тройник: Основные | Дополнительно

Тип: Метка:

Геометрия

Корпус		Штуцер	
Dr	<input type="text" value="100"/>	Db	<input type="text" value="100"/>
Tr	<input type="text" value="8"/>	Tb	<input type="text" value="8"/>
Длина	<input type="text"/>	Высота	<input type="text"/>

По умолчанию

Сечение штуцера: Материал: Вес:

Коэффициенты податливости

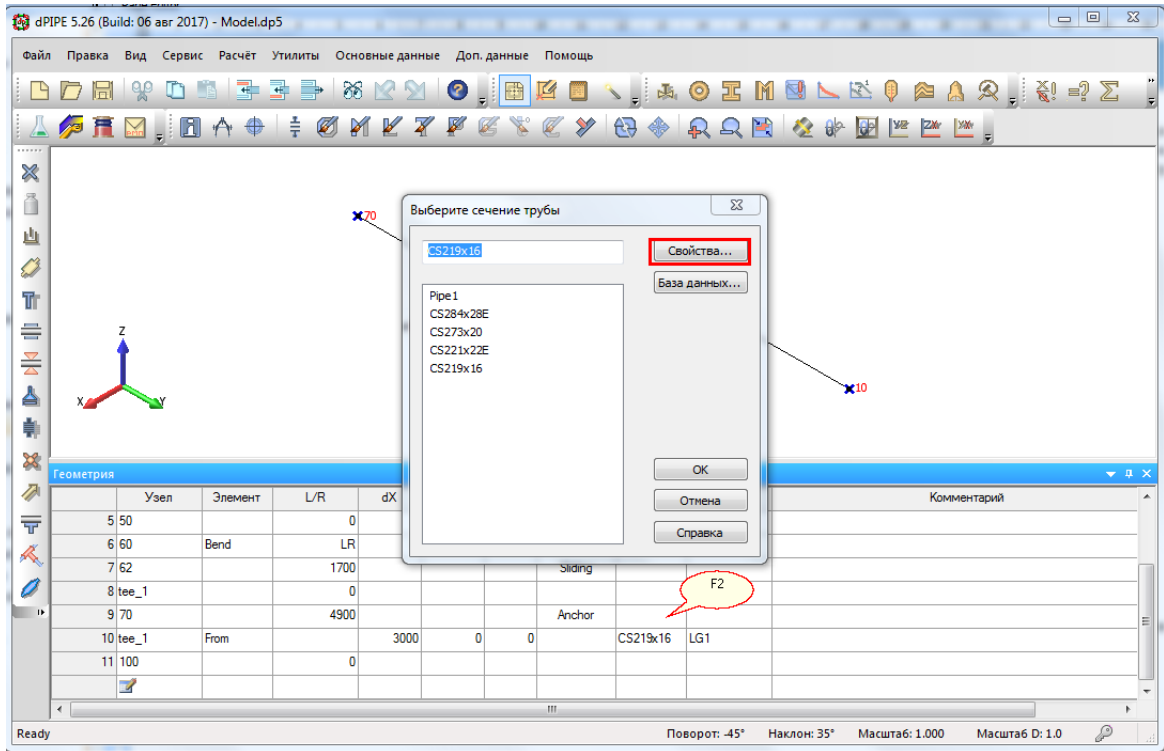
Kib	Kob	Ktb	Ka
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Отключить

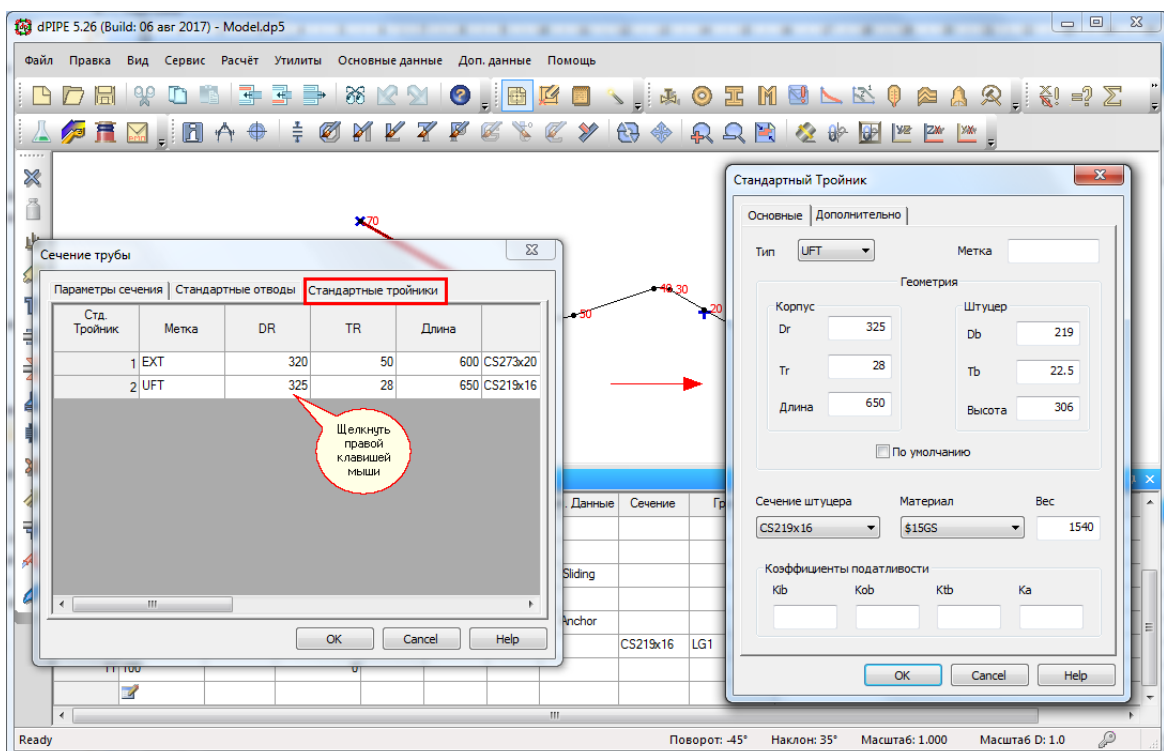
Если снять отметку "по умолчанию", то появится возможность задать характеристики сечений корпуса и штуцера тройникового соединения отличными от характеристик присоединенных труб,

а также другие параметры: вес тройника, материал, длину корпуса и штуцера...

Редактирование уже введенных стандартных тройников можно также осуществлять либо из таблиц сечения труб, или из таблицы Геометрия, через колонку "Сечение", в строке для труб корпуса тройника:



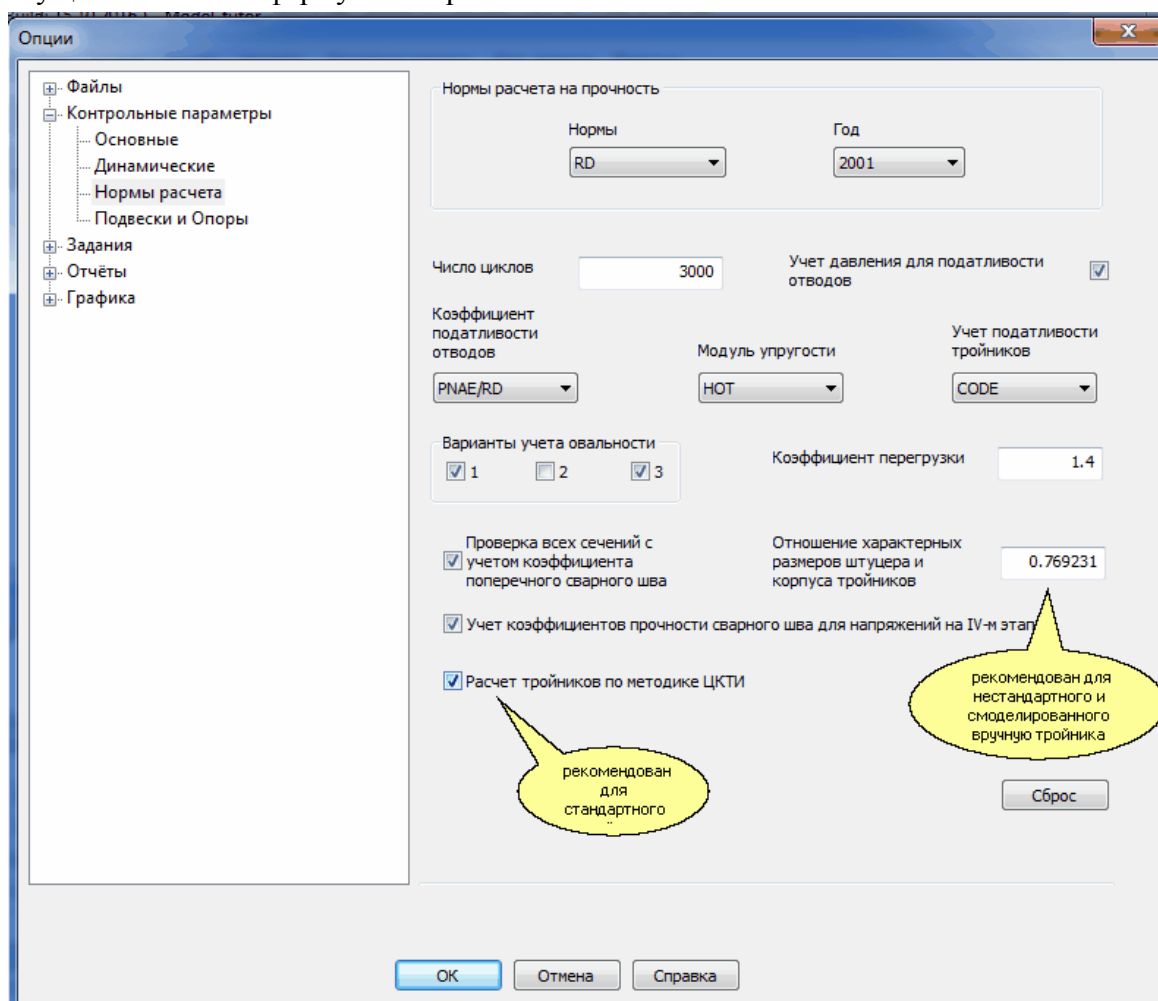
В диалоге Сечение трубы перейти на вкладку Стандартный тройник, выбрать требуемый элемент и по нажатию правой клавиши мыши перейти к диалогу редактирования:



Следует иметь в виду, что после редактирования данных для выбранного стандартного тройника, изменятся данные всех стандартных тройников, соответствующих этому типу и сечению.

В соответствии с п. 5.2.6.2.5 Норм РД-10-249 оценка прочности тройниковых соединений приводится только для для **"равнопроходных или почти равнопроходных тройников (отношение наружного диаметра к меньшему не более 1.3)"** тройников. В dPIPE, чтобы дать расчетчику возможность **оценить** напряжения в неравнопроходном тройнике, следует в меню "Сервис" - "Опции" - "Контрольные параметры"- "Нормы расчета" включить опцию "Расчет тройников по методике ЦКТИ". Подробности методики приведены в файле-справке к dPIPE (Приложение XIII).

Другая опция для этой же цели - переопределить "Отношение характерных размеров штуцера и корпуса тройников" (меню "Сервис" - "Опции" - "Контрольные параметры"- "Нормы расчета"). По умолчанию эта величина равна $1/1,3=0,769231$. В случае соотношения диаметра штуцера к диаметру магистрали тройника, например, $1/1,5=0,6667$, следует задать отношение вручную меньше - например, 0,6. Тогда даже в неравнопроходных тройниках расчет напряжений будет осуществляться по формулам Норм:



Теперь [зададим пружинную подвеску и клапан](#).

3.2.2 Пружина и клапан

Перейдите на последнюю (пустую) строку и в столбце “Элемент” выберите “**Bend**”, в столбце “L/R” выберите крутоизогнутый (“**SR**” отвод), в столбцах “dX dY dZ” введите “**0 -3000 0**”.

Перейдите на следующую строку. В столбце “Доп. Данные” выберите “**Spring Hanger**” (“Упр. подвеска”) и перенесите в узел (в правый список). Дважды щелкнув по ней левой клавишей мыши (либо в столбце таблицы геометрии “Доп.данные” выберите ячейку с пружиной, в меню по щелчку правой кнопкой выберите пункт “Свойства...”), войдите в свойства пружины:

Введите число цепей **1** и длину тяги **1000**. В поле "Комментарий" (комментарии для опор и подвесок отображаются в результатах расчета. Попробуйте также ввести комментарии для остальных скользящих и неподвижных опор.) введите **"пп 5"**. Сохраните данные, нажав "ОК" в обоих диалоговых окнах и вернитесь в таблицу "Геометрия".

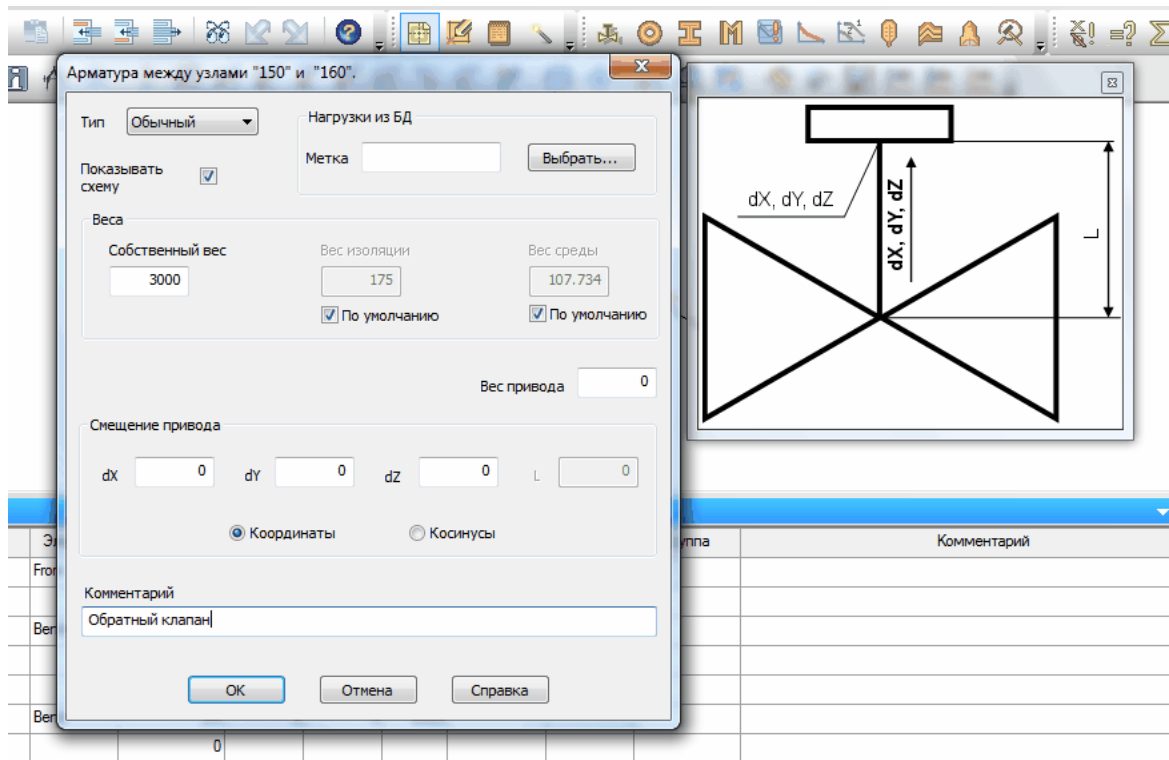
Пружины в dPIPE характеризуются размером (допустимой нагрузкой) и типом (максимальный рабочий ход пружины или число цепи Z). В соответствии с размером и типом пружин принимаются их обозначения (Например, цепь из двух 18-х (максимальное сжатие 140 мм) и одной 6-ой (максимальное сжатие 70 мм) пружин по ОСТ 108.764.01-80 будет описана в программе как размер 6, тип $Z5$: '06/Z5'). **Общая нагрузка:** суммарная нагрузка на подвеску; нагрузка на пружину равна общей нагрузке, деленной на число цепей. По умолчанию под общей нагрузкой понимается рабочая нагрузка.

Пружина в данном примере не задается, жесткость и рабочая нагрузка пружины выбираются программой.

В следующей строке в столбце “L/R” введите “600”.

На следующей строке в столбце “Элемент” выберите “Bend”, в столбце “L/R” выберите крутоизогнутый (“SR” отвод), в столбцах “dX dY dZ” введите “0 0 -2000”.

На строке после отвода оставьте длину “L/R” равную нулю, а на следующей строке в столбце “L/R” введите “400”. В столбце “Элемент” выберите “Valve (Задвижка)”:



В свойствах клапана задайте собственный вес 300 кг- **3000** Н. В поле “Комментарий” можно ввести “обратный клапан”. В программе не делается различия между задвижкой и клапаном. С точки зрения расчета на прочность интересует только вес. Задвижка и клапан на самом деле моделируются трубой с толстой стенкой.

Сохраните данные и закройте окно, нажав “OK”.

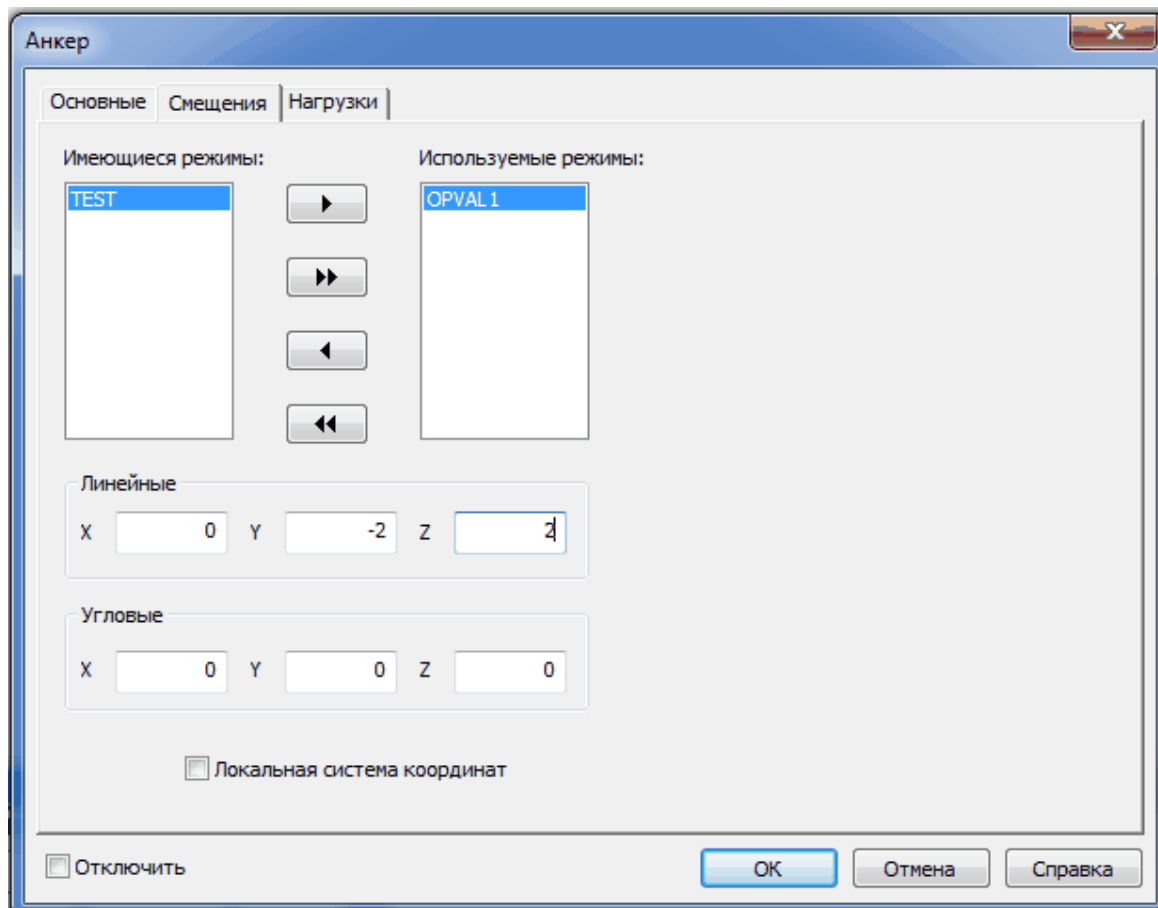
[Задайте переход и патрубок](#)

3.2.3 Переход и патрубок насоса

Теперь надо добавить переход на меньший диаметр. Для этого сначала надо описать трубу, на которую мы переходим. Откройте таблицу “Сечения труб” и из базы данных добавьте “CS194x15”.

Перейдите в конец таблицы “Геометрия” на пустую строку. В столбце “L/R” введите “250”. В столбце “Элемент” выберите “Reducer (Переход)”. В свойствах перехода можно указать вес 251 Н. В столбце “Сечение” выберите “CS194x15”.

Теперь установим на конце перехода патрубок насоса. В той же строке, где прописан переход, в столбце “Узел” введите “**pump1**” (насос 1). В столбце “Доп. Данные” выберите неподвижную опору (Anchor). Откройте свойства неподвижной опоры. Перейдите на вкладку “Смещения”, выберите режим “OPVAL1” и задайте перемещения патрубка насоса: -2 мм по Y, +2 мм по Z.



Нажмите “OK”.


Поскольку в модели появилась неопределенная пружина, тип расчета надо заменить на первый.




Терминология заимствована из РАМПЫ:

Первый расчет - не выбраны пружины и не задана рабочая нагрузка

Второй расчет - выбраны пружины и задана рабочая нагрузка
Восьмой расчет - выбраны пружины и не задана рабочая нагрузка

В меню “Сервис” - “Опции” выберите “Задания”- “На расчет” и нажмите кнопку “Загрузить..”. Выберите из списка “Н.Т. Тр-ды: Расчет #1”. (“Низкотемпературные трубопроводы. Расчет №1 ”) и нажмите кнопку “ОК”. Закройте окно “Опции”, нажав на кнопку “ОК” .

Выберите в меню “Сервис”- “Пакетный режим” или нажмите  на панели инструментов. Программа попросит подтверждение сохранения модели. Нажмите “Yes”.

Просмотрите результаты (нажмите  или  или )

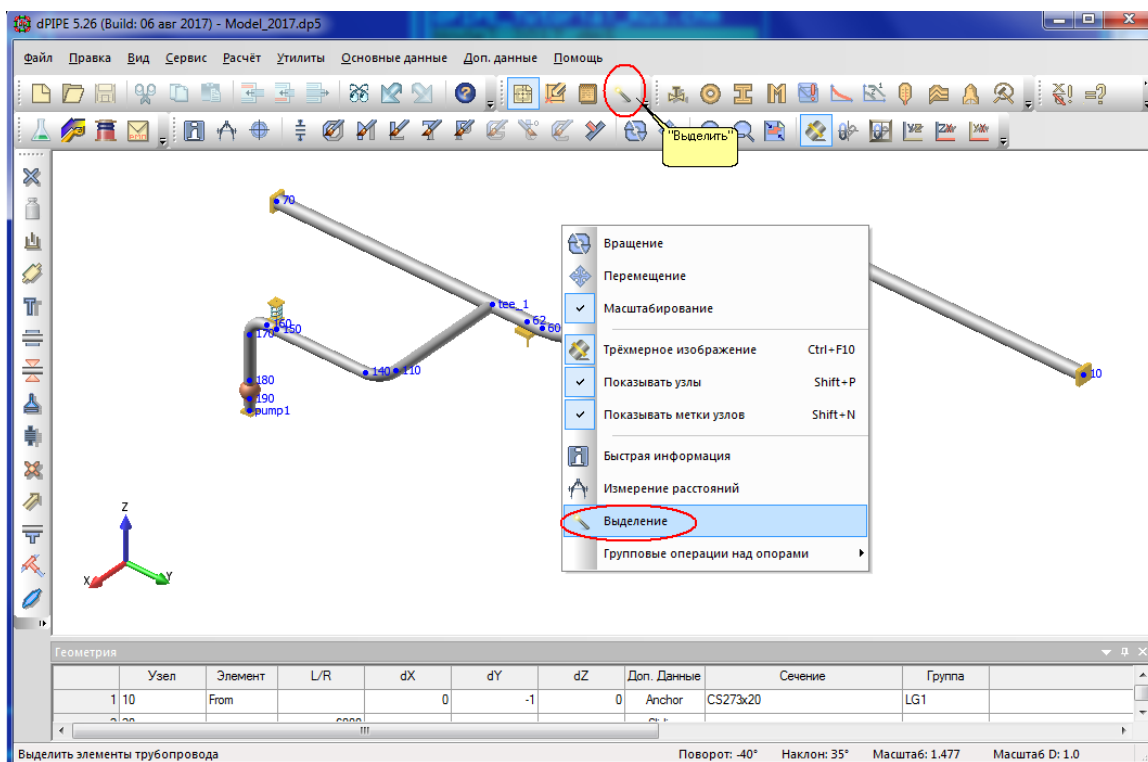
Изложенного материала достаточно для проведения большинства статических расчетов.

Рассмотрим задание геометрии ответвления в обратном порядке: [от насоса к тройнику](#).

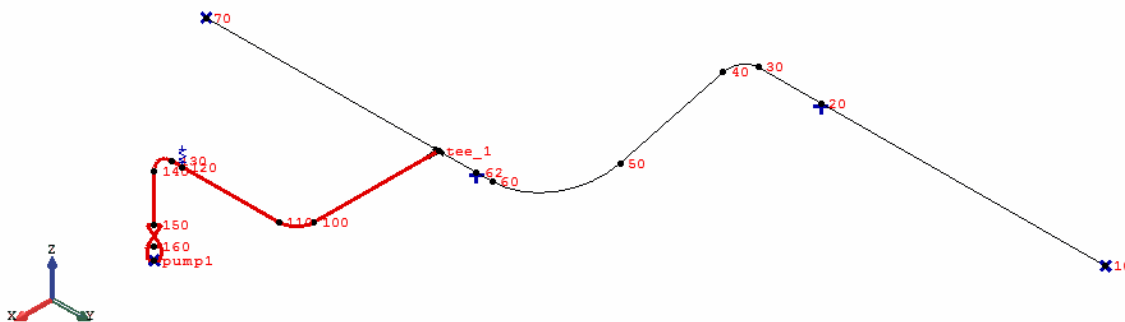
3.3 От насоса к тройнику

Теперь зададим геометрию трубопровода в обратном порядке: от насоса к тройнику. Для этого удалим набранную ветвь от тройника к насосу:

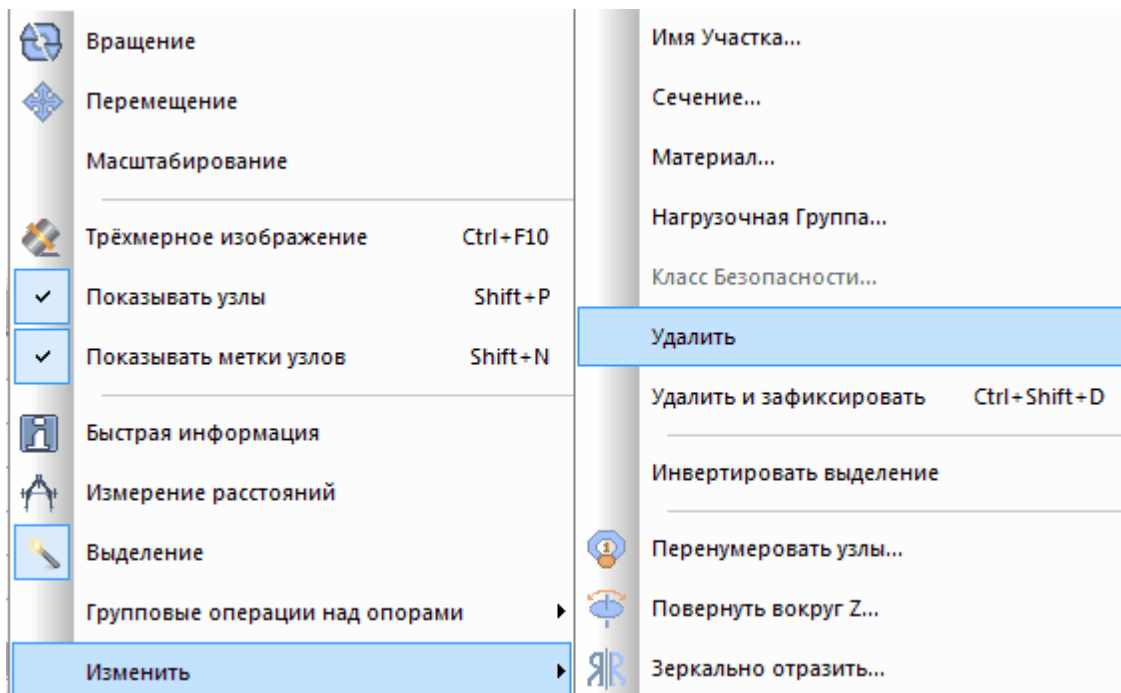
1. Переименуем созданный ранее файл через команду меню "Файл" - "Сохранить как.."
2. На панели инструментов выберем кнопку "Выделить", либо воспользуемся контекстным меню, появляющимся при щелчке правой кнопки мыши:



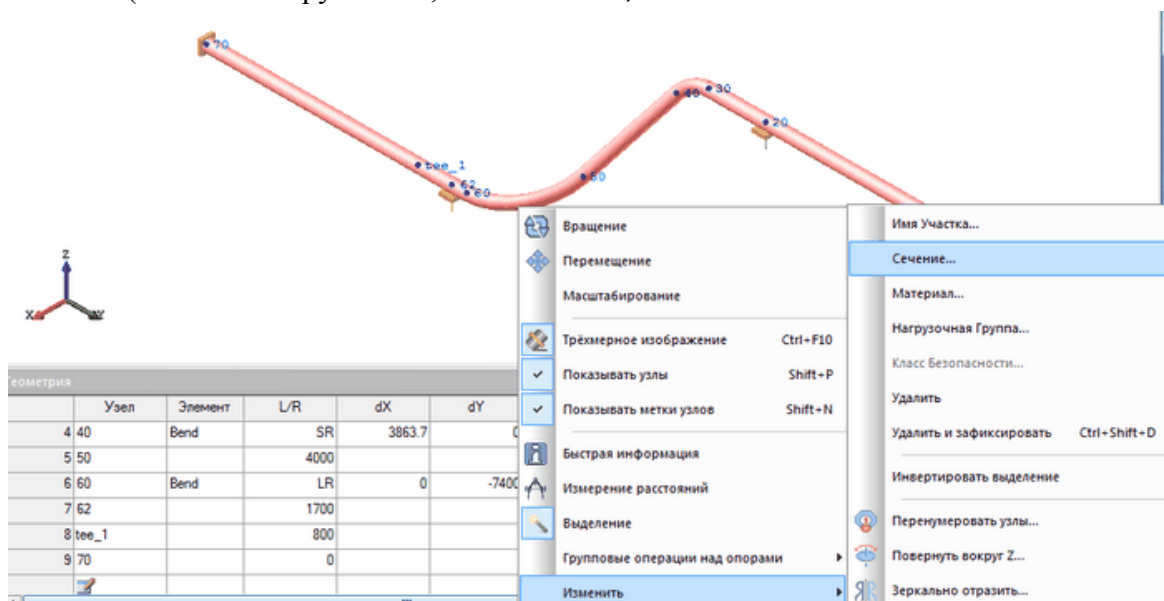
3. Подведем курсор мыши к любому элементу набранной ветки и, удерживая клавишу "Shift", нажмем левую кнопку мыши (ветка, предназначенная для удаления, отмечена красным цветом):



4. Из контекстного меню (оно вызывается нажатием правой клавиши мыши на выделенный участок) выбираем пункт "Изменить/Удалить":

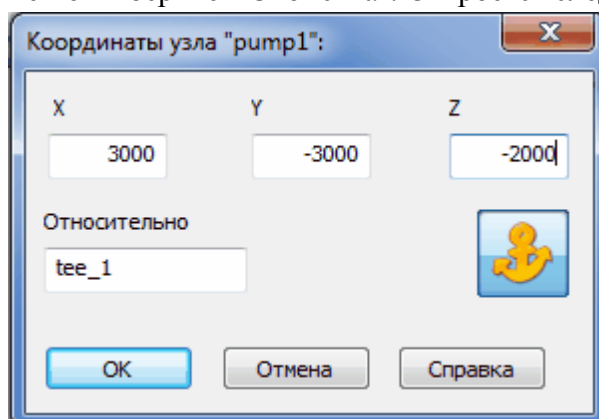


Аналогичным образом можно задать для всей оставшейся ветки трубопровода исходное сечение 'CS273x20'. Для этого снова перейдем в режим выделения (🔍), удерживая Shift, щелкнем левой кнопкой мышки по любому элементу и из контекстного меню выберем сечение 'CS273x20'. Проконтролировать полученный результат можно, воспользовавшись функцией раскраски трубопровода по типам сечений (панель инструментов, кнопка 🎨):



Вернемся к вводу геометрии. Перейдите в таблицу “Геометрия”. В новой строке в столбце “Элемент” введите “From” (начало новой ветви), в столбце “Узел” введите “**pump1**” (от насоса) в столбцах “dX dY dZ” введите “**0 0 2000**” (вверх на 2 метра), в столбце “Сечение” выберите “CS194x15”.

Встаньте курсором на “pump1” и нажмите правую кнопку мыши, во всплывающем меню выберите “Свойства”. Откроется следующее диалоговое окно:



Нажмите на кнопку с якорем. Введите $X = 3000$, $Y = -3000$, $Z = -3000$, относительно “tee_1”.

Появился узел, не связанный с основным трубопроводом. В столбце “Доп. Данные” выберите неподвижную опору (Anchor). В “Свойствах” неподвижной опоры перейдите на вкладку “Смещения” и задайте перемещения патрубка насоса: -2 мм по Y, +2 мм по Z. Нажмите “OK”.

Находясь на последней строчке (с якорем), нажмите “Ctrl+Enter”. В столбце “L/R” введите “250”. В столбце “Элемент” выберите “Reducer”. В свойствах перехода укажите вес 251 Н В столбце “Сечение” выберите “CS219x16”.

Нажмите “Ctrl+Enter”. В столбце “L/R” введите “400”. В столбце “Элемент” выберите “Valve (Задвижка)”. В “Свойствах” клапана задайте собственный вес 300 кг ~ 3000 Н.

Вернитесь в таблицу “Геометрия”.

Добавьте пустую строку (“Ctrl+Enter”) с нулевой длиной.

Перейдите курсором на следующую, пустую строку. В столбце “Элемент” выберите “Bend”, в столбце “L/R” выберите крутоизогнутый (“SR” отвод), в столбцах “dX dY dZ” введите “0 3000 0”.

Добавьте пружинную подвеску на расстоянии 600 мм от предыдущей точки

Добавьте пустую строку (“Ctrl+Enter”) с нулевой длиной.

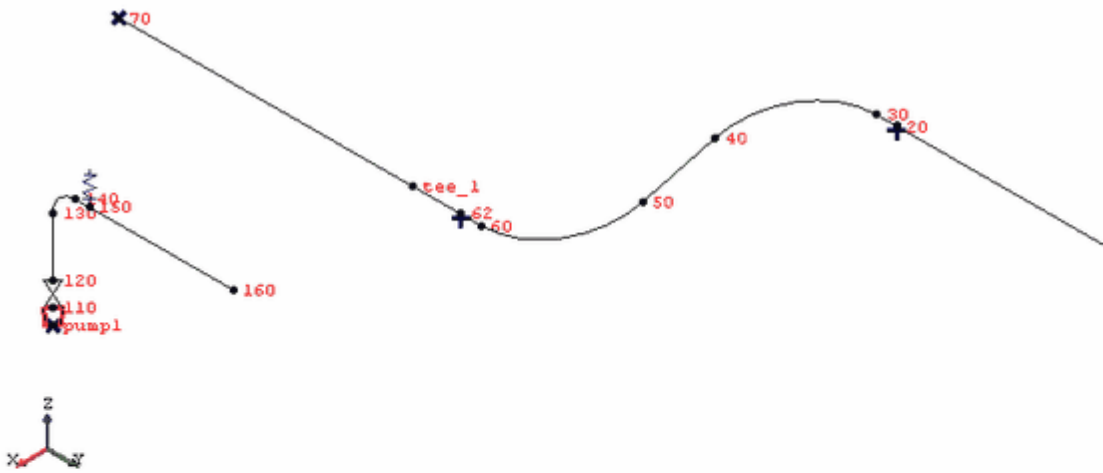
Мы построили две несвязанных ветки трубопровода. Команда с якорем позволяет зафиксировать их относительно друг друга.


Кроме того, команда с якорем позволяет задать узлу трубопровода глобальные координаты. Например: известны высотные отметки в нескольких точках трубопровода, задав в одной точке

координату по "Z" и построив вертикальные участки, можно проверить высотные отметки в остальных точках.

Программа позволяет выполнить расчет двух и более не связанных между собой ветвей трубопровода, если граничные условия каждой ветви достаточно определены (т.е. при нагружении трубопровода в любом из направлений, включая углы поворота и кручение, система за счет граничных условий имеет ненулевую жесткость)

Чтобы это проверить, запустите расчет (нажмите ).

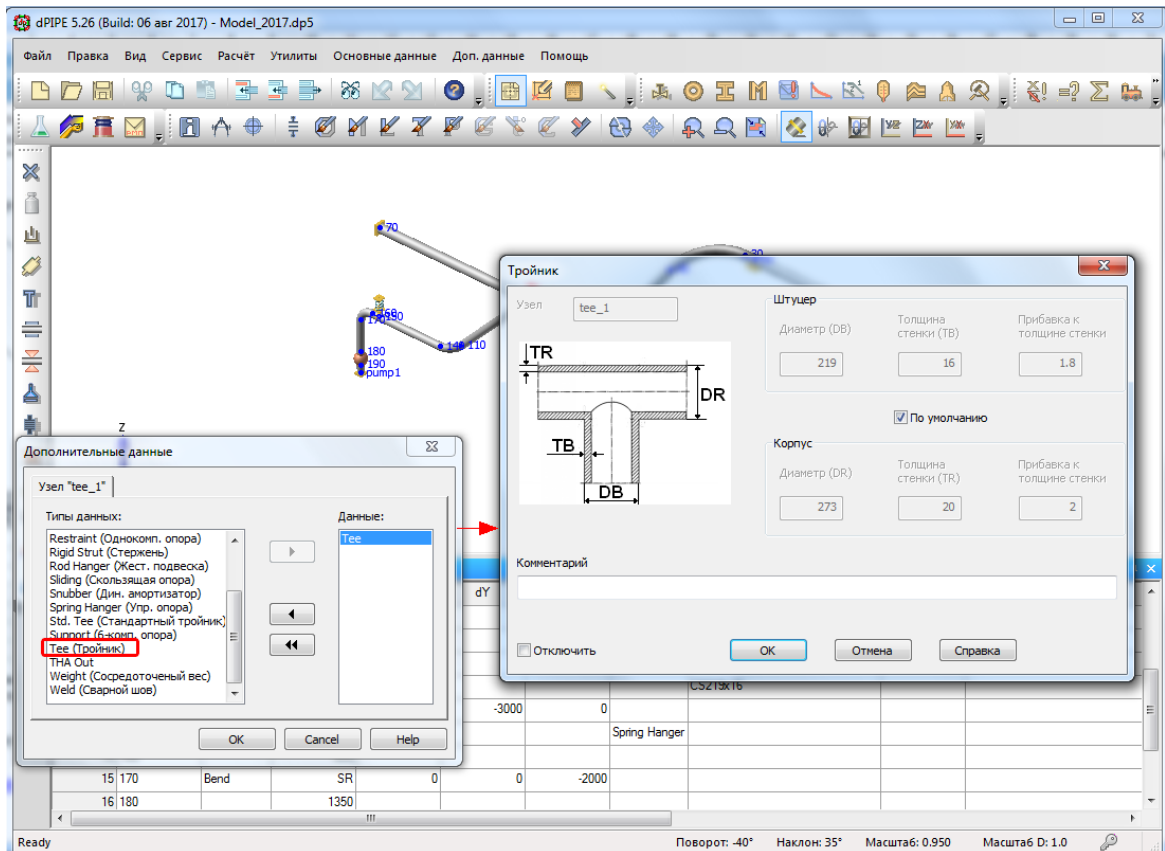


Геометрия								
	Узел	Элемент	L/R	dX	dY	dZ	Доп. Данные	Сечен
	9 70		0				Anchor	
	10 pump1	From		0	0	2000	Anchor	CS150C
	11 110	Reducer	250					219x16
	12 120	Valve	400					
	13 130		0					
	14 140	Bend	SR	0	3000	0		
	15 150		600				Spring Hanger	
	16 160		0					

Вернитесь в таблицу "Геометрия".

Добавьте новую строку и задайте в ней кругоизогнутый отвод с направлением 3000 по -X.

Зададим тройник на этот раз упрощенно:



Теперь можно выполнять расчет или перейти к [редактированию модели](#).

3.4 Редактирование модели

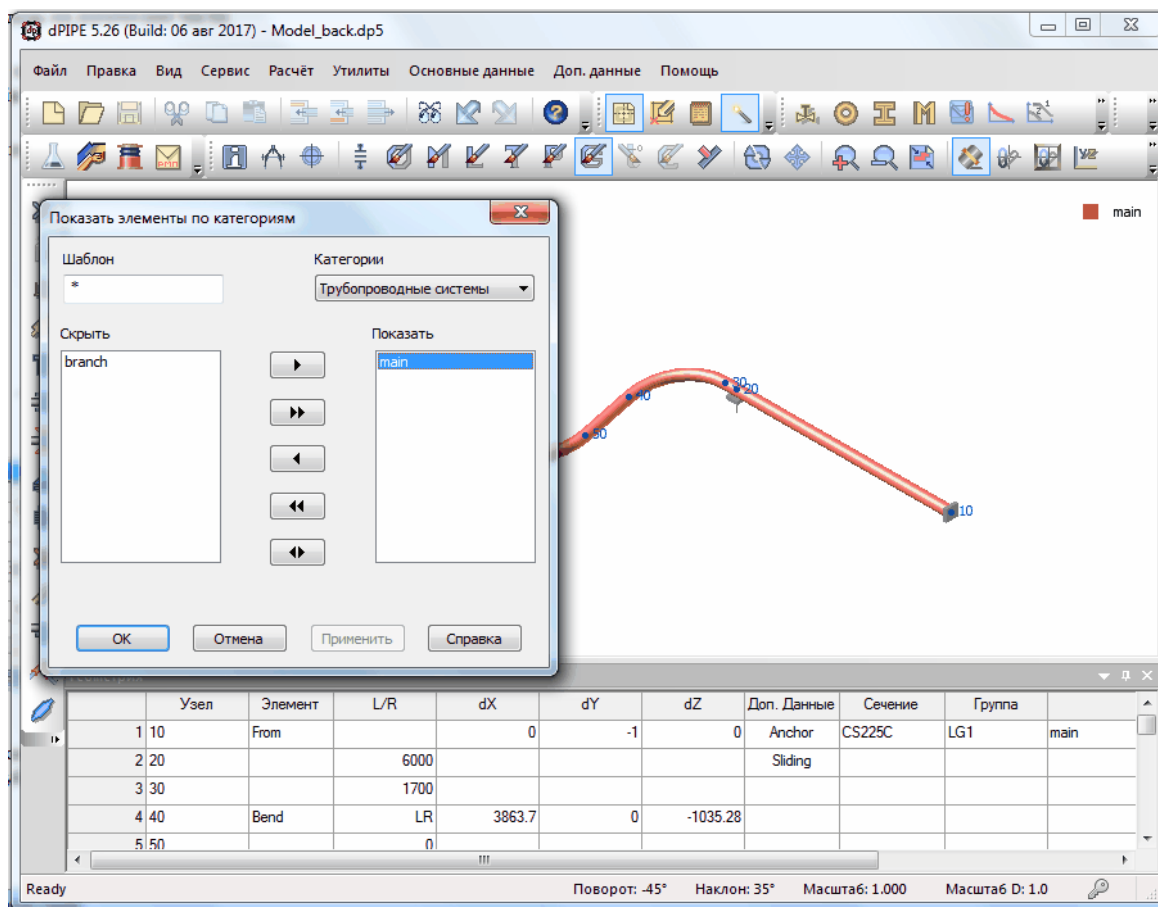
В рамках dPIPE существует большое количество средств для редактирования существующей расчетной модели. В этом разделе будет показано как присвоить логические имена участкам трубопровода, вставить промежуточные узлы внутрь ветви, не изменяя ее геометрии, изменить тип опор и т.д..

3.4.1 Разделение модели на логические части


Разделим модель на логические части.

Перейдите в таблицу “Геометрия”. Дважды щелкните левой клавишей мыши на заголовке столбца ”Комментарий”. Заголовок изменился на “Имя”. В верхней строке (узел 10) столбца “Имя” введите “**main**”. Затем **⇧**перейдите(для быстрого перехода в окне “Геометрия” удобно воспользоваться быстрыми клавишами CTRL-F (поиск узла расчетной модели)) на узел “pump1” и в столбце “Имя” введите “**branch**”. Ответьте утвердительно на вопрос **⇧**программы(эту же операцию можно также сделать с помощью выделения участков модели и изменения их свойств).

Теперь нажмите на клавиатуре “F4”. Откроется следующий диалог:



Работая с **большой моделью** (размер модели, построенной в dPIPE, ограничен только ресурсами компьютера.), удобно скрыть “лишние ветви”. В сводных таблицах файла *.

res ( или меню “Сервис” - “Просмотр листинга результатов”) результаты также группируются по имени трубопровода.

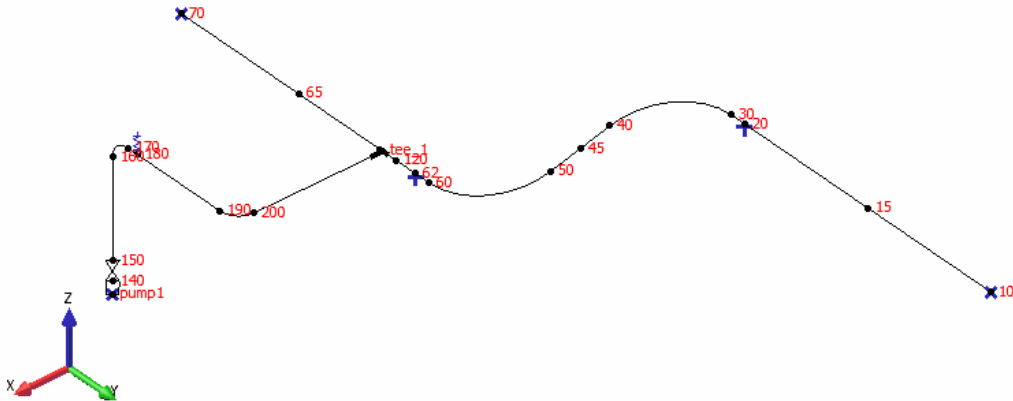
3.4.2 Вставка промежуточных узлов

Опытные расчетчики для контроля перемещений обычно задают точки посередине пролетов. Хотя в нашем примере делать это не обязательно (поскольку длина пролета не велика, а напряжения в середине пролета dPIPE 5 вычисляет автоматически), давайте зададим эти точки. Сделать это нагляднее всего следующим образом:

Выполните команду "Показать целиком" ("Ctrl+A"). Отключите режим динамической отрисовки ("Ctrl+F5"). В таблице "Геометрия" встаньте на узел 20, в столбце "L/R" введите **"3000"** вместо "6000" и нажмите "Ctrl+Shift+Enter". Добавилась новая строка между узлом 10 и узлом 20. В столбце "Узел" новой строки введите **"15"**, в столбце "L/R" введите **"3000"**. Нажмите "Enter" для сохранения строки. Нажмите "F5" для обновления графического представления.

В таблице "Геометрия" встаньте на узел 70, в столбце "L/R" введите "5700/2" и нажмите "Ctrl+Shift+Enter". Добавилась новая строка между узлом tee_1 и узлом 70. В столбце "Узел" новой строки введите "65". Нажмите "Ctrl+F5" для перехода в режим динамической отрисовки.

Чтобы ввести точку между узлами 40 и 50 встаньте на узел 40 и нажмите "Ctrl+Enter". В новой строке в столбце "Узел" введите "45", в столбце "L/R" введите "2000", нажмите "Enter".



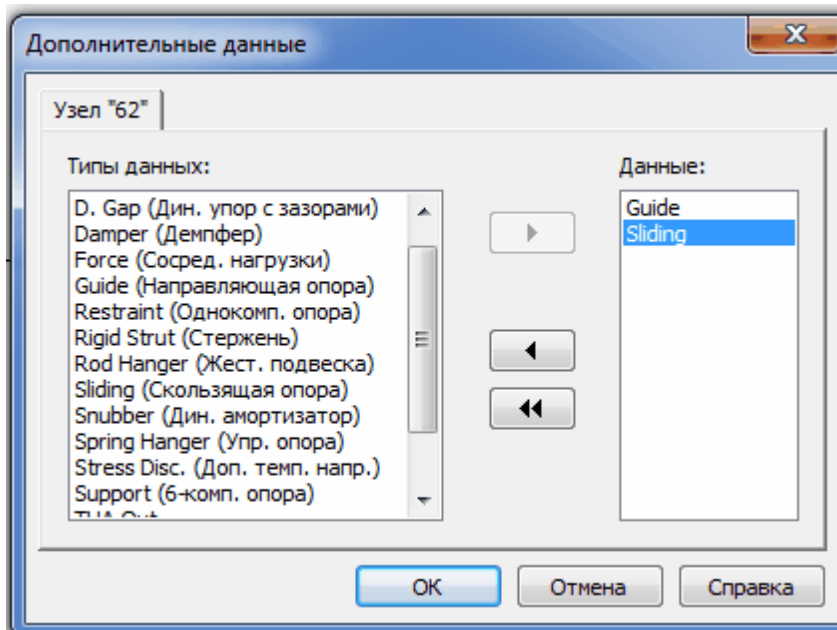
3.4.3 Изменение типа опоры

С целью уменьшения нагрузок на патрубок насоса изменим тип опоры. Скользящую опору в узле 62 заменим на скользяще-направляющую.

Для этого при включенном "режиме динамической отрисовки", чтобы перейти к нужному узлу, дважды щелкните левой клавишей мыши на прямом участке основного трубопровода между вторым отводом и скользящей опорой у тройника. В таблице "Геометрия" становится активной соответствующая строка: узел 62.

Программа воспринимает двойной щелчок по участкам и элементам трубопровода. Для прямого участка позиционируется запись в таблице "Геометрия", а для отвода, клапана, перехода, скользящей опоры, пружинной и жесткой подвесок выводится соответствующий диалог. Для безусловного перехода из графического окна в окно "Геометрия" двойной щелчок следует производить, удерживая клавишу Shift.

Дважды щелкните левой клавишей мыши в столбце "Доп. Данные" этой строки или нажмите клавишу "F2". Откроется уже знакомый диалог. Выберите на этот раз "Guide (Направляющую опору)" и перенесите её в правый список:



Чтобы включить отображение направляющей опоры, нажмите "F3" и отметьте соответствующую галочку.

Скользящую опору ("Sliding") можно было бы перенести в левый список, но, возможно, она нам еще понадобится. В правом списке дважды щелкните левой клавишей мыши по "Sliding". Откроется диалог свойств скользящей опоры. Выберите опцию "Отключить":

Нажмите "OK" и еще раз "OK" на предыдущей форме.

Теперь таблица "Геометрия" выглядит следующим образом:

	Узел	Элемент	L/R	dX	dY	dZ	Доп. Данные	Сечение	Группа
7	50		0						
8	60	Bend	LR	0	-7400	0			
9	62		1700				Sliding Guide		
10	tee_1		800				Tee Weight		

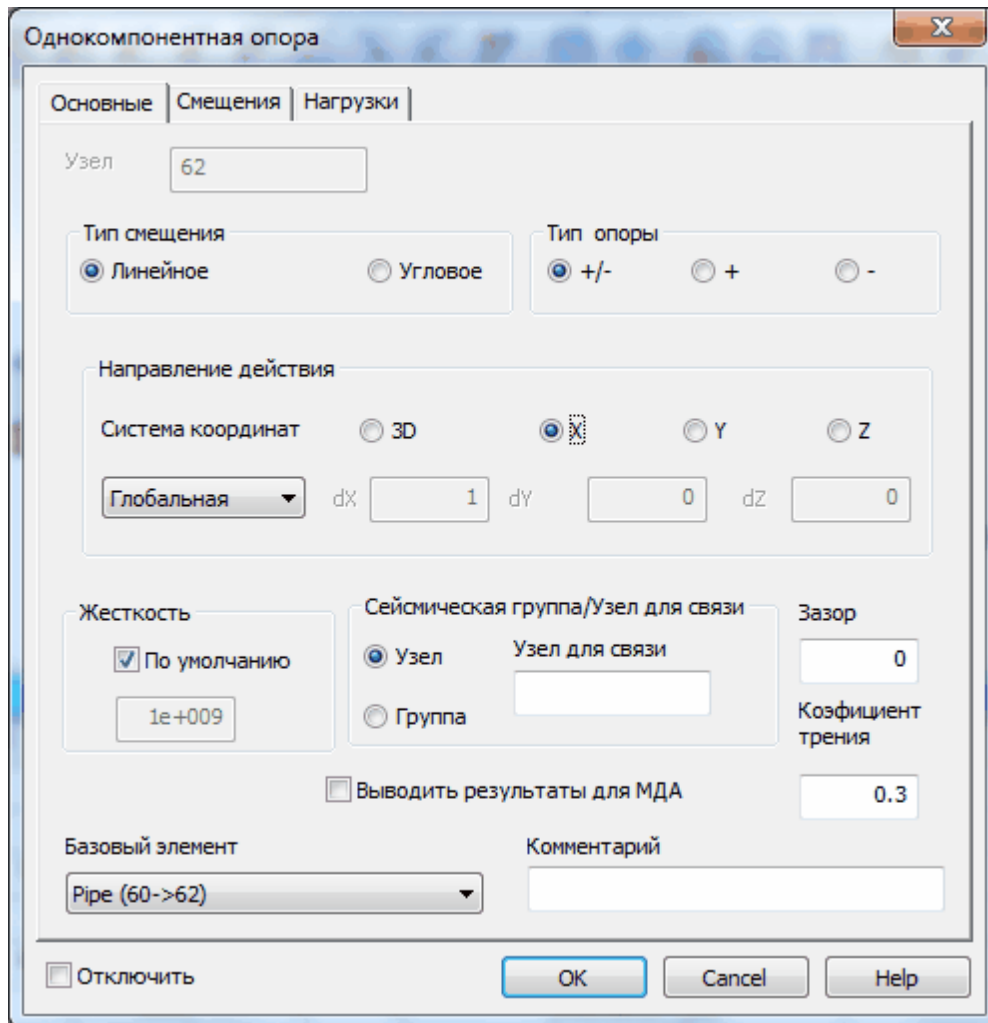
В узле 62 расположены направляющая (Guide) и отключенная скользящая (Sliding) опоры. Отключенные элементы отображаются серым цветом.

dPIPE позволяет не удалять опору/элемент, а просто выключать его. Это удобно при вариантных расчетах.

Если не отключить скользящую опору, а оставить в узле включенными скользящую и направляющую опоры, то это будет означать, что в этом узле заданы и скользящая, и направляющая опоры, и вертикальная нагрузка (как и сила трения от нее) распределится равномерно на обе опоры.

3.4.4 Нелинейные опоры

Скользяще-направляющая опора ("Guide") может быть представлена в виде комбинации скользящей опоры ("Sliding") и однокомпонентной опоры ("Restraint"). Комбинируя такие однокомпонентные опоры, можно смоделировать более сложные случаи граничных условий.



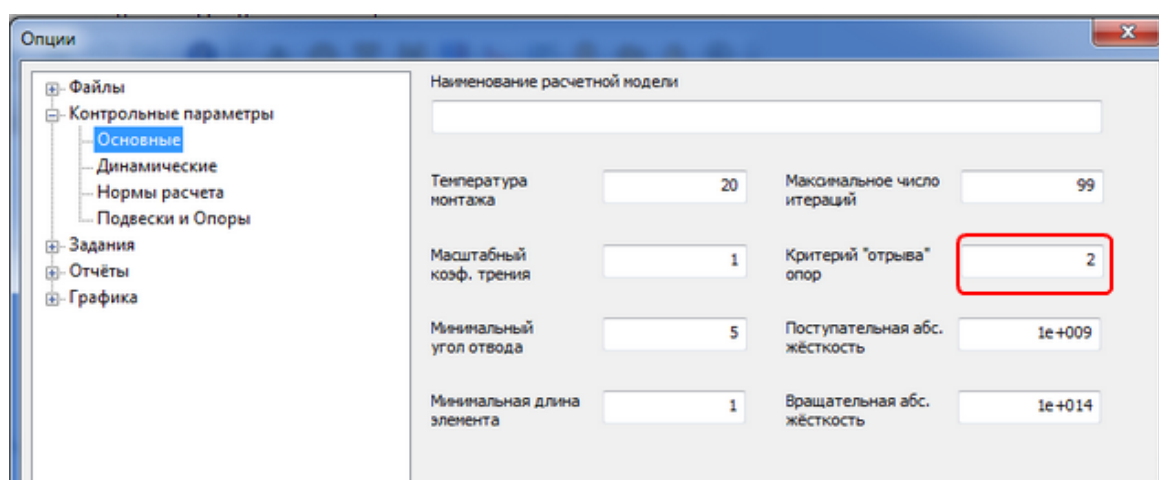
В свойствах однокомпонентной опоры можно гибко определить направление ее линии действия. См. Приложение 2 файла-справки dPIPE с описанием локальной системы координат для опор, задать жесткость, зазоры и коэффициент трения.

Обратите внимание, что тип опоры +/- (двусторонняя) для "Restraint", который моделирует направляющую опору для горизонтальной трубы, означает препятствие движению трубопровода по направлению действия этой опоры (в данном случае ограничения вводятся в горизонтальном направлении вдоль оси X и в положительном, и в отрицательном направлениях).

В случае скользящей или скользяще-направляющей опоры, несущей весовую нагрузку, тип опоры +/- означает ограничение движения трубопровода в вертикальном направлении, то есть в +Z и -Z. В результатах при этом получаются нулевые (или близкие к нулевым в зависимости от величины жесткости)

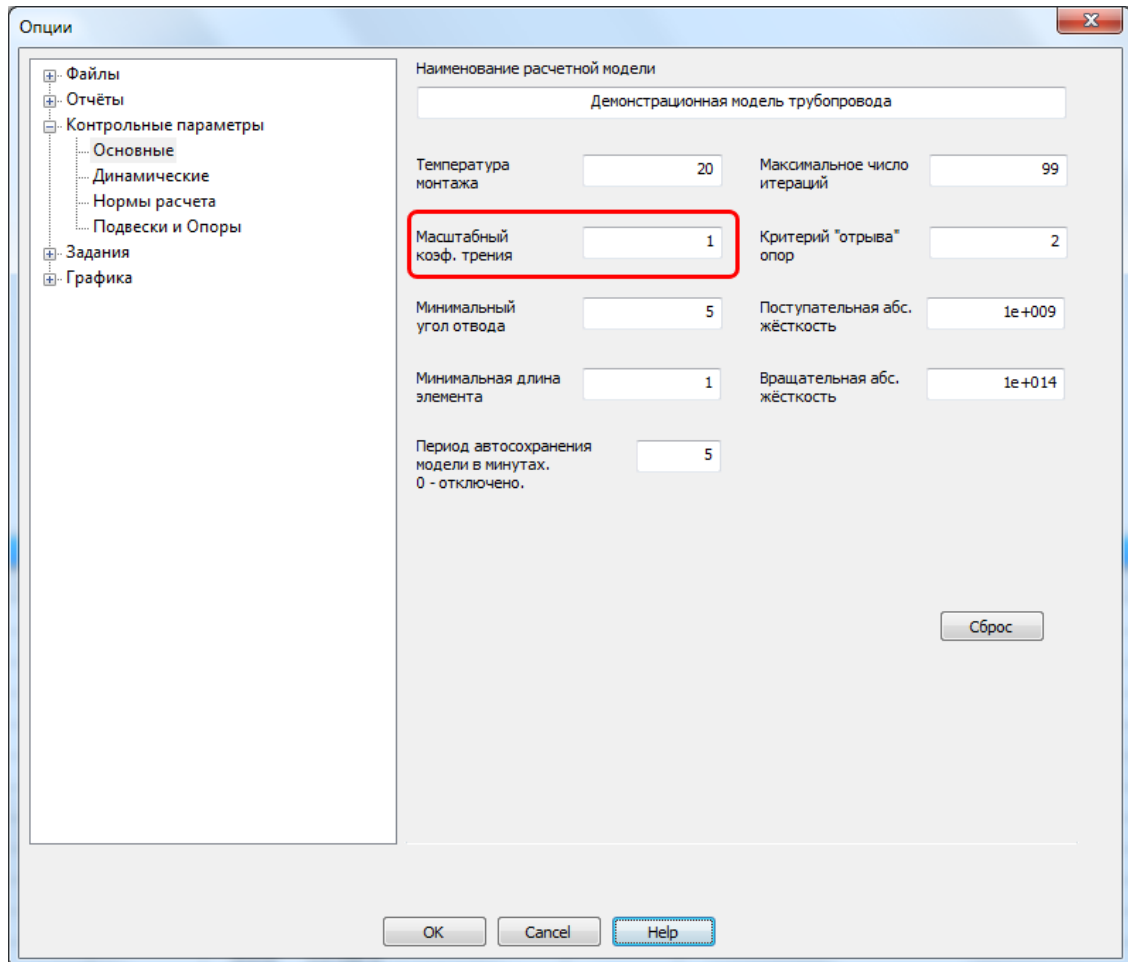
вертикальные перемещения и ненулевая реакция опоры (в результатах dPIPE для опор выводится нагрузка, действующая со стороны трубопровода на опору, т.е. в случае действия веса со знаком "-").

При задании этих же опор как односторонних (тип опоры: "-") в результатах расчета по второму этапу (на совместное действие всех нагружающих факторов) могут появиться положительные ненулевые перемещения и нулевая нагрузка. В этом случае опора может быть исключена из рассмотрения для первого этапа расчета. Между тем, нередко ситуация, когда труба поднимается над опорой на 1 мм, а при снятой опоре перемещения по первому этапу получаются -15, -20 мм. Для решения этой ситуации в dPIPE 5 введена настройка "критерий 'отрыва' опор" (параметр **Lift**), равный по умолчанию 2 мм:




□ Учет нелинейности опорно-подвесной системы

*Следует иметь в виду, что при проектировании трубопроводов разного рода нелинейности опорно-подвесной системы (зазоры, трение, «маятниковый эффект» для подвесок) являются факторами неопределенности, и при выполнении расчетов рекомендуется их рассматривать скорее с точки зрения влияния на чувствительность результатов, чем как средство достижения проектных задач. Иными словами, прочность и работоспособность хорошо спроектированного трубопровода не должны кардинальным образом зависеть от величины, например, коэффициента трения: задан он равным 0.3 или 0.25. В dPIPE для этой цели есть возможность вариации этого параметра как на уровне отдельной опоры, так и всего трубопровода (см. например, параметр *FRIC* - масштабный коэффициент для учета сил трения):*



При расчетах на динамические воздействия линейно-спектральным методом (RSM) нелинейности (как это следует из названия метода) не учитываются - опоры считаются двухсторонними без зазоров и трения. В случае использования метода динамического анализа (ТНА) есть возможность учета зазоров в опорах.

3.4.5 Отрывающаяся опора


Аналогично тому, как была заменена скользящая опора на направляющую, замените пружинную подвеску на жесткую ("Rod Hanger"). Чтобы включить отображение жесткой подвески в графическом окне, нажмите "F3". Запустите расчет (). В процессе выполнения расчета выдается предупреждение: "lift-off from one-way supports" - "подъем над односторонней опорой"

```

Файл D:\Работа\дп правка инструкций\RA_SAMPLE\Model_tutor.bin создан успешно.
Solve > Op 1(R): W -> done
Solve > Op 1(A): W+P+T+D -> done
Warning: lift-off from one-way supports
Solve > Cold(B): W+P+T+D -> done
Solve > Op 1(B): W+P+T+D+FR+SW -> done
Warning: lift-off from one-way supports
Solve > Op 1(C): W+P -> done
Solve > Cold(B): W+P+T+D+FR+SW -> done

dPIPE 5 Post Oct 15 2016
POST: LS1 S_I LC5 SUM
POST: LS2 S_III LC4-LC6 SUM
POST: LS3 DISP LC5 SUM
POST: LS4 DISP LC4-LC6 SUM
POST: LS5 SUPP LC4 SUM
POST: LS6 SUPP LC6 SUM
Stop - Program terminated.
Нажмите любую клавишу для продолжения . . .

```

Откройте Pipe3DV() и убедитесь, что жесткая подвеска мигает. Программа сигнализирует о проблемной ситуации. Для отключения/включения мигания нажмите "Alt-E".

Верните в активное состояние пружинную подвеску и отключите жесткую.


Это не единственный случай [мигания](#) подвески.

3.4.6 Мигающая пружина

Для пружинных подвесок или опор в dPIPE контролируются:

- величина рабочей нагрузки на опору по отношению к минимальной/максимальной допустимой нагрузке на пружину;
- величина изменяемости.

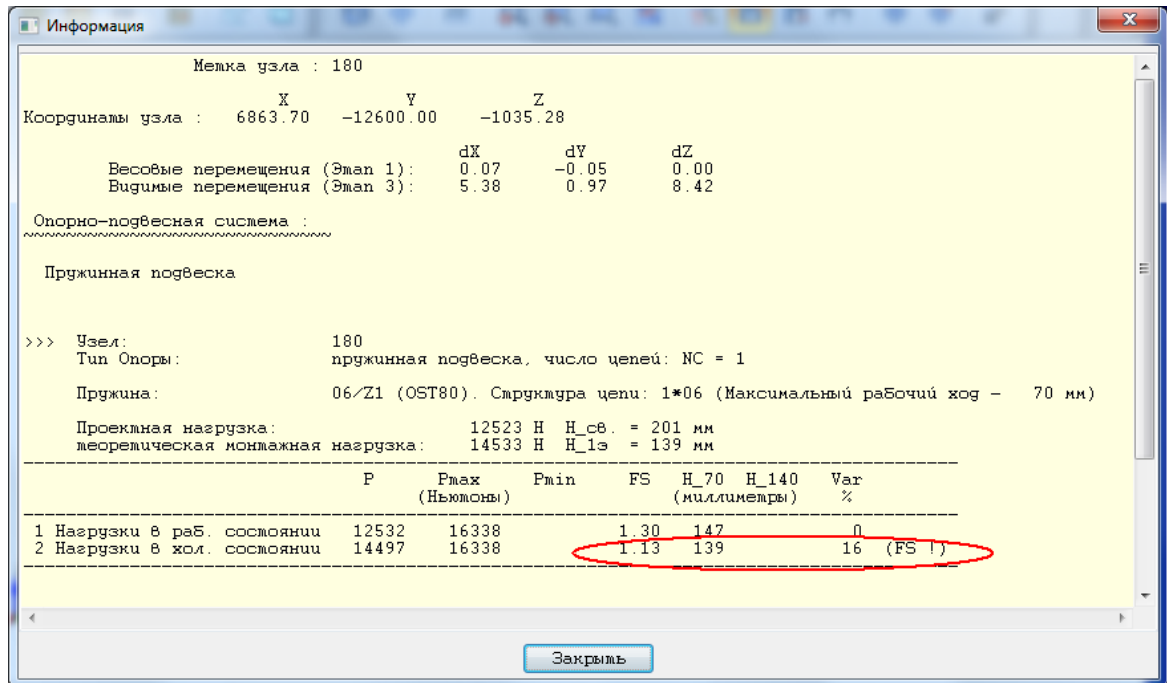
Если один из этих контрольных параметров выходит за пределы установленных критериев, то программа выдает предупреждение в виде мигания этих опор при

просмотре результатов с помощью PIPE3DV () и восклицательных знаков с соответствующими комментариями в распечатках результатов расчетов. Подробно о выборе пружин для пружинных подвесок и интерпретации результатов расчетов см. Приложение VI файла-справки dPIPE.

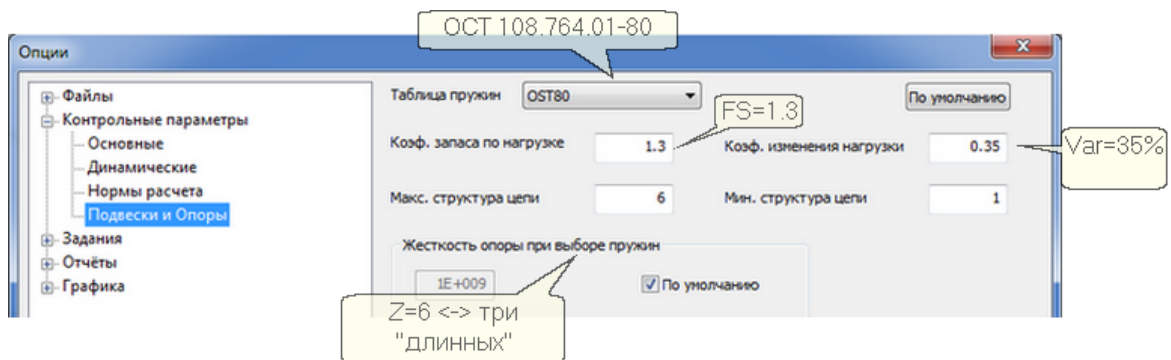
Для демонстрации этого эффекта выберите в "свойствах" пружинной подвески пружину исполнения **06/Z1** по ОСТ108.764.01-80:

Запустите выполнение расчета () и откройте Pipe3DV()

- ▣ Пружина мигает. Включить/выключить мигание можно по комбинации клавиш CTRL-E. В окне Pire3DV вызовите параметры узла с установленной пружиной, нажав правую клавишу мыши:

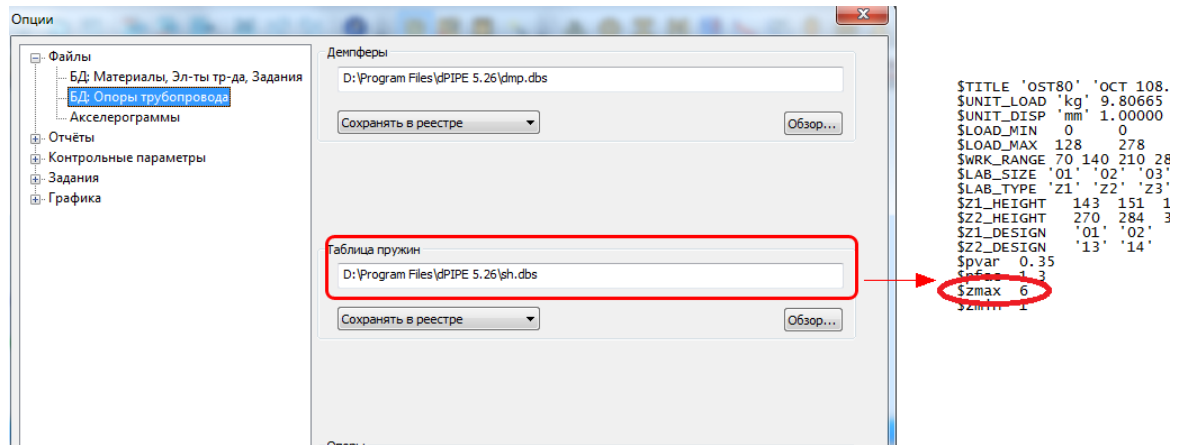


Мигание и восклицательный знак в результатах означает, что отношение максимальной нагрузки пружины к нагрузке в холодном состоянии меньше, чем заданная величина 1.3.



1. Настройки выбора пружин доступны из меню "Сервис"- "Опции"- "Подвески и опоры".
2. Приведенные настройки соответствуют строке:


```
SDEF stab = 'OST80', pvar = 0.35, pfac = 1.3, zmax = 6, zmin = 1
```
3. В текстовом режиме строки такого вида можно поместить перед группами пружин таким образом, что в одной модели будут действовать разные параметры выбора пружин.
4. По умолчанию принята максимальная структура цепи Z6, то есть 3 длинных пружины с максимальным рабочим ходом 420 мм. Следует иметь в виду, что требование по ограничению изменчивости – это не обязательное условие, а рекомендация, которая в отдельных случаях может обоснованно не выполняться. Таким обоснованием может быть демонстрация выполнения условия прочности для первого этапа в холодном состоянии и рассмотрение обеспечения нужных уклонов трассы для успешного ее дренирования. На практике лучше пожертвовать изменчивостью, чем проектировать более длинные и громоздкие пружинные "гирлянды". Если, тем не менее, принято решение об использовании пружинной цепи с числом цепи больше, чем Z=6, то следует описать такую структуру в файле таблицы пружин "sh.dbs":



Если задать пружину исполнения 05 и не указать рабочую нагрузку, то произойдет **аварийное завершение программы**. Проектная нагрузка, уравнивающая весовую нагрузку для первого этапа, оказывается больше, чем максимальная нагрузка на заданную пружину. Ход выполнения расчета записывается в файл *имя_расчета*.

res .

Задав жесткую пружину исполнения 12, можно получить изменчивость больше 35%. В окне Pipe3DV тоже будет предупреждение в виде мигающей пружины.