

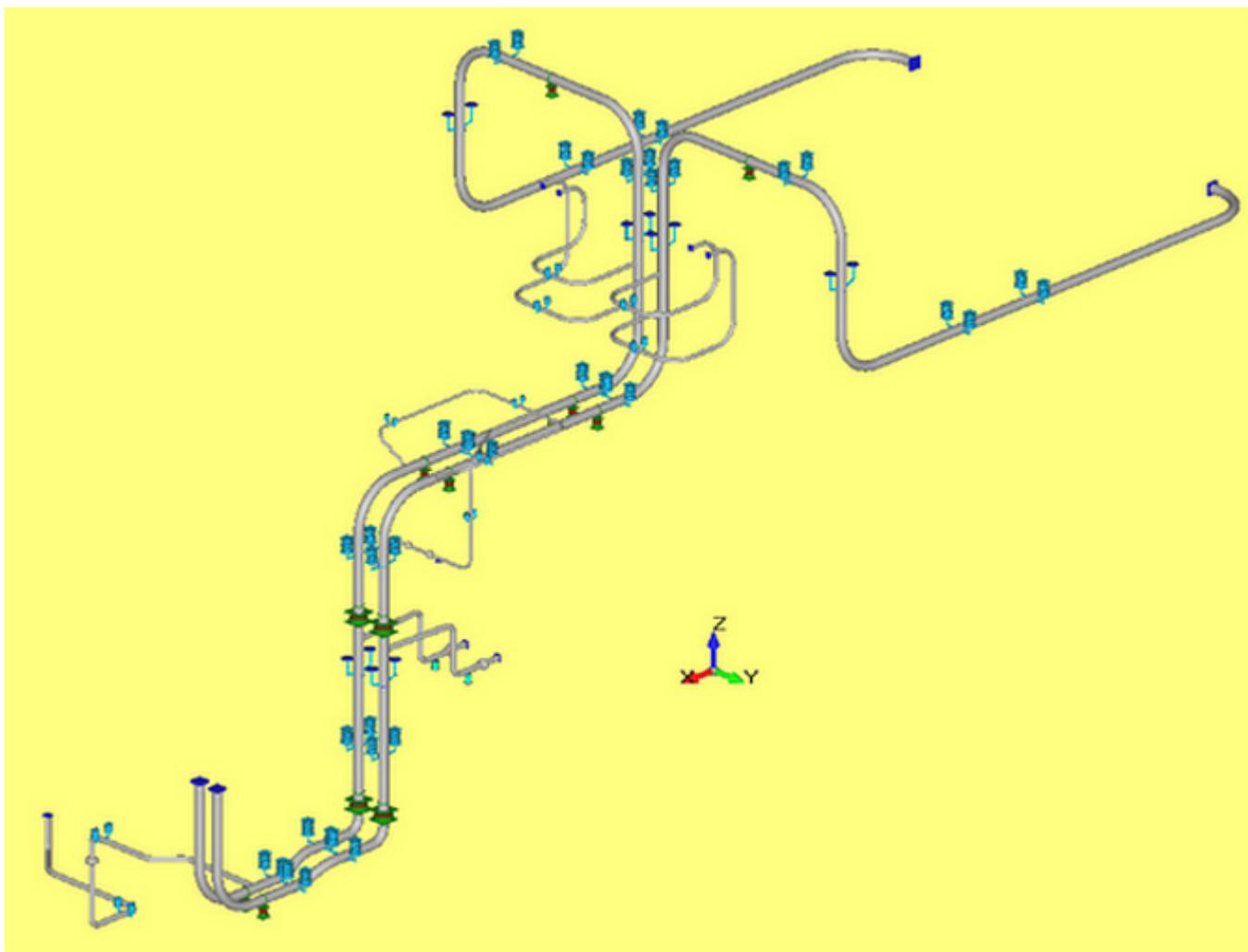


# Программный Комплекс для прочностных расчетов трубопроводов при действии эксплуатационных и сейсмических нагрузок.

## dPIPE 5

### Инструкция пользователя

Версия 5.2.9



# Содержание

Часть I	Список сокращений	6
Часть II	Введение	6
Часть III	Структура программного комплекса. Файловая система	7
Часть IV	Необходимая конфигурация персонального компьютера	10
Часть V	Установка программного комплекса	10
Часть VI	Работа с защитными ключами и управление Лицензиями	11
1	Аппаратный пользовательский ключ Sentinel HL Pro DL.....	11
2	Аппаратный сетевой ключ HL-NET.....	12
3	Программный пользовательский ключ SL-UserMode.....	12
4	Программный сетевой ключ SL-AdminMode.....	13
5	Работа dPIPE в подсетях.....	14
6	Перенос ключей Sentinel SL между двумя компьютерами.....	15
Часть VII	Электронная таблица DDE	17
1	Интерфейс таблицы.....	17
2	Навигация по таблице.....	23
3	Режим частичного отображения расчетной модели.....	24
4	Копирование, вставка, изменение и удаление участков трубопроводов.....	28
5	Изменение формата отображения чисел.....	31
6	Панели инструментов.....	31
	Основная панель.....	33
	Панель "трубопровод".....	34
	Таблицы с основными данными.....	35
	Выполнение расчета.....	35
	Дополнительные данные.....	36
	Работа с графическим окном программы.....	36
	Графический ввод.....	38
7	Сводка горячих клавиш.....	38
8	Команды меню.....	40
	Файл.....	41
	Создать PCF.....	41
	Архивировать проект.....	42
	dP5 Backup.....	43
	Правка.....	43
	Вид.....	44
	Сервис.....	45

Групповые операции над опорами.....	47
Внешние программы.....	49
Interface Language/Язык интерфейса.....	51
Опции и настройки.....	51
Файлы .....	51
Отчеты .....	53
Шаблоны .....	53
Опоры .....	54
Распечатки результатов.....	55
Трубопроводная арматура.....	56
Трубы малого диаметра.....	57
Контрольные параметры.....	58
Основные .....	58
Динамические.....	60
Нормы расчета.....	61
Подвески и опоры.....	63
Задания .....	64
Усталостная прочность.....	64
Места разрывов ВЭ тр-в.....	66
Экспорт в LICAD.....	67
Графика .....	69
Расчет .....	70
Утилиты .....	71
Основные данные .....	72
Дополнительные данные .....	79
Помощь .....	81

## Часть VIII Язык ввода исходных данных

82

1 Общие команды.....	84
Вставка данных из другого файла (INCLUDE) .....	85
Заголовок расчета (TITLE) .....	85
Контрольные параметры (CTRL) .....	86
Кривые циклической прочности (FAT) .....	100
Кривые для расчета высокотемпературных трубопроводов (CREEP) .....	102
Материалы (MAT) .....	103
Характеристики сечений труб (PIPE) .....	108
Стандартные отводы.....	111
Стандартные секторные колена.....	112
Стандартные тройники.....	113
Характеристики балочных сечений (BEAM) .....	117
Режимы работы трубопровода (OPVAL) .....	120
Напряжения от перепада темп. по толщине стенки и эффекта стратификации (GRAD) .....	122
концентрация кислорода в водной среде (ENVFAT) .....	124
Данные для пружинных опор (SDEF) .....	125
Сейсмические спектры ответа (SPEC) .....	127
Акселерограммы сейсмического воздействия (ACCE) .....	129
Задание на расчет (SOLV) .....	131
Задание на выполнение динамических расчетов (DCASE) .....	135
Задание на постпроцессорную обработку (POST) .....	140
Задание на расчет усталостной прочности (FATG) .....	145
Задание для опр-ния мест поступ. разрывов ВЭ тр-дов (POST_HEL.B) .....	149
Задание на формирование отчета (POST_REP) .....	151
Спецификация для набора допускаемых нагрузок на опоры (SUP_LOADS) .....	157
Экспорт нагрузок на опоры трубопровода в LICAD (DP2LCD) .....	159
Управление подключаемыми базами данных (DBF) .....	161
Отмена вывода результатов по заголовкам (\$NOHEAD) .....	163
Конец исходных данных (END_OF_DATA) .....	163

<b>2 Локальные команды</b> .....	<b>163</b>
Инициализационные команды .....	167
Начало ветви (F) .....	168
Прямая труба (P) .....	169
Отвод-1 (B) .....	171
Отвод-2 (B) .....	174
Секторное колено (MTR) .....	175
Переход (R) .....	178
Арматура (V) .....	181
"Половинка" клапана (команды V1, V2) .....	185
Угловой клапан (VA) .....	188
Клапан со смещением (VO) .....	194
Трехходовой клапан (V3W) .....	200
Компенсатор (EJ) .....	205
Осевой компенсатор (EA) .....	210
Сдвиговой компенсатор (ET) .....	213
Шарнирный компенсатор (EH) .....	215
Карданный компенсатор (EG) .....	218
Жесткая связь (RX/RP) .....	220
Упругий элемент (FJ) .....	222
Монтажная растяжка (CS) .....	224
Балка (S) .....	225
Координаты узла (POS) .....	227
Тройник (TEE) .....	231
"Стандартный" тройник (TEE) .....	236
Коэффициенты интенсификации напряжений .....	237
Сварной шов (WLD) .....	239
Сосредоточенный вес (CW) .....	241
Сосредоточенные нагрузки (FOR) .....	242
Анкерная опора (ANC) .....	245
Шестикомпонентная опора (SUP) .....	251
Линейная однокомпонентная опора (STS) .....	256
Угловая однокомпонентная опора (SRS) .....	259
Линейная односторонняя однокомпонентная опора (команды STS+, STS-) .....	263
Направляющая опора (STG, STG-) .....	267
Пружинная подвеска/опора (SPR) .....	270
Жесткая подвеска (ROD) .....	275
Жесткий стержень (STRT) .....	279
Демпфер (DMP) .....	283
Динамический амортизатор (SNUB) .....	290
Динамический упор с зазорами (DGAP) .....	295
Сосредоточенная динамическая сила (DFRC) .....	298
Вывод временных зависимостей/Указатель перемещений (TH_OUT) .....	300
Дополнительные температурные напряжения (STR_DISC) .....	303
<b>Часть IX Литература</b> .....	<b>305</b>
<b>Часть X Приложение I</b> .....	<b>306</b>
<b>Часть XI Приложение II</b> .....	<b>307</b>
<b>Часть XII Приложение III</b> .....	<b>311</b>
<b>Часть XIII Приложение IV</b> .....	<b>315</b>
<b>Часть XIV Приложение V</b> .....	<b>317</b>

---

1	Расчеты по Нормам ПНАЭ.....	318
2	Расчеты по Котельным Нормам.....	324
<b>Часть XV</b>	<b>Приложение VI</b>	<b>327</b>
1	Основные определения.....	327
2	Выполнение расчета, ошибки и предупреждения.....	329
3	Результаты расчета.....	334
4	Структура файла SH.DBS.....	337
5	Выбор пружин из каталога "LISEGA".....	339
<b>Часть XVI</b>	<b>Приложение VII</b>	<b>343</b>
<b>Часть XVII</b>	<b>Приложение VIII</b>	<b>344</b>
<b>Часть XVIII</b>	<b>Приложение IX</b>	<b>346</b>
<b>Часть XIX</b>	<b>Приложение X</b>	<b>347</b>
<b>Часть XX</b>	<b>Приложение XI</b>	<b>351</b>
1	NC_3600.....	351
2	NB_3600.....	354
<b>Часть XXI</b>	<b>Приложение XII</b>	<b>357</b>
<b>Часть XXII</b>	<b>Приложение XIII</b>	<b>366</b>
<b>Часть XXIII</b>	<b>Приложение XIV</b>	<b>368</b>
<b>Часть XXIV</b>	<b>Приложение XV</b>	<b>369</b>
<b>Часть XXV</b>	<b>Приложение XVI</b>	<b>372</b>
<b>Часть XXVI</b>	<b>Приложение XVII</b>	<b>377</b>
<b>Часть XXVII</b>	<b>Приложение XVIII</b>	<b>381</b>
<b>Часть XXVIII</b>	<b>Приложение XIX</b>	<b>385</b>
<b>Часть XXIX</b>	<b>Приложение XX</b>	<b>389</b>

## 1 Список сокращений

АОО	Anticipated Operational Occurrence
ДБА	Design Basis Accident
ОБЕ	Operational Basis Earthquake
ССЕ	Safe Shutdown Earthquake
ВЭ	Высокоэнергетические (трубопроводы)
ГИ	Гидравлические испытания
ИД	Исходные данные
МДА	Метод Динамического Анализа
МРЗ	Максимальное расчетное землетрясение
ННУЭ	Нарушение нормальных условий эксплуатации
ННЭ	Нарушение нормальной эксплуатации
НУЭ	Нормальные условия эксплуатации
НЭ	Нормальная эксплуатация
ОПС	Опорно-подвесная система трубопровода
ПЗ	Проектное землетрясение
ПНАЭ	Правила и Нормы в Атомной Энергетике
РМТ	расчетная модель трубопровода
УПА	Условия проектной аварии

## 2 Введение

Программный комплекс dPIPE 5 предназначен для проведения расчетов прочности трубопроводов на действие эксплуатационных и сейсмических нагрузок.

В рамках выполнения расчета на заданное сочетание проектных нагрузок выполняются следующие виды анализа:

***статический анализ:***

- расчет перемещений, опорных реакций, внутренних усилий и напряжений в трубопроводе при действии весовых (распределенных и сосредоточенных) нагрузок, а также внутреннего давления;
- расчет перемещений, опорных реакций, внутренних усилий и напряжений в трубопроводе при действии температурных нагрузок от самокомпенсации трубопровода;

***динамический анализ:***

- расчет ответных перемещений, ускорений, опорных реакций, внутренних усилий и напряжений в трубопроводе при действии сейсмических нагрузок, заданных в виде спектров ответа (расчет по линейно-спектральному методу, **ЛСМ**). Для определения сейсмического отклика системы в программном комплексе реализован метод многоопорного сейсмического воздействия, т.е. возможность задания специфических спектров ответа для различных отметок крепления трубопровода к строительным конструкциям;
- расчет ответных перемещений, ускорений, опорных реакций, внутренних усилий и напряжений в трубопроводе при действии динамических нагрузок, заданных в виде акселерограмм (сейсмические нагрузки) или сосредоточенных в узлах расчетной модели усилий, переменных по времени (метод динамического анализа, **МДА**).

Для описания геометрии трубопровода и задания его физико-механических характеристик используется специально разработанный язык ввода исходных данных. Программный комплекс имеет обширную систему диагностики ошибок, графический интерфейс для ввода и просмотра исходных данных, а также результатов расчета.

### 3 Структура программного комплекса. Файловая система

Программный комплекс dPIPE 5 состоит из отдельных программных модулей, выполняющих разные стадии прохождения расчета. Все программные модули связаны между собой через общую файловую систему. Ниже приведены модули программного комплекса dPIPE и дано краткое описание их назначения.

Наименование	Описание
DPC.EXE	Препроцессор. Ввод и проверка исходных данных.
LIST_BIN.EXE	Программа для генерации листинга <a href="#">ИД</a>
DP5S.EXE	Основная расчетная программа комплекса. Осуществляет формирование матрицы жесткости <a href="#">PMT</a> и нагрузочных векторов, решает систему уравнений, определяет внутренние усилия и деформации в элементах, опорные реакции, а также узловые перемещения
DP5D.EXE	Модуль динамического расчета. Осуществляет вычисление собственных частот и форм колебаний <a href="#">PMT</a> .
POST.EXE	Постпроцессор. Вывод на печать результатов расчета и проверка условий прочности в соответствии с заданными нормами.
Pipe3DV.EXE	Просмотр <a href="#">PMT</a> и результатов расчета в графическом виде
WORKPAD.EXE	Текстовый редактор для редактирования <a href="#">ИД</a> и просмотра распечаток
Pipe3DV.CHM	Файл – справка для программы Pipe3DV
DDE.EXE	Электронная таблица для ввода <a href="#">ИД</a>
dPIPE_5.CHM	Файл – справка для программы dPIPE 5
<b>Рабочие библиотеки и вспомогательные программы к электронной таблице DDE:</b>	

DATALIB.DLL	
DATALIB.NET.DLL	
DATALIB.NET.RESOURCES.DLL	
GYMFCEXT.DLL	
HASP.DLL	
PL.DLL	
PLDRAW.DLL	
REGISTRY.DLL	
RES.DLL	
SERIALIZE.DLL	
SETUP_RES.DLL	
SPAWNER.EXE	
<b>Файлы с базами данных и вспомогательной информацией:</b>	
FMT_PRE.DBS	Файл с настройками для печати таблиц листинга <a href="#">ИД</a> (русский язык)
FMT_PST.DBS	Файл с настройками для печати таблиц с результатами расчета (русский язык)
FMT_PRE_E.DBS	Файл с настройками для печати таблиц листинга <a href="#">ИД</a> (английский язык)
FMT_PST_E.DBS	Файл с настройками для печати таблиц с результатами расчета (английский язык)
MAT.DBS	Файл с базой данных по материалам и кривым усталости
SH.DBS	Файл с базой данных по характеристикам пружин упругих подвесок (см. также <a href="#">Приложение VI</a> )
DMP.DBS	Файл с базой данных по характеристикам высоковязких демпферов.
BEAM.DBS	Файл с базой данных по свойствам сечений для балочных элементов.
PIPE.DBS <sup>1)</sup>	Файл с базой данных по свойствам сечений для стандартных труб и отводов.
SOLV.DBS	Файл с набором предопределенных пакетов для задания на расчет и постпроцессор
VLV_OTT.DBS	Файл с базой данных по допускаемым нагрузкам на патрубки трубопроводной арматуры в соответствии с ОТТ НП-068-05, <a href="#">[REF 14]</a>
SUP_LDS.MDB (расположен в папке DB)	Файл формата Microsoft Access с допускаемыми нагрузками на опоры трубопроводов, см. <a href="#">Приложение XI</a> с описанием формата и содержания этого файла
DP.BAT	Запуск задания на выполнение расчета в пакетном режиме
SOLV.BAT	Запуск расчетных модулей в пакетном режиме

CLEAR.BAT	“Чистка” рабочего каталога
<b>Папка UTILS:</b>	
R2DP_N.EXE, R90_2_DP5.EXE, R93_2_DP5.EXE <sup>2)</sup>	Программы – конвертор <a href="#">ИД</a> из формата РАМПА в формат dPIPE 5.
DP2DP5.EXE <sup>3)</sup>	Программа – конвертор <a href="#">ИД</a> из формата предыдущих версий dPIPE в формат dPIPE 5.
MAT_DP_OLD.DBS	Файл с базой данных по материалам (для предыдущих версий dPIPE)
SH.DBS	Файл с базой данных по характеристикам пружин упругих подвесок (для предыдущих версий dPIPE)
DMP.DBS	Файл с базой данных по характеристикам высоковязких демпферов.
TCALC.EXE	Программа - калькулятор для определения толщины стенки или допускаемого давления для деталей трубопроводов
Папки EN-US и RU-RU содержат рабочие библиотеки и файлы-справки для английского и русского интерфейса программы соответственно.	

<sup>1)</sup> В файлах с базами данных, которые зависят от Норм расчета на прочность, допускается использование команды \$SET CODE = 'имя норм'. В файле с базой данных по деталям трубопровода (pipe.dbs) дополнительно может использоваться идентификатор DOC = "имя документа" для [сортировки деталей](#) в соответствии с тем или иным документом. Например: \$SET CODE = 'PNAE' DOC="ОСТ24 АУСТЕНИТ"

Для Норм ПНАЭ и ГОСТ в базах данных команда \$SET CODE принимает значения в соответствии с таблицей:

CODE	mat.dbs	pipe.dbs	solv.dbs
PNAE	\$SET CODE = 'PNAE'	\$SET CODE = 'PNAE'	\$SET CODE = 'PNAE'
GOST-59115-A	\$SET CODE = 'GOST-59115'		

<sup>2)</sup> Для конвертации данных из программы РАМПА в dPIPE 5 из таблицы DDE можно использовать иконку , расположенную в правом углу верхней панели инструментов. При этом файлы с [ИД](#) РАМПЫ-93 должны иметь расширение ".dat", а файлы с [ИД](#) РАМПЫ-90 – расширение ".nml";

<sup>3)</sup> Для конвертации данных из формата предыдущих версий dPIPE в dPIPE 5 из таблицы DDE можно использовать иконку , расположенную в правом углу верхней панели инструментов. При этом файлы с [ИД](#), соответствующими старым версиям dPIPE должны иметь расширение ".dat".

Следующая таблица содержит описание файловой системы, используемой в программном комплексе dPIPE 5. Тип файлов указан в графе «Примечание». ASCII соответствует текстовым файлам; BIN – внутренним бинарным (двоичным) файлам.

Имя файла	Описание	Создание	Использование	Прим.
NAME.DP5	Исходные данные (геометрия трубопровода, свойства материалов, задание на расчет и постпроцессорную обработку результатов)	Пользователь, DDE, программы - конверторы	DPC, DDE	ASCII

NAME.BIN	Файл – база данных с <a href="#">PMT</a> и результатами расчета	DPC	DP5S, DP5D, LIST_BIN, POST, PIPE3DV	BIN
NAME.BIN2	Промежуточный файл с результатами статического расчета	DP5S	POST, DP5D	BIN
NAME.BIN3	Промежуточный файл с результатами динамического расчета	DP5D	POST	BIN
NAME.OUT <sup>1)</sup>	Распечатка исходных данных	DP_LIST	Пользователь	ASCII
NAME.RES <sup>1)</sup>	Распечатка результатов расчета	POST	Пользователь	ASCII
NAME.SUP <sup>1)</sup>	Сводные таблицы нагрузок на опоры, оборудование и арматуру	POST	Пользователь	ASCII
NAME.INF	Сводные таблицы нагрузок на опоры для всех расчетных случаев с вычислением суммарной нагрузки	POST	Пользователь	ASCII

<sup>1)</sup> Содержимое файлов с распечаткой исходных данных (\*.OUT) и результатов расчета (\*.RES, \*.SUP) может регулироваться (форма чисел и надписи в таблицах) при помощи файлов-шаблонов, расположенных в папках ru-RU и en-US: pre\_fmt.dbs - распечатка исходных данных, res\_fmt.dbs - результаты расчетов. Расположение шаблонов может быть изменено либо в настройках программы "Опции-отчеты-шаблоны", либо при помощи команды [DBF](#).

## 4 Необходимая конфигурация персонального компьютера

Для работы программного комплекса dPIPE 5 необходима следующая конфигурация персонального компьютера:

- Операционная система: Windows 7 и выше;
- Среда выполнения .NET Framework версии 4.7.2 или более поздней версии
- карта с поддержкой OPEN GL и DirectX

## 5 Установка программного комплекса

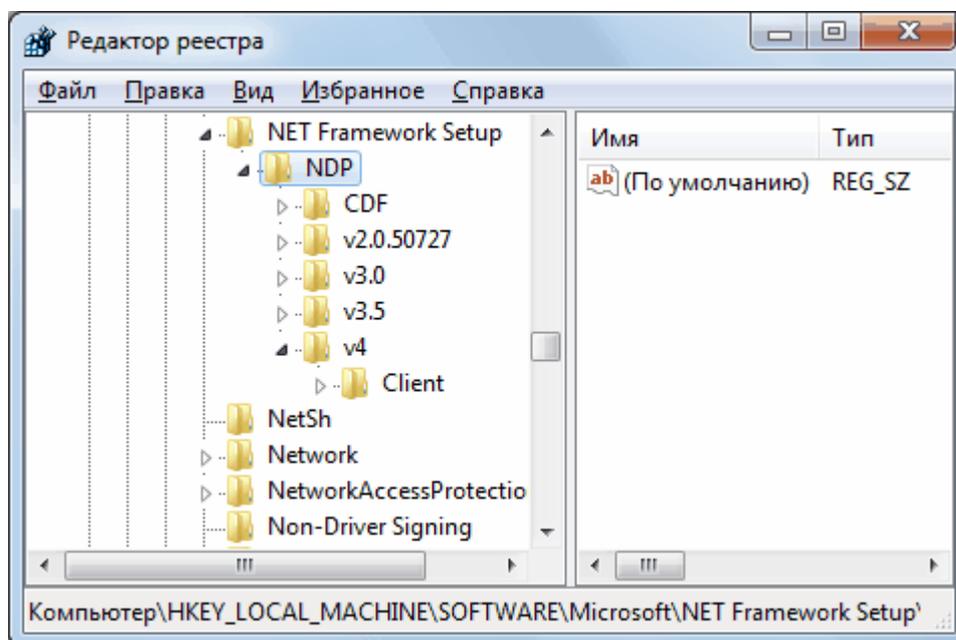
Для установки программного комплекса dPIPE 5 необходимо запустить инсталляционную программу DP5\_XXSETUP.EXE (XX - номер текущего релиза) и далее следовать инструкциям программы-установщика.

Для работы dPIPE версии 5.23 и выше требуется среда выполнения .NET Framework версии 4 или более поздней версии<sup>1)</sup>. Если это ПО не установлено на компьютере, то при наличии подключения к Интернету, .NET Framework 4 будет установлен автоматически с сайта Microsoft.com во время установки dPIPE. Если подключение к Интернету отсутствует, то перед установкой dPIPE следует установить .NET Framework 4 самостоятельно. .NET Framework 4 является бесплатным программным обеспечением. Программу-установщик можно скачать по адресу: <http://www.microsoft.com/ru-ru/download/details.aspx?id=24872>.

Примечание:

- <sup>1)</sup> Версию .NET Framework, установленную на компьютере можно узнать следующим образом:
1. Откройте меню Старт (Start) выберите Выполнить (Run).

2. В текстовом поле Открыть (Open) введите regedit.exe.
3. В Редакторе Реестра откройте следующий подраздел:  
**HKEY\_LOCAL\_MACHINE\SOFTWARE\Microsoft\NET Framework Setup\NDP**  
Установленные версии перечислены в подразделе NDP:



## 6 Работа с защитными ключами и управление Лицензиями

В dPIPE используется система защиты SENTINEL™. Программа может работать как с аппаратными ключами HL (подключаются к компьютеру через USB порт), так и с программными ключами SL. Ключи обоих типов могут быть как пользовательские (одиночные), так и сетевые. В зависимости от типа ключа различается порядок действий для установки/обновления лицензий.

**Вниманию системных администраторов:**

После установки [менеджера лицензий](#) с помощью **Sentinel Admin Control Center** (<http://localhost:1947>) можно получить информацию и доступ к управлению ключами Sentinel, присутствующим в сети в настоящий момент, включая локально подсоединенные ключи Sentinel.

[Аппаратный пользовательский ключ HL-Pro](#)

[Аппаратный сетевой ключ HL-NET](#)

[Программный пользовательский ключ SL-UserMode](#)

[Программный сетевой ключ SL-AdminMode](#)

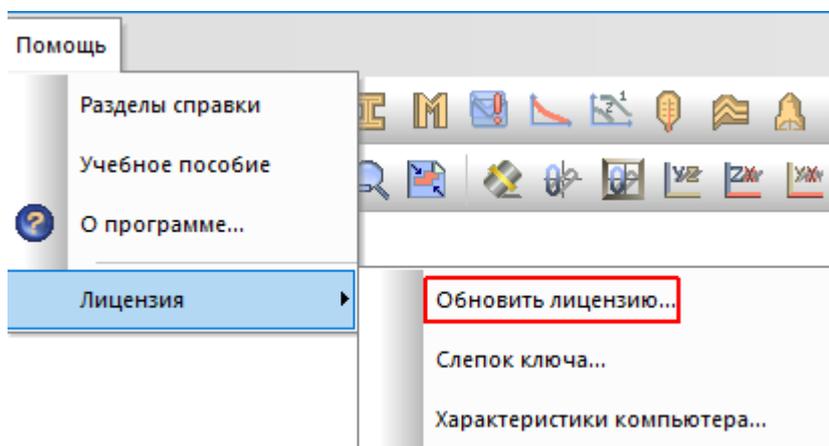
[Работа dPIPE в подсетях](#)

[Перенос ключей Sentinel SL между двумя компьютерами](#)

### Аппаратный пользовательский ключ Sentinel HL Pro DL

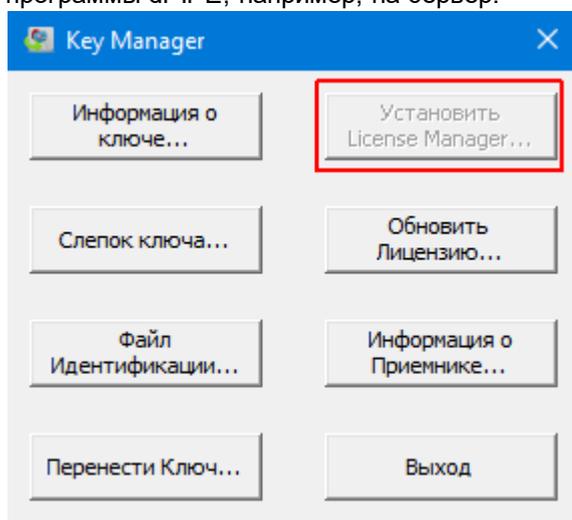
Аппаратный пользовательский ключ Sentinel HL Pro DL: специальной установки не требует, поставляется Пользователям с «прошитой» лицензией. При обновлении лицензии

(изменении ее состава или изменении срока действия технической поддержки и обновления) Разработчик направляет Пользователю файл \*.v2c, который следует указать при выполнении команды «Обновить лицензию...»:



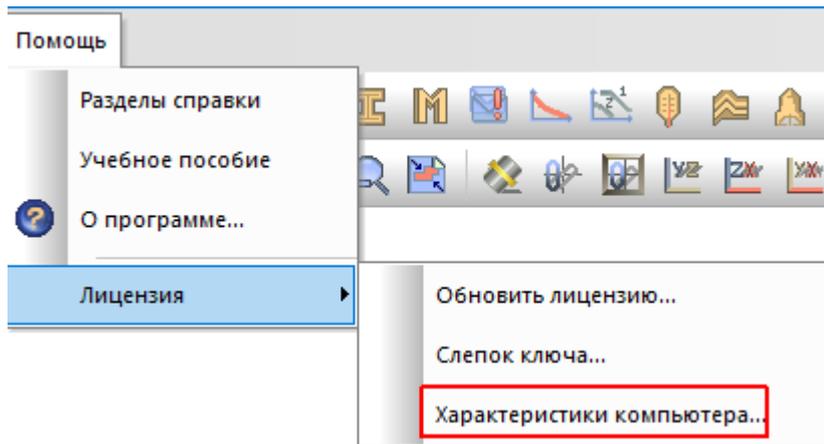
## Аппаратный сетевой ключ HL-NET

Аппаратный сетевой ключ HL-NET. Поставляется Пользователю с записанным числом и составом лицензий. Перед подключением ключа на сервер следует установить менеджер лицензий. Менеджер лицензий можно установить с помощью программы KeyMan, которая находится в подкаталоге Sentinel в корневом каталоге установки программы dPIPE. Подкаталог Sentinel создается если при установке программы была выбрана опция "Серверные утилиты". "Серверные утилиты" являются автономной опцией, ее можно установить отдельно от программы dPIPE, например, на сервер.



## Программный пользовательский ключ SL-UserMode

**Программный пользовательский ключ SL-UserMode:** для установки требуется из меню «Помощь-Лицензия» выполнить пункт «Характеристики компьютера» и прислать сгенерированный файл \*.c2v Разработчику.

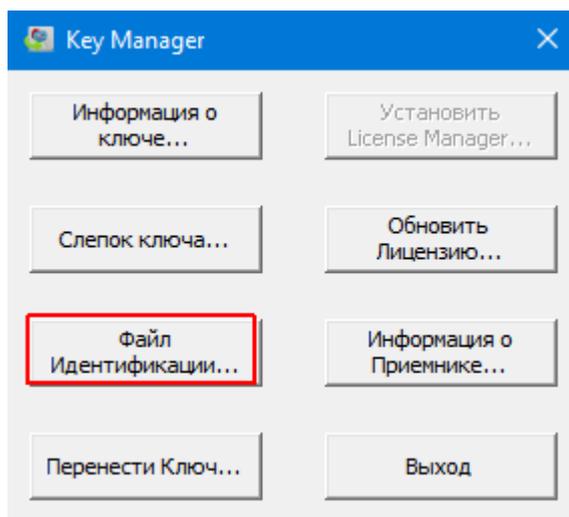


В ответ Разработчик присылает файл \*.v2c, который позволяет активировать лицензию через пункт «Обновить лицензию». При изменении/обновлении лицензии порядок действий такой же, как и для аппаратного ключа.

**Внимание: перед совершением любых операций, связанных с апгрейдом операционных систем на компьютерах/серверах и/или апгрейдом компьютеров, на которых установлены программные пользовательские или сетевые лицензии, их (лицензии) следует переместить на другой компьютер, см. раздел "[Перенос ключей Sentinel SL между двумя компьютерами](#)"**

## Программный сетевой ключ SL-AdminMode

**Программный сетевой ключ SL-AdminMode.** Для установки на сервере сначала при помощи программы KeyMap установить [менеджер лицензий](#), после чего создать файл идентификации и отправить его Разработчику.



Сгенерированный файл \*.c2v направляется Разработчику. В ответ разработчик присылает файл \*.v2c, который позволяет активировать лицензию с помощью этой же программы через пункт «Обновить лицензию». Таким же образом происходит изменение/обновление лицензии.

**Внимание: перед совершением любых операциях, связанных с апгрейдом операционных систем на компьютерах/серверах, на**

**которых установлены программные пользовательские или сетевые лицензии, их (лицензии следует переместить на другой компьютер, см. раздел "[Перенос ключей Sentinel SL между двумя компьютерами](#)")**

## Работа dPIPE в подсетях

### Работа dPIPE в подсетях:

Для работы ключей SENTINEL в подсетях необходимо создать текстовый файл «hasp\_82556.ini» следующего содержания:

```
[NETWORK] ; Имя секции, обязательно
BROADCASTSEARCH = 0 ; Отключает поиск ключа через широковещание
SERVERADDR = <Server Name> ; IP адрес или имя сервера, где установлен
менеджер лицензий.
DISABLE_IPV6 = 1 ; Отключает использование IPv6
```

подробнее о файлах конфигурации можно прочитать тут:

[https://docs.sentinel.thalesgroup.com/ldk/LDKdocs/SPNL/LDK\\_SLnP\\_Guide/Distributing/License\\_Manager/070-Working\\_directly\\_with\\_Config\\_Files.htm](https://docs.sentinel.thalesgroup.com/ldk/LDKdocs/SPNL/LDK_SLnP_Guide/Distributing/License_Manager/070-Working_directly_with_Config_Files.htm)

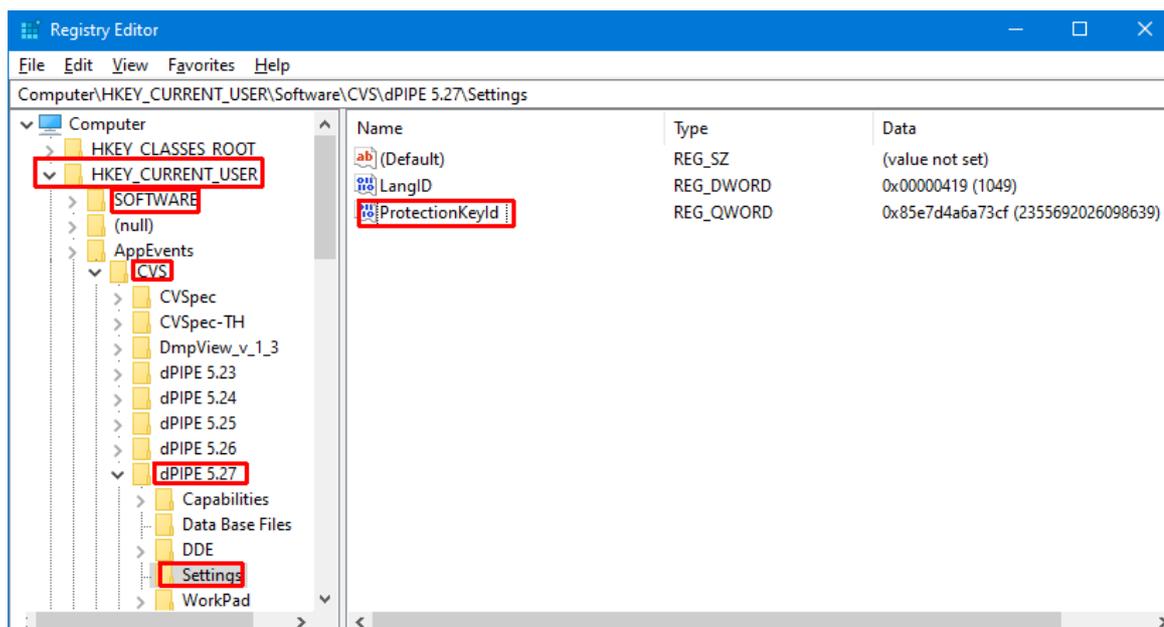
После этого этот файл следует разместить на всех клиентских компьютерах по адресу:

Type of application	Directory
Desktop (Windows Vista/7 or later)	%LocalAppData%/SafeNet Sentinel/Sentinel LDK/
Desktop (Windows XP)	%UserProfile%/Local Settings/Application Data/SafeNet Sentinel/Sentinel LDK/
Service (LocalSystem) x64 operating system	%windir%\SysWOW64\config\systemprofile\AppData\Local\SafeNet Sentinel\Sentinel LDK\
Service (LocalSystem) x86 operating system	%windir%\System32\config\systemprofile\AppData\Local\SafeNet Sentinel\Sentinel LDK\
Service (Network)	%windir%\ServiceProfiles\NetworkService\AppData\Local\SafeNet Sentinel\Sentinel LDK\

Для того, чтобы защищённое приложение обращалось к конкретному ключу, нужно в реестре по адресу:

HKEY\_LOCAL\_MACHINE\SOFTWARE\Wow6432Node\CVS\<имя приложения>\Settings

создать значение под именем ProtectionKeyId типа QWORD (64-битовое целое), величина которого должна быть равна номеру ключа:



Имя приложения:

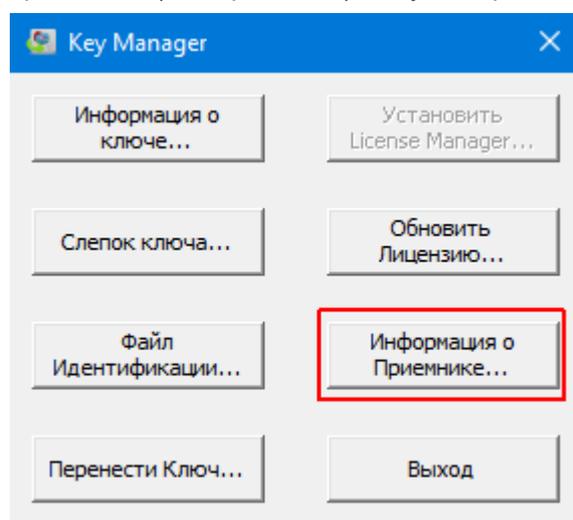
- dPIPE 5.XX – для dPIPE
- TCalc – для TCalc
- CVSpec-TH – для CVSpec-TH
- G-Frc 2.0 - для G-FRC

## Перенос ключей Sentinel SL между двумя компьютерами

Перенос ключа возможен, если на нем активирована соответствующая опция. Если опция не активирована, то перед переносом необходимо ее активировать, обновив ключ. Обозначим **S**(ource) компьютер, с которого переносится ключ, и **R**(esipient) компьютер на который переносится ключ.

Порядок действий:

1. На компьютере R запустить программу KeyMan. Нажав на кнопку “Информация о Приемнике” (“Reseripient info”), получить файл с информацией о компьютере R.

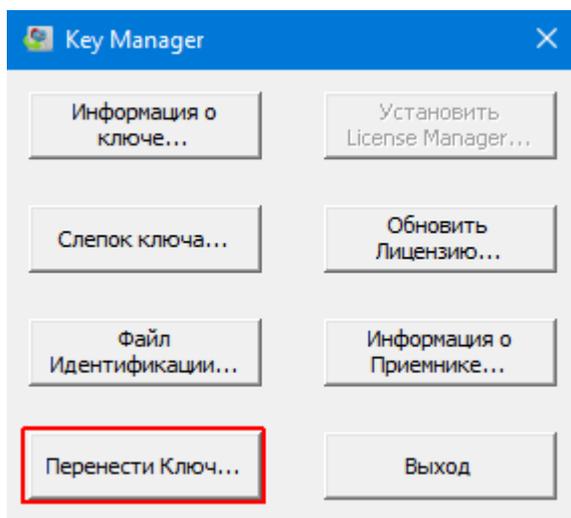


Если на компьютере не установлен Sentinel License Manager, то программа предложит его установить, так как в случае переноса сетевого ключа он должен быть установлен до получения файла с информацией.

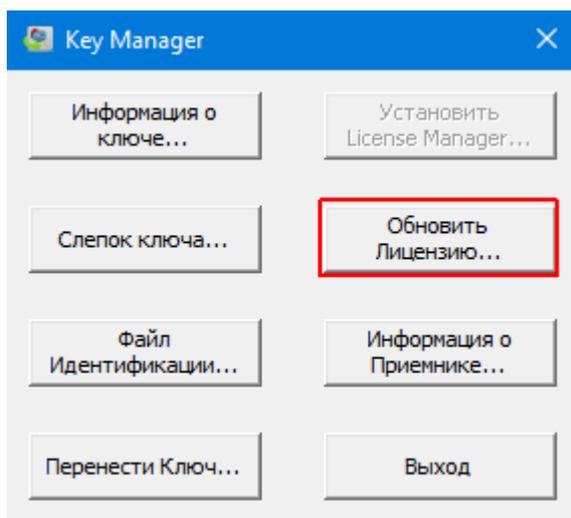
- Полученный в п. 1 файл перенести на компьютер S. Запустить на нем программу KeyMan и нажать кнопку “Перенести Ключ” (“Rehost”):

Если на компьютере нет ключей, которые возможно перенести, будет показано соответствующее сообщение. Если ключей несколько, то программа предложит выбрать один из списка.

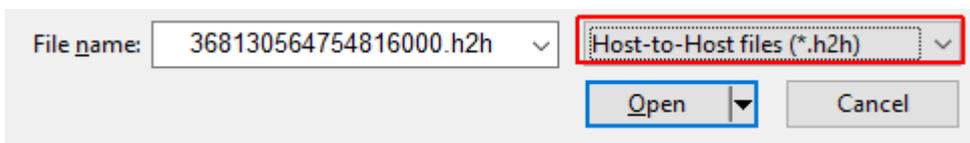
В появившемся диалоге открыть перенесенный с компьютера R файл. Будет создан файл для переноса ключа с именем “НомерКлюча.h2h” и ключ будет удален с компьютера S. Файл нужно сохранить с помощью появившегося диалога.



- Полученный в п. 2 файл перенести на компьютер R. Запустить программу KeyMan если она была закрыта после выполнения п. 1 и нажать кнопку “Обновить лицензию” (“Update License”).



В появившемся диалоге открытия файла выбрать тип файла “Host-to-Host” и открыть файл



В случае успешного выполнения будет показано соответствующее сообщение или сообщение о ошибке, если она возникла в процессе переноса.

### **ВАЖНО!**

**Перед выполнение каких-либо действий по переносу ключа необходимо убедиться, что на обоих ПК установлена одинаковая версия License Manager, и в случае необходимости обновить драйвер. Это можно сделать с помощью программы KeyMap, входящей в поставку dPIPE (папка Sentinel).**

**В ходе процедуры заимствования лицензий начиная с создания ID файла на акцепторе и до момента применения лицензии из H2H крайне не рекомендуется обновлять или переустанавливать драйверы на обоих ПК.**

## 7 Электронная таблица DDE

Таблица DDE осуществляет интерфейс между вводом **ИД**, запуском на расчет и просмотром результатов программы dPIPE 5. Ввод ИД возможен в двух режимах: активном – с динамической трассировкой и отображением набираемого трубопровода и в пассивном – без трассировки и проверки синтаксиса ввода.

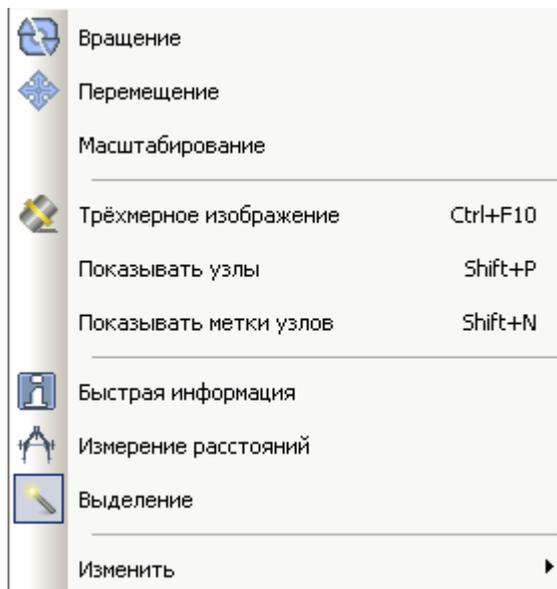
### Интерфейс таблицы

The screenshot displays the dPIPE Development Environment interface. At the top, there is a menu bar and a toolbar. The main workspace shows a 3D model of a pipe system with various components like anchors and hangers. A table at the bottom provides detailed data for the pipe geometry.

Узел	Элемент	dZ	Доп. Данные	Сечение	панель индикаторов			
1 10	From	2300	1	0	Anchor	465x16	LG1	гермопродка
2 20								
3 30	Bend	R650	0	0	1			
4 40		1910						
5 50		1910						
6 N1		1910			Spring Hanger			
7 70		1485						
8 80		1485						

В **главном окне** программы отображается либо графическая модель трубопровода, либо описание модели в виде набора команд [языка ввода исходных данных](#) программы dPIPE.

При нажатии правой клавиши мыши в области главного графического окна возникает **контекстное меню**, позволяющее выполнять следующий набор операций:



**Вращение** (): поворот модели при помощи мыши с нажатой левой клавишей;

**Перемещение** (): движение модели по экрану при помощи мыши с нажатой левой клавишей;

**Масштабирование**: режим выделения мышью окна для увеличения (выбор сверху вниз) или уменьшения (выбор снизу - вверх) просматриваемой части модели. Масштабирование также возможно осуществлять колесиком мыши. Кроме этого для масштабирования могут

использоваться иконки:  - увеличение с центровкой,  - уменьшение с центровкой (центровка производится относительно части экрана, на котором производится щелчок левой клавишей мыши);

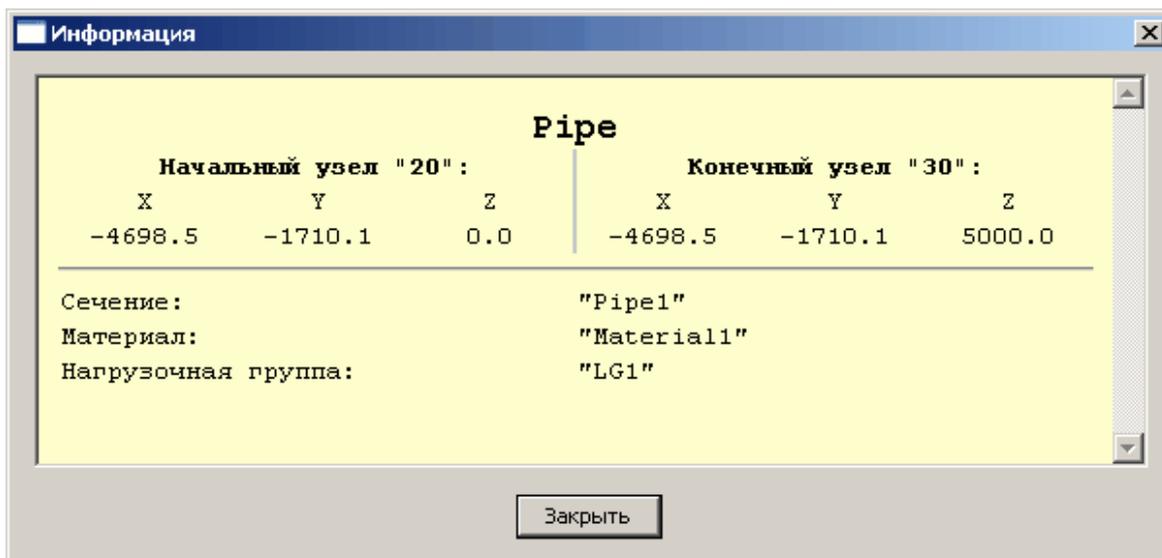
**Трёхмерное изображение** (): перевод модели из ниточной в объёмную (CTRL-F10);

**Показывать узлы**: включение обозначений узлов расчетной модели (Shift-P);

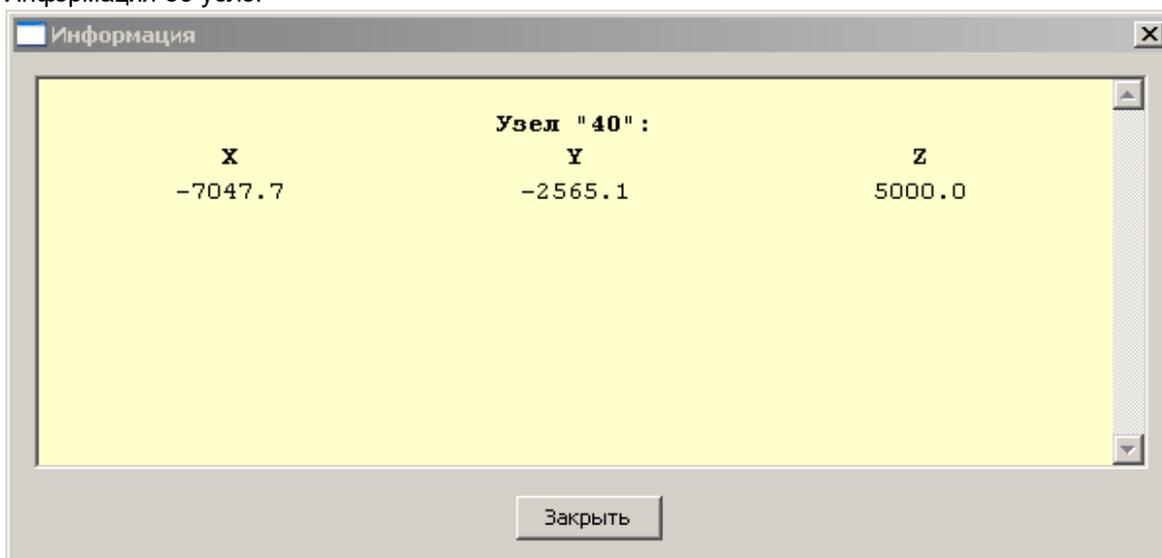
**Показывать метки узлов**: включение отображения меток узлов расчетной модели (Shift-N);

**Быстрая информация** (): режим, при котором щелчок по подсвеченному элементу/узлу вызывает информационное окно:

Информация об элементе:



Информация об узле:



Измерение расстояний (

Измерение угла (

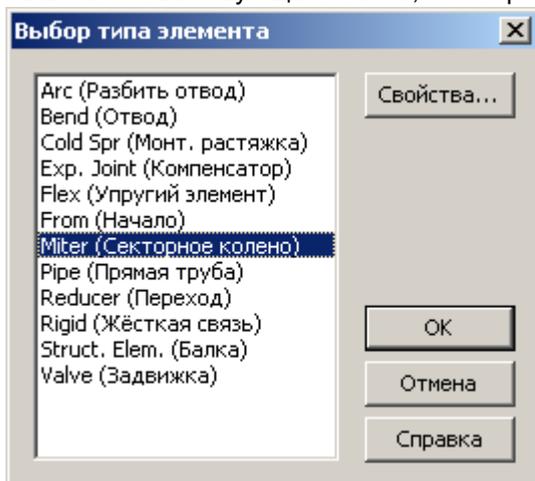
Измерение углов () между осевой линией прямолинейного элемента и его проекциями на плоскости XOY, YOZ, XOZ

Выделить (Копирование, вставка, изменение и удаление участков трубопроводов").

**Окно ввода геометрии** содержит таблицу для ввода [ИД](#), которая имеет следующие поля:

[Узел](#) – идентификационное имя узла расчетной модели;

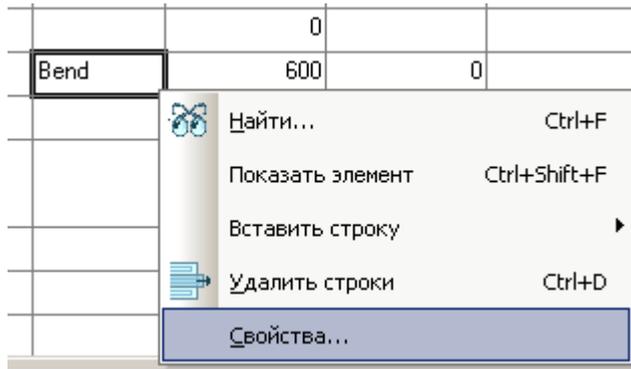
Элемент – тип элемента; выбор типа элемента осуществляется либо при двойном щелчке мыши в соответствующей ячейке, либо при нажатии клавиши F2:



Типы элементов в меню связаны с командами dPIPE следующим образом:

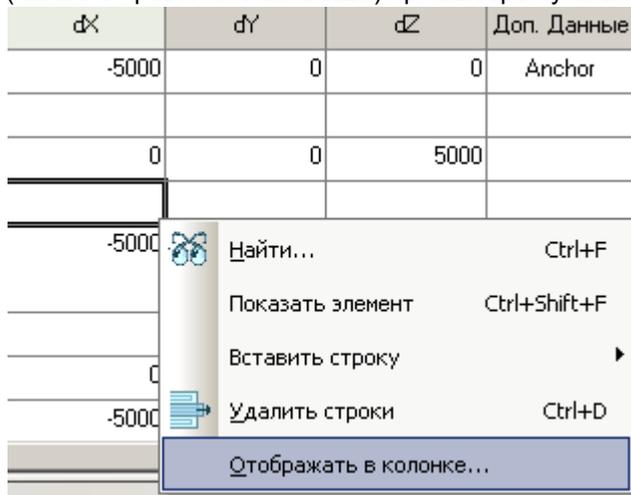
Меню	Описание	Команды
Arc	команда для разбиения отвода	<a href="#">BEND (2)</a>
Bend	отвод-1	<a href="#">BEND (1)</a>
Cold Spr.	монтажная растяжка	<a href="#">CS</a>
Exp. Joint	компенсатор	<a href="#">EJ</a> , <a href="#">EA</a> , <a href="#">ET</a> , <a href="#">EH</a> , <a href="#">EG</a>
Flex	упругий элемент	<a href="#">FJ</a>
From	начало ветви	<a href="#">FROM</a>
Miter	секторное колено	<a href="#">MTR</a>
Pipe	прямая труба	<a href="#">PIPE</a>
Reducer	переход	<a href="#">REDU</a>
Rigid	жесткая связь	<a href="#">RX</a> , <a href="#">RP</a>
Struct. Elem.	балка	<a href="#">S</a>
Valve	арматура	<a href="#">VALV</a> , <a href="#">V1</a> , <a href="#">V2</a>

Дополнительное редактирование свойств элементов осуществляется из контекстного меню при выборе пункта "Свойства":

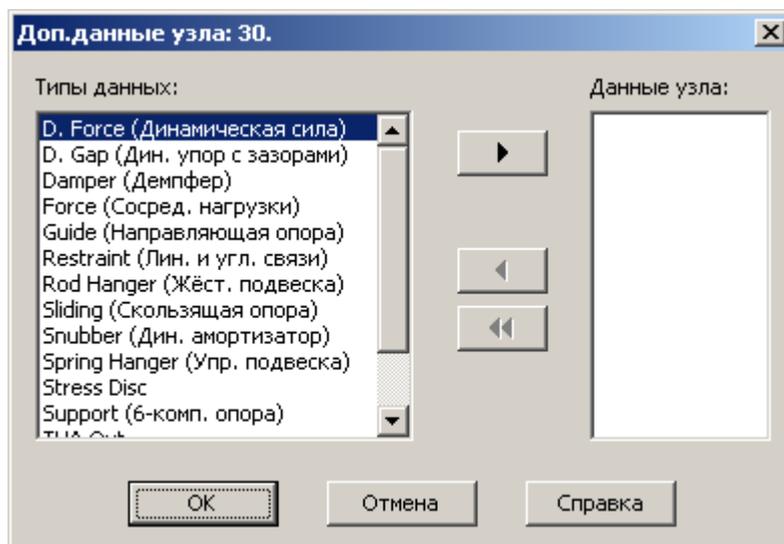


L/R – длина элемента/радиус отвода;

dX, dY, dZ (Fi, Teta, R) – направление элемента (задается либо в декартовой системе координат, либо в сферической). Переключение между режимами осуществляется либо двойным щелчком мыши по соответствующим заголовкам таблицы, либо из контекстного меню (нажатие правой кнопки мыши) при выборе пункта "Отображать в колонке...":



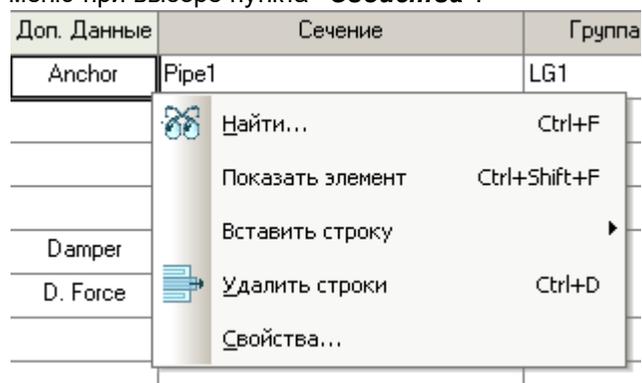
**Доп. данные** – данные, связанные с узлами расчетной модели (опоры, сосредоточенные параметры, тройники и т.д.). Выбор типа данных осуществляется либо при двойном щелчке мыши в соответствующей ячейке, либо при нажатии клавиши **F2**:



Типы дополнительных данных в появившемся диалоге связаны с командами dPIPE следующим образом:

Диалог	Описание	Команды
Anchor	анкерная опора	<a href="#">ANC</a>
D. Force	сосредоточенная динамическая сила	<a href="#">DFRC</a>
D. Gap	динамический упор с зазором	<a href="#">DGAP</a>
Damper	демпфер	<a href="#">DMP</a>
Force	сосредоточенные нагрузки	<a href="#">FOR</a>
Guide	направляющая опора	<a href="#">STG, STG-</a>
Restraint	линейные и угловые опоры	<a href="#">STS, SRS, STS+/-</a>
Rigid Strut	жесткий стержень	<a href="#">STRT</a>
Rod Hanger	жесткая подвеска	<a href="#">ROD</a>
Sliding	скользящая опора	<a href="#">STZ, STZ-</a>
Snubber	динамический амортизатор	<a href="#">SNUB</a>
Spring Hanger	упругая подвеска/опора	<a href="#">SPR</a>
Stress Disc.	дополнительные температурные напряжения	<a href="#">STR_DISC</a>
Support	6-компонентная опора	<a href="#">SUP</a>
TEE	тройник	<a href="#">TEE</a>
THA Out	вывод ответных временных зависимостей/индикатор перемещений	<a href="#">TH_OUT</a>
Weight	сосредоточенный вес	<a href="#">CW</a>
Weld	сварной шов	<a href="#">WLD</a>

Редактирование характеристик дополнительных данных осуществляется либо из контекстного меню при выборе пункта **"Свойства"**:



или по двойному щелчку в окне дополнительных данных.

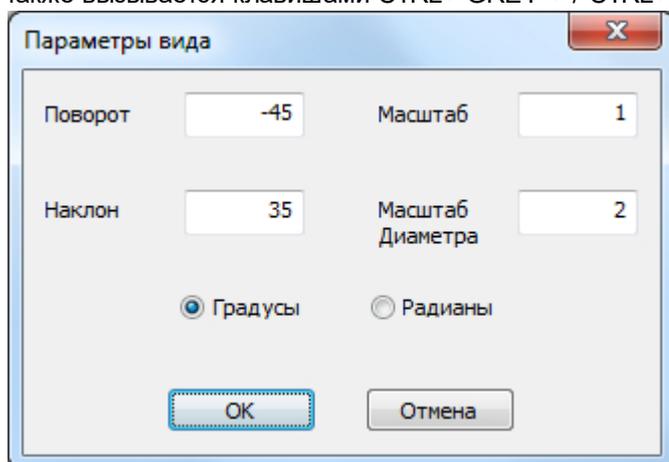
**Сечение** – имя поперечного сечения трубопровода (команда [PIPE](#)), либо имя сечения для балочного элемента (команда [BEAM](#)); Выбор сечения осуществляется при нажатии клавиши **F2** в соответствующей ячейке или по 2-ному щелчку левой кнопки мыши.

**Группа** – имя нагрузочной группы участка трубопровода; Выбор нагрузочной группы осуществляется при нажатии клавиши **F2** в соответствующей ячейке или по 2-ному щелчку левой кнопки мыши (см. также команду [OPVAL](#)). При двойном щелчке по заголовку этой колонки происходит переключение на категории трубы малого/большого диаметра. (см. [Приложение XV](#) и параметр 'SBP')

**Комментарий/Имя** – пользовательские комментарии (любые данные, следующие в строке файла [ИД](#) после символа "точка с запятой"). Также эта колонка служит для определения [идентификационного имени](#) участка трубопровода. Переключение между режимами отображения осуществляется по аналогии с направлением элемента.

**Строка состояния** содержит информацию, относящуюся к текущей строке, о возможных ошибках при вводе исходных данных.

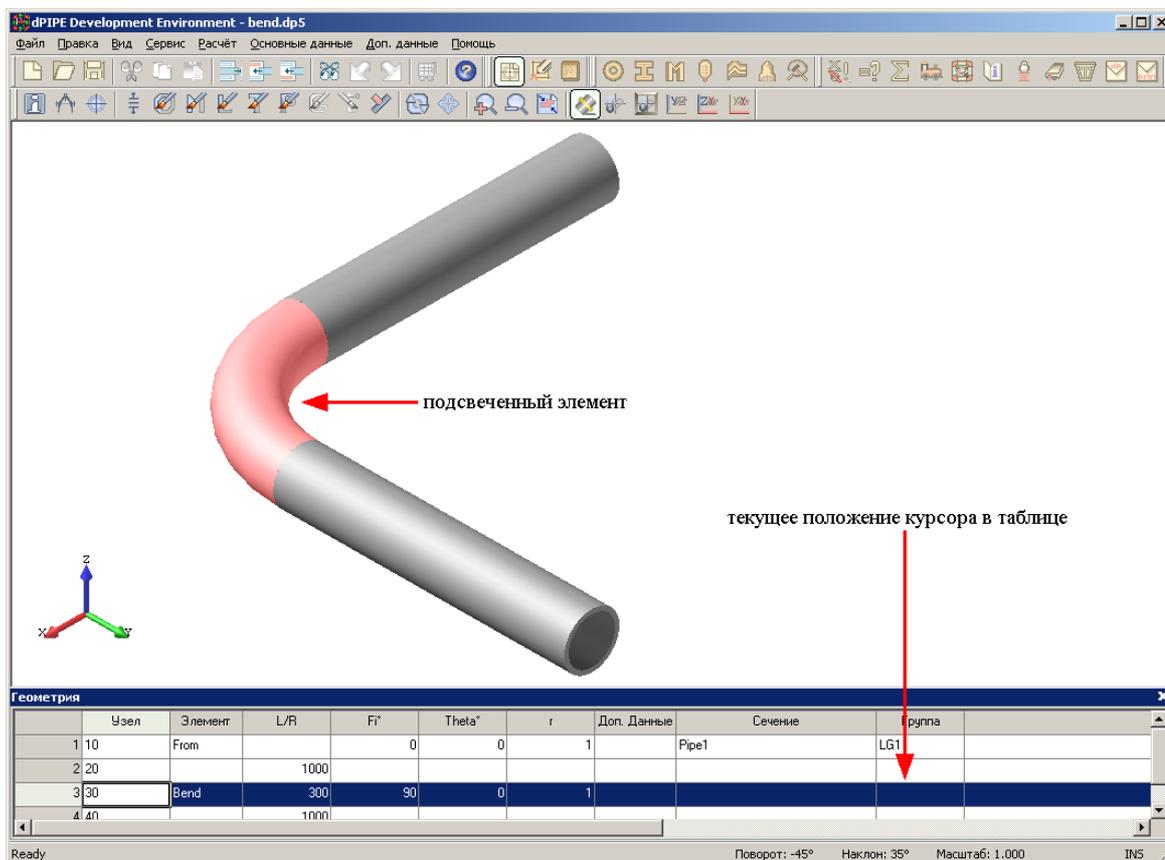
**Панель индикаторов** отображает статус клавиатуры: заглавные буквы (CAPS), режим вставки (INS), режим ввода цифр (NUM), а также параметры текущего вида в главном окне программы. При двойном щелчке мыши по панели индикаторов появляется диалог, позволяющий задать желаемые параметры + изменить относительный масштаб диаметра трубопровода (опция полезна при отображении протяженных линий труб малого диаметра, также вызывается клавишами CTRL+ GREY"+"/ CTRL+ GREY"-")



## Навигация по таблице

Связь между главным окном программы и окном ввода геометрии осуществляется в "[активном](#)" режиме следующим образом:

1. при навигации по строкам таблицы соответствующие элементы расчетной модели подсвечиваются и мерцают:



Частота мерцания регулируется в закладке "[графика](#)", в поле "Частота мигания текущего элемента".

- если на экране отображается лишь часть модели, то при навигации по строкам таблицы происходит синхронизация между текущим положением курсора в таблице и отображаемым участком расчетной модели. Эту опцию можно отключить, сняв соответствующую галочку в закладке "[графика](#)" (флажок "Автопозиционирование при навигации в таблице");
- при одновременном нажатии клавиши "Shift" и двойном щелчке левой клавишей мыши по элементу в графическом окне происходит либо переход из графического окна на соответствующую строку таблицы, либо вызов соответствующего диалога свойств этого элемента или опоры. В окне «[Графика](#)» можно настроить удобную комбинацию клавиш (групповой бокс «[Shift + двойной щелчок по элементу](#)»)

## Режим частичного отображения расчетной модели

При нажатии клавиши F4 () появляется следующий диалог:

Показать элементы по категориям

Выборки  
Новая

Сохранить Удалить

Шаблон  
\*

Категории  
Трубопроводные системы

Скрыть

- 10MAX12BR002
- 10MAX12BR003
- 10MAX20BR001
- 10MAX21BR001
- 10MAX21BR004
- 10MAX11BR008
- 10MAX11BR007
- 10MAX11BR002
- 10MAX11BR003
- 10MAX11BR004
- 10MAX23BR001
- 10MAX23BR002
- 10MAX23BR003

Показать

OK Отмена Применить Справка

Поле "фильтр" предназначено для отображения части элементов из всего списка по задаваемой маске. Например, если ввести маску \*MAX12\*, то диалог приобретет такой вид:

Показать элементы по категориям

Выборки  
Новая

Сохранить Удалить

Шаблон  
\*MAX12

Категории  
Трубопроводные системы

Скрыть

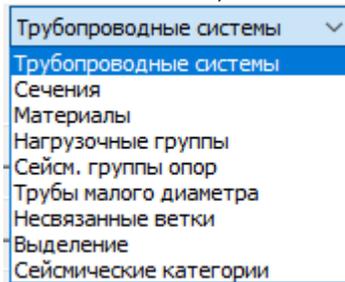
- 10MAX12BR002
- 10MAX12BR003
- 10MAX12BR403
- 10MAX12BR402
- 10MAX12BR401
- 10MAX12BR404

Показать

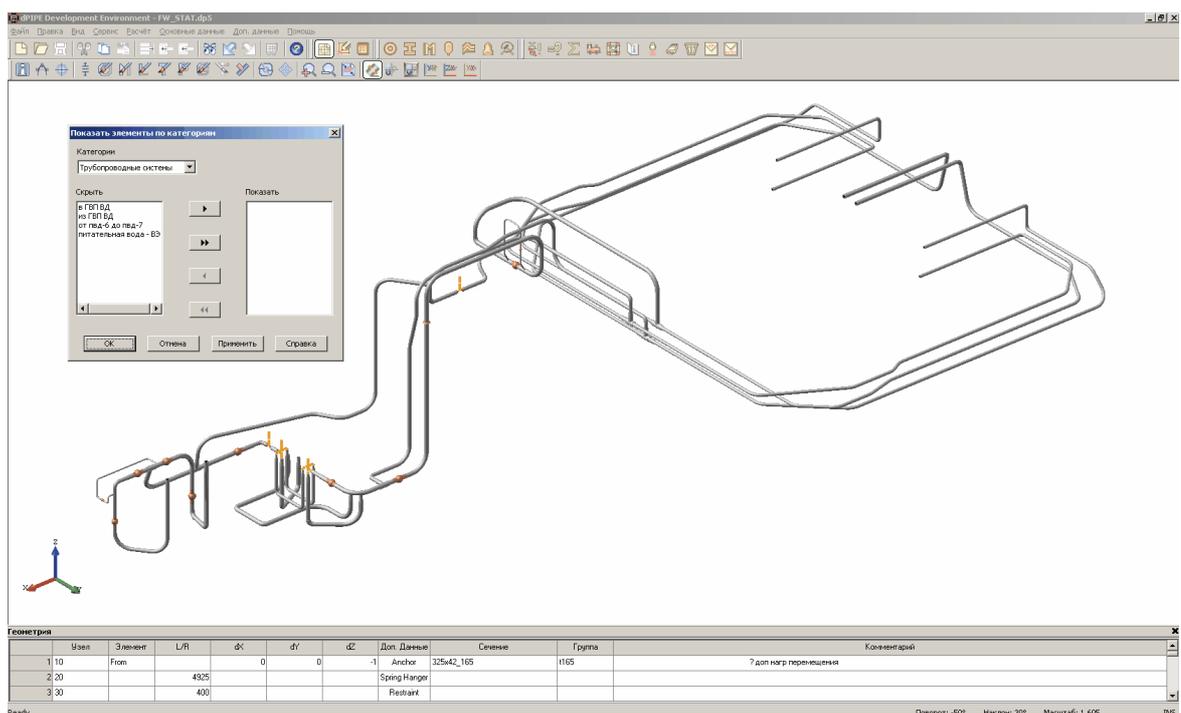
OK Отмена Применить Справка

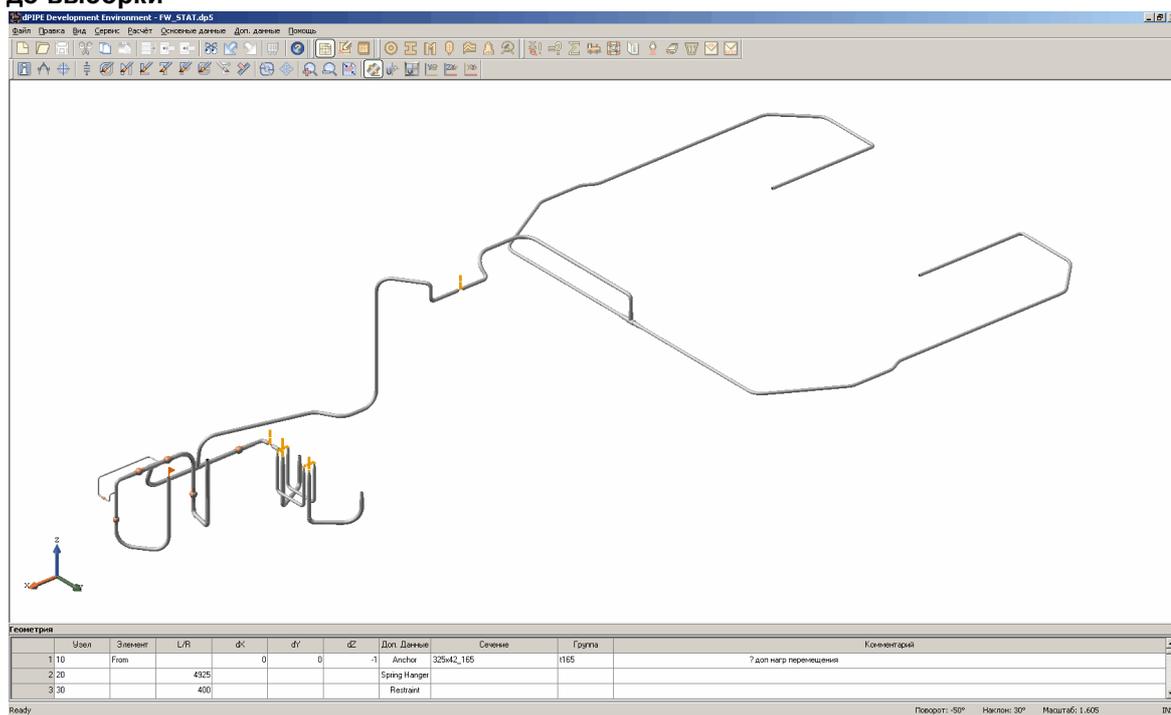
Список "Категории" содержит характерные признаки группировки участков трубопроводной системы:

- по наименованию участка трубопровода (параметр [name](#));
- по сечениям (команда [PIPE](#));
- по материалам (команда [MAT](#));
- по нагрузочным группам (параметр [LG](#) команды [OPVAL](#));
- по группам опор, отнесенных к тому или иному набору спектров ответа ("Сейсмические группы опор", параметр [GROUP](#) команды [SPEC](#));
- по участкам модели, отмеченным как "трубы малого диаметра" (параметр [SBP](#), см. [Приложение XV](#));
- по веткам, не связанным между собой общим узлом или параметром [CNODE\\$](#);
- по участкам выделенным с помощью инструмента для выборки  ,  
См. видеоклип ;
- по участкам, отнесенным к различным сейсмическим категориям в соответствии с НП-031 (параметр [SCTG](#))
- по участкам, отнесенным к разным классам безопасности (параметр [CLS](#), расчеты по ASME NB/NCD)



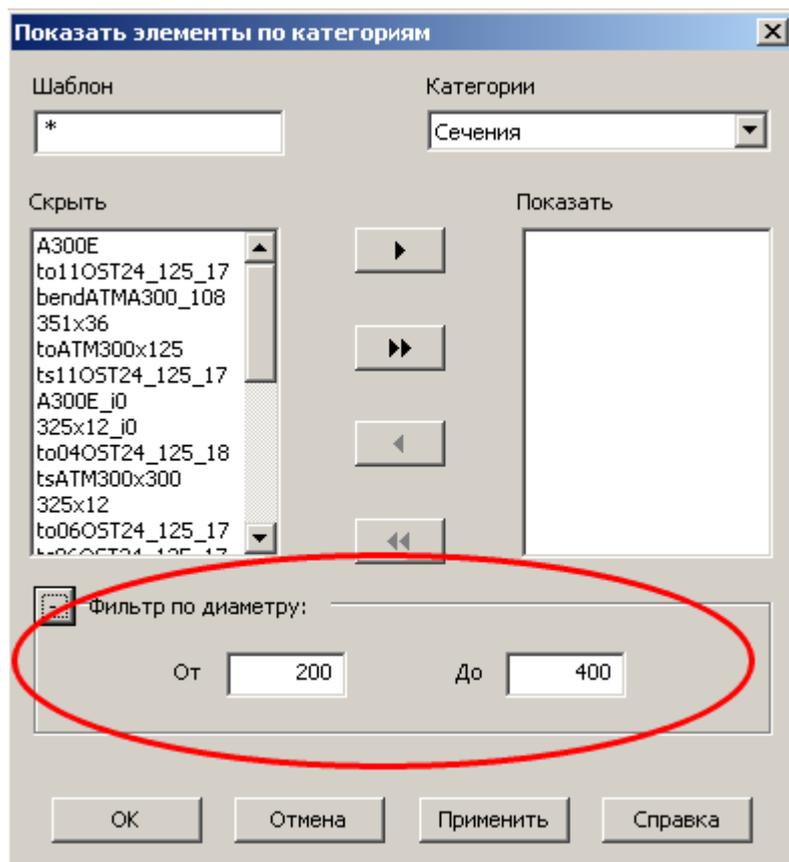
Группы элементов, отнесенных к той или иной категории отображаются в левой или правой части диалога (поля "скрыть" и "показать"). В зависимости от выбранных групп элементов, модель может отображаться частично:



**до выборки****после выборки**

переключение между отображаемой частью модели и всей моделью осуществляется по комбинации клавиш SHFT-F4.

Для категории "**Сечения**" помимо фильтра, настроенного на имена сечений, возможно применение фильтра по величине наружного диаметра трубопровода:



Выборную для отображения часть расчетной модели можно сохранить под произвольным именем и обращаться к ней как в течение текущего сеанса, так и в последующих сеансах работы с моделью. Информация о выбранных участках добавляется в файл \*.dp5 после команды [END\\_OF\\_DATA](#):

См. видеоклип

## Копирование, вставка, изменение и удаление участков трубопроводов

Для операций с частью модели трубопровода необходимо с помощью инструмента для выборки , расположенного на панели инструментов "[Трубопровод](#)" и также доступного из [контекстного меню](#) мыши, отметить интересующий участок. Это можно сделать с помощью мыши, либо, выделив участок рамкой, либо щелкнув левой кнопкой на нужном элементе. Во время операции выборки работают следующие правила:

- одиночный щелчок левой кнопки мыши - отмечается только один элемент. При повторном щелчке выборка отменяется;
- щелчок левой кнопки мыши с одновременным удержанием клавиши **SHIFT** - выбор всей ветки;
- при удержании клавиши **CTRL** выбранные элементы добавляются/исключаются из набора, отмеченного до этого.

Операция выборки может прерываться на любые другие операции, связанные с навигацией по таблице, а после повторного нажатия на кнопку  возобновляется.

С выбранной частью модели можно производить следующие операции:

➤ Изменять:

- имя участка;
- сечение;
- материал;
- нагрузочную группу;

➤ Удалять выбранные элементы как строки таблицы (при этом программа будет интерпретировать указанное действие как удаление строк в текстовом файле, т.е. если в выборку попадет начало ветви, то текущая ветка "склеится" с предыдущей, что чревато изменением общей геометрии модели)

➤ Удалять выбранные элементы и зафиксировать модель: при этом общая геометрия остается неизменной

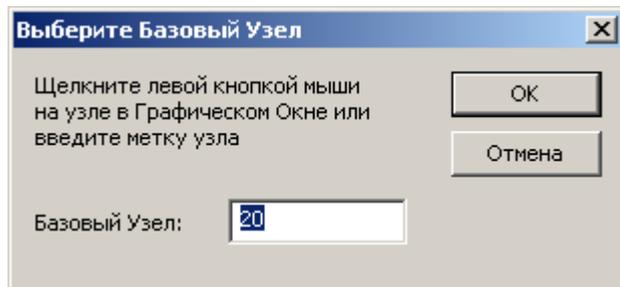
➤ Перенумеровывать узлы выбранной части модели

➤ Поворачивать часть модели вокруг глобальной оси Z

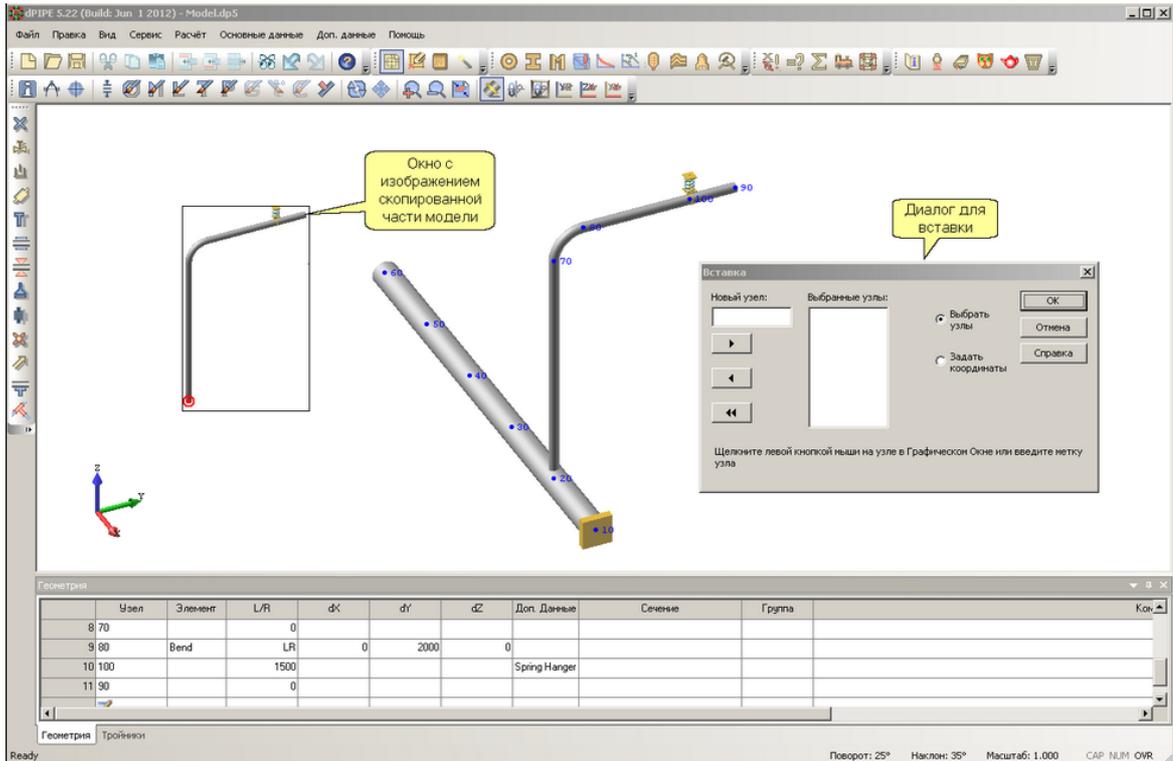
➤ Зеркально отображать выделенную часть модели относительно плоскостей XZ или YZ

Указанный список операций доступен либо из [контекстного меню](#) мыши, либо через пункт меню "[Правка/Изменить](#)".

Выделенную часть модели можно скопировать для последующей вставки либо в текущую модель, либо в другую модель. Копирование осуществляется с помощью комбинации клавиш **CTRL-C**, либо из меню "[Правка/Копировать](#)". При копировании следует указать базовый узел, относительно которого будет производиться последующая вставка участка:

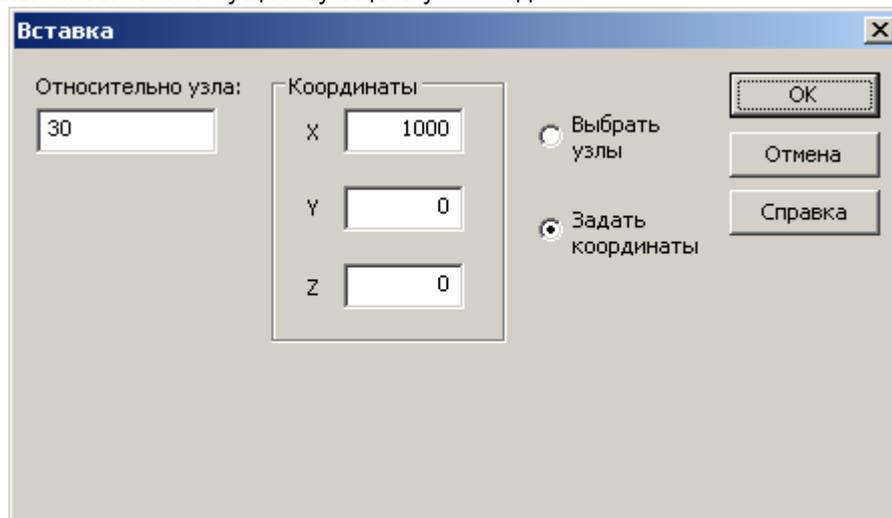


Вставка скопированного участка осуществляется с помощью комбинации клавиш CTRL-V, либо из меню Правка/вставить. При этом возникает окошко с изображением скопированной части модели и диалог для вставки:



Существует несколько способов вставки скопированного участка:

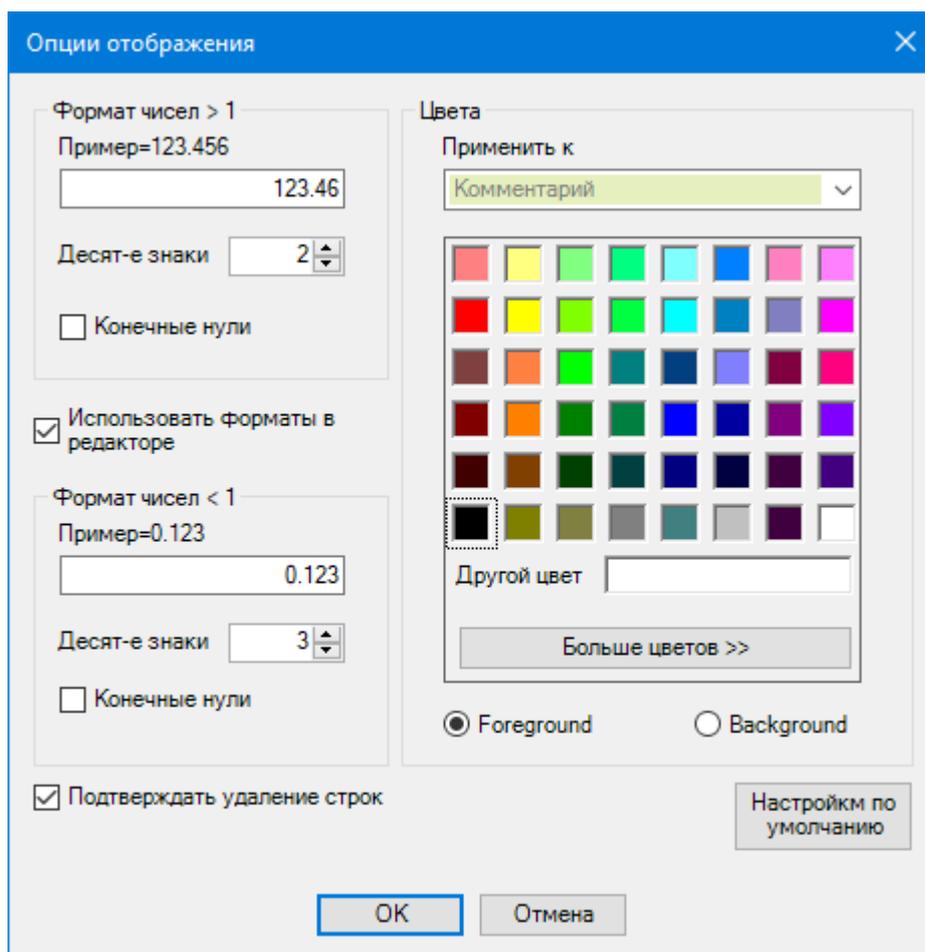
- вставить участок в существующий узел (узлы) модели: для этого нужно щелкнуть левой кнопкой мыши на нужном узле, либо напечатать метку узла в поле "новый узел". Для ввода нескольких узлов следует удерживать клавишу **CTRL**;
- вставить участок, используя либо абсолютные координаты для базовой точки, либо координаты относительно существующего узла модели:



Следует иметь в виду, что в скопированный участок попадают только те данные, которые отображаются в момент копирования. При этом сейсмические группы опор и данные, связанные с режимами работы трубопровода (например, predetermined смещения опор и сосредоточенные нагрузки) не копируются.

## Изменение формата отображения чисел

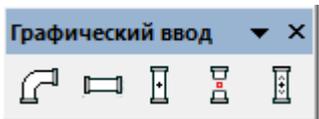
Опция для изменения формата отображения чисел в таблицах и для данных, связанных с узлами расчетной модели, для которых нужно задавать направление. Диалог вызывается из таблицы "Геометрия" при одновременном нажатии клавиши CTRL на клавиатуре и правой кнопки мыши. В появившемся контекстном меню нужно выбрать пункт «дополнительно». В появившемся диалоге можно настроить формат чисел (число знаков после десятичной точки):



## Панели инструментов

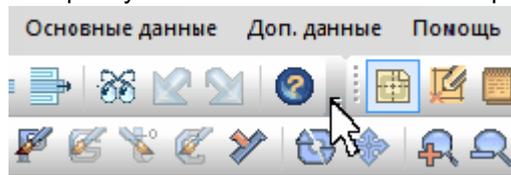
Для удобной работы с dPIPE таблица ввода исходных данных DDE оснащена следующим набором панелей инструментов, которые могут настраиваться Пользователем:

Панель	Отображение
<a href="#">Основная</a>	
<a href="#">Трубопровод</a>	

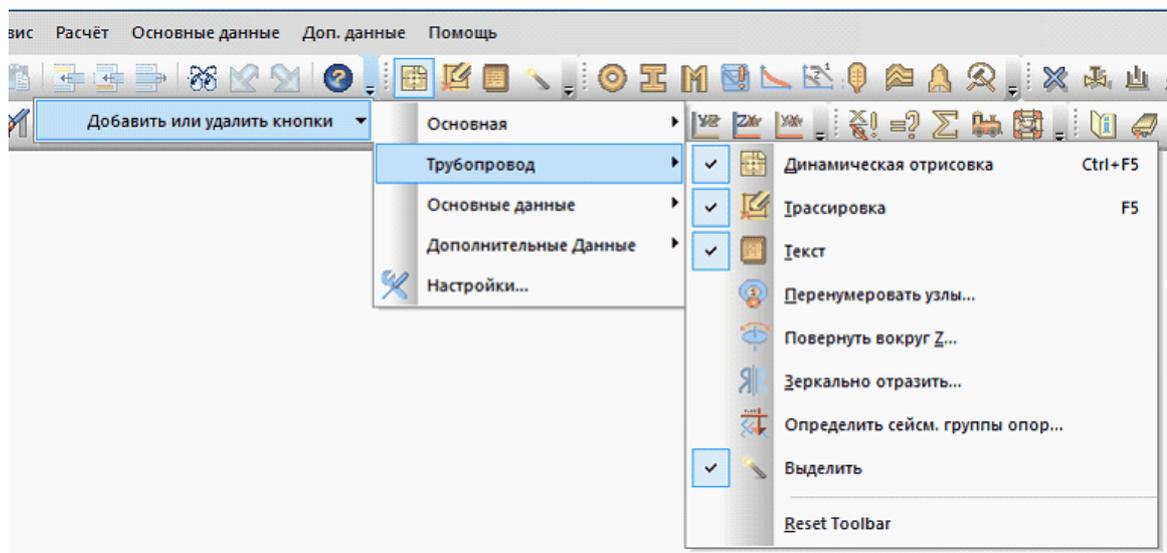
<a href="#">Основные данные</a>	
<a href="#">Расчет</a>	
<a href="#">Графика</a>	
<a href="#">Дополнительные данные</a>	
<a href="#">Утилиты</a>	
<a href="#">Графический ввод</a>	

Панели Инструментов (ПИ) позволяют прятать или показывать отдельные кнопки по желанию пользователя. Например можно спрятать кнопки, которые редко используются. Для этого нужно:

1. Щёлкнуть левой кнопкой мыши на стрелке справа от ПИ:

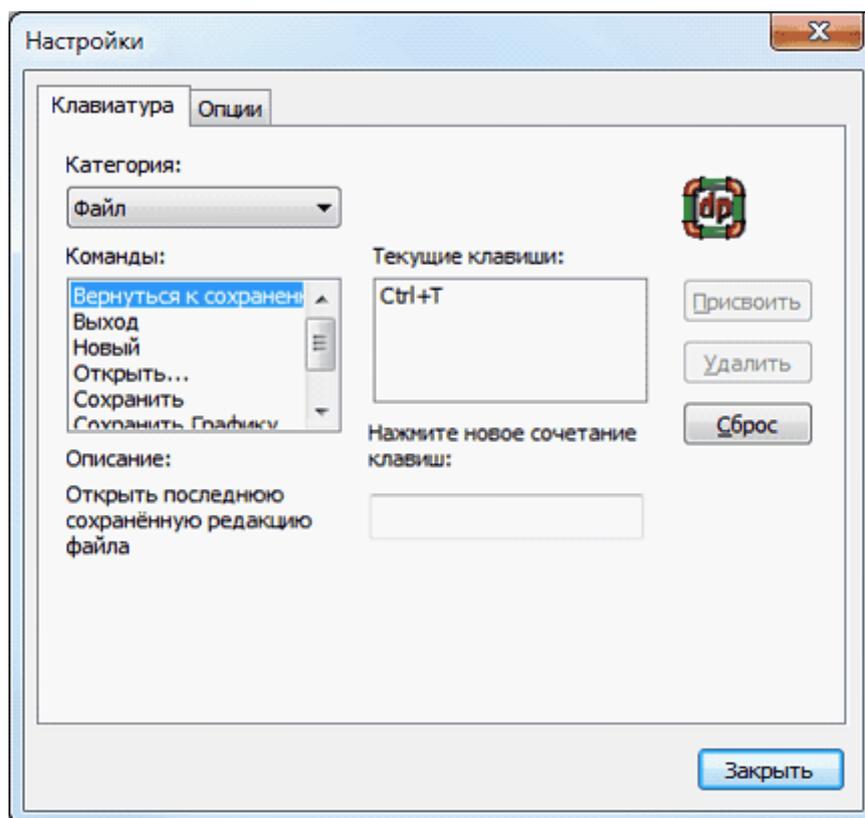


2. Навести курсор мыши на появившееся выпадающее меню «Добавить или удалить кнопки». Появится меню с именами ПИ.
3. Навести курсор на имя ПИ, которую нужно изменить, и в появившемся меню щёлкая правой кнопкой мыши на кнопке отметить кнопки, которые должны быть отображены или снять отметку с кнопок, которые должны быть спрятаны:



Если на шаге 3 выбрать пункт меню «**Reset Toolbar**», то на ПИ будет отображён набор кнопок, установленный для неё по умолчанию.

На шаге 2 можно выбрать пункт меню «Настройки». (Такой же пункт меню есть в подменю «Сервис» главного меню программы.) Появится диалог:



На закладке «Клавиатура» этого диалога можно настроить «горячие клавиши». На закладке «Опции» можно выбрать дополнительные опции отображения ПИ.

**Основная панель**

Кнопка	Действие	Горячие клавиши
--------	----------	-----------------

	Создать новую модель	CTRL+N
	Открыть файл с существующей моделью	CTRL+O
	Сохранить модель	CTRL+S
	"Вырезать" данные (работает в текстовом окне)	CTRL+X, SHFT+DEL
	"Копировать" данные (работает в текстовом окне)	CTRL+C
	"Вставить" данные из буфера обмена (работает в текстовом окне)	CTRL+V
	Вставить новую строку под текущей (работает в окне "Геометрия")	CTRL+ENTER
	Вставить новую строку над текущей (работает в окне "Геометрия")	CTRL+SHFT+ENTER
	Удалить строку (работает во всех окнах с таблицами данных)	CTRL+D
	Вставить строки с <a href="#">комментариями</a> в таблицу с геометрией	-
	Показать/спрятать <a href="#">комментарии</a> в таблице с геометрией	-
	Поиск текстовой информации в таблице с геометрией	CTRL+ALT-F
	Поиск узлов по меткам и компонент (элементов, опор) по именам идентификаторов	CTRL+F
	Отменить предыдущее действие (работает только в графическом окне)	CTRL+X, ALT+Backspace
	Вернуться к предыдущему действию (работает только в графическом окне)	CTRL+Y
	Вызов информации "О программе" (показывает также лицензионную информацию и количество подключений для сетевой версии программы)	-

### Панель "трубопровод"

Кнопка	Действие	Горячие клавиши
	Включить/выключить динамический режим отрисовки	CTRL+F5
	Перерисовать модель однократно (трассировка)	F5
	Включить/выключить текстовое окно с исходными данными	F7
	Перенумеровать номера узлов	-
	Повернуть модель на произвольный угол вокруг глобальной оси Z	-

	Зеркально отобразить всю модель	-
	Выбрать и назначить сейсмические группы опор	-
	Инструмент для выборки части модели	-

### Таблицы с основными данными

Кнопка	Действие	Горячие клавиши
	Включить/выключить окно с табличными данными по геометрии трубопровода	-
	Включить/выключить окно с таблицей трубопроводной арматуры	-
	Включить/выключить окно с таблицей сечений труб	-
	Включить/выключить окно с таблицей сечений балок	-
	Включить/выключить окно с таблицей материалов	-
	Включить/выключить окно с предупреждениями	-
	Включить/выключить окно с таблицей данных по усталостной прочности	-
	Включить/выключить окно с таблицей данных для высокотемпературных трубопроводов	-
	Включить/выключить окно с таблицей режимов работы трубопроводов	-
	Включить/выключить окно с таблицей данных по сейсмическим спектрам ответа	-
	Включить/выключить окно с заданием на расчет и постпроцессорную обработку результатов	-
	Включить/выключить окно с опциями для расчета	-

### Выполнение расчета

Кнопка	Действие	Горячие клавиши
	Проверка <a href="#">ИД</a> и запуск Препроцессора	-
	Выполнение расчета	-
	Постпроцессорная обработка результатов	-
	Выполнить расчет в пакетном режиме	-

	Показать результаты расчета в графическом виде (PIPE3DV)	-
	Просмотр листинга исходных данных	-
	Просмотр сводных таблиц с нагрузками на опоры	-
	Просмотр листинга с результатами расчетов	-
	Очистить рабочую папку	-

### Дополнительные данные

Кнопка	Действие
	Показать/скрыть таблицу с анкерными опорами
	Показать/скрыть таблицу с сосредоточенными весовыми нагрузками
	Показать/скрыть таблицу с демпферными опорами
	Показать/скрыть таблицу с динамическими амортизаторами
	Показать/скрыть таблицу с жесткими подвесками
	Показать/скрыть таблицу с направляющими опорами
	Показать/скрыть таблицу с однокомпонентными опорами
	Показать/скрыть таблицу с шестикомпонентными опорами
	Показать/скрыть таблицу с упругими опорами/подвесками
	Показать/скрыть таблицу с поперечными сварными швами
	Показать/скрыть таблицу с сосредоточенными в узлах силами/моментами
	Показать/скрыть таблицу со скользящими опорами
	Показать/скрыть таблицу с тройниками
	Показать/скрыть таблицу со стержнями
	Показать/скрыть таблицу с динамическими силами

### Работа с графическим окном программы

Кнопка	Действие	Горячие клавиши
	<a href="#">быстрая информация</a>	-

	<a href="#">измерение расстояний между узлами</a>	-
	<a href="#">измерение угла</a>	-
	<a href="#">измерение углов (2)</a>	
	центровка модели в окне без изменения масштаба и углов поворота	CTRL+E
	вызов диалога " <a href="#">параметры отображения</a> "	F3
	раскраска сечений	-
	раскраска материалов	-
	раскраска нагрузочных групп	-
	раскраска температур с выбором режима	-
	раскраска давлений с выбором режима	-
	раскраска имен участков	-
	раскраска сейсмических групп опор	-
	вызов диалога " <a href="#">показать элементы по категориям</a> "	F4
	переход в режим <a href="#">вращения</a> модели	-
	переход в режим <a href="#">перемещения</a> модели	-
	<a href="#">увеличение</a> модели, относительно указателя мыши	-
	<a href="#">уменьшение</a> модели, относительно указателя мыши	-
	показать модель целиком, не меняя углов поворота	CTRL+A
	включить/выключить объемное отображение модели	CTRL+F10
	перевести модель в изометрию без изменения масштаба	CTRL+I
	перевести модель в изометрию и показать ее целиком	CTRL+SHIFT-I
	показать модель со стороны оси X	CTRL+SHIFT+Z

	показать модель со стороны оси Y	CTRL+SHIFT+Y
	показать модель со стороны оси Z	CTRL+SHIFT+X

Примечание: в режиме "раскраски" есть возможность изменять цвета. Для этого нужно дважды щелкнуть мышкой по легенде.

## Графический ввод

Кнопка	Действие	Примеры
	Ввод прямолинейного участка трубопровода	См. видеоклип 1
	Ввод отводов (гибов) по ветви	
	Вставить промежуточный узел	См. видеоклип 2
	Разделить ветвь	См. видеоклип 3
	Переместить узел	См. видеоклип 4
	Добавление опор в узлы расчетной модели	См. видеоклип 4

## Сводка горячих клавиш

### Общие

Действие	Сочетание клавиш
Открыть новый файл	Ctrl-N
Открыть файл	Ctrl-O
Сохранить файл	Ctrl-S
Вернуться к сохраненному файлу	Ctrl-T
Переключение между активными окнами	F6, Shft-F6

### Графическое окно

Действие	Сочетание клавиш
Масштабирование	+/-
Вращение	→, ←, ↑, ↓
Смещение	Ctrl →, ←, ↑, ↓

Копирование графического изображения модели в буфер обмена	Ctrl-C, Ctrl-Ins
Центровка модели в окне	Ctrl-E
Показать всю модель	Ctrl-A
Показать модель в изометрии без изменения масштаба	Ctrl-I
Показать всю модель в изометрии	Ctrl-Shft-I
Показать всю модель со стороны оси X	Ctrl-Shft-X
Показать всю модель со стороны оси Y	Ctrl-Shft-Y
Показать всю модель со стороны оси Z	Ctrl-Shft-Z
Вызов диалога для дополнительных данных	F3
Переключение между графическим и текстовым окном	F7
Возврат к предыдущему виду	Backspace
Поиск узла	Ctrl-F
Поиск в тексте таблицы и файла dp5	Ctrl-ALT-F
Показать метки узлов	Shft-N
Показать узлы	Shft-P
Показать анкеры	Shft-A
Показать упругие опоры	Shft-H
Показать жесткие подвески	Shft-R
Показать 6-компонентные опоры	Shft-S
Показать сосредоточенные силы	Shft-F
Показать скользящие опоры	Shft-I
Показать скользяще-направляющие опоры	Shft-G
Показать динамические амортизаторы	Shft-U
Показать 1-компонентные опоры	Shft-J
Показать демпферы	Shft-D
Показать сварные швы	Shft-W
Показать сосредоточенные веса	Shft-L
Показать тройники	Shft-T
Показать динамические упоры с зазорами	Shft-B
Показать жесткие стержни	Shft-C
Показать "якори"	CTRL-ALT-Z
Включить/выключить режим 3D отображения	Ctrl-F10
Выборка элементов по категориям	F4
Показать/скрыть элементы, выбранные по категориям	Shft-F4
Пропорционально увеличить/уменьшить отображение диаметров трубопроводов во всей модели	Ctrl - "Grey+" ("Grey-")

Вернуться к неотмасштабированному диаметру	Ctrl-1

#### Окна с таблицами ввода [ИД](#)

Действие	Сочетание клавиш
Редактирование ячейки	F2
Перемещение между соседними ячейками	→, ←, ↑, ↓
Переход на следующую ячейку с вводом данных	Enter
Переход на 1-ю колонку	Home
Переход на последнюю колонку	End
Перелистывание страниц	Page Up, Page Down
Переход к началу таблицы	Ctrl-Home
Переход к концу таблицы	Ctrl-End
Удаление текущей строки таблицы	Ctrl-D
Вставка строки над текущей строкой	Ctrl-Shift-Enter
Вставка строки под текущей строкой	Ctrl-Enter
Поиск узла	Ctrl-ALT-F
Трассировка модели	F5
Включить/выключить динамическую трассировку	Ctrl-F5
Открыть окно со свойствами узла	CTRL-ALT-Z

#### Основное окно в текстовом режиме

Действие	Сочетание клавиш
Найти текст	Ctrl-ALT-F
Найти и заменить текст	Ctrl-H
Скопировать текст в буфер обмена	Ctrl-C
Вставить текст из буфера обмена	Ctrl-V

## Команды меню

[Меню Файл](#)

[Меню Правка](#)

[Меню Вид](#)

[Меню Сервис](#)

[Меню Расчет](#)

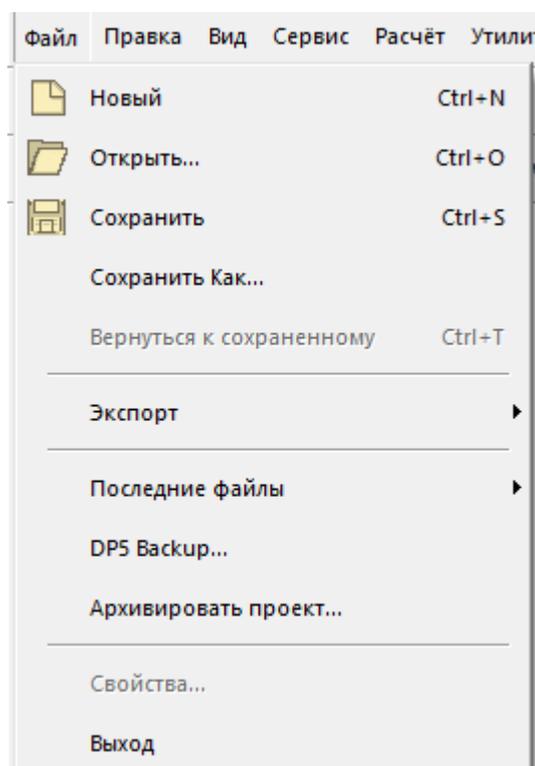
[Меню Основные данные](#)

[Меню Дополнительные данные](#)

[Меню Помощь](#)

## Файл

**Файл** – традиционный набор команд для работы с файлами [ИД](#) (файлы с [ИД](#) должны иметь расширение \*.DP5). Команды позволяют создать новую модель, открыть существующую, сохранить текущую, сохранить текущую модель под другим именем, сохранить изображение расчетной модели, а также вернуться к последней сохраненной версии файла с [ИД](#).

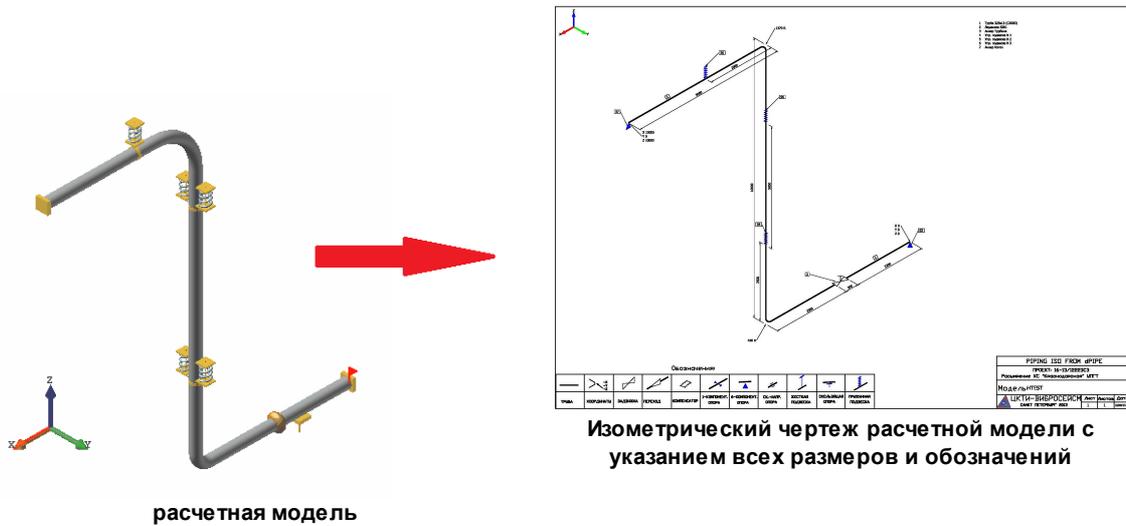


Команда «Экспорт» позволяет сохранить изображение расчетной модели в файл (Сохранить Графику), [экспортировать отображаемую часть расчетной модели в формат PCF](#).

Пункт "[Архивировать проект](#)" позволяет создать ZIP архив проекта, пункт "Свойства" содержит ссылку на полный путь файла с исходными данными \*.dp5.

### Создать PCF

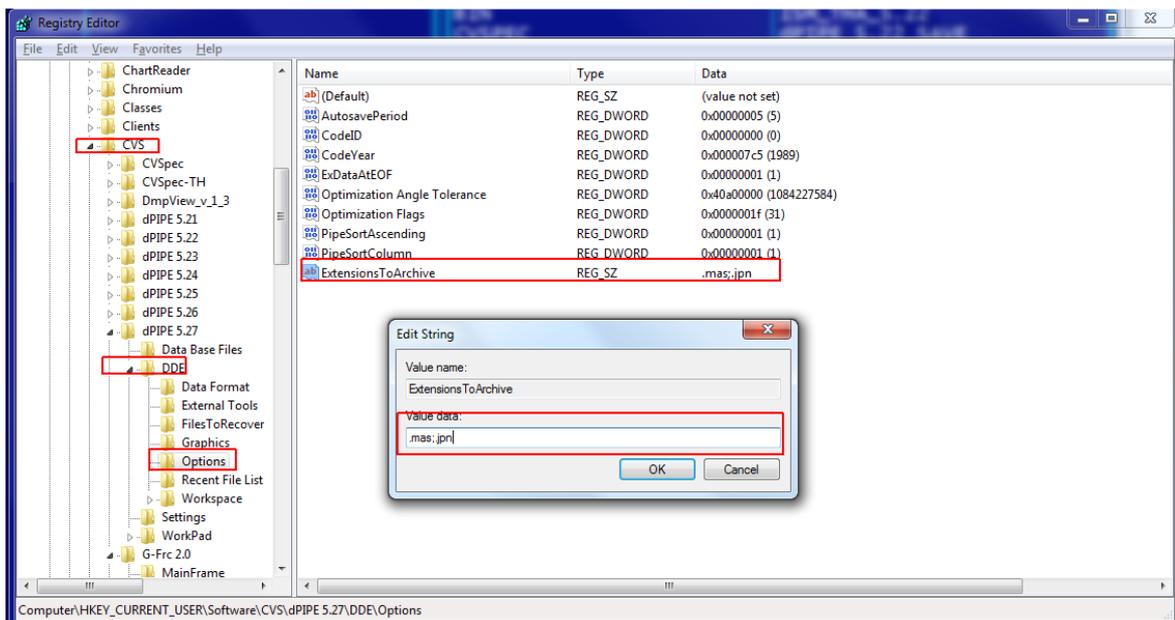
Пункт меню "Создать PCF" позволяет конвертировать расчетную модель трубопровода в файл с расширением \*.PCF, который может быть использован для построения изометрических чертежей трубопроводов с помощью технологии [ISOGEN](#).



### Архивировать проект

Команда позволяет создать ZIP архив проекта, в который включаются \*.dp5 файл с исходными данными, все файлы на которые есть ссылки в файле \*.dp5 (спектры, акселерограммы и файлы с динамическими силами записываются в отдельные папки), результаты расчета (файлы с расширением \*.OUT, \*.SUP; \*.RES, \*.BIN), файл release\_info.txt с информацией о текущей версии программы. Опционно в архив включается папка с базами данных. Файл с архивом именуется как имя архива как <имя модели>\_YYYYMMDD.zip (год-месяц-день)

К predetermined выше расширениям Пользователь может добавить типы файлов, которые будут помещены в архив при выполнении этой команды. Для этого нужно прописать в реестре ключ HKEY\_CURRENT\_USER\Software\CVS\dPIPE 5.27\DDE\Options\ExtensionsToArchive:



Данные ключа ExtensionsToArchive формируются по правилу: .EXT, где EXT - расширение файлов, которые нужно добавить в архив. При перечислении нескольких типов расширений в качестве разделителя используется точка с запятой “;”

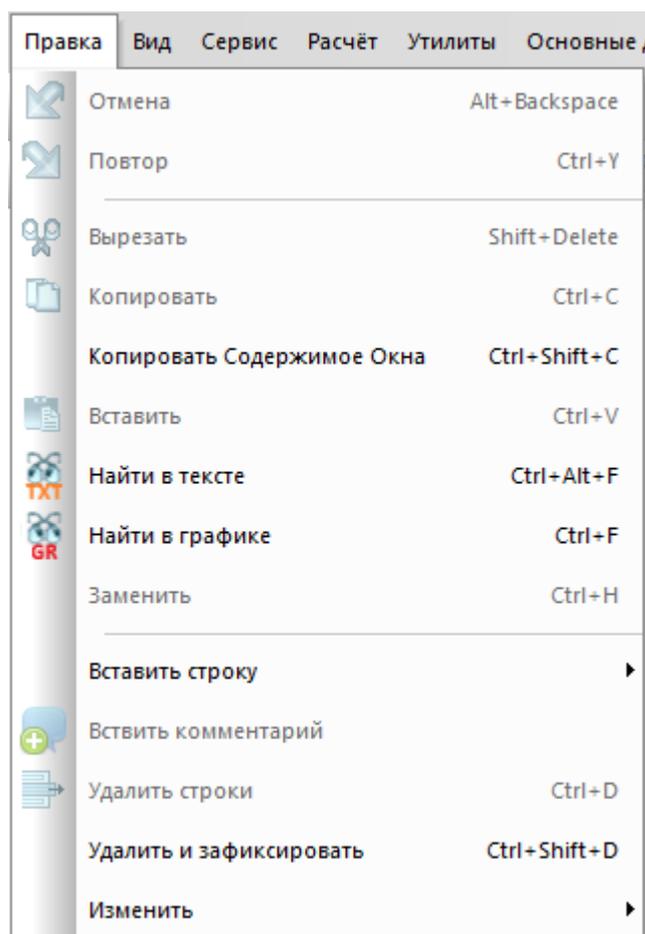
## Внимание: функция архивации работает только при установленном .NET Framework версии 4.5 и выше

### dP5 Backup

В зависимости от параметра "[Период автосохранения модели](#)" dPIPE сохраняет расчетную модель каждые  $N$  минут, указанные в этом параметре. Как правило, при аварийном завершении работы файл с расчетной моделью автоматически открывается при повторном запуске программы. Если этого не происходит, то при помощи этой команды Пользователь может открыть папку, в которой хранятся страховочные файлы. При нормальном завершении работы страховочный файл удаляется. Файлы с расчетной моделью, записанные в эту папку, получают имена, состоящие из кода + имя файла с расчетной моделью и расширением \*.dP5

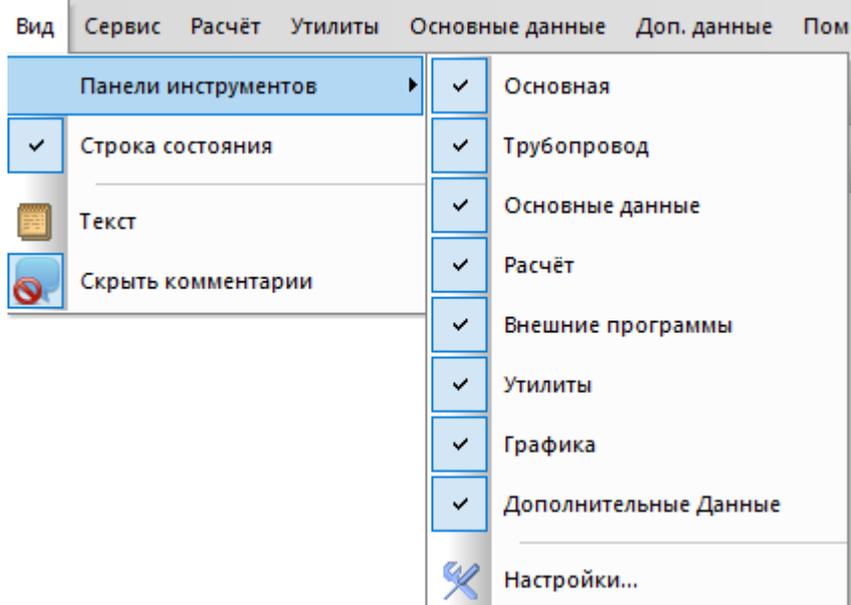
### Правка

**Правка** – набор команд для редактирования [ИД](#). Команды "Найти в тексте" и "Найти в графике" позволяют искать имена узлов, идентификационные имена опор и элементов трубопровода, а также другую текстовую информацию в различных таблицах и в графическом окне программы. Команды "Вставить/Удалить строку" активны в диалогах программы, содержащих таблицы с исходными данными. Команда "Изменить" активна при режиме выборки элементов расчетной модели (кнопка  на панели "[Трубопровод](#)").



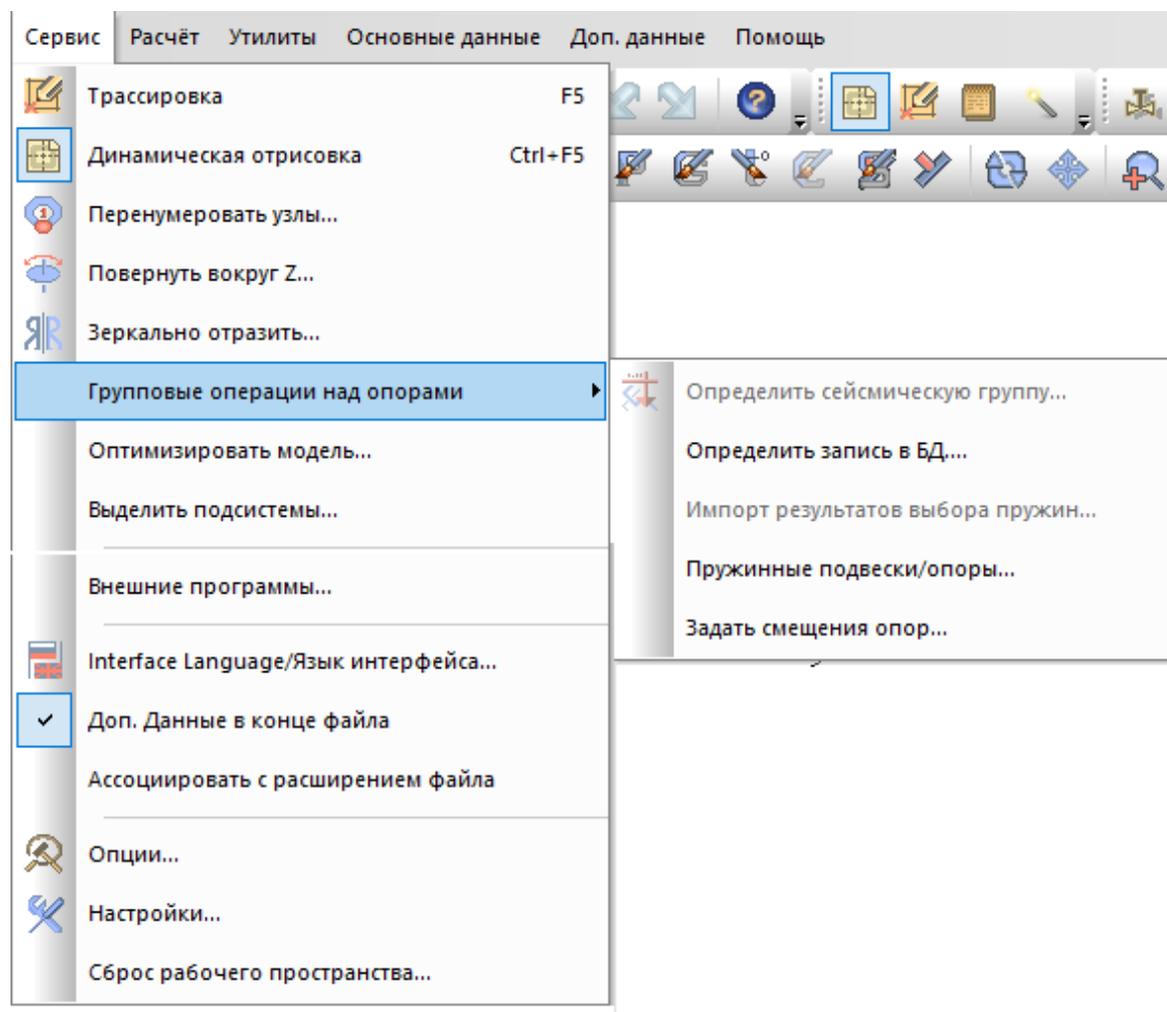
## Вид

**Вид** – набор команд для активизации тех или иных элементов интерфейса таблицы. Команда "Текст" переключает главное окно программы в графический или текстовый режим.



## Сервис

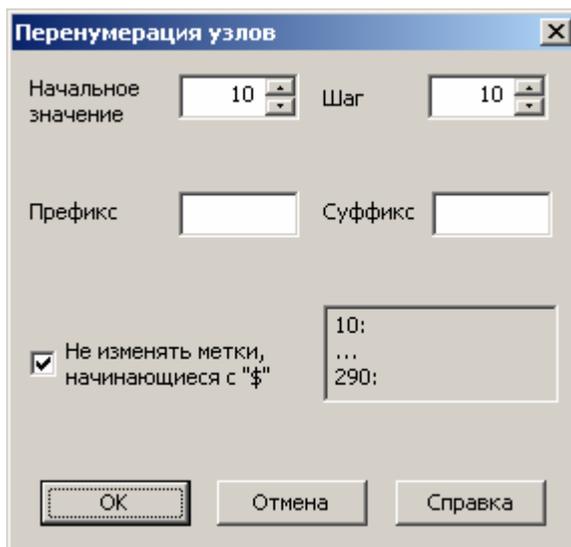
**Сервис** – набор инструментов для работы с DDE.



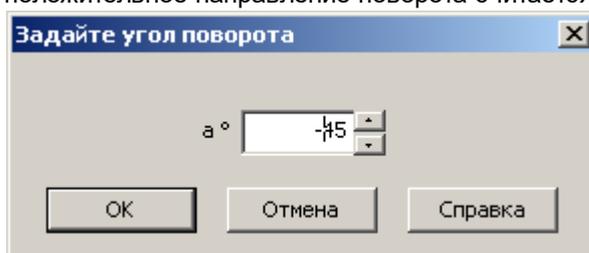
Команда **"Трассировка"** выполняет однократную проверку синтаксиса ввода и перерисовку модели трубопровода без выхода в активный режим.

При выборе режима **"Динамической отрисовки"** ввод [ИД](#) осуществляется в активном режиме.

Команда **"Перенумеровать узлы"** позволяет осуществить перенумерацию узлов текущей расчетной модели по заданному шаблону:

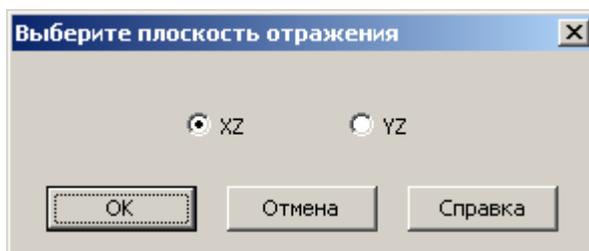


Команда "**Повернуть вокруг Z...**" позволяет осуществить поворот всей модели вокруг оси OZ на угол  $\alpha$ . При этом положительное направление поворота считается от оси OX к оси OY:



При повороте модели происходит автоматический пересчет predeterminedных смещений опор.

Команда "**Зеркально отразить...**" позволяет осуществить зеркальное отображение всей модели относительно плоскостей XOZ или YOZ:

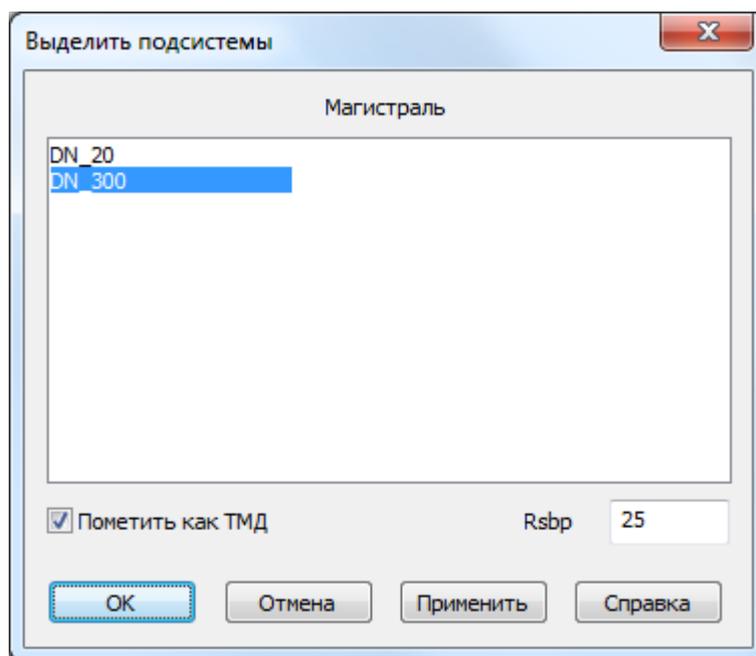


( S )

Команда "**Групповые операции над опорами**" содержит ряд операций, которые применяются к выбранным с помощью мыши различным опорам расчетной модели.

По команде "**Оптимизировать модель**" происходит оптимизация топологии модели (слияние отдельных ветвей) и удаление промежуточных узлов [PMT](#), с которыми не связаны никакие [дополнительные данные](#). Применение этой команды удобно для моделей, которые были созданы с помощью вспомогательных программ - конверторов.

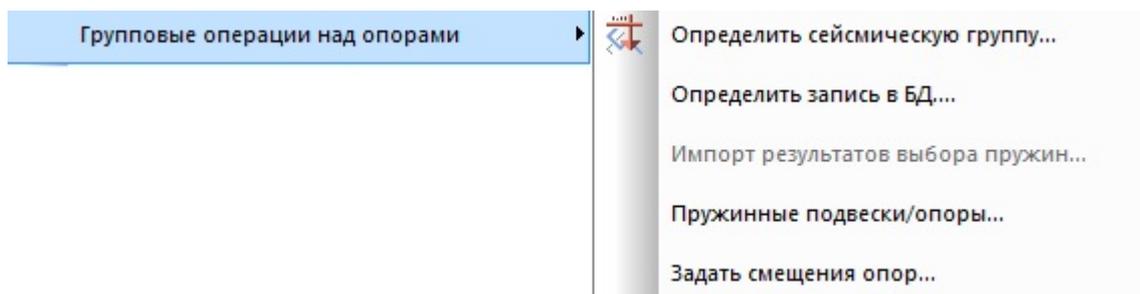
Команда "**Выделить подсистемы...**" используется для выделения части трубопровода, которая может быть промаркирована как ТМД (трубы малого диаметра), см. [Приложение XV](#). Величина  $R_{sbp}$  определяет отношение моментов инерции Магистралей и выбранного сечения:



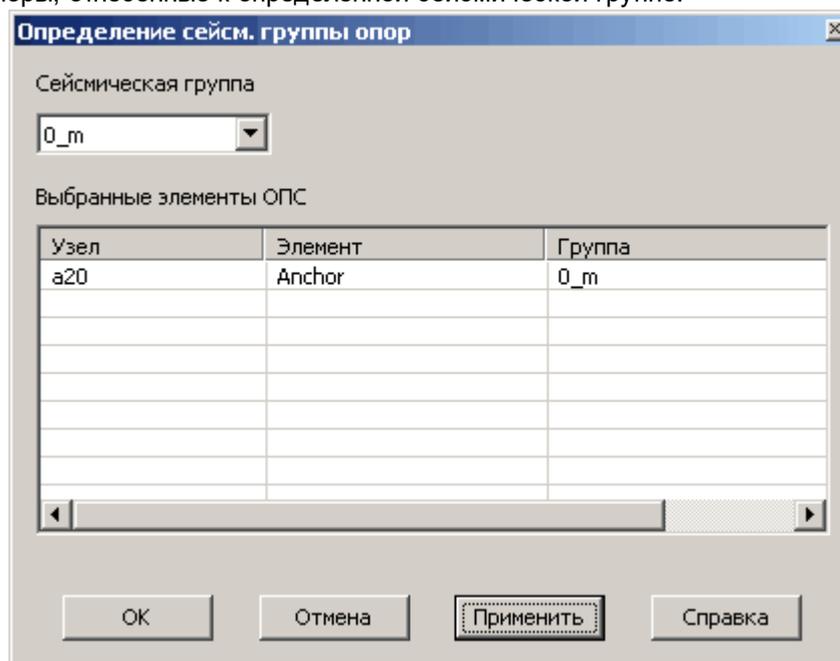
Опция «**Доп. Данные в конце файла**» позволяет при формировании текстового файла с расчетной моделью поместить все данные, связанные с узлами расчетной модели (в основном это опоры) в конец файла \*.dr5, что позволяет эффективно их редактировать в текстовом режиме

### Групповые операции над опорами

Под заголовком "**Групповые операции над опорами**" содержится набор следующих команд:



Команда "**Определить сейсмические группы опор**" служит для выбора и включения тех или иных опор расчетной модели в сейсмические группы, определенные при помощи команды "[Спектры отзвета](#)". Команда используется при расчете на сейсмику линейно-спектральным методом с учетом многоопорного воздействия. При нажатии на кнопку  курсор мыши в графическом окне приобретает вид стрелки с рамкой (  ) и возникает диалог, отображающий назначенные группы и позволяющий в графическом окне отметить области, в которых находятся опоры, отнесенные к определенной сейсмической группе:



Команда "**Определить запись в БД**" позволяет выбрать в графическом окне все однотипные опоры и приписать им одну и ту же запись из [базы данных](#), содержащей допустимые нагрузки на опоры трубопровода.

См. видеоклип

Команда "**Импорт результатов выбора пружин**" позволяет сразу после выполнения расчета по определению характеристик пружин и/или определения рабочей нагрузки для упругих опор/подвесок импортировать результаты расчета в таблицу DDE.

См. видеоклип

Команда "**Пружинные подвески/опоры**" используется для различных операций над группой пружинных подвесок/опор: определения каталога и типа пружин, заклинивания пружин для режима [ГИ](#) и т.д.

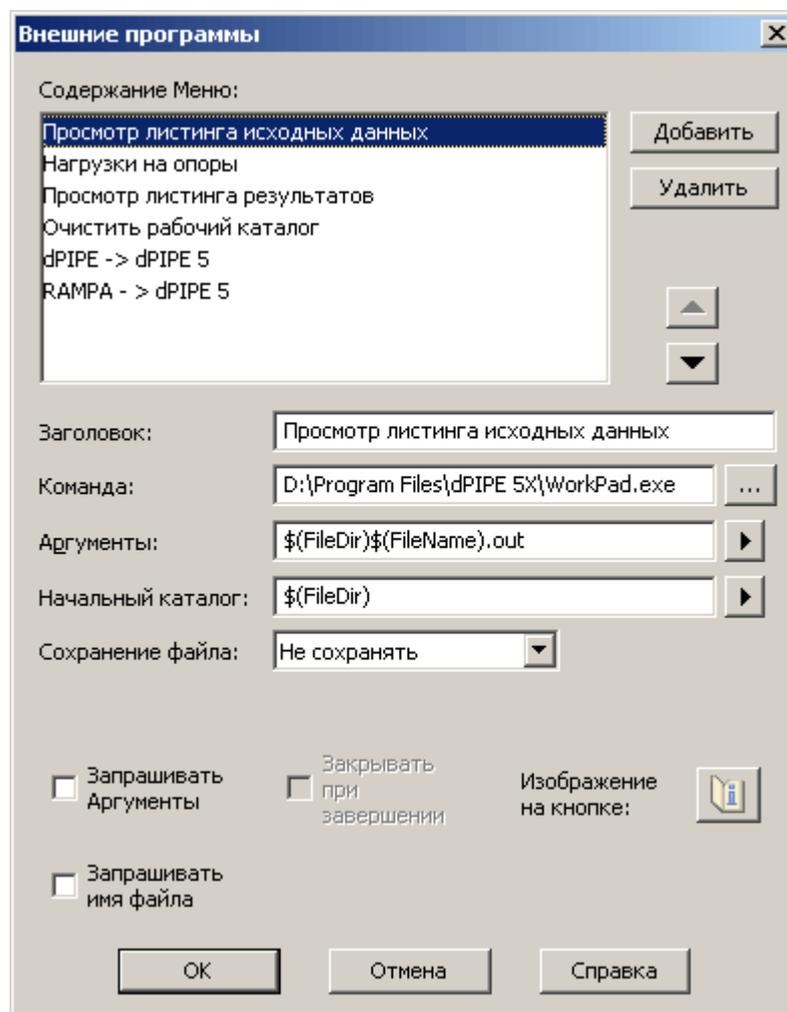
См. видеоклип

Команда "**Задать смещения опор**" используется для задания группе выбранных элементов [ОПС](#) трубопровода одинаковых смещений, соответствующих выбранному режиму работы.

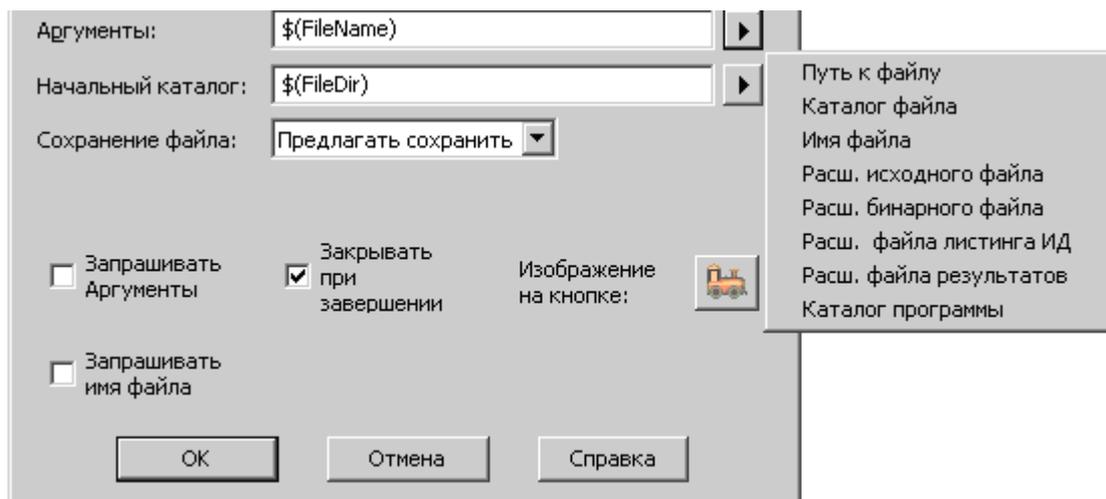
См. видеоклип

## Внешние программы

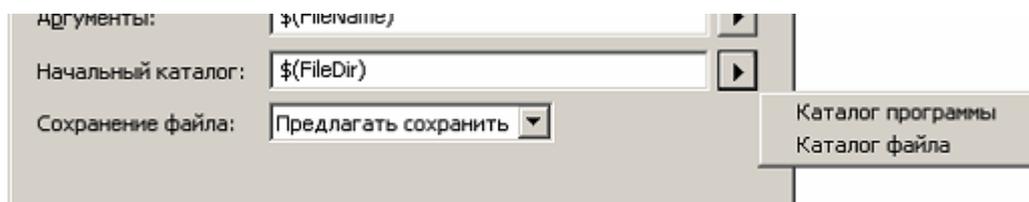
Команда "Внешние программы..." позволяет настраивать подключаемые и вызываемые из DDE внешние модули:



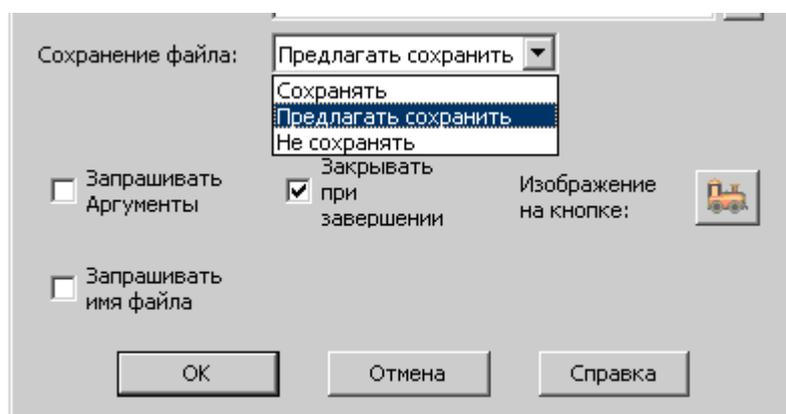
Представленный выше диалог позволяет **добавлять/удалять** подключаемые программы, перемещать их **вверх/вниз** в поле "**Содержание меню**", давать заголовок для исполняемых программ (он отображается как в меню "**Сервис**", так и во всплывающих подсказках к соответствующим кнопкам). Поле "**Команда**" содержит полный путь исполняемого файла, "**Аргументы**" позволяют передать в командную строку те или иные значения:



Поле **"Начальный каталог"** специфицирует место, откуда должна запускаться та или иная подключаемая программа:

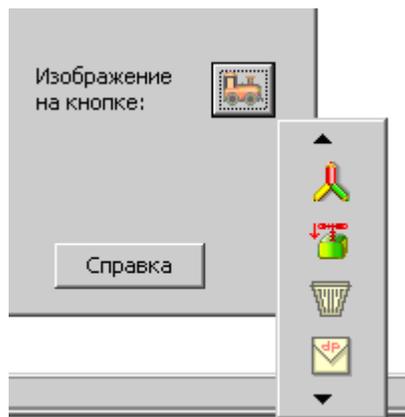


Опция **"Сохранение файла"** устанавливает правила для сохранения текущего файла [ИД](#) перед выполнением внешней программы.



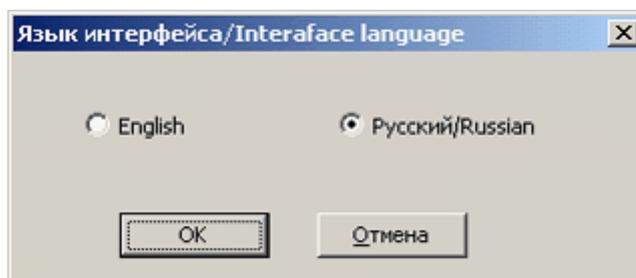
Поля **"Запрашивать аргументы"**, **"Закрывать при завершении"** и **"Запрашивать имя файла"** могут принимать значения "да" или "нет" в зависимости от их активации пользователем.

Поле **"Изображение на кнопке"** позволяет ассоциировать ту или иную картинку на кнопке с исполняемым модулем:



### Interface Language/Язык интерфейса..

Команда "**Interface Language/Язык интерфейса..**" предназначена для смена языка интерфейса программы с русского на английский и наоборот. Смена языка осуществляется в диалоге:



и вступает в силу после перезапуска таблицы DDE. При смене языка меняется не только интерфейс программы, но и язык распечаток исходных данных и результатов расчетов.

### Опции и настройки

Команда "Опции" (  ) позволяет осуществлять настройки подключаемых файлов с базами данных, контрольных параметров, и задания на расчет и постпроцессорную обработку результатов.

[Закладка "Файлы"](#)

[Закладка "Контрольные параметры"](#)

[Закладка "Задания"](#)

[Закладка "Отчеты"](#)

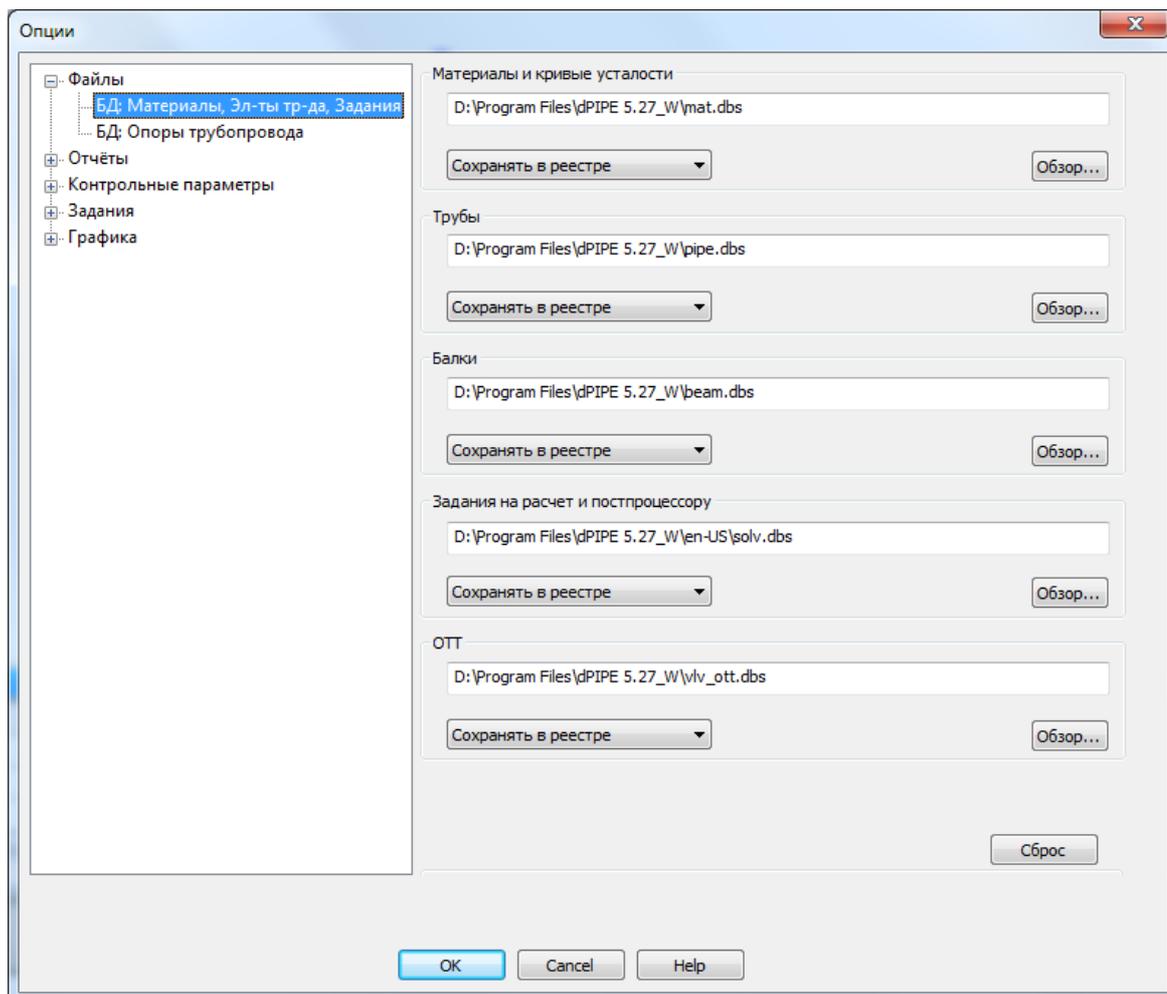
[Закладка "Графика"](#)

Команда "**Настройки**" (  ) используется для установления пользовательского набора "горячих" клавиш и настроек панелей инструментов.

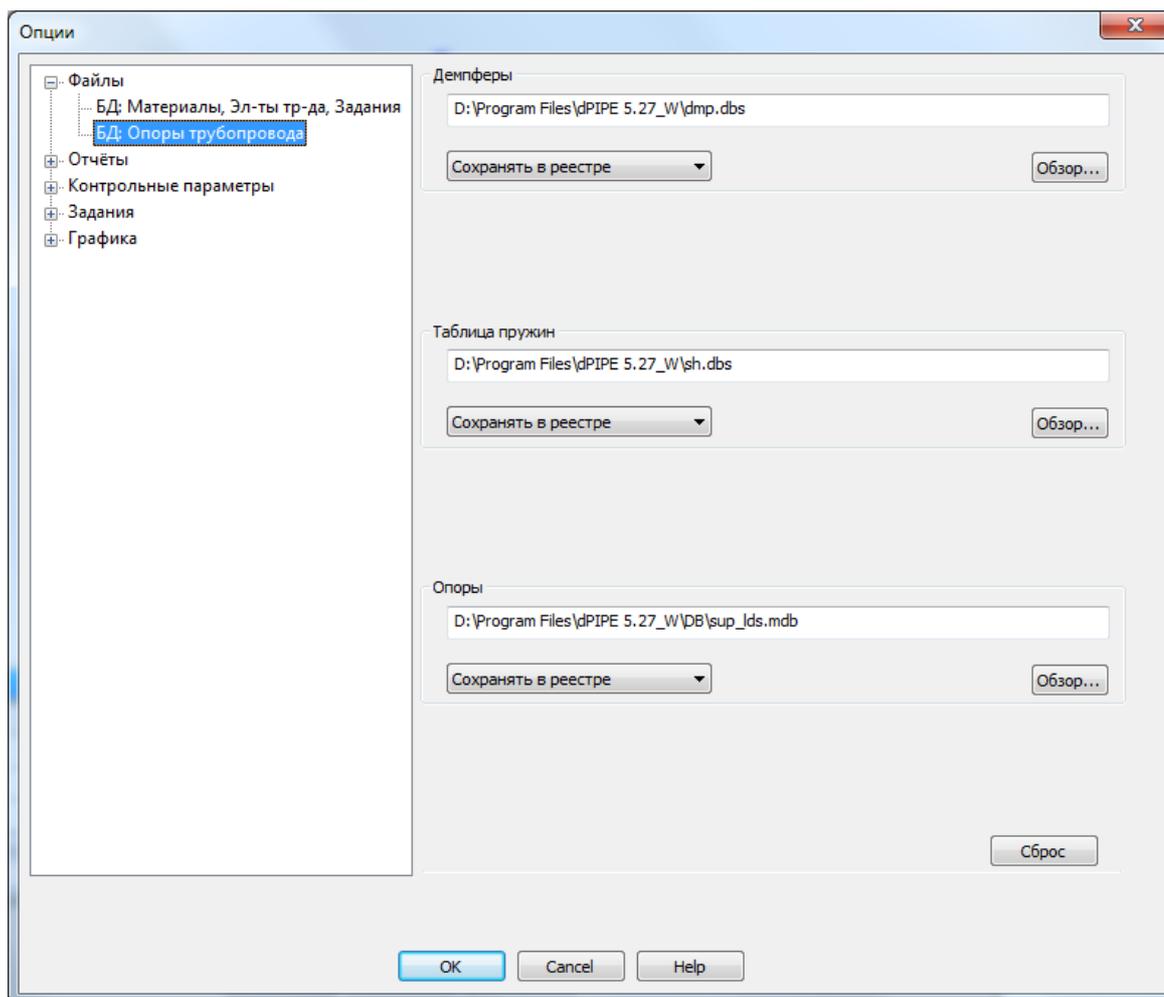
Файлы

Папка "**Файлы**" позволяет определить расположение файлов, используемых при создании расчетной модели трубопровода.

Внутри папки расположены следующие закладки: "БД: Материалы, Эл-ты тр-да, Задания"



"БД: Опоры трубопровода":



Закладки с базами данных содержат пути к соответствующим файлам. В зависимости от выставленных в диалоге опций эти пути могут сохраняться как в системном реестре ("сохранять в настройках"), так и записываться в файл с расчетной моделью ("сохранить в файле", см. также команду [DBF](#)). При включенной опции "сохранять относительные пути" программа записывает пути к файлам относительно папки, в которой расположена расчетная модель трубопровода. Этот способ удобен для переноса модели с одного компьютера на другой.

Кнопка "Сброс" отменяет все изменения, сделанные Пользователем, и возвращает все значения к параметрам "по умолчанию".

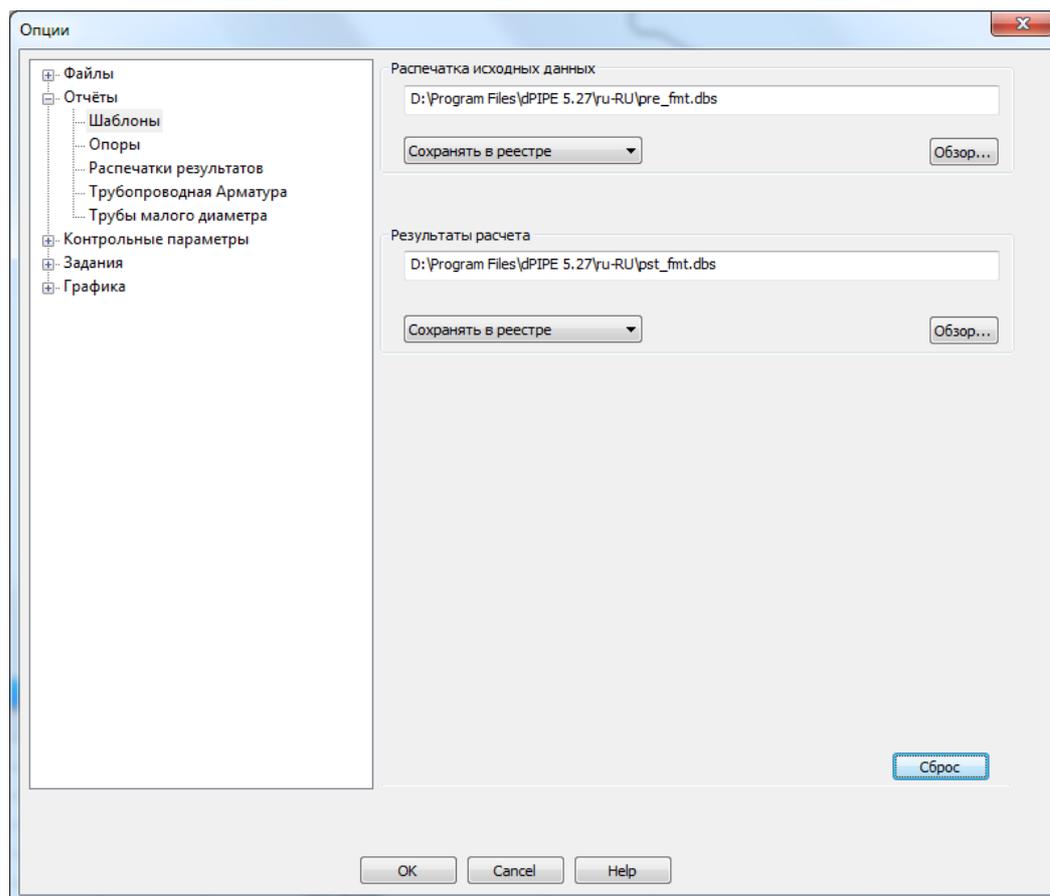
#### Отчеты

Закладка "**Отчеты**" определяет данные для формирования обобщенных таблиц с результатами расчета ([POST\\_REP](#)):

#### Шаблоны

##### **Закладка "Шаблоны":**

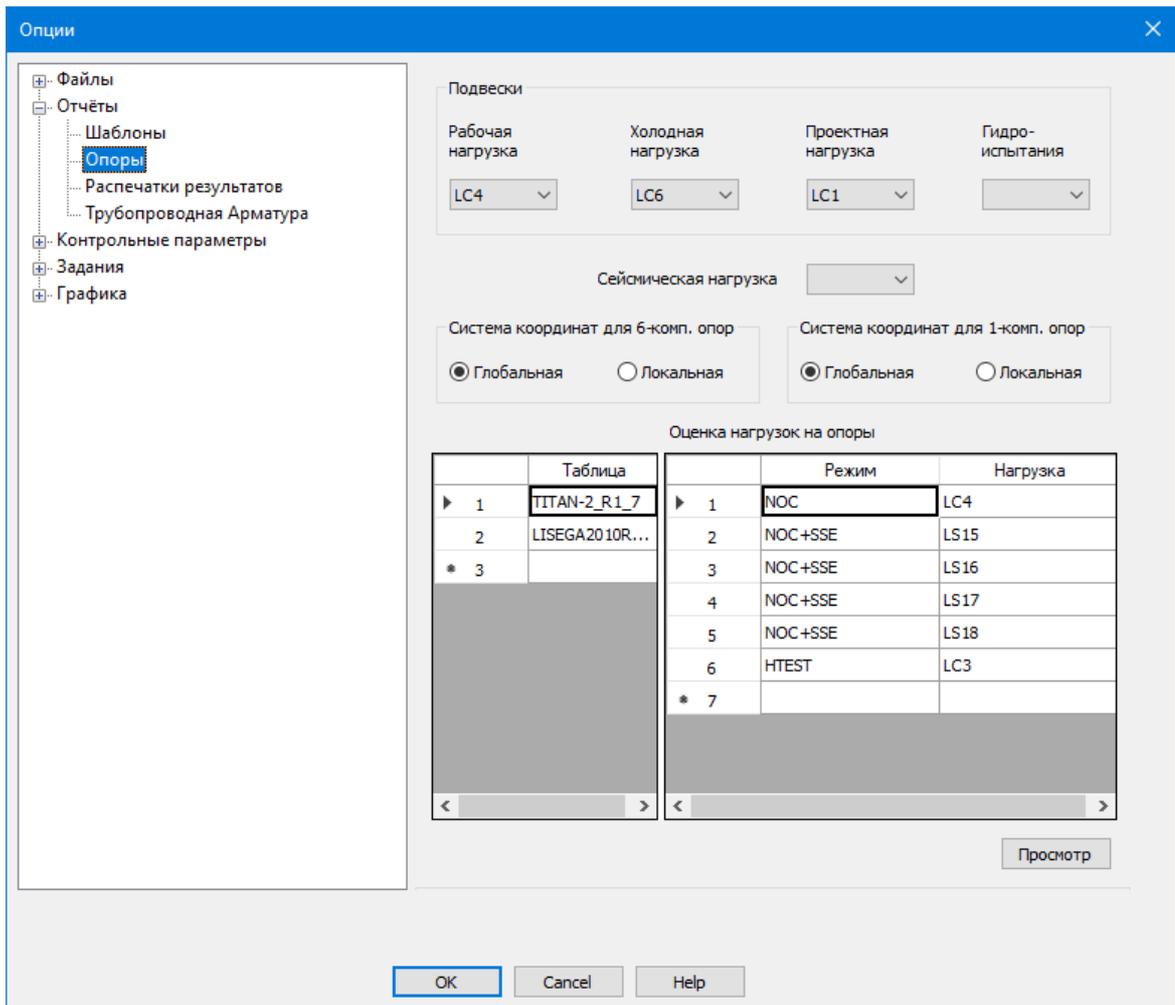
Определяет расположение шаблонов для формирования распечаток исходных данных (файл \*.OUT) и результатов расчетов (файлы \*.RES и \*.SUP). См. также команду [DBF](#)



Опоры

#### Закладка "Опоры":

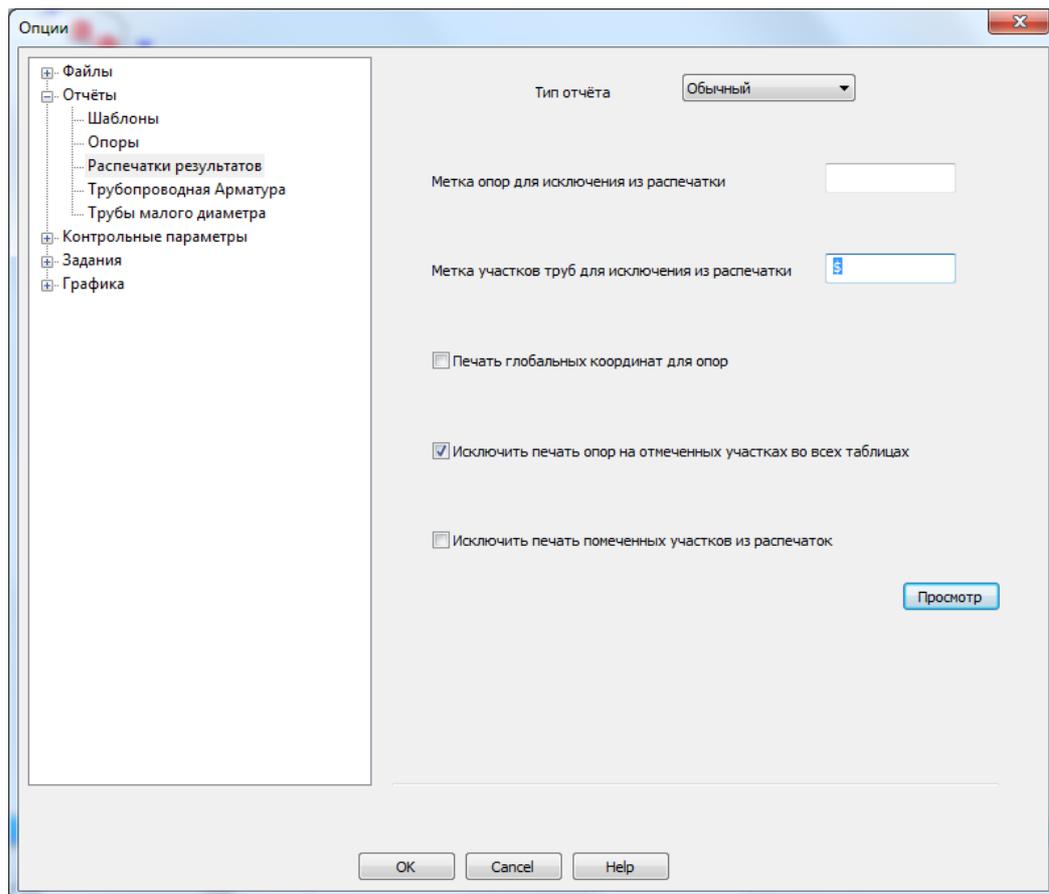
Поле диалога	Параметр
Рабочая нагрузка (подвески)	<a href="#">LOAD_HOT</a>
Холодная нагрузка (подвески)	<a href="#">LOAD_CLD</a>
Проектная нагрузка (подвески)	<a href="#">LOAD_DES</a>
Гидроиспытания	<a href="#">LOAD_HT</a>
Сейсмическая нагрузка	<a href="#">LOAD_SEISM</a>
Система координат для 6-комп. опор	<a href="#">ANC_CS</a>
Система координат для 1-комп. опор	<a href="#">RSTR_CS</a>
Оценка нагрузок на опоры	<a href="#">SUP_LOADS</a>



Распечатки результатов

**Закладка "Распечатки результатов":**

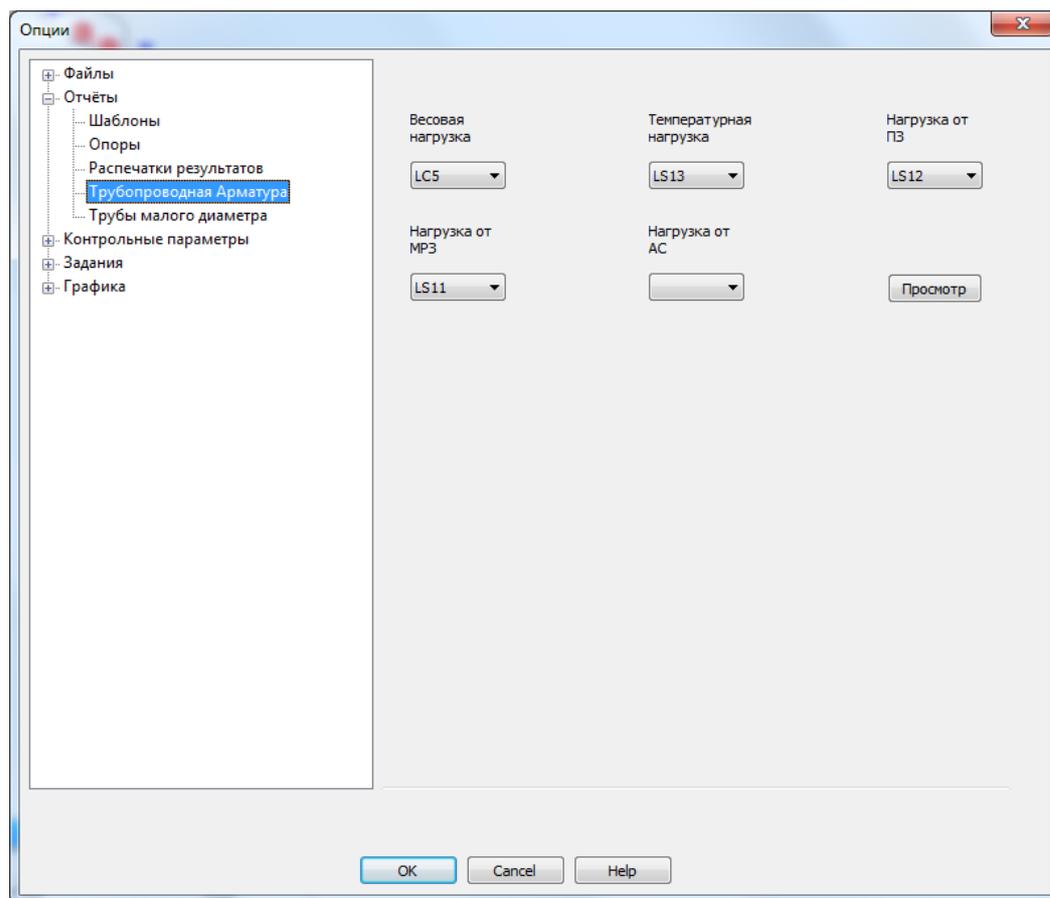
Поле диалога	Параметр (команда <a href="#">POST_REP</a> )
Тип отчета	<a href="#">REP_TYPE</a>
Метка опор для исключения из распечатки	<a href="#">SKIP_SUP</a>
Метка участков труб для исключения из распечатки	<a href="#">SKIP_STR</a>
Печать глобальных координат для опор	<a href="#">SUP_CRD</a>
Исключить печать опор на отмеченных участках во всех таблицах	<a href="#">SUP_SKIP</a>
исключить печать помеченных участков из распечаток	<a href="#">SKIP_OUT</a>



Трубопроводная арматура

**Закладка "Трубопроводная арматура":**

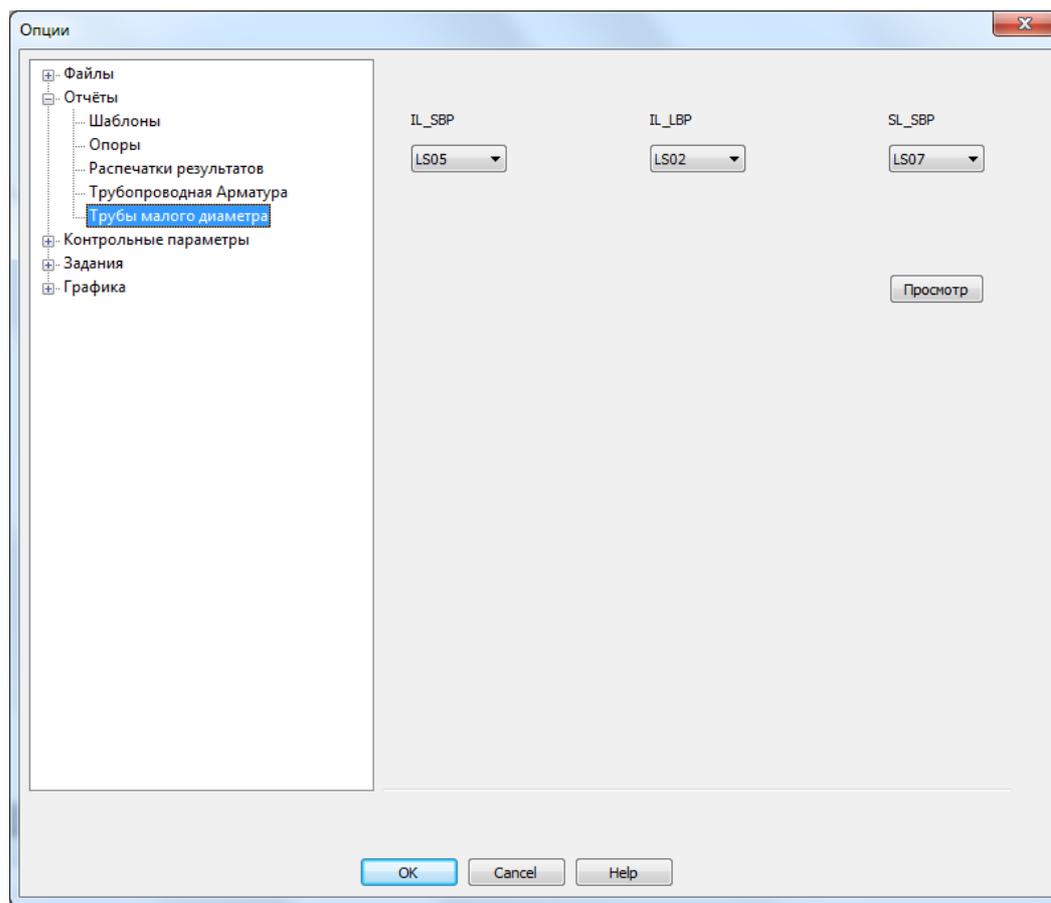
Поле диалога	Параметр (команда <a href="#">POST_REP</a> )
Весовая нагрузка	<a href="#">OTT_W</a>
Температурная нагрузка	<a href="#">OTT_I</a>
Нагрузка от ПЗ	<a href="#">OTT_PZ</a>
Нагрузка от МРЗ	<a href="#">OTT_MRZ</a>
Нагрузка от АС	<a href="#">OTT_AS</a>



Трубы малого диаметра

**Закладка "Трубы малого диаметра"** (закладка становится доступной для ввода данных, когда в модели присутствует участок трубопровода, отмеченный как "[SBP](#)", см. [Приложение XV](#))

Поле диалога	Параметр (команда <a href="#">POST_REP</a> )
Напряжения от сейсмике с учетом инерционных нагрузок для ТМД(трубы малого диаметра)	<a href="#">IL_SBP</a>
Напряжения от сейсмике с учетом инерционной нагрузки для <b>труб "большого" диаметра</b>	<a href="#">IL_LBP</a>
ссылка на категорию напряжений для учета деформационной сейсмической нагрузки для ТМД(трубы малого диаметра)	<a href="#">SL_SBP</a>



Контрольные параметры

Закладка **"Контрольные параметры"** содержит параметры, описываемые командой [CTRL](#) и имеет четыре уровня:

- ⇒ [Основные](#) контрольные параметры;
- ⇒ [Динамические](#) параметры;
- ⇒ параметры, зависящие от Норм расчета на прочность ([Нормы расчета](#)), а также
- ⇒ параметры для пружин упругих подвесок и опор трубопроводов ([Подвески и Опоры](#)).

Основные

Закладка **"Основные параметры"**

Поле диалога	Команда	Параметр
наименование расчета	<a href="#">TITLE</a>	-
температура монтажа	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">TA</a>
максимальное число итераций	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">NL_MAXIT</a>
масштабный коэффициент трения	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">FRIC</a>
критерий "отрыва" опор	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">LIFT</a>
минимальная угол отвода	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">BEND_ANG</a>
поступательная "абсолютная" жесткость	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">RGD_TRN</a>

минимальная длина элемента	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">EL_LEN</a>
максимальная величина невязки	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">MIS_MAX</a>
вращательная "абсолютная" жесткость	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">RGD_ROT</a>
Период автосохранения модели	см. <a href="#">примечание</a>	

Опции

Наименование расчетной модели  
**TITLE** Трубопровод холодного промпрегрева

Температура монтажа **TA** 20 Максимальное число итераций **NL\_MAXIT** 99

Масштабный коэф. трения **FRIC** 1 Критерий "отрыва" опор **LIFT** 2

Минимальный угол отвода **BEND\_ANG** 5 Поступательная абс. жёсткость **RGD\_TRN** 1e+009

Минимальная длина элемента **EL\_LEN** 1 Вращательная абс. жёсткость **RGD\_ROT** 1e+014

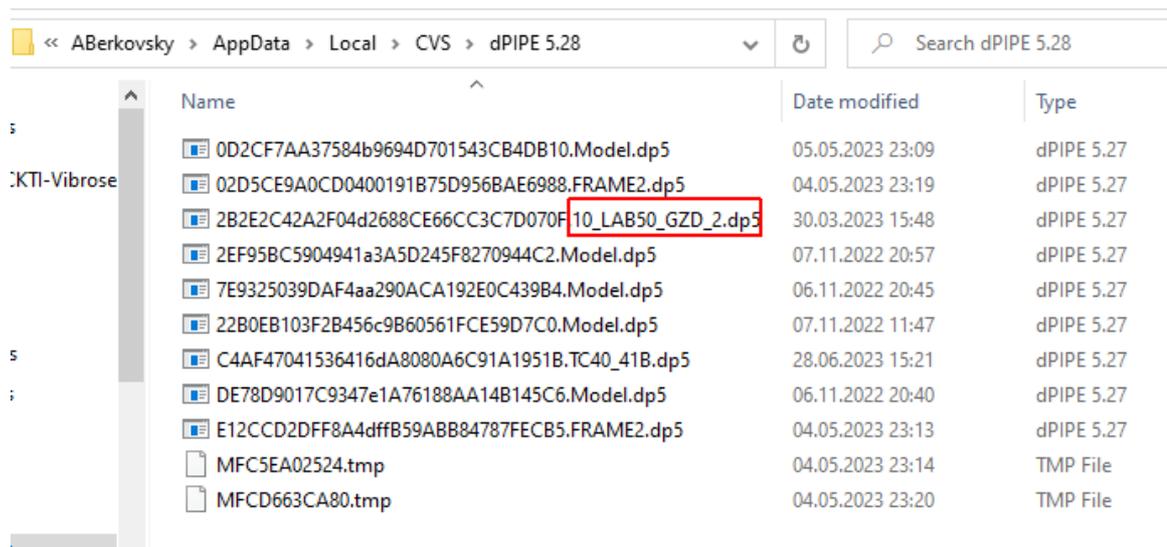
Период автосохранения модели в минутах. 0 - отключено.  По умолчанию **MIS\_MAX** 1

Сброс

OK Cancel Help

**Примечание:**

"Период автосохранения модели" используется программой для периодического сохранения файла \*.dr5 в папке, расположенной по адресу "%LocalAppData%/CVS/dPIPE 5.XX" (XX - номер текущей версии программы). При аварийном завершении сеанса работы с DDE программа пытается восстановить данные именно из этой папки. В течение сеанса программа записывает в эту папку \*.dr5 файл под именем, содержащим имя модели:



При нормальном завершении сеанса временный файл удаляется.

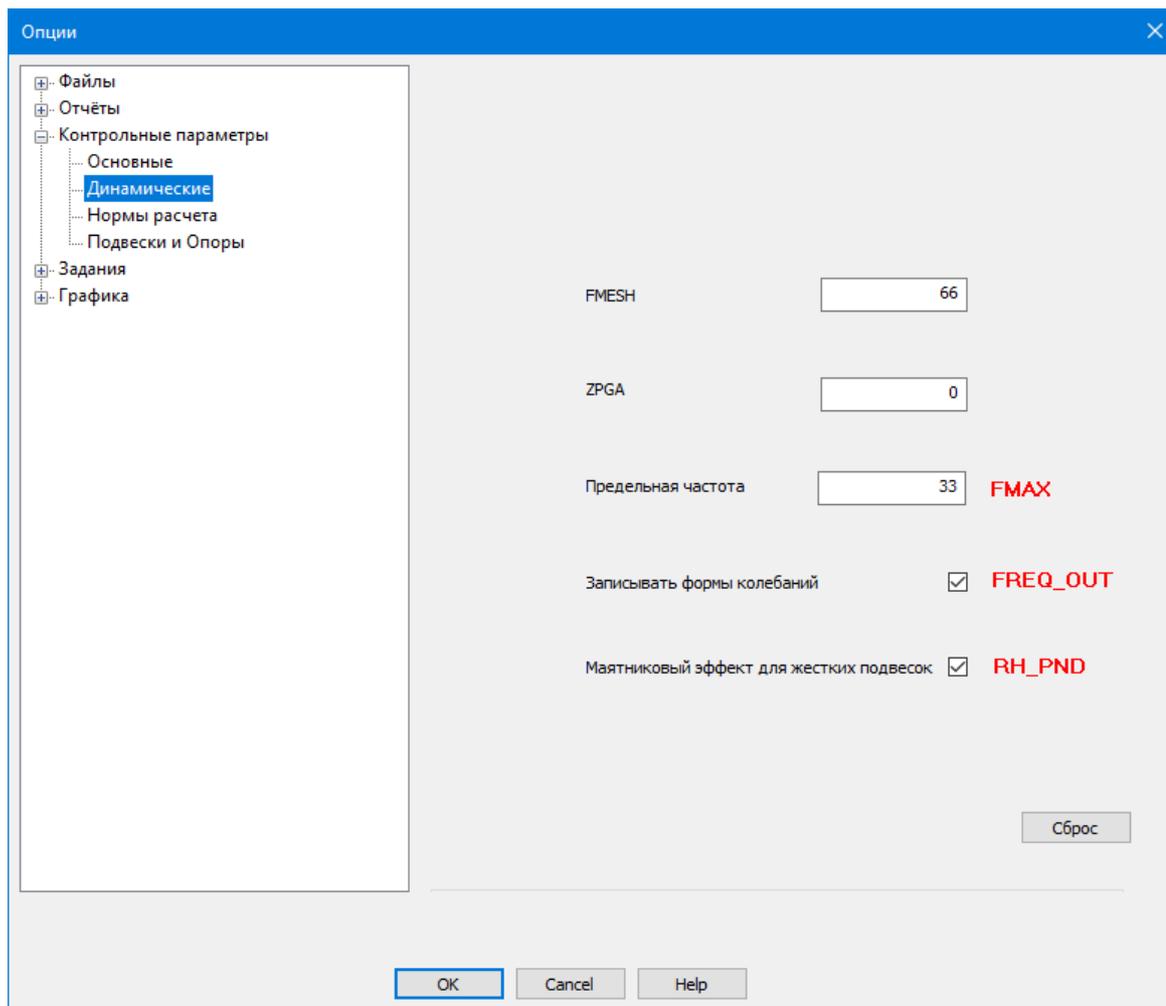
Эта папка открывается при помощи команды [dP5 Backup](#)

Динамические

#### Закладка "Динамические параметры"

Поле диалога	Команда	Параметр
предельная частота	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">FMAX</a>
парциальная частота для автоматической разбивки трубопровода (FMESH)	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">FMESH</a>
ускорение грунта нулевого периода (ZPGA)	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">ZPGA</a>
записывать формы колебаний	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">FREQ_OUT</a>
маятниковый эффект для жестких подвесок	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">RH_PND</a>

Дополнительные динамические параметры задаются в команде [DCASE](#)

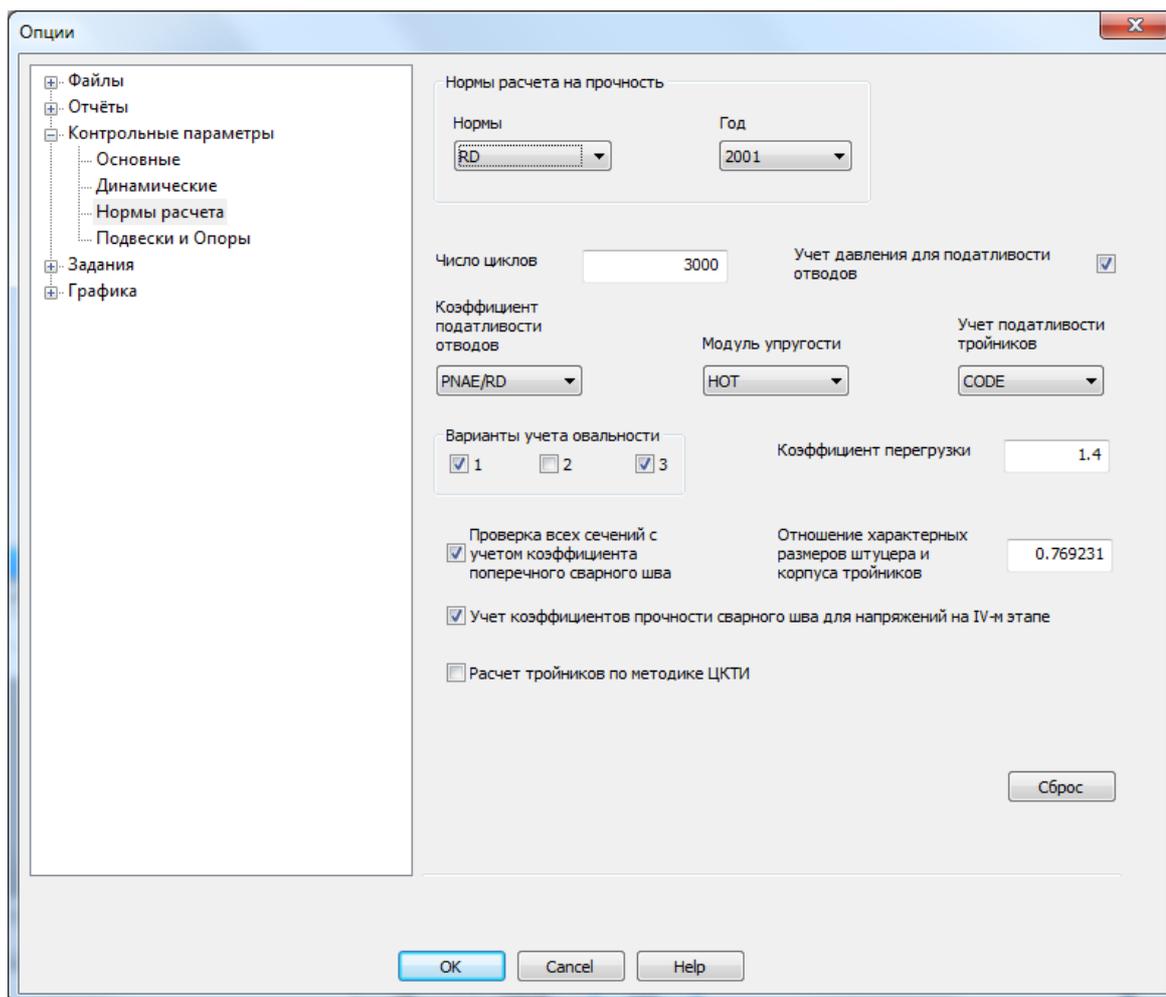


Нормы расчета

**Закладка "Нормы расчета" (параметры, зависящие от норм расчета на прочность)**

Поле диалога	Команда	Параметр
нормы	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">CODE</a>
год	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">CODE_YEAR</a>
варианты учета овальности	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">OVAL</a>
коэффициент перегрузки	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">KS</a>
проверка всех сечений с учетом коэффициента поперечного сварного шва	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">WLD_CHK</a>
коэффициент усреднения напряжений для овальности	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">HLE</a>
коэффициент податливости отводов	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">BEND_CODE</a>
SN_T (признак вычисления допускаемых напряжений для кратковременных и случайных нагрузок)	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">SN_T</a>
число циклов	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">NC</a>
учет давления для податливости отводов	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">BEND_PRES</a>

модуль упругости, используемый для формирования матрицы жесткости	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">E_MOD</a>
упрощенный упруго-пластический расчет	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">PNAE_KE</a>
коэффициент увеличения допускаемых напряжений для случайных нагрузок	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">K_OL</a>
учет давления при вычислении коэффициента интенсификации напряжений $i$ для отводов	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">BEND_PSTR</a>
учет коэффициента снижения прочности поперечного сварного шва при вычислении напряжений от постоянно действующих нагрузок (SL)	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">WLD_SUST</a>
способ вычисления напряжений от давления при расчете напряжений категории SL	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">SL_PRES</a>
способ вычисления допускаемых напряжений SA для напряжений категории SE	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">SA_LBRL</a>
отношение характерных размеров штуцера и корпуса тройниковых соединений	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">BRN_RUN</a>
опция для ограничения допускаемых напряжений Sh и/или Sc величиной 140 МПа	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">SH_140</a>
учет коэффициентов прочности сварного шва для напряжений на IV этапе	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">RD_WLD_IV</a>
"расчет тройников по методике ЦКТИ": использование инженерной методики ЦКТИ для расчета тройниковых и штуцерных соединений (только для норм 'RD'), см. <a href="#">Приложение XIII</a> .	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">TEE_RD</a>
"учет податливости тройников": учет локальной податливости "стандартных" тройниковых/штуцерных соединений, см. <a href="#">Приложение XIV</a>	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">TEE_FLEX</a>

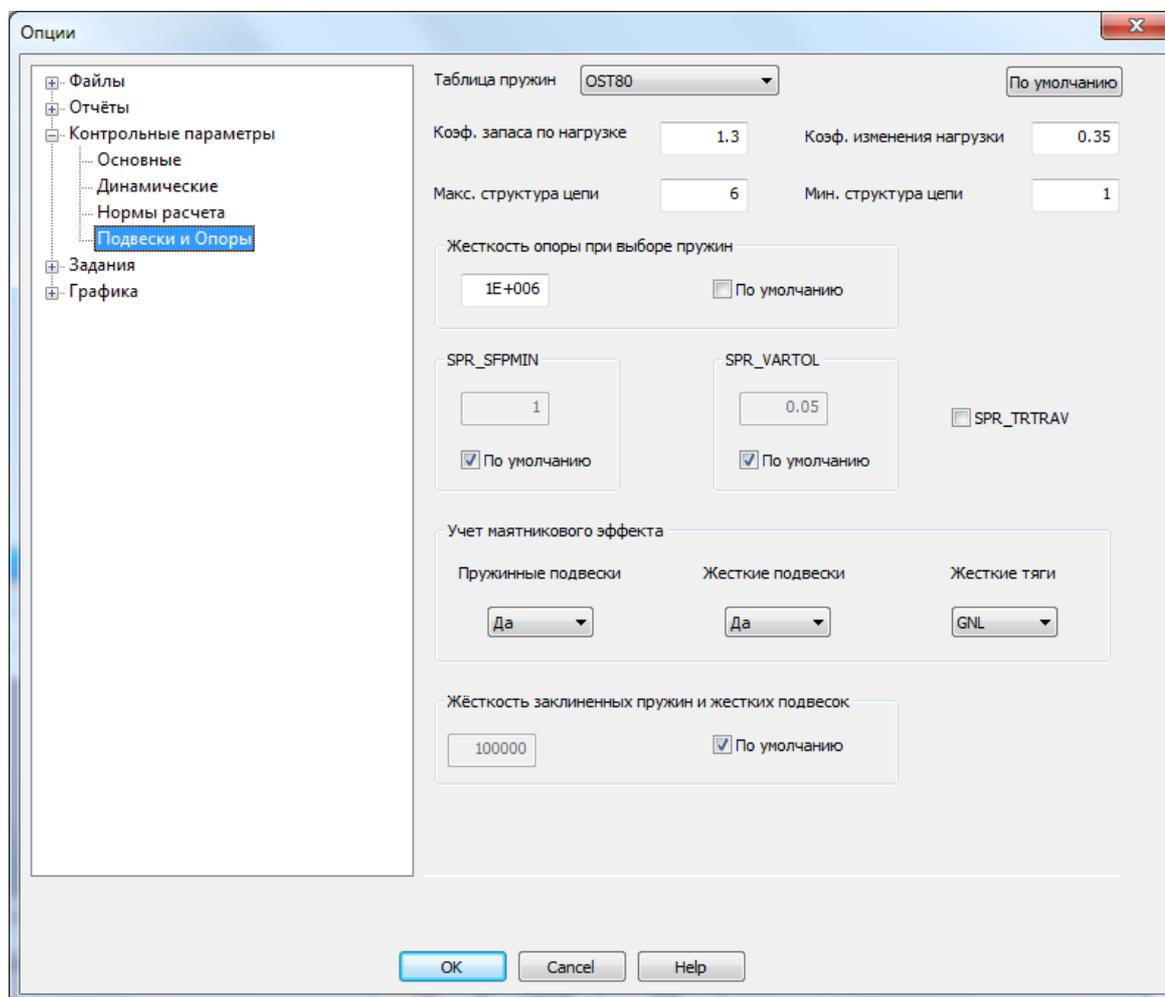


Подвески и опоры

**Закладка "Подвески и Опоры"**

Поле диалога	Команда	Параметр
Таблица пружин	<a href="#">SDEF</a>	<a href="#">STAB</a>
Кoeff. изменения нагрузки	<a href="#">SDEF</a>	<a href="#">PVAR</a>
Кoeff. запаса по нагрузке	<a href="#">SDEF</a>	<a href="#">PFAC</a>
Максимальная структура цепи	<a href="#">SDEF</a>	<a href="#">ZMAX</a>
Минимальная структура цепи	<a href="#">SDEF</a>	<a href="#">ZMIN</a>
Жесткость опоры при выборе пружин	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">RGD_SPR</a>
SPR_SFPMIN (коэффициент запаса по минимальной нагрузке)	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">SPR_SFPMIN</a>
SPR_VARTOL (контрольная величина изменемости, используемая при выборе пружин)	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">SPR_VARTOL</a>
SPR_TRTRAV (метод вычисления деформации пружины)	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">SPR_TRTRAV</a>
Жесткость заклиненных пружин и жестких подвесок	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">RH_STE</a>
<b>Учет маятникового эффекта:</b>		

Пружинные подвески	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">SWING_SH</a>
Жесткие подвески	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">SWING_RH</a>
Жесткие тяги	<a href="#">CTRL</a>	<a href="#">SWING_ST</a>



#### Задания

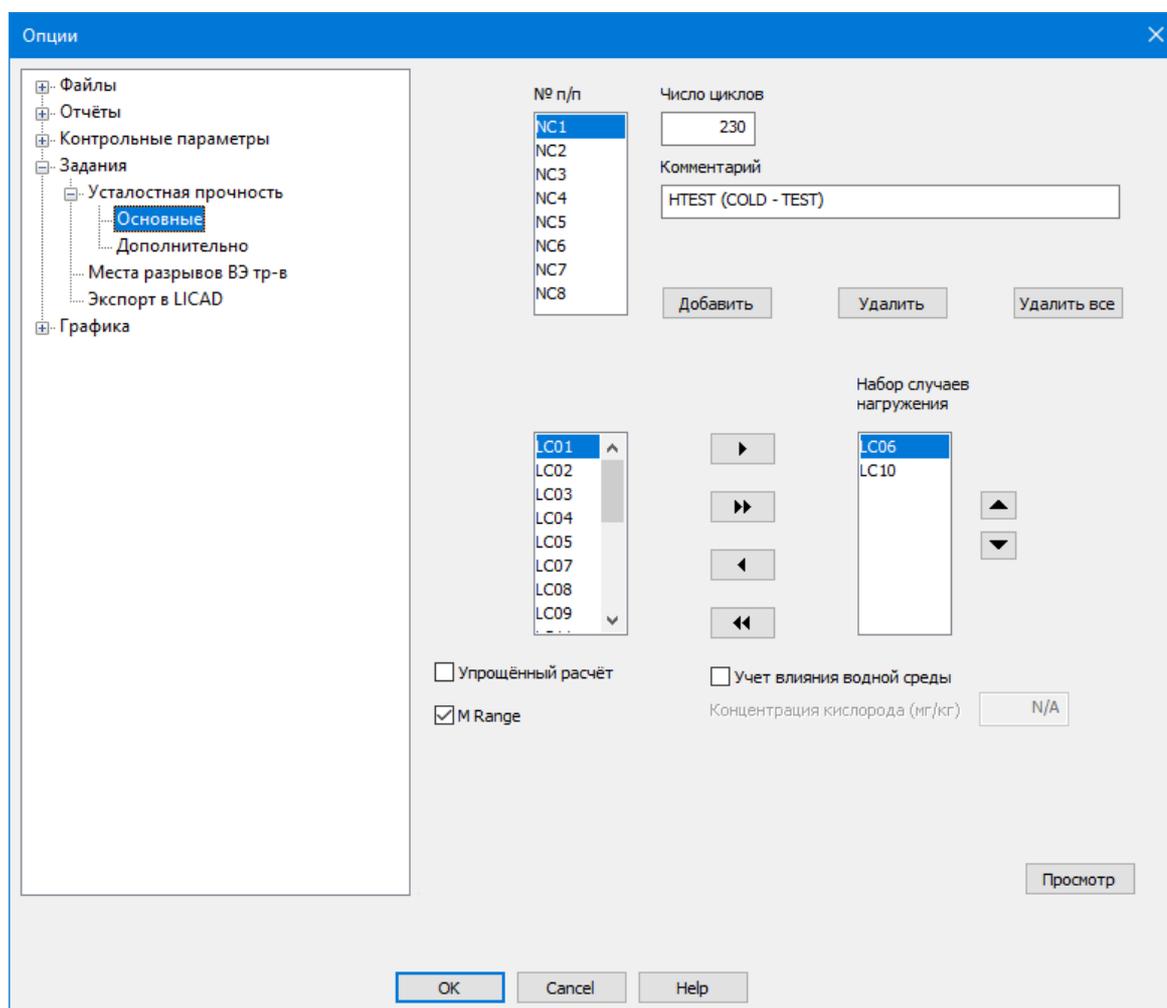
Закладка **"Задания"** определяет данные для задания на постпроцессорный расчет усталостной прочности ("Усталостная прочность", команда [FATG](#)), задания для расчета мест постулированных разрывов высокоэнергетических трубопроводов (команда [POST\\_HELB](#)) и спецификации для экспорта нагрузок из dPIPE в LICAD (команда DP2LCD).

Усталостная прочность

#### Закладка "Усталостная прочность":

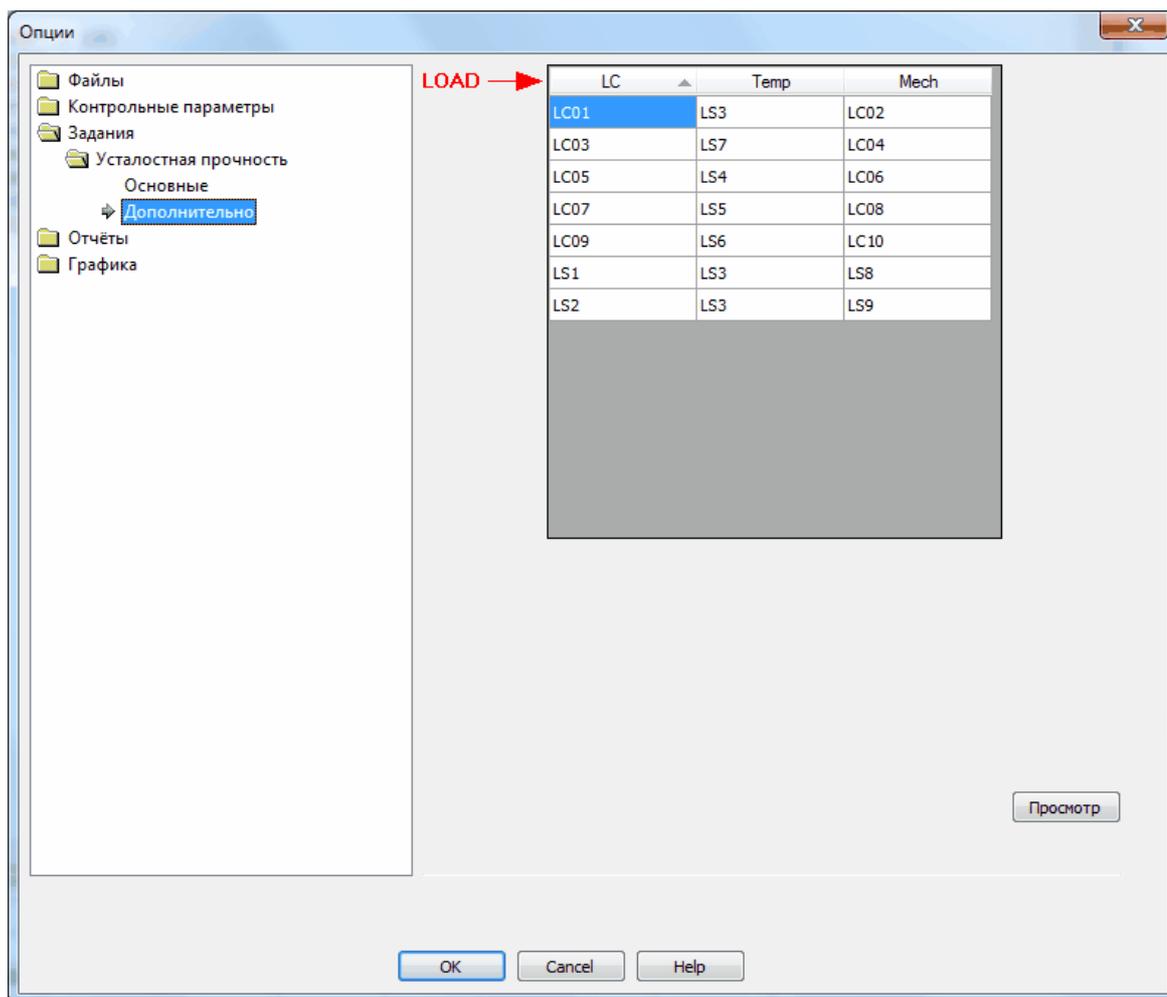
Поле диалога	Команда	Параметр
Набор случаев нагружения	<a href="#">SOLV</a>	<a href="#">LC</a>
Число циклов	<a href="#">FATG</a>	<a href="#">NC</a>
История нагружения	<a href="#">FATG</a>	<a href="#">SEQ</a>
Упрощенный расчет	<a href="#">FATG</a>	<a href="#">FATG_SAE</a>

	FATG	M_RANGE
--	------	---------



**Дополнительные данные для расчета усталостной прочности:**

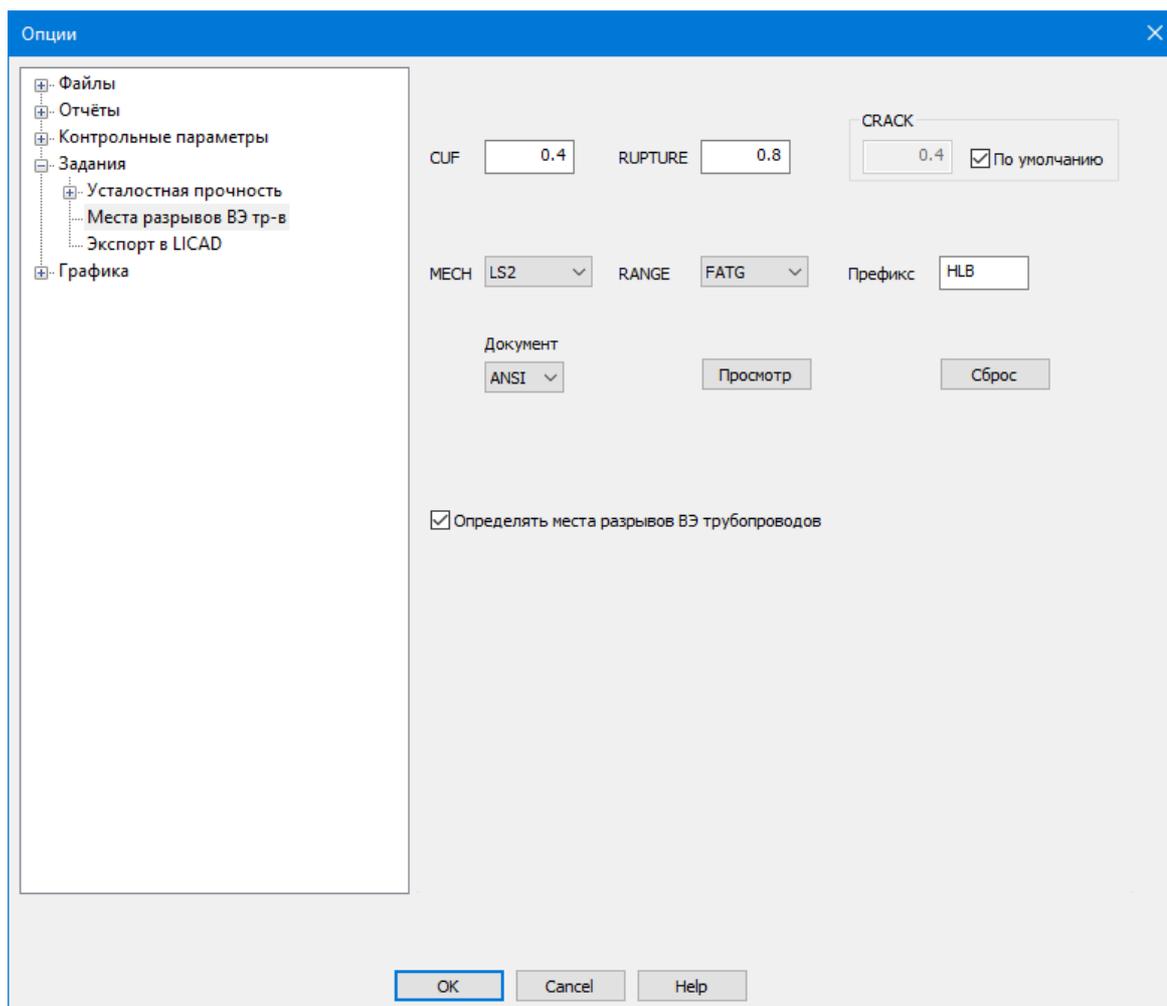
Поле диалога	Команда	Параметр
LC	<a href="#">FATG</a>	<a href="#">LOAD</a>
TEMP	<a href="#">FATG</a>	<a href="#">TEMP</a>
MECH	<a href="#">FATG</a>	<a href="#">MECH</a>



Места разрывов ВЭ тр-в

**Закладка "Места разрывов ВЭ тр-в":** спецификация для выполнения расчета по определению промежуточных мест постулируемых разрывов высокоэнергетических (ВЭ) трубопроводов.

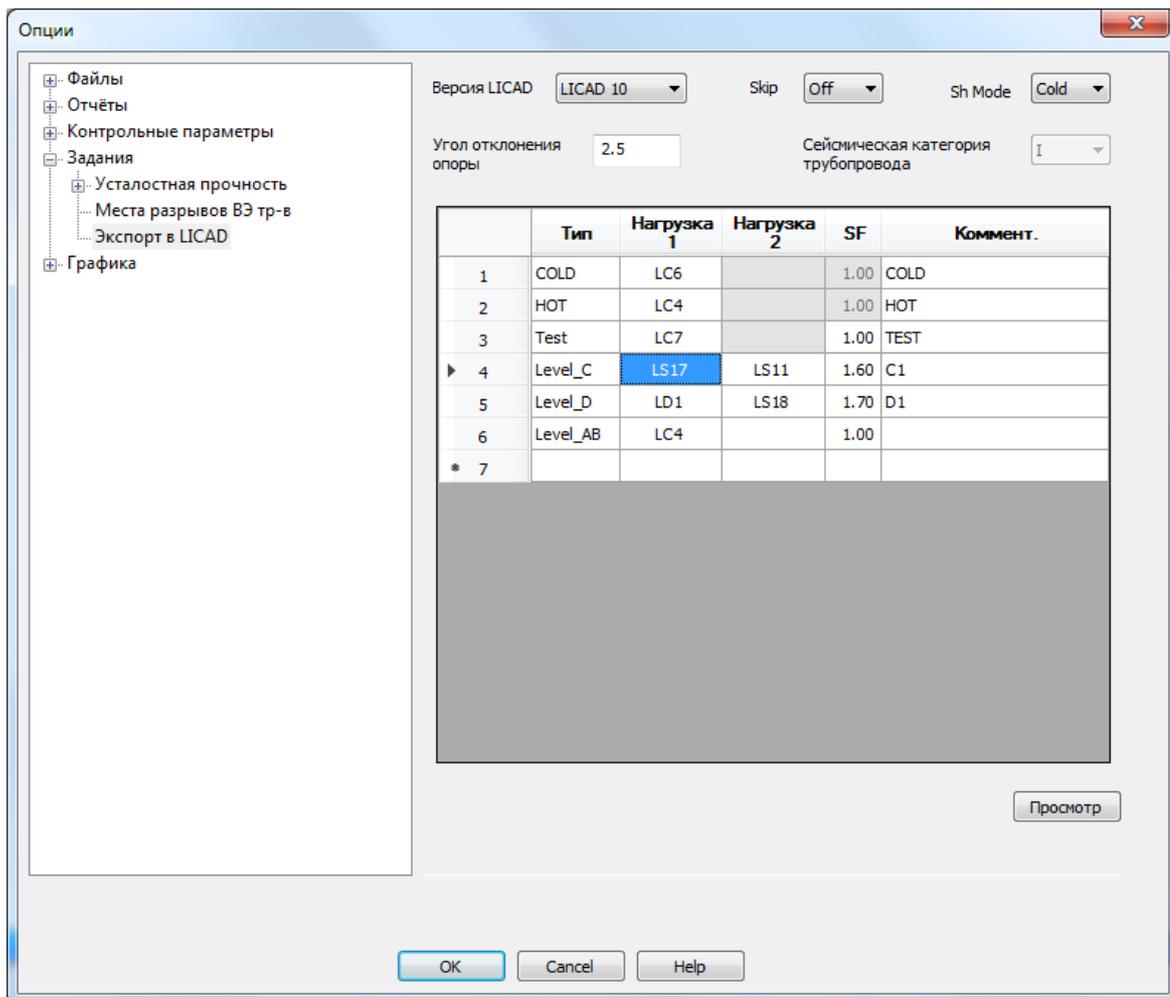
Поле диалога	Команда	Параметр
CUF	<a href="#">POST_HELB</a>	<a href="#">CUF</a>
RUPTURE	<a href="#">POST_HELB</a>	<a href="#">RUPTURE</a>
CRACK	<a href="#">POST_HELB</a>	<a href="#">CRACK</a>
MECH	<a href="#">POST_HELB</a>	<a href="#">MECH_LS</a>
RANGE	<a href="#">POST_HELB</a>	<a href="#">RANGE_LS</a>
Префикс	<a href="#">POST_HELB</a>	<a href="#">HELB_STR</a>
Документ	<a href="#">POST_HELB</a>	<a href="#">DOC</a>



Экспорт в LICAD

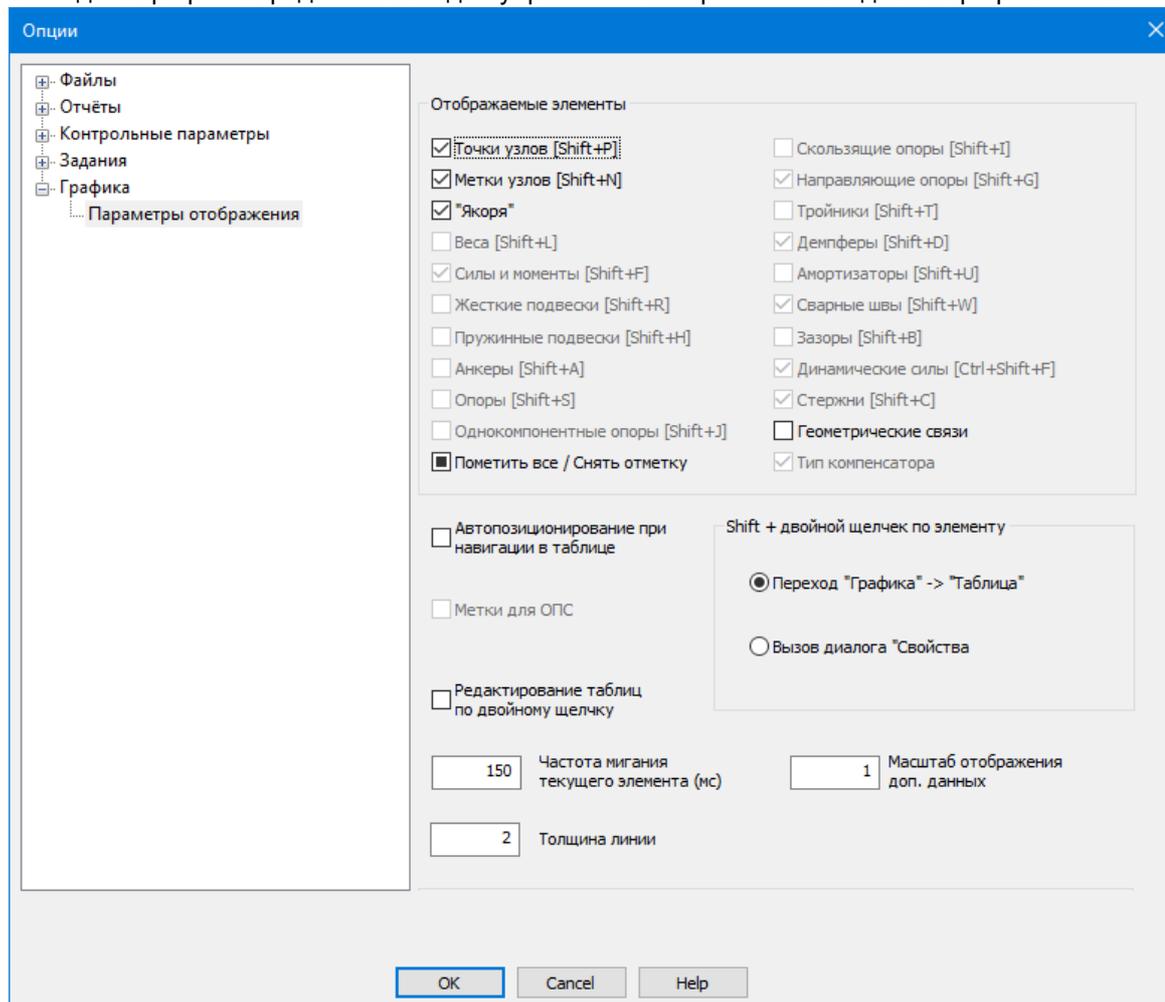
**Закладка "Экспорт в LICAD"**: спецификация для экспорта нагрузок на опоры трубопровода из dPIPE в программу LICAD. См. [Приложение XVI](#).

Поле диалога	Команда	Параметр
Версия LICAD	DP2LCD	<a href="#">LCD_VER</a>
Skip		<a href="#">SKIP</a>
Sh Mode		<a href="#">SH_MODE</a>
Угол отклонения опоры		<a href="#">ANGLE</a>
Сейсмическая категория трубопровода		<a href="#">S_CAT</a>
Тип		<a href="#">TYPE</a>
Нагрузка 1		<a href="#">LOAD</a>
Нагрузка 2		
SF		<a href="#">SE</a>
Комментарий		<a href="#">NOTE</a>



## Графика

Закладка "Графика" предназначена для управления отображением модели в графическом окне:



Список "**Отображаемых элементов**" соответствует набору "**дополнительных данных**". Элемент "Якоря" позволяет визуализировать точки фиксации глобальных координат узлов расчетной модели (команда [POS](#))

Включая/выключая флажок "**Метки для ОПС**" (ОПС - опорно-подвесная система трубопровода) можно показать/скрыть метки узлов отображаемых элементов, связанных с узлами расчетной модели трубопровода (PMT).

Флажок "**Автопозиционирование**" при навигации в таблице" позволяет синхронизировать перемещение по таблице и отображение просматриваемого участка расчетной модели.

Поле "**Частота мигания текущего элемента**" позволяет регулировать частоту мигания элемента, на котором установлен курсор в таблице. При вводе значения 0 мигание прекращается.

"**Масштаб отображения доп. данных**" позволяет ввести масштабный коэффициент для увеличения/уменьшения символов дополнительных данных в окне программы.

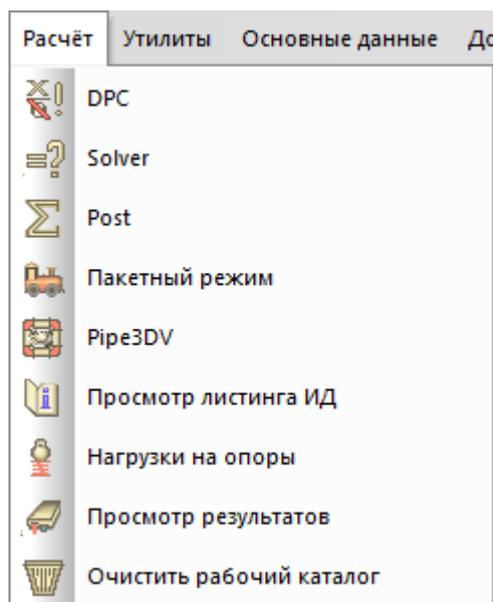
Активизация опции "**Редактирование таблиц по двойному щелчку**" позволяет избежать системного сигнала "beep" при двойном щелчке по полям в колонках "**Доп. данные**", "**Сечение**" и "**Группа**" таблицы "**Геометрия**".

Поле "**Толщина линии**" позволяет регулировать толщину линий при отображении модели трубопровода в линию.

Групповой блок "**Shift + двойной щелчок по элементу**" используется для выбора функциональности перехода из окна графики в таблицу по одинарному или двойному щелчку левой кнопки мыши

## Расчет

Пункт меню "**Расчет**" представляет собой набор команд для выполнения расчета трубопровода:

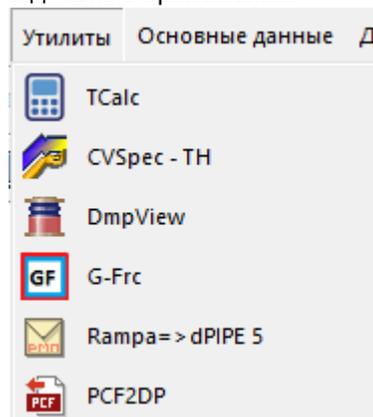


Пункт меню	Иконка на панели инструментов	Действие
DPC		запуск препроцессора и формирование листинга исходных данных;
Solver		запуск расчетного модуля
Post		запуск постпроцессора и формирование результатов расчета
Пакетный режим		выполнение всех вышеперечисленных команд в пакетном режиме
Pipe3DV		вызов программы PIPE3DV для просмотра расчетной модели и результатов расчета.
Просмотр листинга ИД		Запуск встроенного текстового редактора WORKPAD.EXE для просмотра файла с листингом исходных данных (файла с расширением .OUT)
Нагрузки на опоры		Запуск встроенного текстового редактора WORKPAD.EXE для просмотра файла со сводными таблицами нагрузок на опоры, задвижки, патрубки (файл с расширением .SUP)
Просмотр результатов		Запуск встроенного текстового редактора WORKPAD.EXE для просмотра файла с листингом результатов расчета (файла с расширением .RES)

Очистить рабочий каталог		Чистка рабочего каталога от временных файлов, создаваемых программой: запуск файла CLEAR.BAT
--------------------------	---	--

## Утилиты

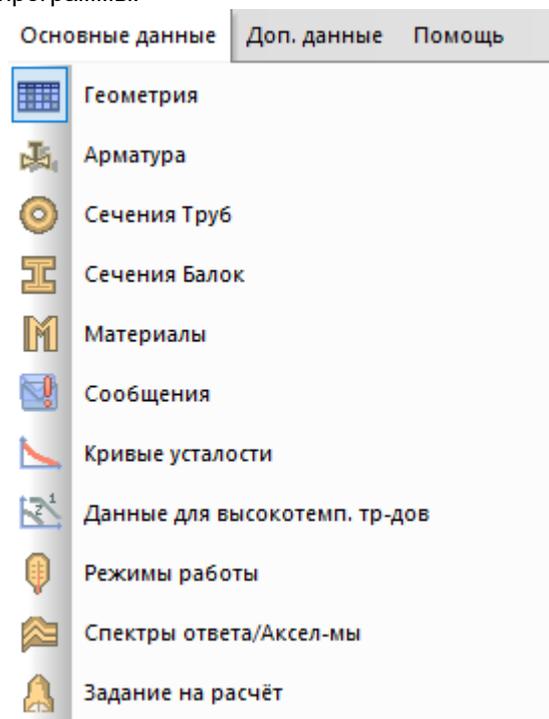
dPIPE утилиты: вспомогательные программы, использующиеся как в составе dPIPE, так и как отдельные приложения.



TCalc		Программа – калькулятор для выбора основных размеров (определения требуемой толщины стенки) деталей трубопроводов. Для полной функциональности требуется отдельное лицензирование. Поддерживает Нормы ПНАЭ и РД. См. <a href="https://www.dpipe.ru/ru/dpipe_utilities_ru/tcalc_ru.html">https://www.dpipe.ru/ru/dpipe_utilities_ru/tcalc_ru.html</a>
CVSpec-TH		Программа для создания и обработки сейсмических спектров ответа, а также для генерации акселерограмм из заданных спектров ответа. См.: <a href="https://www.dpipe.ru/ru/dpipe_utilities_ru/cvspecth_ru.html">https://www.dpipe.ru/ru/dpipe_utilities_ru/cvspecth_ru.html</a> . Для полной функциональности требуется отдельное лицензирование.
DmpView		Программа для просмотра характеристик вязкоупругих демпферов. Может быть использовано как отдельное приложение.
G-Frc		Программа для оценки реактивных сил, действующих на трубопровод, при внезапном его разрыве. Реализует требования документов (REF 19, 20) для оценки последствий постулированных разрывов высокоэнергетических трубопроводов. Программа позволяет вычислить параметры реактивной силы, форму истекающей струи и усилия взаимодействия с преградой. Программа может быть использована как отдельное приложение. Для полной функциональности требуется лицензирование. См. <a href="https://www.dpipe.ru/ru/dpipe_utilities_ru/g-frc_ru.html">https://www.dpipe.ru/ru/dpipe_utilities_ru/g-frc_ru.html</a>
RAMPA => dPIPE 5		конвертация <a href="#">ИД</a> из программы РАМПА в формат данных dPIPE5 (запуск программы R2DP_N.exe). При конвертации <a href="#">ИД</a> из РАМПА-93 исходный файл должен иметь расширение ".dat", из РАМПА-90 – расширение ".nml". При успешном выполнении программы в рабочем каталоге создается файл с тем же именем, что и конвертируемый файл, но с расширением ".dp5". Для дальнейшей работы этот файл должен быть загружен в таблицу DDE.
PCF2dP		Препроцессорный модуль для конвертации данных из файлов PCF (Piping Component Files) в модели dPIPE, см. <a href="#">файл - справку</a>

## Основные данные

Меню "Основные данные" позволяет переключаться между основными активными окнами программы:



**Геометрия** - [окно ввода геометрии](#)

**Арматура** – просмотр и редактирование характеристик трубопроводной арматуры (см. команды [V](#), [V1](#), [V2](#), [VA](#), [VO](#)):

	Узлы	Обозначение	Тип	W1	W2	W3	Wop	БД
10	1400-1410	ORBIT DN400	Обычный	30000			8000	78
11	1520-1530	ORBIT DN300	Обычный	18000			3000	133
12	1550-1560	ORBIT DN300? 2523 H8	Обычный	17000			1100	34
13	1800-1810	ORBIT DN400	Обычный	30000			5200	34
14	1840-1850	ORBIT DN400	Обычный	30000			8000	34
15	1960-1970	ORBIT DN300	Обычный	18000			3000	108
16	1990-2000	ORBIT DN300? 2523 H8	Обычный	17000			1100	34
17	2240-2250	ORBIT DN400	Обычный	30000			5200	108
18	2280-2290	ORBIT DN400	Обычный	30000			8000	108
19	2400-2410	ORBIT DN300	Обычный	18000			3000	34
20	2430-2440	ORBIT DN300? 2523 H8	Обычный	17000			1100	108

Окно также активируется при нажатии кнопки . Кнопка  позволяет задать допускаемые нагрузки на патрубки арматуры (см. [Приложение X](#)). Для вызова индивидуального диалога для каждой арматуры используется пункт "свойства" контекстного меню таблицы (вызывается нажатием правой клавиши мыши)

**Сечения труб** – ввод характеристик поперечных сечений трубопровода (см. команду [PIPE](#)):

Сечения труб. Нормы расчёта: RD 2001

	Метка	Диаметр	Толщ. стенки	Вес трубы	C	Материал	FW1	FW2	Вес изол.	Корр.	Внут. труба	Комментарий
1	CS221x22E	221	22	1.22	0	\$15GS	1	CS	1.2	1.87		Dy 200
▶ 2	CS219x13	219	13	0.707	0.65	\$20	1	CS	1.2	1.87		Dy 200

	Метка	Dg	Tr	Длина	Сечение штуцера	Db	Tb	Высота	Вес	Материал	Комментарий
▶ 1	EXT	240	24	500	CS219x13	219	13	0	737	\$15GS	11 OCT 108.104.08-82 219x13 219x13
* 2											

Отводы | Секторные колена | Тройники

Окно активизируется также при нажатии кнопки . При работе с этой таблицей сечения можно добавлять из базы данных ([pipe.dbs](#)) (кнопка ) или экспортировать в другую базу (кнопка ):

Выберите сечение трубы

Метка	Диаметр	Толщ. стенки	Материал	Документ
A 10B	14	2	08H18N10T	OCT 24 АУСТЕНИТ
A 10D	14	2	08H18N10T	OCT 24 АУСТЕНИТ
A 10A	14	2	08H18N10T	OCT 24 АУСТЕНИТ
A 10E	14	2	08H18N10T	OCT 24 АУСТЕНИТ
A 10G	14	2	08H18N10T	OCT 24 АУСТЕНИТ
A 10F	14	2	08H18N10T	OCT 24 АУСТЕНИТ

OK | Отмена | Справка

В нижней части окна расположены закладки для «стандартных» элементов трубопровода, сопряженных с текущим сечением трубопровода. Закладка "Отводы", которой соответствует подкоманда-параметр [BEND](#) :

Сечения труб. Нормы расчёта: RD 2001

	Метка	Диаметр	Толщ. стенки	Вес трубы	C	Материал	FW1	FW2	Вес изол.	Корр.	Внут. труба	Комментарий
1	CS221x22E	221	22	1.22	0	\$15GS	1	CS	1.2	1.87		Dy 200
▶ 2	CS219x13	219	13	0.707	0.65	\$20	1	CS	1.2	1.87		Dy 200
3	CS325x19	325	19	1.53	0.95	\$20	1	CS	1.95	1.87		Dy 300

	Метка	Радиус	Овальность	Smip	XT	Сечение	Комментарий
▶ 1	LR	1000	7	9.4	1	CS219x13	11-15 OCT 108.321.14-82 219x13
2	SR	375	7	9	1	CS219x13	29-32 OCT 108.321.16-82 219x13
3	EL	260	0	10	1	CS221x22E	18 OCT 108.327.01-82 219x13

Отводы | Секторные колена | Тройники

Закладка "Секторные колена", которой соответствует подкоманда-параметр [MITR](#):

Сечения труб. Нормы расчёта: PNAE 1989

	Метка	Диаметр	Толщ. стенки	Вес трубы	C	Материал	FW1	FW2	Fis	Вес изол.	Корр.	Внут. труба	Комментарий
16	X630x8M07	630	8	0	0	M07	1	1	1	0	0		
17	X630x8M01	630	8	0	0	M01	1	1	1	0	0		
18	XSUP	50	1	0.012	0	M00	1	1	1	0	0		
▶ 19	630x8-3C01	630	8	1.25	0.8	08H18N10T	1	1	1	0	0		ТУ 95.349
* 20													

	Метка	Радиус	NC	XM	Угол	Сечение	Комментарий
▶ 1	LR30	950	1	1.02	30	630x8-3C01	28 СТО 79814898 112-2009
2	SR30	630	1	1.03	30	630x8-3C01	28а СТО 79814898 112-2009
3	LR45	950	2	1.02	45	630x8-3C01	40 СТО 79814898 112-2009
4	SR45	630	2	1.02	45	630x8-3C01	40а СТО 79814898 112-2009
5	LR60	950	2	1.03	60	630x8-3C01	52 СТО 79814898 112-2009
6	SR60	630	2	1.03	60	630x8-3C01	52а СТО 79814898 112-2009

Отводы    Секторные колена    Тройники

Закладка "Тройники", которой соответствует подкоманда-параметр [TEE](#) :

Сечения труб. Нормы расчёта: PNAE

	Метка	Диаметр	Толщ. стенки	Вес трубы	C	Материал	FW1	FW2	Fis	Вес изол.	Корр.	
1	Pipe1	100	8	0.177999	0	Material1	1	1	1	0	0	Нет
✓ 2	A300G	325	12	0.932	1.5	08H18N10T	1	1	1	0	0	Нет
3	A200G	220	8	0.421	1	08H18N10T	1	1	1	0	0	Нет
4	SA159x17	142	17	0.6	0	08H18N10T	1	1	1	0	0	Нет
5	A125G	133	6	0.189	0.75	08H18N10T	1	1	1	0	0	Нет

Стд. Тройник	Метка	DR	TR	Длина	Сечение	DB	TB	Высота	Вес	Материал
1	EXT	360	23	600	A300G	325	12		1400	08H18N10T
2	FRG	355	30	500	A300G	355	30	250	2300	08H18N10T
3	EXT	325	16	600	A200G	220	8		730	08H18N10T
4	BRC	325	12		A125G	136	8	272		08H18N10T

Отводы    Тройники

Сечения балок – ввод характеристик поперечных сечений для балочных элементов (см. команду [BEAM](#)):

Сечения балок

	Метка	Ax	Sy	Sz	Ix	Iy	Iz	Вес
1	K1	112000	0.5	0.5	1E+006	3.91E+009	9.96E+009	10 E
2	KK	168000	0.5	0.5	1E+006	1.8E+009	8E+010	20 E
3	K2	84000	0.5	0.5	1E+006	8.8E+008	2.3E+009	10 E
4	k3	112000	0.5	0.5	1E+006	9.96E+009	3.91E+009	10 E
5	R1	8600	0.5	0.5	1E+006	1.269E+009	2.81E+009	8 E
6	SL9	20100	0.5	0.5	1E+006	4.23E+008	2.9E+008	2 E
7	NB	230000	0.5	0.5	1E+010	1.1E+012	1.3E+010	40 E

Окно активизируется также при нажатии кнопки . При работе с этой таблицей сечения можно добавлять из базы данных (кнопка ) или экспортировать в другую базу (кнопка )

Материалы – ввод характеристик материалов, использующихся в [PMT](#) (см. команду [MAT](#)):

Материалы. Нормы расчёта: RD

	Имя	Кривая уст.	Кривая уст. для отводов	Данные для высокотемп. тр-дов.	Плотность	Му
✓	1 \$09G2S	\$F1	\$F1A	\$C1	7.85	0.3

	T	E
1	10	214000
2	100	209000
3	200	204000
4	460	183000
5		

	T	A
1	10	1.15E-005
2	100	1.19E-005
3	200	1.25E-005
4	460	1.38E-005
5		

	T	Sa	Tau
1	10	170	200
2	100	170	
3	200	150	
4	250	145	
5	275	140	
6	300	133	

Окно активизируется также при нажатии кнопки . При работе с этой таблицей сечения можно добавлять из базы данных (кнопка ) или экспортировать в другую базу (кнопка .

Окно "Сообщения" содержит информацию об ошибках, возникающих при чтении файла с [ИД](#). Окно активизируется автоматически при возникновении ошибки:

```

e = 205000, 202000, 200000, 195000, 190000, 185000, 180000, 175000, 170000, 167000, 165000, 162000, 160000
t = 20, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600
a = 1.64E-005, 1.64E-005, 1.66E-005, 1.68E-005, 1.7E-005, 1.72E-005, 1.74E-005, 1.76E-005, 1.78E-005, 1.8E-005, 1.82E-005, 1.84E-005, 1.85E-005
t = 20, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600
v = 510, 471, 461, 441, 421, 421, 412, 412, 402, 382, 353, 333, 304
    
```

Сообщения

E:\Model4Fatigue\DEBUG\LOOP1\_C.dp5(762): синтаксическая ошибка: нераспознаваемый параметр '4239'.

Двойной щелчок по строке с сообщением переключает графическое (основное) окно в текстовый режим и позиционирует курсор на строчку, в которой обнаружена ошибка:

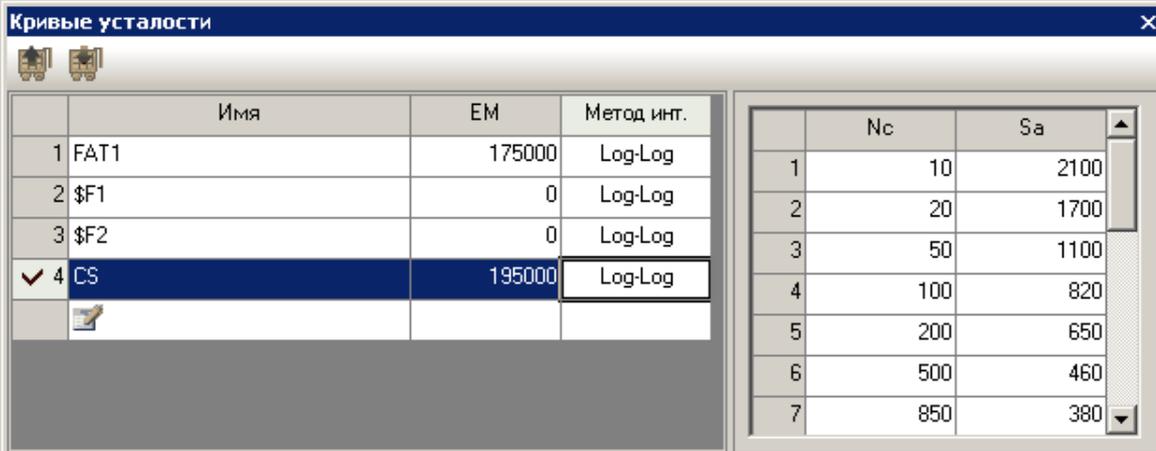
```

1290: R len = 133.4, cs = '430*52'
1300: P len = 189.1
6FF: P len = 1700 4239
    
```

Сообщения

E:\Model4Fatigue\DEBUG\LOOP1\_C.dp5(762): синтаксическая ошибка: нераспознаваемый параметр '4239'.

Окно "Кривые усталости" содержит информацию о данных, необходимых для расчета на циклическую прочность (см. команду [FAT](#)). Окно активизируется также при нажатии кнопки :



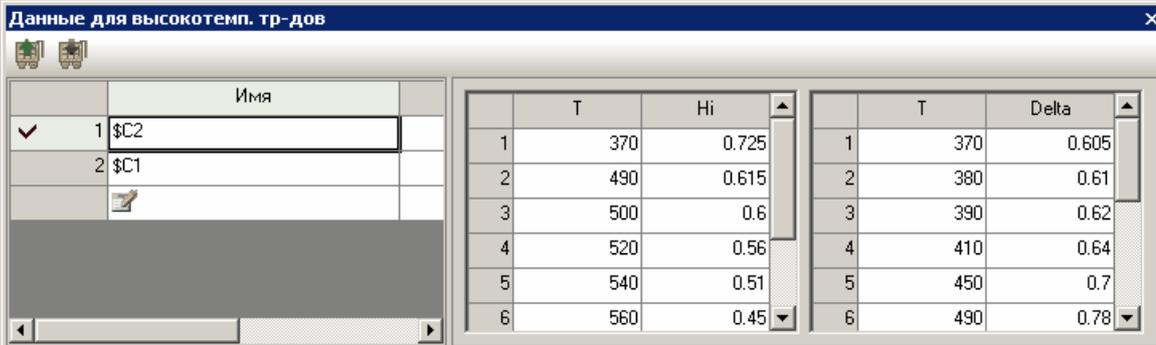
	Имя	EM	Метод инт.
1	FAT1	175000	Log-Log
2	\$F1	0	Log-Log
3	\$F2	0	Log-Log
✓ 4	CS	195000	Log-Log

	Nc	Sa
1	10	2100
2	20	1700
3	50	1100
4	100	820
5	200	650
6	500	460
7	850	380

При работе с этой таблицей сечения можно добавлять из базы данных (кнопка ) или экспортировать в другую базу (кнопка )

Окно "Данные для высокотемп. тр-дов" содержит информацию о данных, необходимых для расчета высокотемпературных трубопроводов (см. команду [CREEP](#)). Окно активизируется также при нажатии кнопки :



	Имя
✓ 1	\$C2
2	\$C1

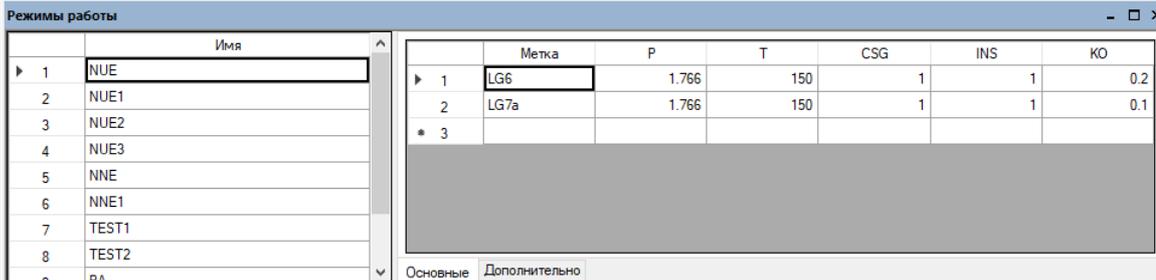
	T	Hi
1	370	0.725
2	490	0.615
3	500	0.6
4	520	0.56
5	540	0.51
6	560	0.45

	T	Delta
1	370	0.605
2	380	0.61
3	390	0.62
4	410	0.64
5	450	0.7
6	490	0.78

При работе с этой таблицей сечения можно добавлять из базы данных (кнопка ) или экспортировать в другую базу (кнопка )

Окно "Режимы работы" содержит информацию о различных режимах работы трубопровода с указанием нагрузочных групп, на которые разбивается [PMT](#) (см. команду [OPVAL](#)). Окно активизируется либо из меню, либо при нажатии кнопки :



	Имя
▶ 1	NUE
2	NUE1
3	NUE2
4	NUE3
5	NNE
6	NNE1
7	TEST1
8	TEST2
9	PA

	Метка	P	T	CSG	INS	KO
▶ 1	LG6	1.766	150	1	1	0.2
2	LG7a	1.766	150	1	1	0.1
* 3						

Основные    Дополнительно

При выполнении расчета по ГОСТ Р 59115.9-2021, [REF 24] ([CODE](#) = 'PNAE', [CODE\\_YEAR](#) = 2022) в окне для режимов работы для каждой нагрузочной группы появляется поле КО - концентрация кислорода в водной среде, см. команду [ENVFAT](#).

Вид диалога зависит от выбранных Норм. Так, для тех Норм, которые ориентированы на расчет высокотемпературных трубопроводов ([CODE](#)='RD/EN/PNAE\_T'), становятся доступными дополнительные поля для ввода ресурса работы как для всего режима, так и для отдельных нагрузочных групп внутри режима:

Имя	Ресурс ч×1000
1 OPER	
2 OPE1	
3 OPE2	
4 TEST	
* 5	

Метка	P	T	CSG	INS	Tau
1 LG10	3.707	545	0	1	
2 LG11	3.707	545	0	1	100
3 LG20	3.707	493	0	1	100
4 LG21	0	20	0	1	
5 LG22	0	20	0	1	
6 LG30	3.707	250	0	1	
7 LG31	0	20	0	1	

Для ввода данных, необходимых для вычисления напряжений от перепада температур по толщине стенки и эффекта стратификации (команда [GRAD](#)), используется вкладка "Дополнительно":

Имя	Метка	dT1	dT2	dT3	Tstr	Stress
1 DSGN	GCN_StmG...	0	0	0	0	0
2 NOL	LBA_st	23	43	0	0	0
3 ZERO	HMC	0	0	0	0	0
4 ZERO_50	CMC	0	0	0	0	0
5 A1	PO_6_T160	0	0	0	0	0
6 A4	JNA_1	-5	7	0	0	0
7 A5	JNA_2	0	0	0	0	0
8 B1	JNA_3	0	0	0	0	0
9 B3_4	JNA_4	0	0	0	0	0

Окно "Спектры ответа/Акселерограммы" содержит данные для сейсмического воздействия, задаваемого либо в виде спектров ответа, использующихся в рамках расчета по [ЛСМ](#) (см. команду [СПЕС](#)), либо в виде акселерограмм (расчет по [МДА](#), команда [АССЕ](#)). Окно активизируется либо из меню, либо при нажатии кнопки :

Спектры ответа/Аксел-мы

Набор спектров		Спектр	Метод Инт.	Mult(1)	Mult(2)	Mult(3)	Disp(1)	Disp(2)	isp(3)
▶ 1	SP01	UJA_8_0_13_9	Lin-Lin	0.1	0.1	0.1	0	0	0
* 2		UJA25_4	Lin-Lin	0.1	0.1	0.1	0	0	0
* 3									

	Fx	Ax		Fy	Ay		Fz	Az
▶ 1	0.5	3.49	▶ 1	0.5	3.8	▶ 1	0.5	1.92
2	0.52	3.71	2	0.52	4.03	2	0.52	2.04
3	0.54	3.91	3	0.54	4.22	3	0.54	2.22
4	0.56	4.1	4	0.56	4.41	4	0.56	2.4
5	0.58	4.3	5	0.58	4.59	5	0.58	2.57
6	0.6	4.53	6	0.6	4.8	6	0.6	2.78
7	0.63	5.01	7	0.63	5.22	7	0.63	3.21
8	0.66	5.5	8	0.66	5.64	8	0.66	3.64
9	0.7	6.69	9	0.7	7.33	9	0.7	4.51
10	0.73	7.99	10	0.73	9.43	10	0.73	5.39
11	0.76	9.29	11	0.76	11.53	11	0.76	6.27
12	0.8	9.51	12	0.8	11.88	12	0.8	7.32
13	1	9.51	13	1	11.88	13	0.83	8.09

Спектры ответа | Акселерограммы

Для добавления спектров ответа из существующих текстовых файлов следует воспользоваться кнопкой . Файлы должны содержать оцифровку спектров ответа в формате "частота - ускорение". Для экспорта данных во внешние файлы можно использовать кнопку . В этом случае вместо оцифровки спектров в файл с исходными данными \*.dp5 будут записаны абсолютные или относительные ссылки на файлы.

**Ускорения, умноженные на масштабные коэффициенты mult, должны быть выражены в долях g (ускорение свободного падения)!!!**

При нажатии на кнопку  запускается программа [CVSpec-TH](#), предназначенная для просмотра и обработки спектров ответа и акселерограмм. Программа также позволяет генерировать искусственные акселерограммы по заданным спектрам ответа.

См. видеоклип

Окно "Задание на расчет" предназначено для спецификации задания на расчет и постпроцессорной обработки результатов. Ввод осуществляется в табличной форме в соответствии с инструкциями по командам [SOLV](#), [POST](#) и [DCASE](#):

Задание на расчёт. Нормы расчёта: PNAE.

Расчет с определением раб. нагрузок, выбором пружин и сейсмикой (#1)

	Тип	Режим	Нагрузка	Pend.	Fric.	NLS	Hng. Stf.	PE	ТМД	Комментарий
▶ LC1	DSGN	MAX	W	Нет	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Определение рабочих нагрузок на пружины
LC2	OPER_A	MAX	W+P+T+D	Нет	<input type="checkbox"/>	Да	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Расчет на полную нагрузку
LC3	OPER_B	\$COLD	W+P+T+D	Нет	<input type="checkbox"/>	Да	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Выбор пружин
LC4	OPER_B	MAX	W+P+T+D	Да	<input checked="" type="checkbox"/>	Да	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ННУЭ(MAX)-Этап II (полная нагрузка)
LC5	SUST_C	MAX	W+P	Нет	<input type="checkbox"/>	Реф.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ННУЭ(MAX)-Этап I
LC6	OPER_B	\$COLD	W+P+T+D	Да	<input checked="" type="checkbox"/>	Да	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	НУЭ(Х)- Этап IV (колодная нагрузка)
LC7	MODAL	MAX		LC4	<input type="checkbox"/>	Лин.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Модальный анализ
LC8	OPER_B	HDR	W+P+T+D	Да	<input checked="" type="checkbox"/>	Да	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HDR Этап II (полная нагрузка)
LC9	SUST_C	HDR	W+P	Нет	<input type="checkbox"/>	Реф.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HDR Этап I
* LC10					<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

	Тип	Правило	Печать	Комбинация результатов	Комментарий
▶ LS1	S2_NUE	SUM	<input checked="" type="checkbox"/>	LC5	MAX Напряжения S2 (ННУЭ)
LS2	SRK	SUM	<input checked="" type="checkbox"/>	LC4-LC6	MAX Напряжения Srk
LS3	SAF	SUM	<input checked="" type="checkbox"/>	LC4-LC6	MAX Напряжения Saf
LS4	DISP	SUM	<input checked="" type="checkbox"/>	LC5	Весовые перемещения
LS5	DISP	SUM	<input checked="" type="checkbox"/>	LC4-LC6	MAX Видимые перемещения
LS6	SUPP	SUM	<input checked="" type="checkbox"/>	LC4	ННУЭ(Гор)
LS7	SUPP	SUM	<input checked="" type="checkbox"/>	LC6	НУЭ(Хол)
LS8	S2_MRZ	SUM	<input checked="" type="checkbox"/>	LC5+LD1	MAX+Напряжения S2 (MPЗ), RSM
LS9	S2_PZZ	SUM	<input checked="" type="checkbox"/>	LC5+0.5*LD1	MAX+Напряжения S2 (ПЗ), RSM
LS10	DISP	SUM	<input checked="" type="checkbox"/>	LD1	Сейсмические перемещения

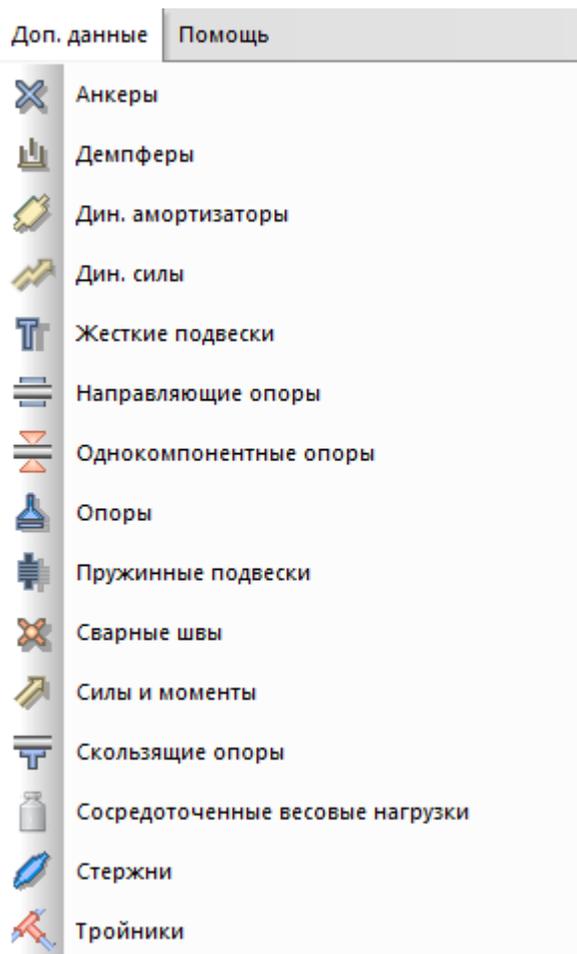
Постпроцессор | Динамические расчеты

Кнопки, вынесенные в заголовок диалога позволяют определить Нормы расчета ([CODE](#)), импортировать стандартное задание на расчет из файла [solv.dbs](#), экспортировать набор в пользовательскую базу данных, просмотреть соответствующие команды в текстовом виде:



### Дополнительные данные

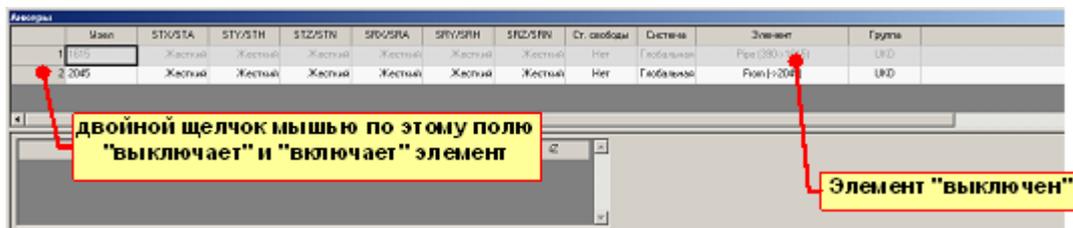
Следующая группа окон представляет собой данные, связанные с узлами [PMT](#), и представленные в табличной форме. Окна открываются из выпадающего меню (пункт "Дополнительные данные"):



Ниже приведено соответствие между пунктами этого меню и командами dPIPE:

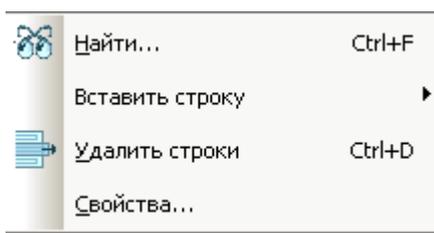
Анкеры	<a href="#">ANC</a>
Весовые нагрузки	<a href="#">CW</a>
Дин. амортизаторы	<a href="#">SNUB</a>
Дин. силы	<a href="#">DFRC</a>
Демпферы	<a href="#">DMP</a>
Жесткие подвески	<a href="#">ROD</a>
Направляющие опоры	<a href="#">STG, STG-</a>
Однокомпонентные опоры	<a href="#">STS, SRS, STS+/-</a>
Опоры	<a href="#">SUP</a>
Пружинные подвески	<a href="#">SPR</a>
Сварные швы	<a href="#">WLD</a>
Силы и моменты	<a href="#">FOR</a>
Скользкие опоры	<a href="#">STZ, STZ-</a>
Стержни	<a href="#">STRI</a>
Тройники	<a href="#">TEE</a>

При работе с "дополнительными данными", представленными в табличной форме, существует возможность их "отключения" в рамках выполняемого расчета. Для этого нужно дважды щелкнуть мышью по серому полю с порядковыми номерами элементов:



При этом в файле [ИД](#) соответствующая строка комментируется двумя знаками ";;". Аналогичным образом происходит последующее включение элементов в [PMT](#). Указанный способ работы удобен при проведении вариантных расчетов.

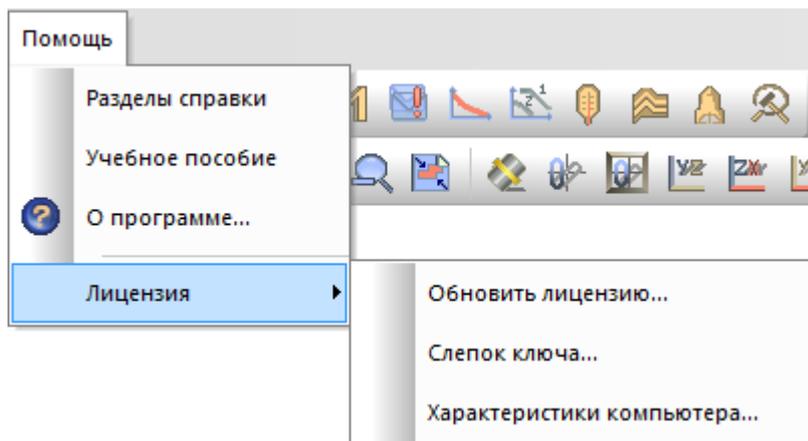
Дополнительные данные представляются в виде сводных таблиц, в которых отображаются наиболее существенные поля их свойств. Пунктом "Свойства" контекстного меню (вызывается щелчком правой клавиши мыши) в любой из таблиц с дополнительными данными позволяет открыть диалог с полными свойствами рассматриваемой компоненты:



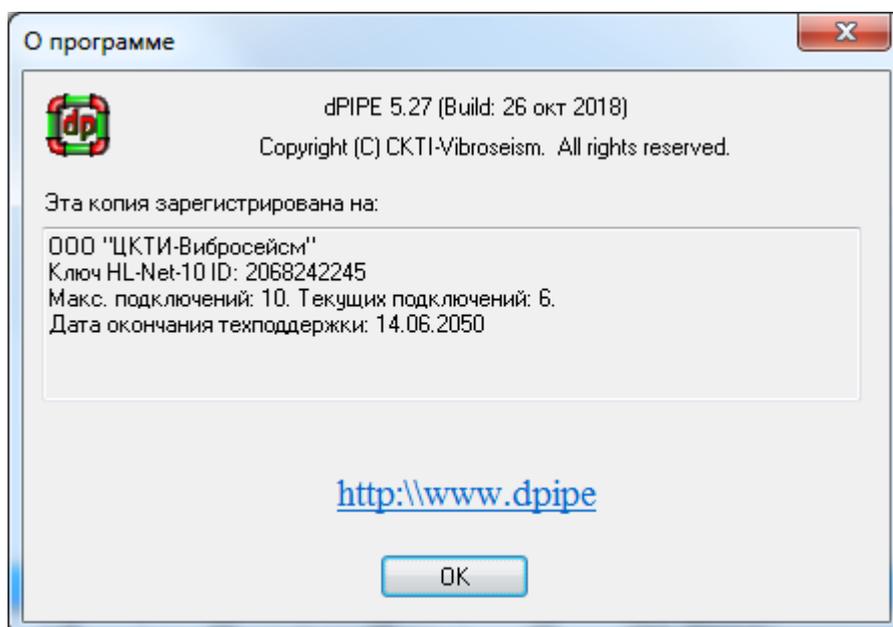
Содержимое сводных таблиц можно копировать в буфер обмена. По команде CTRL-C копируется только содержимое таблицы. По команде CTRL-Shift-C копируется содержимое таблицы вместе с заголовком таблицы. В буфер обмена попадают также и закомментированные (отключенные) элементы. В этом случае в последней колонке скопированной таблицы появляется символ "!".

## Помощь

В этом меню доступны следующие разделы:



- Разделы справки: вызов файла-справки;
- Учебное пособие: вызов файла "Знакомство с dPIPE 5"
- О программе: вызов окна с информацией о версии программы, защитном ключе и числе используемых лицензий:



Пункт "Лицензия" содержит подпункты для работы с защитными ключами (см. раздел "[Работа с защитными ключами и управление Лицензиями](#)").

## 8 Язык ввода исходных данных

Язык описания ввода исходных данных для программы dPIPE 5 состоит из команд. Команды могут содержать внутренние подкоманды, а также подкоманды – параметры и параметры, значения которых могут представлять собой либо отдельные величины, либо массивы.

### Типы команд

Команды описывают как общие данные, относящиеся ко всей модели или ее части, так и локальные, привязанные к конкретному узлу или элементу расчетной модели. В зависимости от наличия внутренних подкоманд, общие команды подразделяются на однострочные (без внутренних подкоманд) и многострочные, содержащие внутренние подкоманды или подкоманды - параметры. Каждая команда (подкоманда) должна располагаться в отдельной

строке. Перед заданием локальной команды должна быть указана метка узла расчетной модели с последующим двоеточием.

### Значения параметров

Различаются следующие типы значений параметров:

- Числа – различаются целые (далее по тексту обозначаются как **INTEGER**) и вещественные (далее по тексту обозначаются как **REAL**) значения. Вещественные значения могут быть записаны как в вещественной, так и в экспоненциальной форме.

Пример : 3, .3, -3.3, 3.2e-2

- Текст – набор только из буквенно-цифровых символов, заключенных в одинарные кавычки (далее по тексту обозначаются как **TEXT**). Максимальная длина значения параметра текстового типа ограничивается 16 символами. Верхний и нижний регистр букв в текстовых данных не различается. Внутри текстовых данных не допускается наличие пробела или знака табуляции.

При задании текстовых данных в среде **DDE** при вводе текстовых данных применяются следующие ограничения:

- а) допускается использовать только буквы латинского алфавита.
- б) кроме букв могут использоваться следующие символы: # \$ \* \_

Пример : '108x9', '08H18N10T'

- Строка – набор символов, заключенных в двойные кавычки (далее по тексту обозначаются как **STRING**). Максимальная длина данных типа **STRING** ограничивается 64 символами. Регистр букв в строчных данных различается. Допускается наличие пробелов и специальных символов.

Пример : «Трубопровод 10RA01»

### Метки узлов

Метки узлов расчетной модели представляют собой текстовые переменные длиной до 8 символов. При описании меток узлов верхний и нижний регистр букв не различаются.

### Разделители

В качестве разделителей между вводимыми данными используются пробелы «\_», запятые «,» либо знаки табуляции. Несколько пробелов и/или знаков табуляции, введенных подряд, трактуются как один разделитель. Запятая должна следовать непосредственно за вводимой величиной. Между именем параметра и его значением допускается использовать знак «=».

### Специальные символы и команды

";"- символ комментария. Вся информация после знака «;» вплоть до конца текущей строки программой не воспринимается, вслед за символом «;» происходит переход на следующую строку.

"\"- символ «обратный слэш» используется для разделения строк в команде. Препроцессор «склеивает» предыдущую и последующую строки и трактует несколько строк как одну. Следует иметь в виду, что символ комментария «;» не может следовать сразу за символом разделения строк.

Пример :

```
T = 20 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550
600
```

ЭКВИВАЛЕНТНО

T = 20 50 100 150 200 250 300 350 400 \  
450 500 550 600

**&** - символ начала подкоманды или подкоманды - параметра. Используется только в многострочных командах и должен находиться непосредственно перед именем подкоманды (подкоманды – параметра).

### Порядок ввода параметров

При явном указании имени параметры внутри одной команды (подкоманды) могут вводиться в произвольном порядке. Допускается безымянный ввод параметров при условии, что вводимые параметры следуют в порядке, определенном в настоящей инструкции. Как только в рамках одной команды встречается именованный параметр, все последующие параметры должны вводиться со своими именами.

### Команды языка

Ниже приводится описание команд языка ввода исходных данных. Параметры или подкоманды, для которых не определено значение по умолчанию, являются обязательными. В тексте они выделены жирным красным шрифтом, например **T**.

### Система единиц

dPIPE использует согласованную систему единиц. По умолчанию используются ньютон и миллиметр и производные от них единицы:

перемещения, размеры, толщины и т.д.: миллиметры;  
ускорения – в долях от ускорения свободного падения (доли g);  
силы – ньютон;  
углы поворота: радианы или градусы, оговаривается в инструкции;  
давление, напряжения: Н/мм<sup>2</sup> (МПа);

В тексте инструкции использованы следующие обозначения:

**rigid** – "абсолютно жесткий" (величина жесткости определяется в соответствии с параметрами [RGD\\_TRN](#) и [RGD\\_ROT](#))  
**blank** – "пустая строка"

### [Общие команды](#)

### [Локальные команды](#)

## Общие команды

[Вставка данных из другого файла \(INCLUDE\)](#)

[Заголовок расчета \(TITLE\)](#)

[Контрольные параметры \(CTRL\)](#)

[Кривые циклической прочности \(FAT\)](#)

[Кривые для расчетов высокотемпературных трубопроводов \(CREEP\)](#)

[Материалы \(MAT\)](#)

[Характеристики сечений труб \(PIPE\)](#)

[Характеристики сечений балочных элементов \(BEAM\)](#)

[Режимы работы трубопровода \(OPVAL\)](#)

[Напряжения от перепада температур по толщине стенки и эффекта стратификации \(GRAD\)](#)

[Данные для пружинных опор \(SDEF\)](#)

[Сейсмические спектры ответа \(SPEC\)](#)

[Акселерограммы сейсмического воздействия \(ACCE\)](#)

[Задание на расчет \(SOLV\)](#)

[Задание на постпроцессорную обработку \(POST\)](#)

[Задание на расчет усталостной прочности \(FATG\)](#)

[Задание на формирование отчета \(POST\\_REP\)](#)

[Управление подключаемыми базами данных \(DBF\)](#)

[Отмена вывода результатов по заголовкам \(\\$NOHEAD\)](#)

[Конец исходных данных \(END\\_OF\\_DATA\)](#)

## Вставка данных из другого файла (INCLUDE)

Специальная команда INCLUDE позволяет подсоединить к файлу с исходными данными, данные, находящиеся в другом файле. Синтаксис команды:

```
INCLUDE "file"
```

*file* – записанное в двойных кавычках имя и "дорожка" файла. Если файл указан без пути, то программа пытается его найти либо в текущем каталоге, либо в каталоге, в котором установлена программа.

## Заголовок расчета (TITLE)

**Тип:**                   общая однострочная команда

**Функция:**           заголовок для распечатки

**Параметры:**

"text" заголовок для распечатки

тип:

[STRING](#)

единицы: -  
 значение по умолчанию: [blank](#)  
 область возможных значений: -

Пример: TITLE "Расчет трубопроводов питательной воды"

## Контрольные параметры (CTRL)

Опции

Наименование расчетной модели  
**TITLE** Трубопровод холодного промперегрева

Температура монтажа **TA** 20 Максимальное число итераций **NL\_MAXIT** 99

Масштабный коэф. трения **FRIC** 1 Критерий "отрыва" опор **LIFT** 2

Минимальный угол отвода **BEND\_ANG** 5 Поступательная абс. жёсткость **RGD\_TRN** 1e+009

Минимальная длина элемента **EL\_LEN** 1 Вращательная абс. жёсткость **RGD\_ROT** 1e+014

Период автосохранения модели в минутах. 0 - отключено. 5 Максимальная величина невязки  По умолчанию **MIS\_MAX** 1

Сброс

OK Cancel Help

**Тип:** общая однострочная команда

**Функция:** определение контрольных параметров для расчета

**Параметры:**

**TA** температура монтажа трубопровода. Используется для определения характеристик материала трубопровода в «холодном» состоянии. При необходимости определить температуру монтажа различной для разных участков трубопровода следует использовать режим с предопределенным именем '\$INST' (команда [OPVAL](#)), в котором можно указать свою температуру для каждой нагрузочной группы.

тип: [REAL](#)  
 единицы: °C  
 значение по умолчанию: 20°C  
 область возможных значений: от -50°C до +60°C

**NC** число циклов. Используется на этапе оценки циклической прочности.

тип:	<a href="#">INTEGER</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	см. табл. <a href="#">значения "по умолчанию"</a>
область возможных значений:	от 1 до $1 \cdot 10^7$

**DYN** признак выполнения динамического расчета

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	'NO'
область возможных значений:	'NO', 'RSM', 'THA'

*'NO'* – динамический расчет не выполняется;  
*'RSM'* – расчет сейсмических нагрузок линейно – спектральным методом,  
*'THA'* – расчет динамических нагрузок методом динамического анализа (интегрирование уравнений движения по времени)

**FMAX** предельная частота, вплоть до которой будут вычисляться собственные частоты трубопроводной системы

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	Гц
значение по умолчанию:	33
область возможных значений:	>0

**BEND\_CODE** нормативный учет коэффициента податливости для отвода

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	см. табл. <a href="#">значения "по умолчанию"</a>
область возможных значений:	'PNAE/RD', 'ASME', 'CASE'

*PNAE/RD'* – коэффициент податливости определяется по нормам ПНАЭ [\[REF 1\]](#) и РД 10-249-98 [\[REF 2\]](#),  
*'ASME'* – расчет по нормам ASME [\[REF 3\]](#);  
*'CASE'* – определение коэффициента по ASME CODE CASE N-319-3

**FRIC** масштабный коэффициент для учета сил трения в опорах

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	1
область возможных значений:	$\geq 0$

С помощью этого коэффициента можно изменить значение коэффициентов трения  $MU$  во всех однокомпонентных или направляющих опорах. Рекомендуется использовать для оценки влияния сил трения на результаты решения.

**BEND\_PRES** учет давления при вычислении коэффициента податливости гибов

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	см. табл. <a href="#">значения "по умолчанию"</a>
область возможных значений:	'YES', 'NO'

**T\_REF** реферативная температура, от которой задается коэффициент температурного расширения. Также используется для определения модуля упругости  $E_{ref}$  (см. команду [FAT](#))

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	°C
значение по умолчанию:	20
область возможных значений:	от -50°C до +60°C

**W\_DEN** плотность воды

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	Н/мм <sup>3</sup>
значение по умолчанию:	$9.80665 \cdot 10^{-6}$
область возможных значений:	$\geq 0$

величина  $W_{DEN}$  используется для пересчета веса среды в соответствии со значением параметра  $CSG$  команды [OPVAL](#).

**RGD\_TRN** величина, соответствующая определению "абсолютно жесткий" (RIGID) для поступательных степеней свободы

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	$1 \cdot 10^9$
область возможных значений:	$\geq 0$

**RGD\_ROT** величина, соответствующая определению "абсолютно жесткий" (RIGID) для вращательных степеней свободы

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	Н*мм/рад
значение по умолчанию:	$1 \cdot 10^{14}$
область возможных значений:	$\geq 0$

**PSHEAR** признак учета сдвига для прямой трубы (0 - сдвиг не учитывается, №0, коэффициент сдвига принимается равным 2)

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	-

значение по умолчанию: 2  
область возможных значений:  $\geq 0$

**V\_STF** множитель для толщины стенки при моделировании арматуры

тип: [REAL](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 3  
область возможных значений:  $\geq 1$

**NL\_MAXIT** максимальное число итераций при выполнении нелинейных расчетов

тип: [INTEGER](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 99  
область возможных значений:  $\geq 1$

**NL\_FTOL** точность при определении силы трения

тип: [REAL](#)  
единицы: в долях от 1  
значение по умолчанию: 0.01 (соответствует 1 %)  
область возможных значений:  $\geq 0$

**NL\_RTOL** точность при определении реакции нелинейной опоры

тип: [REAL](#)  
единицы: в долях от 1  
значение по умолчанию: 0.01 (соответствует 1 %)  
область возможных значений:  $\geq 0$

**NL\_STOL** пороговая величина деформации, после которой начинается проскальзывание опоры

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0.1  
область возможных значений:  $\geq 0$

**GRAV** размерная величина ускорения свободного падения

тип: [REAL](#)  
единицы: мм/сек<sup>2</sup>  
значение по умолчанию: 9806.65  
область возможных значений:  $> 0$

**FREQ\_TOL** точность определения векторов собственных колебаний

тип: [REAL](#)

единицы:	-
значение по умолчанию:	1*10 <sup>-5</sup>
область возможных значений:	> 0

**E\_MOD** модуль упругости, используемый для формирования матрицы жесткости. (либо по горячему состоянию – 'HOT', либо по температуре T\_REF – 'REF')

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	см. табл. <a href="#">значения "по умолчанию"</a>
область возможных значений:	'HOT', 'REF'

**CODE** нормы расчета на прочность

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	'PNAE'
область возможных значений:	'PNAE', 'PNAE_T', 'RD', 'ASME_NC', 'ASME_NB', 'EN', 'ASME_B311', 'NTD_ACI', 'GOST-59115-A'

*параметр CODE определяет выбор Норм расчета на прочность:*

- 'PNAE' – расчет низкотемпературных трубопроводов по Нормам ПНАЭ [[REF 1](#)] ([CODE\\_YEAR](#) = 1986)
- 'PNAE\_T' – расчет высокотемпературных трубопроводов по Нормам ПНАЭ [[REF 1](#)];
- 'RD' – расчет трубопроводов по нормам РД 10-249-98 [[REF 2](#)];
- 'ASME\_NC' - расчет трубопроводов по нормам ASME NC-3600 (Класс 2) [[REF 3](#)]
- 'ASME\_NB' - расчет трубопроводов по нормам ASME NB-3600 (Класс 1) [[REF 3](#)]
- 'EN' - расчет трубопроводов по Европейским Нормам EN 13480-3 [[REF 10](#)]
- 'ASME\_B311' - расчет трубопроводов по Нормам ASME B31.1 [[REF 12](#)]
- 'NTD\_ACI' - расчет трубопроводов по чешским Нормам NTD A.C.I. [[REF 17](#)]
- 'GOST-59115-A' - расчет по ГОСТ Р 59115.9-2021 [[REF 24](#)] и ГОСТ Р 59115.15-2021, Приложение А [[REF 25](#)]

При выполнении расчете по Нормам ПНАЭ и ГОСТ для Пользователя становятся доступными данные

**CODE\_YEAR** год выпуска норм (редакция)

тип:	<a href="#">INTEGER</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	см. табл. <a href="#">значения "по умолчанию"</a>
область возможных значений:	↓

CODE	PNAE	RD	ASME _NC	PNAE _HT	ASME _B314	ASM E_NB	EN	ASME _B311	NTD_A CI	GOST- 59115- A
CODE_ YEAR	1989	2001	1992	1989	2006	1992	2002	2008	2016	2021
			2010				2012			
	2022*						2020			

Примечание: для CODE = 'PNAE' YEAR = 2022 оставлен для совместимости. В актуальной версии соответствует CODE = 'GOST-59115-A'

**OVAL(3)** признак учета овальности (начальной эллиптичности) в отводах (п. 5.2.6.8 РД 10-249-98 [REF 2];)

тип: [INTEGER](#)  
 единицы: -  
 размерность: массив из 3-х элементов  
 значение по умолчанию: см. табл. [значения "по умолчанию"](#)  
 область возможных значений: 1 или 0

*параметры OVAL(1) и OVAL(2) используются только при оценке прочности трубопровода по нормам РД 10-249-98 [REF 2], см. п. 5.2.6.8. OVAL(1) - увеличивать ли овальность в 1.8 раз для низкотемпературных трубопроводов (1 - да, 0 - нет), OVAL(2) - учитывать ли овальность если  $a \leq 3\%$  (1 - да, 0 - нет); OVAL(3) - проверка напряжений как с учетом фактической овальности, так и без учета овальности (1 - да, 0 - нет).*

**KS** коэффициент перегрузки (п. 5.2.6.2.4 РД 10-249-98 [REF 2])

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: см. табл. [значения "по умолчанию"](#)  
 область возможных значений:  $\geq 1$

**WLD\_CHK** признак проверки всех сечений расчетной модели трубопровода с учетом коэффициента снижения прочности поперечного сварного шва ( см. FW(2) в команде PIPE), кроме точек, соответствующих центру отводов.

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: см. табл. [значения "по умолчанию"](#)  
 область возможных значений: 'YES' или 'NO'

**HI\_E** коэффициент для пересчета коэффициента усреднения компенсационных напряжений  $\chi$ , задаваемого командой CREEP, в коэффициент  $\chi_{\Sigma}$ , использующийся для вычисления напряжений  $S_{RK}$  в отводах при расчете высокотемпературных трубопроводов по Нормам ПНАЭ (CODE = 'PNAE\_T')

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: см. табл. [значения "по умолчанию"](#)  
 область возможных значений:  $0 < HI\_E < 1$

**SN\_T** признак вычисления допускаемых напряжений для кратковременных и случайных нагрузок при расчете высокотемпературных трубопроводов по Нормам ПНАЭ (CODE = 'PNAE\_T')

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: см. табл. [значения "по умолчанию"](#)  
 область возможных значений: 'YES' или 'NO'

*при SN\_T = 'YES' – учитывается предел длительной прочности при вычислении номинальных допускаемых напряжений  $[\sigma]$  для напряжений категорий  $\sigma_2$  при вычислении напряжений S2\_HDR, S2\_NNUE, S2\_MRZ, S2\_PZ1, S2\_PZ2 (см. команду [POST](#)). При SN\_T = 'NO' – допускаемые напряжения для указанных категорий вычисляются как для низкотемпературных трубопроводов. Допускаемые напряжения для категории S2\_NUE всегда вычисляются с учетом предела длительной прочности.*

## FMESH

парциальная частота для автоматического разбиения трубопровода на элементы

тип: [REAL](#)  
 единицы: Гц  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений:  $\geq 0$

*при задании параметра FMESH отличным от нуля программа производит автоматическую разбику элементов типа "прямая труба" и "отвод" на более мелкие по критерию:*

$$L_{\max} \leq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{2 * FMESH}} * \sqrt[4]{\frac{E * I * g}{w}}$$

где:

*E* модуль Юнга;  
*I* момент инерции сечения трубопровода;  
*g* ускорение свободного падения;  
*w* погонный вес трубопровода со средой.

*при этом в модели появляются внутренние узлы, начинающиеся с символа "в".*

## LIFT

критерий "отрыва" односторонних опор, несущих весовую нагрузку (опоры типа ["STZ"](#), ["STG"](#) и ["STN"](#))

тип: [REAL](#)

единицы: мм  
 значение по умолчанию: 2  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**ZPGA** ускорение грунта нулевого периода (Zero Period of Ground Acceleration) - параметр, использующийся в рамках расчетов по методу граничной сейсмостойкости

тип: [REAL](#)  
 единицы: в долях от ускорения свободного падения (g)  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**BOW\_PITCH** угол наклона трубы к горизонтальной плоскости, при величине больше которой эффект температурной стратификации не учитывается (см. [Приложение VIII](#))

тип: [REAL](#)  
 единицы: град  
 значение по умолчанию: 3  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**PNAE\_KE** признак выполнения упрощенного упруго-пластического расчета в рамках норм ПНАЭ ([CODE](#)='PNAE')

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: см. табл. [значения "по умолчанию"](#)  
 область возможных значений: 'YES' или 'NO'

**K\_OL** Коэффициент увеличения допускаемых напряжений для случайных нагрузок. Используется как множитель при номинальных допускаемых напряжениях для сравнения с напряжениями категории [SGM2](#) (выполнение расчетов по Европейским Нормам [[REF 10](#)], [CODE](#) = 'EN')

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: см. табл. [значения "по умолчанию"](#)  
 область возможных значений:  $\geq 1$

**EL\_LEN** минимально-допустимая длина элемента. При обнаружении в модели элементов с длинами меньше чем EL\_LEN, программа выдает предупреждение.)

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 1  
 область возможных значений:  $>0$

**MIS\_MAX** максимально-допустимая величина невязки при трассировке трубопровода. При обнаружении в модели невязки большей, чем MIS\_MAX, программа выдает предупреждение.

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: [EL\\_LEN](#)  
 область возможных значений: >0

**RGD\_SPR** жесткость вертикальных опор, использующихся на этапе определения проектных нагрузок на упругие опоры (расчеты №№ 1 и 8)

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н/мм  
 значение по умолчанию: [RGD\\_TRN](#)  
 область возможных значений: >0

**BEND\_PSTR** учет давления при вычислении коэффициента интенсификации напряжений  $i$  для отводов (работает только для [CODE](#) = 'ASME\_B311'). Эту опцию рекомендуется включать для тонкостенных трубопроводов большого диаметра (ASME B31.1-2007. Table D-1 Flexibility and Stress Intensification Factors, Note 5)

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: см. табл. [значения "по умолчанию"](#)  
 область возможных значений: 'YES', 'NO'

**WLD\_SUST** учет коэффициента снижения прочности поперечного сварного шва при вычислении напряжений от постоянно действующих нагрузок (SL). Работает только для [CODE](#) = 'ASME\_B311'. Эту опцию рекомендуется включать для трубопроводов, работающих при температурах, вызывающих ползучесть

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: см. табл. [значения "по умолчанию"](#)  
 область возможных значений: 'YES', 'NO'

**SL\_PRES** способ вычисления напряжений от давления при расчете напряжений категории SL ([CODE](#) = 'ASME\_B311'): при SL\_PRES = 1

$$S_{\Psi} = \frac{PD_0}{4t_n}$$

при SL\_PRES = 2:

$$S_{\Psi} = \frac{Pd_n^2}{D_0^2 - d_n^2}$$

тип: [INTEGER](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: см. табл. [значения "по умолчанию"](#)  
 область возможных значений: 1, 2

- SA\_LBRL** способ вычисления допускаемых напряжений  $S_a$  для напряжений категории SE (напряжения от деформационных нагрузок, вызванных напр., температурными расширениями, [CODE](#) = 'ASME\_B311'). При  $SA\_LBRL = 'NO'$ :
- $$S_a = f(1.25S_c + 0.25S_h)$$
- При  $SA\_LBRL = 'YES'$ :
- $$S_a = f(1.25S_c + 1.25S_h - SL)$$
- где:  
 $S_c$  – номинальные допускаемые напряжения для холодного состояния;  
 $S_h$  - номинальные допускаемые напряжения для рабочего состояния;  $f$  – коэффициент снижения прочности от циклической нагрузки:
- $$f = 6/N^{0.2}$$
- $N$  – число циклов (параметр [NC](#))  
 $SL$  – напряжения от постоянно действующих несомоуровнешенных нагрузок (команда [POST](#) параметр  $RES = 'SL'$ ). Опция срабатывает только в случае, если  $S_h > SL$ .
- тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: см. табл. [значения "по умолчанию"](#)  
 область возможных значений: 'YES', 'NO'
- BRN\_RUN** отношение характерных размеров штуцера и корпуса тройниковых соединений. Если соответствующая величина меньше  $BRN\_RUN$ , то тройник считается неравнопроходным. Используется для [CODE](#) = 'ASME\_B311' и для [CODE](#) = 'RD'
- тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: см. табл. [значения "по умолчанию"](#)  
 область возможных значений:  $0 < BRN\_RUN \leq 1$
- SH\_140** опция для ограничения допускаемых напряжений  $S_h$  и/или  $S_c$  величиной 140 МПа, если величина предела временного сопротивления  $S_U$  (команда [MAT](#)) превышает значение 480 МПа. При явном задании  $S_U$  ограничение происходит по умолчанию. Если  $S_U$  в свойствах материалов не определена, программа вычисляет напряжения  $S_h/S_c$  в зависимости от этой опции
- тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: см. табл. [значения "по умолчанию"](#)  
 область возможных значений: 'YES', 'NO'
- FREQ\_OUT** опция для записи рассчитанных форм колебаний трубопровода в бинарный файл с результатами для последующего просмотра с помощью программы PIPE3DV.
- тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'YES'  
 область возможных значений: 'YES', 'NO'

<b>ARC_ANG</b>	минимально допустимый угол для элемента <a href="#">Отвод (2)</a>
тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	градусы
значение по умолчанию:	<a href="#">BEND_ANG</a>
область возможных значений:	> 0 ; <= 10°
<b>RH_STF</b>	жесткость, используемая по умолчанию, для жестких подвесок и для заклиненных пружин при расчете на гидроиспытания (см. также тип расчета TEST в команде <a href="#">SOLV</a> )
тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	1*10 <sup>5</sup>
область возможных значений:	≥ 0
<b>RH_PND</b>	признак учета маятникового эффекта для жестких подвесок в рамках выполнения динамических расчетов (команда <a href="#">SOLV</a> , <a href="#">TYPE</a> = 'MODAL'). Нагрузка, используемая для вычисления боковой жесткости подвески, определяется в расчете, номер которого указывается в параметре <a href="#">PEND</a> команды <a href="#">SOLV</a> .
тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	'NO'
область возможных значений:	'YES', 'NO'
<b>BEND_ANG</b>	минимально допустимый угол для элемента <a href="#">Отвод (1)</a>
тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	градусы
значение по умолчанию:	5°
область возможных значений:	> 0 ; < 90°
<b>TBRC_TOL</b>	допускаемый угол отклонения оси штуцера от 90°
тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	градусы
значение по умолчанию:	3°
область возможных значений:	> 0 ; < 90°
<b>TRUN_TOL</b>	допускаемый угол отклонения элементов, составляющих корпус тройника от 180°
тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	градусы
значение по умолчанию:	3°
область возможных значений:	> 0 ; < 90°

<b>RD_WLD_IV</b>	признак учета коэффициентов снижения прочности поперечных сварных швов на <a href="#">IV этапе поверочного расчета</a> (используется только для для <a href="#">CODE</a> = 'RD')
тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	'YES'
область возможных значений:	'YES', 'NO'
<b>SPR_SFPMIN</b>	коэффициент запаса по минимальной нагрузке. Используется при выборе пружин упругих опор/подвесок. С использованием этого коэффициента проверяется следующее соотношение: $P_{раб} \cdot (1 - SPR\_SFPMIN \cdot (PFAC - 1)) \geq P_{min}$
тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	1.0
область возможных значений:	0.0 ÷ 1.0
<b>SPR_VARTOL</b>	контрольная величина изменяемости для выбора пружин. При выполнении условия <a href="#">PVAR</a> < SPR_VARTOL выбор пружины прекращается, даже если не удовлетворяется условие по коэффициенту запаса.
тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	0.05
область возможных значений:	0.0 ÷ 0.1
<b>SPR_TRTRAV</b>	метод вычисления деформации пружины: SPR_TRTRAV = 'YES' -> деформация пружины вычисляется с учетом горизонтального отклонения, по "треугольнику"; SPR_TRTRAV = 'NO' -> учитывается деформация только от вертикального перемещения.
тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	'NO'
область возможных значений:	'YES', 'NO'
<b>SWING_SH</b>	признак учета маятникового эффекта для пружинных подвесок ( <a href="#">SPR</a> ): 'NO' - не учитывается, 'YES' - учитывается без геометрической нелинейности, 'GNL' - учитывается с эффектом геометрической нелинейности.
тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	'YES'
область возможных значений:	'YES', 'NO', 'GNL'
<b>SWING_RH</b>	признак учета маятникового эффекта для жестких подвесок ( <a href="#">RH</a> ): 'NO' - не учитывается, 'YES' - учитывается без геометрической нелинейности, 'GNL' - учитывается с эффектом геометрической нелинейности.

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'YES'  
 область возможных значений: 'YES', 'NO', 'GNL'

**SWING\_ST** признак учета маятникового эффекта для жестких стержней ([STRT](#)): 'NO' - не учитывается, 'YES' - учитывается без геометрической нелинейности, 'GNL' - учитывается с эффектом геометрической нелинейности.

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'YES'  
 область возможных значений: 'YES', 'NO', 'GNL'

**TEE\_RD** использование инженерной методики ЦКТИ для расчета тройниковых и штуцерных соединений (только для норм 'RD'), см. [Приложение XIII](#). Используется только при расчете "стандартных" тройников (см. подкоманду [TEE](#)).

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'CODE'  
 область возможных значений: 'CODE', 'CKTI'

**TEE\_FLEX** опция по учету локальной податливости тройниковых/штуцерных соединений (см. [Приложение XIV](#)). Используется только при расчете "стандартных" тройников (см. подкоманду [TEE](#)). 'CODE' - значение, принимаемое параметром по умолчанию, означает учет податливости тройниковых/штуцерных соединений строго в соответствии с требованиями используемых в расчете Норм. 'NO' означает отказ от учета локальной податливости даже в случае, если Нормы требуют этого, или локальная податливость определена в исходных данных. Опция 'NB' означает использование формул, приведенных в ASME BPVC NB-3600, для оценки податливости штуцерных соединений (применимо только для тройниковых соединений с типом [BRC](#), см. подкоманду [TEE](#)). Опция 'PRG' предписывает использование методики, разработанной Paulin Research Group (PRG), [\[REF 15\]](#). Для норм CODE = 'PNAE'/'PNAE\_HT'/'RD' методика распространяется на тройники, имеющие тип [BRC](#) (штуцерное соединение), [UFT](#) (тройники сварные) и [RFT](#) (тройники сварные с накладкой), для остальных норм методика применима для тройников, имеющих типы [WLT](#), [BRC](#), [UFT](#), [RFT](#), [EXT](#), [SOL](#), [WOL](#), [FWB](#). См. также [Приложение XX](#).

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'CODE'  
 область возможных значений: 'CODE', 'NO', 'NB', 'PRG'

**RD\_E0330** опция для расчета допускаемых напряжений категории  $\sigma_2$  ([S2\\_NNUE](#), [S2\\_MRZ](#), [S2\\_PZ1](#), [S2\\_PZ2](#), [S2\\_HDR](#)) в соответствии с документом РД ЭО 1.1.2.05.0330-2012, [\[REF 16\]](#). Используется только в рамках расчета по ПНАЭ (CODE = 'PNAE')

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -

значение по умолчанию: 'NO'  
 область возможных значений: 'NO', 'YES'

**E\_MOD\_EN** признак учета горячего модуля Юнга при расчете допускаемых напряжений для категории [SGM3 и SGM4](#) ([CODE](#) = 'EN'), и корректировке внутренних усилий по нормам EN. По умолчанию допускаемые напряжения  $f_a$  корректируются на отношение (Eh/Ec), а внутренние усилия не корректируются. При E\_MOD\_EN = 'NO' допускаемые напряжения остаются без изменений, а внутренние усилия приводятся к холодному модулю.

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: см. табл. [значения "по умолчанию"](#)  
 область возможных значений: 'YES', 'NO'

**NC\_SEISM** число эквивалентных сейсмических циклов

тип: [INTEGER](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 50  
 область возможных значений: > 0

**SH\_LOAD** признак того, что при вводе [ИД](#) в таблице DDE в качестве рабочих нагрузок [P](#) на упругие опоры вводятся величины предварительной монтажной затяжки ([R0](#)). При этом программа не производит проверку значений рабочей нагрузки относительно параметров [PMAX](#) и [PMIN](#). При выполнении расчета с такими данными первым расчетом должен быть LC с типом [OPER\\_R](#)

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: 'R0'

**EN\_CORR** признак учета коррозии в элементах трубопровода при расчете напряжений для категорий [SGM1, SGM1T и SGM2](#) ([CODE](#) = 'EN', [CODE\\_YEAR](#) = '2020').

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: см. табл. [значения "по умолчанию"](#)  
 область возможных значений: 'YES', 'NO'

Значения "по умолчанию" для контрольных параметров, зависящих от норм расчета прочности.

Параметр	Нормы расчета							
	PNAE/G OST	PNAE_T	RD	ASME_ NB	ASME_N C	EN	ASME_B311	ASME_B31 4
<a href="#">NC</a>	3000	3000	3000	7000	7000	7000	7000	7000
<a href="#">BEND_COD E</a>	PNAE/R D	PNAE/RD	PNAE/ RD	ASME	ASME	ASME	ASME	ASME
<a href="#">BEND_PRE S</a>	YES	YES	YES	YES	NO	NO	NO	NO

<a href="#">E_MOD</a>	HOT	HOT	HOT	HOT	REF	HOT	REF	REF
<a href="#">OVAL(3)</a>	-	-	1,0,1	-	-	-	-	-
<a href="#">KS</a>	-	-	1.4	-	-	-	-	-
<a href="#">WLD_CHK</a>	-	YES	YES	-	-	-	YES	-
<a href="#">HI_E</a>	-	0.6	-	-	-	-	-	-
<a href="#">SN_T</a>	-	NO	-	-	-	-	-	-
<a href="#">PNAE_KE</a>	NO	-	-	-	-	-	-	-
<a href="#">K_OL</a>	-	-	-	-	-	1	1.15	-
<a href="#">BEND_PST R</a>	-	-	-	-	-	NO	NO	-
<a href="#">WLD_SUST</a>	-	-	-	-	-	-	NO	-
<a href="#">SL_PRES</a>	-	-	-	-	-	-	1	-
<a href="#">SA_LBRL</a>	-	-	-	-	-	-	NO	-
<a href="#">BRN_RUN</a>	-	-	0.77	-	-	-	1	-
<a href="#">SH_140</a>	-	-	-	-	-	-	YES	-
<a href="#">RD_WLD_IV</a>	-	-	YES	-	-	-	-	-
<a href="#">CODE_YEA R</a>	1989	1989	2001	1992	1992	2012	2008	2006
<a href="#">TEE_RD</a>	-	-	CODE	-	-	-	-	-
<a href="#">TEE_FLEX</a>	CODE	CODE	CODE	CODE	CODE	CODE	CODE	CODE
<a href="#">RD_E0330</a>	NO	-	-	-	-	-	-	-
<a href="#">E_MOD_EN</a>	-	-	-	-	-	YES	-	-
<a href="#">EN_CORR<sup>1)</sup></a>	-	-	-	-	-	NO	-	-

Примечание:

<sup>1)</sup> Учет коррозии осуществляется только при расчетах по нормам EN редакции 2020 года

Пример :

CTRL TA 50 NC 1000

## Кривые циклической прочности (FAT)

**Тип:** общая многострочная команда

**Функция:** ввод расчетных кривых усталости.

**Параметры:**

**ID** идентификационное имя кривой усталости.

тип:

единицы:

значение по умолчанию:

область возможных значений:

[TEXT](#)

-

-

см. ограничения для текстовых значений параметров

**EM**<sup>1)</sup> модуль упругости, использованный при построении кривой усталости для перехода из деформаций в условные упругие напряжения.

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н/мм<sup>2</sup>  
 значение по умолчанию: модуль упругости при температуре [T\\_REF](#) (см. команду CTRL)  
 область возможных значений: > 0

**INT** идентификатор способа интерполяции для промежуточных точек. В зависимости от величины INT интерполяция осуществляется либо по линейной, либо по логарифмической шкале осей кривой усталости.

тип: [INTEGER](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 11  
 область возможных значений: 0 (LIN-LIN); 1 (LOG-LIN); 10 (LIN-LOG); 11 (LOG-LOG)

### Подкоманды-параметры

**NC** массив чисел циклов для вводимой кривой усталости

тип: [INTEGER](#)  
 единицы: -  
 размерность: массив от 1 до 32 элементов  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: от 1 до  $1 \cdot 10^{12}$ . Каждый последующий элемент массива должен быть больше предыдущего. Допускается вводить целое число циклов в экспоненциальной форме

**SA** массив значений амплитуд условных упругих приведенных напряжений, соответствующих вводимым числам циклов.

тип: [REAL](#)  
 единицы: МПа  
 размерность: массив от 1 до 32 элементов  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: > 0. Каждый последующий элемент массива должен быть не больше предыдущего.

### Примечания:

<sup>1)</sup> При вычислении напряжений  $(\sigma_{aF})_K$  расчетное значение напряжений умножается на величину  $(E_m/E_{ref})$  в соответствии с пунктом 5.6.5 Норм [REF 1], где  $E_{ref}$  – модуль упругости при температуре [T\\_REF](#) (см. команду CTRL).

Пример:

```
FAT ID 'AUS' E 1.75E5 INT 11
& NC 10 20 50 100 200 500 850 1000 \
    2000 5000 10000 12000 20000 50000 100000 200000 5. E 5 1. E 6
& SA 3194 2307 1519 1123 842 593 493 468 \
    379 297 234 221 189 150 130 116 104 98
```

## Кривые для расчета высокотемпературных трубопроводов (CREEP)

**Тип:** общая многострочная команда

**Функция:** ввод набора кривых для расчета высокотемпературных трубопроводов (используются при [CODE='RD'](#) или [CODE='PNAE\\_T'](#)).

### Параметры:

**ID** идентификационное имя набора.

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров

**T0** начальная температура, с которой трубопровод рассматривается как высокотемпературный (см. п. 5.2.1.2 РД 10-249-98 [\[REF 2\]](#)).

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	°C
значение по умолчанию:	370
область возможных значений:	> 0.

### Подкоманды-параметры:

**T** массив температур, для которых задаются данные.

тип:	<a href="#">REAL</a> , массив от 1 до 32 элементов
единицы:	°C
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	Каждый последующий элемент массива должен быть больше предыдущего

**Hi** массив значений коэффициентов усреднения компенсационных напряжений в зависимости от рабочей температуры (см. рис. 5.5 РД 10-249-98 [\[REF 2\]](#)).

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	-
размерность:	массив от 1 до 32 элементов
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	$0 < Hi \leq 1$ .
значений:	

**DELTA** массив значений коэффициентов релаксации компенсационных напряжений в зависимости от рабочей температуры (см. рис. 5.6 РД 10-249-98 [\[REF 2\]](#)).

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	-

размерность: массив от 1 до 32 элементов  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $0 < DELTA \leq 1$

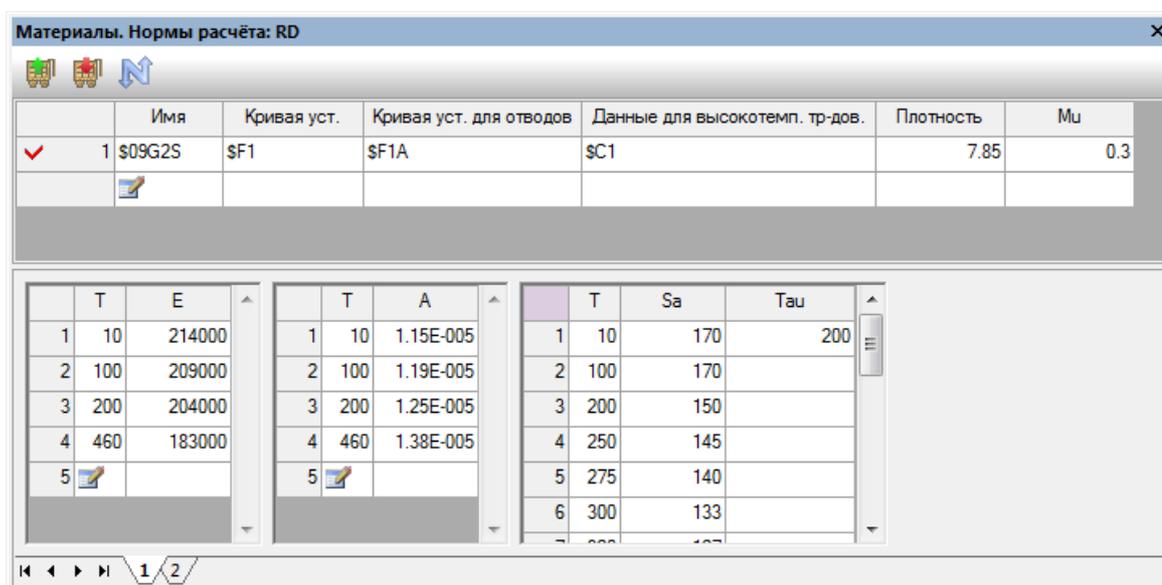
Пример :

```

CREEP ID '1' TO 370
& T = 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470
& HI = 0.59 0.58 0.57 0.56 0.55 0.55 0.53 0.51 0.50 0.48 0.45

& T = 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470
& DELTA = 0.76 0.77 0.78 0.79 0.81 0.83 0.85 0.87 0.89 0.92
0.94
  
```

## Материалы (MAT)



**Тип:** общая многострочная команда

**Функция:** определение свойств материала трубопровода.

**Параметры:**

**ID** идентификационное имя материала.

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров  
 значений:

**FAT** ссылочное идентификационное имя кривой усталости (см. команду FAT)

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -

область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров

**FAT \_ B** ссылочное идентификационное имя кривой усталости для проверки отводов (см. команду FAT)

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров. Используется при проверки прочности трубопровода по нормам РД 10-249-98 [[REF 2](#)]

**CREEP** ссылочное идентификационное имя кривых для высокотемпературных трубопроводов.

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров.

**DEN** плотность материала

тип: [REAL](#)  
 единицы: в долях от плотности воды (для воды DEN = 1)  
 значение по умолчанию: 7.85  
 область возможных значений: > 0.

**MU** коэффициент Пуассона

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 0.3  
 область возможных значений:  $0 \leq MU \leq 0.5$

**M, N** параметры материала, использующиеся для упрощенного упруго-пластического анализа (учитываются только для [CODE](#)='ASME\_NB' или [CODE](#)='PNAE').  
 Рекомендуется определять по таблице NB-3228.5(b)-1 [[REF 3](#), [REF\\_11](#)].

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 0, 0  
 область возможных значений:  $\geq 0$

Материал	m	n	Tmax (°C)
Углеродистая сталь	3.0	0.2	370
Низколегированная сталь	2.0	0.2	370
Аустенитная нержавеющая сталь	1.7	0.3	425

**JF** коэффициент учета работы сварных соединений (weld joint efficiency factor, ASME B31.1 [REF 12]). Коэффициент используется для пересчета допустимых напряжений, введенных из Appendix A. Используется для норм **CODE** = 'ASME\_B311'

тип: **REAL**  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 0.3  
 область возможных значений:  $0 < JF \leq 1$

**TYPE** - тип материала: . Используется для норм **CODE** = 'PNAE', **CODE\_YEAR** = 2022, определяет тип материала: 'CS' - углеродистые стали; 'CMV' - легированные хромомолибденовые и хромомолибденванадиевые стали, 'AUS' - стали аустенитного класса. Тип материала используется при определении допустимого числа циклов с учетом влияния водной среды (Приложение В Норм [24])

тип: **TEXT**  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: 'AUS', 'CS', 'CMV'

### Подкоманды-параметры

**T** массив температур, для которых определяются характеристики материала.

тип: **REAL**, массив от 1 до 32 элементов  
 единицы: °C  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: Каждый последующий элемент массива должен быть больше предыдущего.

**E** модуль упругости

тип: **REAL**, массив от 2 до 32 элементов  
 единицы: МПа  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $> 0$ .

**A** средний температурный коэффициент линейного расширения

тип: **REAL**, массив от 2 до 32 элементов  
 единицы:  $1/^\circ\text{C}$   
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $> 0$ .

**SU** временное сопротивление

тип: [REAL](#), массив от 2 до 32 элементов  
 единицы: МПа  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: > 0.

**SY** предел текучести

тип: [REAL](#), массив от 2 до 32 элементов  
 единицы: МПа  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: > 0.

**SA<sup>3)</sup>** допускаемые напряжения

тип: [REAL](#), массив от 1 до 32 элементов  
 единицы: МПа  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: > 0.

**SOL<sup>1)</sup>** допускаемые напряжения для случайных нагрузок (напр., сейсмика, ветровая нагрузка, гидроудар).

тип: [REAL](#), массив от 1 до 32 элементов  
 единицы: МПа  
 значение по умолчанию: SA  
 область возможных значений: > 0.

**SR<sup>3)</sup>** предел длительной прочности

тип: [REAL](#), массив от 1 до 32 элементов  
 единицы: МПа  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: > 0.

**ST** допускаемые напряжения для гидроиспытаний

тип: [REAL](#), массив от 1 до 32 элементов  
 единицы: МПа  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: > 0.

**WLD** коэффициенты снижения прочности сварных соединений

тип: [REAL](#), массив от 1 до 32 элементов  
 единицы: -

значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $0.5 \leq WLD \leq 1$

**Z** относительное сужение поперечного сечения образца после разрыва

тип: [REAL](#), массив от 1 до 32 элементов  
 единицы: %  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $100 > Z > 0$

### Примечания:

- 1) Подкоманду SOL рекомендуется использовать для высокотемпературных трубопроводов, чтобы переопределить величину SA ( $[σ]$ ), принимаемую по табл. 2.1 – 2.7 РД 10-249-98 [\[REF 2\]](#) и лимитированную для высоких температур пределом длительной прочности или ползучести. Поскольку текущая редакция РД не содержит прямых указаний на вычисление номинальных допускаемых напряжений для случайных нагрузок, рекомендуется использовать следующий подход, аналогичный процедуре, рекомендованной американскими нормами ASME B31.3 [\[REF 8\]](#):

при  $T \leq T_v$ ,  $SOL = SA$   
 при  $T > T_v$ ,  $Sol = 0.8 * (Syt/1.5)$ ,

где:

$T$  – рабочая температура, °С;  
 $T_v$  – температура, соответствующая определению "высокотемпературный" трубопровод (п. 5.2.1.2 РД), °С;  
 $Syt$  – предел текучести материала при рабочей температуре, МПа.

понижающий коэффициент 0.8 в последней формуле вводится для учета эффекта старения материала при высоких температурах.

Для материалов, включенных в базу данных, поставляемую вместе с программой (файл MAT.DBS), величины SOL определены на основании значений предела текучести, взятых из документа [\[REF 9\]](#)

Допускаемые напряжения SOL используются программой при сравнении величин напряжений  $S\_I\_PZ$  (команда [POST](#)): условие прочности выполняется, если  $S\_I\_PZ \leq 1.8 * SOL$

- 2) Параметры команды MAT используются программой в зависимости от норм расчета на прочность в соответствии со следующей таблицей:

CODE	ID	FA T	FAT B	CREE P	DE N	M U	M, N	TYP E	JF	E	A	SU	SY	SA	SO L	SR	WL D	ST	Z
PNAE	x	x			x	x	x			x	x	x	x						
PNAE 2022	x	x			x	x	x	x		x	x	x	x						x
PNAE_T	x	x		x	x	x	x			x	x	x	x			x			
RD	x	x	x	x	x	x				x	x			x	x				
EN	x				x	x				x	x	x	x	x	x	x		x	
NC	x				x	x				x	x	x	x	x					
NB	x	x			x	x	x			x	x	x	x	x					

B311	X				X	X			X	X	X	X	X	X			X		
B314	X				X	X				X	X			X					

3) В зависимости от Норм расчета (параметр [CODE](#)) для параметров [SA](#) и [SR](#) допускается ввод значений в зависимости от ресурса:

CODE	SA[TAU]	SR[TAU]
RD	+	-
EN	-	+
PNAE_T	-	+

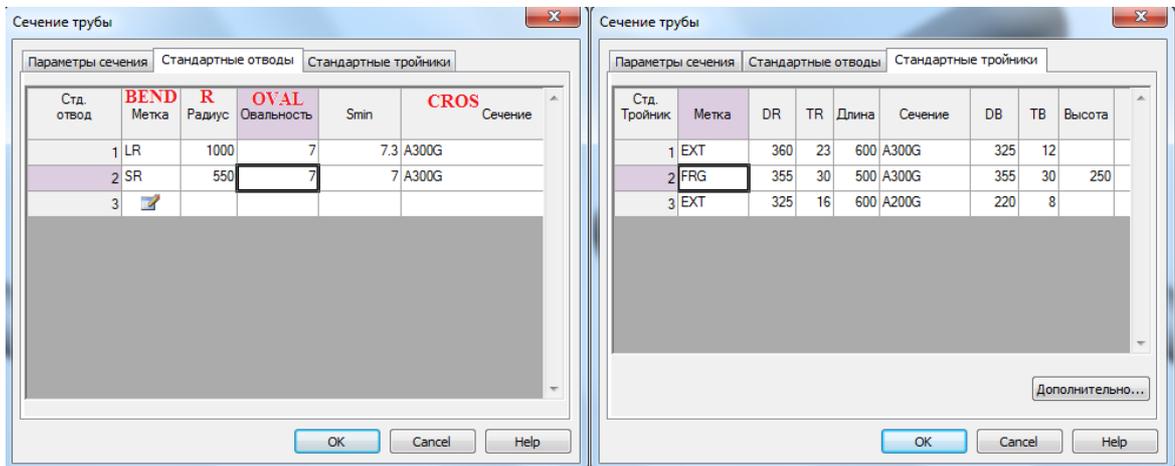
При этом используется следующий синтаксис: SA[TAU]/SR[TAU], где TAU - ресурс (в тыс. часов), для которого приводятся соответствующие значения:

```
& T      -20  20 150 250 300 350 400 420 440 450 460 480 500 510 520 530 540 550 560 570 580
& SA[10] 173 173 173 166 159 152 145 142 139 138 136 133 130 120 112 100 88 80 72 65 59
& SA[100] 173 173 173 166 159 152 145 142 139 138 136 133 113 101 90 81 73 66 59 53 47
& SA[200] 173 173 173 166 159 152 145 142 139 138 136 120 96 86 77 69 62 56 50 44 39
```

Пример :

```
MAT 'ST20' FAT 'CS' DEN 7.8 MU 0.3
& T = 20 50 100 150 200 250 300 350
& SU = 402.00 392.00 392.00 392.00 373.00 373.00 363.00 353.00
& SY = 216.00 206.00 206.00 206.00 196.00 196.00 177.00 157.00
& E = 2.000E+05 1.970E+05 1.950E+05 1.920E+05 1.900E+05 1.850E+05 1.800E+05
1.750E+05
& A = 1.150E-05 1.150E-05 1.190E-05 1.220E-05 1.250E-05 1.280E-05 1.310E-05 1.340E-05
```

## Характеристики сечений труб (PIPE)



**Тип:** общая многострочная команда

**Функция:** определение характеристик поперечных сечений трубопроводов.

**Параметры:**

**ID** идентификационное имя сечения.

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -

область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров

**OD** наружный диаметр

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $> 0$

**T** номинальная толщина стенки трубопровода

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $0 < T < OD/2$

**W<sup>1)</sup>** погонный вес трубы

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н/мм  
 значение по умолчанию:  $\pi * (OD - T) * T * DEN * W\_DEN$   
 область возможных значений:  $\geq 0$

**C<sup>2)</sup>** возможное утонение стенки трубы

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм или %  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: если  $C > 0$ , то  $T - C > 0$ ,  
 если  $C < 0$ , то  $|C| < 100$ .

**MAT** ссылочное идентификационное имя материала (см. команду [MAT](#))

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: имя должно совпадать с ранее определенными именами материалов.

**FW(2)<sup>3)</sup>** коэффициенты снижения прочности сварных швов. FW(1) – коэффициент снижения прочности продольного (спирального) сварного шва; FW(2) – коэффициент снижения прочности поперечного сварного шва;

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 1, 1

область возможных значений:  $0 < FW \leq 1$

**FI\_S** коэффициент снижения циклической прочности сварных соединений. (для **CODE** = 'PNAE' и 'PNAE\_T', задается Пользователем в соответствии с п. 5.6.12 Норм [REF\_1], см. также команду **WLD**)

тип: **REAL**  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 1  
 область возможных значений:  $0 < FI\_S \leq 1$

**IWGT<sup>1)</sup>** погонный вес изоляции

тип: **REAL**  
 единицы: Н/мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**CORR** эксплуатационное утонение стенки трубопровода вследствие коррозии. При задании этой величины отличной от нуля возможное утонение стенки трубы **C** не должно включать в себя составляющую  $c_2$ , учитывающую коррозионное влияние рабочей среды.

тип: **REAL**  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений:  $CORR \geq 0$   
 если  $C \geq 0$ , то  $T - (C + CORR) > 0$ ,  
 если  $C < 0$ , то  $T - (0.01 * |C| * T + CORR) > 0$

Подкоманды-параметры: **BEND**, **MITR**, **TEE**

#### Примечания:

- 1) См. также [Приложение IV](#) с комментариями по поводу задания весовой нагрузки для трубопроводов.
- 2) Если величина параметра **C** задана  $< 0$ , то подразумевается, что возможное утонение стенки трубы задано в процентах от номинальной толщины стенки трубопровода.
- 3) Для трубопроводов, рассчитываемых по котельным нормам **РД**, и высокотемпературных трубопроводов, рассчитываемых по ПНАЭ (**CODE** = 'RD', **CODE** = 'PNAE\_T'), существует альтернативная форма задания коэффициентов снижения прочности сварных швов. Вместо элементов массива **FW(1)** и **FW(2)** можно определить два параметра: **FW1** и **FW2**. Параметр **FW1** полностью аналогичен первому элементу массива **FW(1)**. Параметр **FW2** - это текстовая метка, соответствующая типу поперечного сварного шва. Для **CODE** = 'RD' параметр **FW2** может принимать значения 'CS' - углеродистые стали; 'AUS' - аустенитные стали; 'CMV' - хромомолибденованадиевые стали (см. табл. 4.2 **РД**). Для норм ПНАЭ допускается использовать только **FW2** = 'CMV'. При использовании такой формы задания программа автоматически присваивает коэффициенты снижения прочности поперечных сварных швов в зависимости от введенных значений и рабочей температуры трубопровода.

Пример :

```
PIPE 'A325x12' OD 325 T 12 W 0.9320 C -12.5 MAT '08H18N10T' ; Dy 300
&BEND 'LR' R 1000 OVAL 7 SMIN 7.3 CROS 'A325x12' XT 1.1
&BEND 'SR' R 550 OVAL 7 SMIN 7.0 CROS 'A325x12' ; 46-50 OCT 24.125.06-89 325x12
&MITR 'R124-15' R 124 NC 2 ANGLE 45 XM 1.3
&TEE 'BRC' BID 'A14x2' DB 21 TB 5.5 H 245 MAT '08H18N10T' ; 01 OCT 24.125.11-89
325x12 14x2
```

### Стандартные отводы

**BEND** идентификационное имя отвода. Используется для определения вариантов стандартных отводов для рассматриваемого сечения.

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров

### Параметры подкоманды:

**R** радиус отвода.

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	> 0

**OVAL** эллиптичность (овальность) поперечного сечения

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	%
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$0 \leq OVAL \leq 100$

**SMIN** минимальная толщина стенки отвода (без учета утонения стенки трубопровода)

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	T - C
область возможных значений:	<a href="#">(1)</a>

**XT<sup>2)</sup>** коэффициент для корректировки толщины стенки колена

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	1
область возможных значений:	$\geq 1$

**CROS** ссылка на имя PIPE, определенное ранее и использующееся для характеристик поперечного сечения отвода

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	имя 'ID' основной команды PIPE
область возможных значений:	имя должно совпадать с ранее определенными именами сечений.

**Примечания:**

1) для вычисления напряжений по ПНАЭ и РД используется величина  $SMIN^*$ :

1) if  $smin > 0$

$$smin^* = smin - corr$$

2) if  $smin = 0$

$$smin^* = t - c^* - corr; \quad c^* = \begin{cases} c; & \text{если } c \geq 0 \\ t|c|/100; & \text{если } c < 0 \end{cases}$$

3) if  $smin < 0$

$$smin^* = (t - c^*)|smin|/100 - corr$$

Задание  $smin < 0$  подходит для моделирования отводов, в которых значение  $smin$  нормируется относительно "фактической толщины стенки трубы", например, СТО 95 111-2013.

2) При задании колен по ряду отечественных и зарубежных стандартов (ГОСТ, СТО, В16.9, EN) зачастую отсутствует информация о средней толщине колена. Чтобы не заводить дополнительные вспомогательные сечения, можно использовать параметр  $xt$  – масштабный множитель толщины стенки. При этом, для моделирования колена будет использоваться сечение с диаметром  $D_o$  присоединенной трубы и толщиной стенки  $t_e = xt \times t$ . Погонный вес такого сечения будет определяться по формуле:  $w_e = (D_o/t-xt) \times xt \times w / (D_o/t-1)$ , где  $D_o$ ,  $t$ ,  $w$  – диаметр, толщина стенки и погонный вес присоединенной трубы

**Стандартные секторные колена**

**MITR** идентификационное имя секторного колена. Используется для определения вариантов стандартных деталей совместимых с текущим сечением (PIPE).

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров

**Параметры подкоманды:**

**R** радиус секторного колена, указанный в чертеже

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	$R \geq r$ (средний радиус трубы)

**NC** ЧИСЛО КОСЫХ СТЫКОВ

тип:	<a href="#">INTEGER</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	> 0

**XM<sup>1)</sup>** коэффициент для корректировки массы секторного колена

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	1
область возможных значений:	≥ 1

**ANGLE** полный угол секторного колена (используется для проверки геометрии)

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	градусы
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

**CROS** ссылка на имя поперечного сечения трубы, если оно отличается от текущего сечения PIPE

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	имя 'ID' основной команды PIPE
область возможных значений:	имя должно совпадать с ранее определенными именами сечений.

См. также [Приложение XIX](#) по моделированию секторных колен в dPIPE

**Примечания:**

- 1) Масса секторных колен по НТД может быть на 5% больше, чем получается в программе с использованием погонного веса сечения за счет прямых участков, которые указываются на чертеже, но не вписываются в модель секторного колена. Для задания точной массы используется коэффициент  $xm = (W - 2lw) / (R\alpha w)$ , где:  $W$  - вес колена, указанный на чертеже,  $l$  - длина прямолинейных участков,  $w$  - погонный вес трубы из текущего сечения,  $R$  - радиус секторного колена, указанный на чертеже,  $\alpha$  - полный угол колена

**Стандартные тройники**

**TEE** идентификационное имя тройникового или штуцерного соединения. Используется для задания исходных данных для "стандартных" тройников, сопрягаемых с текущим сечением трубопровода.

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-

значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров

См. видеоклип

Идентификационное имя стандартного тройника формируется по следующему правилу: TEE=TYPE[\$...], где TYPE предопределенный тип тройника, он зависит от Норм и может принимать следующие значения: [BRC](#), [WLT](#), [RFT](#), [UFT](#), [EXT](#), [SOL](#), [WOL](#), [FWB](#). Вторая часть имени, начинающаяся с «\$», опциональная. Она служит для ввода нескольких стандартных тройников одного и того же типа, под один типоразмер, но с разными данными. Например: &TEE 'BWT' ...; &TEE 'BWT\$01' ...; &TEE 'BRC' ...; Для CODE = 'PNAE', 'PNAE\_HT' и 'RD' имя стандартного тройника может быть любым.

**Основные параметры подкоманды (применимы для всех Норм расчета на прочность):**

Стандартный Тройник

Основные | Дополнительно

Тип: UFT | Метка:

Геометрия

Корпус		Штуцер	
Dr	325	Db	219
Tr	28	Tb	22.5
<b>L</b> Длина	650	<b>H</b> Высота	306

По умолчанию

**VID** Сечение штуцера: CS175C | **MAT** Материал: \$15GS | **W** Вес: 1540

**FLEX** Коэффициенты податливости

K1b	K0b	K1b	Ka

OK Cancel Help

**VID** имя присоединенной трубы штуцера, обязательный параметр – ссылка на существующую команду PIPE

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -

область возможных значений: только сечения, описанные командой PIPE

**DR, TR** наружный диаметр и толщина стенки корпуса

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: соответствующие величины определяются по присоединенной трубе корпуса, т.е. текущей команды PIPE  
область возможных значений: > 0

**DB, TB** наружный диаметр и толщина стенки штуцера

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: соответствующие величины определяются по присоединенной трубе штуцера, т.е. команды PIPE с именем **BID**  
область возможных значений: > 0

**L** длина корпуса. В случае, если **DR, TR** отличаются от величин "по умолчанию", то **L** - обязательный параметр.

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: > 0, длина любого из примыкающих к узлу разветвления существующих элементов не должна превышать величины L/2

**H** высота штуцера (от осевой линии корпуса). В случае, если **DB, TB** отличаются от величин "по умолчанию", то **H** - обязательный параметр.

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: > 0, длина существующего элемента со стороны штуцера не должна превышать величины H

**W** вес тройника.

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
значение по умолчанию: Если определены H или L, то:  $W = w_r \cdot L + w_b \cdot (H - DR/2)$ , где:

$w_r = \text{MAX}(\pi^*(DR-TR)*TR*DEN; w_{rp})$ , где:  $w_{rp}$  - погонный вес, определенный по примыкающей трубе корпуса из команды PIPE, DEN – плотность материала MAT;  
 $w_b = \text{MAX}(\pi^*(DB-TB)*TB*DEN; w_{bp})$ , где:  $w_{bp}$  - погонный вес присоединенной трубы штуцера из команды PIPE с именем BID, DEN – плотность материала MAT;

область  
возможных  
значений:  $\geq 0$

**MAT** ссылочное идентификационное имя материала, из которого изготовлен тройник (см. команду [MAT](#))

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: материал присоединенной трубы корпуса  
 область возможных значений: имя должно совпадать с ранее определенными именами материалов.

**FLEX(4)** коэффициенты податливости тройникового соединения: FLEX(1) - изгиб в плоскости тройника ( $k_{ib}$ ), FLEX(2) - изгиб из плоскости тройника ( $k_{ob}$ ), FLEX(3) - кручение штуцера ( $k_{tb}$ ), FLEX(4) - осевая податливость штуцера ( $k_a$ )

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 размерность: массив из четырех элементов  
 значение по умолчанию: принимаются в соответствии с параметром [TEE FLEX](#).  
 Если один из элементов этого массива = 0, то податливость в соответствующем направлении не учитывается, несмотря на значение параметра [TEE FLEX](#).  
 область возможных значений:  $\geq 0$

Дополнительные параметры подкоманды (совместимы лишь с отдельными типами тройников, зависят от Норм расчета на прочность, см. [Приложение XX](#)):

Стандартный Тройник

Основные | Дополнительно

R2: 400

Rp:

Rx:

Ta:

Tc:

Tn:

Tp:

Tw:

Cr:

Cb:

Kis:

OK Cancel Help

Тип тройника определяется его [идентификационным именем](#); см. также [Приложение XIV](#)

## Характеристики балочных сечений (BEAM)

**Тип:** общая однострочная команда

**Функция:** определение характеристик поперечных сечений балочных элементов.

**Параметры:**

**ID** идентификационное имя сечения.

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров

**AX<sup>1)</sup>** площадь поперечного сечения

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм <sup>2</sup>

значение по умолчанию: -  
область возможных значений:  $> 0$

**SY<sup>2)</sup>** коэффициент сдвига по оси Y (при SY = 0 сдвиг не учитывается)

тип: [REAL](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

**SZ<sup>2)</sup>** коэффициент сдвига по оси Z (при SZ = 0 сдвиг не учитывается)

тип: [REAL](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

**IX** момент инерции на кручение

тип: [REAL](#)  
единицы: мм<sup>4</sup>  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений:  $> 0$

**IY** момент инерции сечения относительно оси Y

тип: [REAL](#)  
единицы: мм<sup>4</sup>  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений:  $> 0$

**IZ** момент инерции сечения относительно оси Z

тип: [REAL](#)  
единицы: мм<sup>4</sup>  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений:  $> 0$

**W<sup>3)</sup>** погонный вес

тип: [REAL](#)  
единицы: Н/мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

**MAT** ссылочное идентификационное имя материала (см. команду [MAT](#))

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	имя должно совпадать с ранее определенными именами материалов.

**B** ширина сечения - размер вдоль локальной оси Y (для отображения в 3D режиме)

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$\geq 0$

**H** высота сечения - размер вдоль локальной оси Z (для отображения в 3D режиме)

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$\geq 0$

**TYPE** тип сечения (для отображения в Pipe3DV)

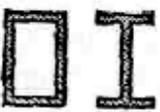
тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	'I'
область возможных значений:	'I', 'U', 'L', 'P', 'B', 'O', 'T'

*'I' - двутавр; 'U' - швеллер; 'L' - уголок; 'P' -прямоугольная труба; 'B' - прямоугольное сплошное сечение; 'O' - круглое сплошное; 'T'- тавровое сечение*

**Примечания:**

- 1) Геометрические характеристики сечений балочных элементов определяются в локальной системе координат (см. [Приложение I](#)).
- 2) Для учета сдвига балок в dPIPE используются т. называемые коэффициенты сдвига (параметры  $S_y$  и  $S_z$ ). Подробно о том как вычислять эти коэффициенты изложено в книге Тимошенко "Механика материалов" [REF 13], где эти коэффициенты называются коэффициентами формы. Там же приведена таблица 11.4 со значениями этих коэффициентов для некоторых сечений:

Таблица 11.4. Коэффициент сдвига  $\alpha_{сд}$  и коэффициент формы  $f_{сд}$ 

	Форма поперечного сечения	$\alpha_{сд}$	$f_{сд}$
	Прямоугольник	$\frac{3}{2}$	$\frac{6}{5}$
	Круг	$\frac{4}{3}$	$\frac{10}{9}$
	Тонкостенное кольцо	2	2
	Коробчатое сечение или двутавр	$\frac{F}{F_{ст}}$	$\frac{F}{F_{ст}}$

3) См. также [Приложение IV](#) с комментариями по поводу задания весовой нагрузки.

Пример :

```
BEAM'BEAM1' AX 6.40000E+03 IX 5.76000E+06 IY 3.41000E+06 \
IZ 3.41000E+06 SY 1.200 SZ 1.200 \
W 0.0 MAT '08H18N10T' B 100 H 200 type = 'L'
```

## Режимы работы трубопровода (OPVAL)

Тип: общая многострочная команда

Функция: задание рабочих параметров трубопровода и режимов его работы.

Параметры:

**ID**<sup>1)</sup> идентификационное имя режима работы трубопровода.

тип:	<b>TEXT</b>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров

**TAU**<sup>4)</sup> расчетный ресурс работы

тип:	<b>REAL</b>
------	-------------

единицы:	тыс. часов
значение по умолчанию:	200
область возможных значений:	$\geq 0$

### Подкоманда-параметр

**LG<sup>2)</sup>** имя нагрузочной группы трубопровода, т.е. группы элементов с одинаковыми рабочими параметрами

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров

### Параметры подкоманды:

**P** внутреннее давление

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	МПа
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$\geq 0$

**T** температура

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	°C
значение по умолчанию:	TA (см. команду <a href="#">CTRL</a> )
область возможных значений:	-

**CSG<sup>3)</sup>** плотность среды

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	в долях от плотности воды (для воды DEN = 1)
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$\geq 0$

**INS<sup>3)</sup>** признак наличия изоляции

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	в долях от веса изоляции соответствующего сечения трубопровода (см. параметр IWGHT, команда PIPE)
значение по умолчанию:	1
область возможных значений:	$\geq 0$

**TAU<sup>4)</sup>** расчетный ресурс работы

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	тыс. часов
значение по умолчанию:	<a href="#">TAU</a> (параметр команды)
область возможных значений:	$\geq 0$

**Примечания:**

- 1) Первый по счету режим работы предполагается соответствующим нормальным условиям эксплуатации трубопровода (НУЭ), на него ссылается величина **\$OPER** (параметр MOD команды [SOLV](#)). Аналогичная ссылка на режим с именем **\$COLD** означает использование в расчете "холодного" состояния: т.е. трубопровод перед пуском: без среды, без давления и при температуре  $T=TA$  (режим с таким именем можно не задавать в команде, его параметры программа определит автоматически); Режим с именем **'TEST'** используется в стандартных заданиях на расчет для режима гидроиспытаний с заклиненными пружинами. Режим со стандартным именем '\$INST' используется для переопределения величины температуры монтажа трубопровода [TA](#) для разных участков трубопровода; режимы с именами **\$DESIGN** и **\$PEAK** используются для определения проектного и пикового давления соответственно при проверке уравнений в рамках расчетов по ASME BPVC.
- 2) В зависимости от рабочих параметров (температура, давление, среда) трубопровод разбивается на нагрузочные группы. Каждый режим работы должен иметь описание параметров всех нагрузочных групп, присутствующих в расчетной модели.
- 3) См. также [Приложение IV](#) с комментариями по поводу задания весовой нагрузки для трубопроводов.
- 4) Расчетный ресурс [TAU](#) используется для расчетов по нормам [CODE](#) = 'RD', 'EN' и 'PNAE\_T'. В зависимости от этого числа вычисляются значения допускаемых напряжений [SA](#) или предела длительной прочности [SR](#). Если  $TAU = 0$ , то в соответствующих элементах высокотемпературных трубопроводов не производится расчет напряжений, зависящих от ресурса (этапы 2 и 4 при расчете по РД, напряжения [SGM5](#) при расчетах по EN).

Пример:

```
OPVAL 'NOL'
& 'Line_1' P 12.0 T 250 CSG 1
& 'Line_2' P 8.0 T 350 CSG 0
```

```
OPVAL 'ZERO'
& 'Line_1' P 0 T 20 CSG 1
& 'Line_2' P 0 T 20 CSG 0
```

## Напряжения от перепада темп. по толщине стенки и эффекта стратификации (GRAD)

**Тип:** общая многострочная команда

**Функция:** задание параметров для учета дополнительных напряжений от перепада температур по толщине стенки, а также эффекта стратификации (используются при расчетах по нормам ПНАЭ [[REF\\_1](#)] и ASME BPVC NB-3600 (Class 1) [[REF\\_3](#)]). Команда должна следовать только после команды [OPVAL](#). Параметры *MODE* и *LG* должны соответствовать аналогичным параметрам, определенным в команде [OPVAL](#).

**Параметры:**

**MODE** идентификационное имя режима работы трубопровода.

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров

**Подкоманда-параметр**

**LG** имя нагрузочной группы трубопровода, т.е. группы элементов с одинаковыми рабочими параметрами

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров

**Параметры подкоманды:**

**DT1** линейная часть температурного градиента по толщине стенки

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	°C
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	-

**DT2** нелинейная часть температурного градиента по толщине стенки

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	°C
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	-

**STRAT** линейная часть температурного градиента по высоте сечения вследствие эффекта стратификации

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	°C
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	-

**DT3** нелинейная часть температурного градиента по высоте сечения вследствие эффекта стратификации

тип: [REAL](#)  
 единицы: °C  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: –

**STRESS** предварительно вычисленная величина напряжений от перепада температур по толщине стенки

тип: [REAL](#)  
 единицы: МПа  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

Пример:

```
GRAD 'MODE_2S'
& 'SECT_A' DT1 0.2 DT2 0.03 STRESS 45 STRAT 27 DT3 10.04
& 'SECT_B' DT1 2.8 DT2 0.5 STRESS 30 STRAT 20 DT3 6.6
& 'SECT_C_D' DT1 0.2 DT2 0.03 STRESS 58 STRAT 19.17 DT3 14.1
& 'SECT_E' DT1 0.2 DT2 0.03 STRESS 35 STRAT 29.42 DT3 7
& 'SECT_F' DT1 0.2 DT2 0.03 STRESS 56 STRAT 21.67 DT3 13.38
& 'FW' DT1 20.6 DT2 3.6 STRESS 34 STRAT 42.8 DT3 15
& 'FW_SG' DT1 65.4 DT2 19.2 STRESS 34 STRAT 42.8 DT3 15
```

**Примечания:**

- 1) В зависимости от выбранных Норм расчета программа использует следующие параметры:  $CODE = 'ASME\_NB'$ :  $\Delta T_1$ ,  $\Delta T_2$ ,  $STRAT$  и  $\Delta T_3$ ;  $CODE = 'PNAE'$  и  $CODE = 'PNAE\_T'$ :  $STRESS$ ,  $STRAT$  и  $\Delta T_3$ , параметр  $STRAT$  может использоваться при расчете по любым Нормам.
- 2) Определение и способы вычисления величин  $\Delta T_1$  и  $\Delta T_2$  приведены в разделе NB-3653.2 [[REF 3](#)].
- 3) Параметр  $STRESS$  соответствует размаху полного максимального температурного напряжения от перепада по толщине стенки  $(\sigma)_T^*$  – см. п. 2.3.3.4 Приложения 5 норм ПНАЭ [[REF 1](#)].
- 4) Определение и способ вычисления параметров  $STRAT$  и  $\Delta T_3$  приведены в [Приложении VIII](#).

## концентрация кислорода в водной среде (ENVFAT)

Тип: общая многострочная команда

**Функция:** Задание величин концентрации кислорода в водной среде для отдельных участков трубопровода. Команда используются для оценки циклической прочности с учетом влияния водной среды при расчетах по нормам [[REF 24](#)] и используется при [CODE](#) = 'PNAE', [CODE\\_YEAR](#)= 2022, [FAT\\_ENV](#) = 'YES'. Команда должна следовать только после команды

**OPVAL.** Параметры *MODE* и *LG* должны соответствовать аналогичным параметрам, определенным в команде **OPVAL**. Процедура расчета кривых усталости по ГОСТ Р 59115.9-2021, [REF 24] в программе dPIPE описана в [Приложении XVII](#).

#### Параметры:

**MODE** идентификационное имя режима работы трубопровода.

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров

#### Подкоманда-параметр

**LG** имя нагрузочной группы трубопровода, т.е. группы элементов с одинаковыми рабочими параметрами

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров

#### Параметры подкоманды:

**KO** концентрация кислорода в водной среде (используется только при [CODE](#) = 'PNAE', [CODE\\_YEAR](#)= 2022, если FAT\_ENV = 'YES')

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мг/кг
значение по умолчанию:	<a href="#">KO</a>
область возможных значений:	≥0.

#### Пример:

```
OPVAL 'NOC'
& 'SECT_A'          KO 0.02
& 'FW'              KO 0
```

### Данные для пружинных опор (SDEF)

**Тип:** общая однострочная команда

**Функция:** определение таблицы с характеристиками пружин

#### Параметры:

**STAB** идентификационное имя таблицы пружин

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-

значение по умолчанию:	'OST80'
область возможных значений:	соответствующие величины, прописанные в файле SH.DBS (см. <a href="#">Приложение VI</a> ), напр.: 'MVN63', 'OST80', 'OST93', 'LISEGA')

**PVAR** коэффициент изменения нагрузки

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	0.35
область возможных значений:	$0 \leq PVAR \leq 1$

**PFAC** коэффициент запаса по нагрузке

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	1.3
область возможных значений:	$\geq 1$

**ZMAX** максимальная структура цепи

тип:	<a href="#">INTEGER</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	(2)
область возможных значений:	$\geq 1$

**ZMIN** минимальная структура цепи

тип:	<a href="#">INTEGER</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	1
область возможных значений:	$1 \leq ZMIN \leq ZMAX$

**Примечания:**

1) Команда SDEF инициализирует данные, используемые в дальнейшем по умолчанию в командах SPR, по характеристикам пружин упругих подвесок. В одном файле с исходными данными может встречаться несколько команд SDEF.

2) По умолчанию величина ZMAX = числу диапазонов рабочих перемещений для рассматриваемой таблицы пружин (см. [Приложение VI](#))

Пример :

```
SDEF 'OST93' PVAR 0.3 PFAC 1.4
SDEF 'LISEGA' PVAR 0.25 PFAC 1.1 ZMAX 3
```

## Сейсмические спектры ответа (SPEC)

**Тип:** общая многострочная команда

**Функция:** задание спектров ответа.

**Параметры:**

**SET** идентификационное имя набора спектров. Для каждого набора вводятся отдельные команды SPEC.

тип:	<a href="#">TEXT</a> , ограничения: 4 символа
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров

**GROUP** идентификационное имя сейсмической группы опор. Для каждой группы опор вводится отдельная команда SPEC.

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров

**INT** идентификатор способа интерполяции для промежуточных точек. В зависимости от величины INT интерполяция осуществляется либо по линейной, либо по логарифмической шкале.

тип:	<a href="#">INTEGER</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	0 (LIN-LIN); 1 (LOG-LIN); 10 (LIN-LOG); 11 (LOG-LOG)

**MULT** массив из 3-х чисел, содержащий масштабные множители ускорений для каждого из направлений сейсмического воздействия.

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	1, 1, 1
область возможных значений:	≥ 0

**DISP** массив из 3-х чисел, содержащий компоненты сейсмических перемещений для задаваемой группы опор.

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0, 0, 0  
 область возможных значений:  $\geq 0$

### Подкоманды-параметры

**FX, FY, FZ** массив частот, для которых задаются ответные ускорения по соответствующему направлению: X, Y, Z

тип: [REAL](#)  
 единицы: Гц  
 размерность: массив от 2 до 1000 элементов  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $> 0$ . Каждый последующий элемент массива должен быть больше предыдущего.

**AX, AY, AZ** массив ответных ускорений сейсмического воздействия по направлениям X, Y, Z.

тип: [REAL](#)  
**единицы:** **g**  
 размерность: массив от 2 до 1000 элементов  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $> 0$ .  
 значений:

Альтернативно можно указать пути к файлам, содержащим оцифровку спектров ответа в виде следующих команд:

```
SPEC group = '03_60', int = 0, mult = 0.049, 0.049, 0.049, disp = 0, 0,
0
& file_sx = ".\SPECTRA\03.60_Y_SSE.DAT"
& file_sy = ".\SPECTRA\03.60_X_SSE.DAT"
& file_sz = ".\SPECTRA\03.60_Z_SSE.DAT"
```

Пример:

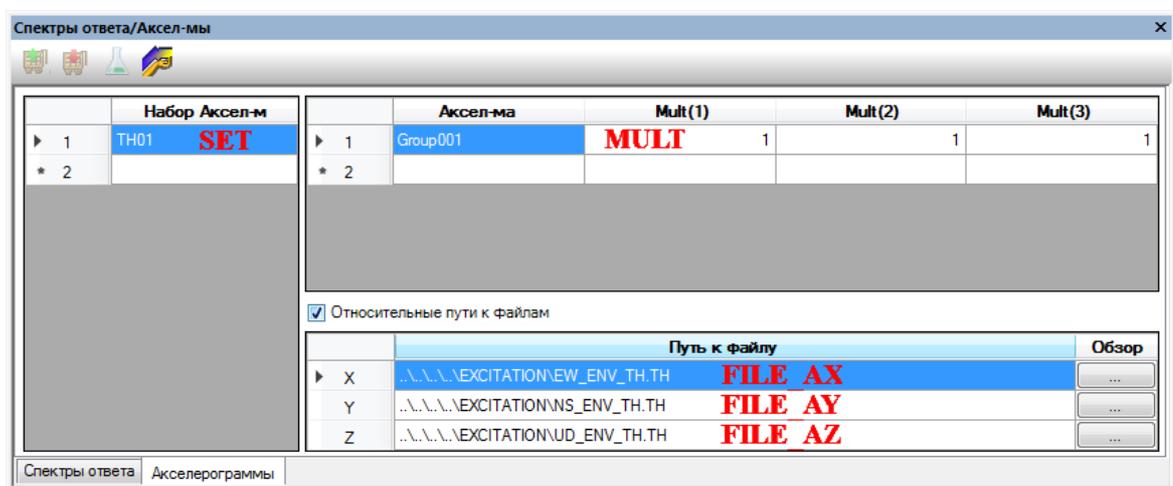
```
SPEC GROUP 'RB' MULT = 1.00 1.00 1.00
&FX = 0.01 0.20 1.27 2.68 3.06 3.40 3.74 5.06 5.75 \
6.09 7.22 9.77 10.35 11.53 15.60 19.55 21.27 35.80
57.50 \
100.00
&AX = 0.054 0.054 0.420 0.900 1.142 1.897 2.067 2.067 \
```

```

0.483 \
1.745 1.725 0.982 0.982 0.777 0.669 0.669 0.578
0.445 0.362 0.362
&FY = 0.01 0.20 1.27 2.04 3.06 3.57 5.06 7.47 8.40 \
9.35 12.00 18.00 23.00 57.50 100.00
&AY = 0.054 0.054 0.344 0.684 1.406 2.215 2.215 0.974 \
0.860 0.627 0.963 0.963 0.625 0.417 0.417
&FZ = 0.01 0.20 1.19 2.69 3.57 5.50 6.80 9.20 9.77 \
12.30 14.45 19.55 21.27 27.60 31.32 57.50 100.00
&AZ = 0.028 0.028 0.130 0.269 0.483 0.483 0.401 0.401 \
0.452 0.488 0.677 0.677 0.487 0.449 0.255 0.140
0.140

```

## Акселерограммы сейсмического воздействия (ACSE)



**Тип:** общая многострочная команда

**Функция:** задание акселерограмм сейсмического воздействия

**Параметры:**

**SET** идентификационное имя набора акселерограмм. Для каждого набора вводятся отдельные команды ACSE. Ссылка на параметр SET указывается в команде [DCASE](#) (параметр INP)

тип: [TEXT](#), ограничения: 4 символа  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров

**MULT** массив из 3-х чисел, содержащий масштабные множители ускорений для каждого из направлений сейсмического воздействия.

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 1, 1, 1

область возможных значений:  $\geq 0$

### Подкоманды-параметры

<b>FILE_AX<sup>2)</sup></b>	имя файла, содержащего оцифровку акселерограммы <sup>2)</sup> для направления X
тип:	<a href="#">STRING</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	<a href="#">blank</a>
область возможных значений:	см. ограничения для строчных значений параметров. Длина строки не должна превышать 128 символов.
<b>FILE_AY</b>	имя файла, содержащего оцифровку акселерограммы для направления Y
тип:	<a href="#">STRING</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	<a href="#">blank</a>
область возможных значений:	см. ограничения для строчных значений параметров. Длина строки не должна превышать 128 символов.
<b>FILE_AZ</b>	имя файла, содержащего оцифровку акселерограммы для направления Z
тип:	<a href="#">STRING</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	<a href="#">blank</a>
область возможных значений:	см. ограничения для строчных значений параметров. Длина строки не должна превышать 128 символов.

### Примечания:

- 1) Если файл с оцифровкой акселерограммы находится в рабочем каталоге, то достаточно указать только его имя с расширением. В остальных случаях требуется указания полного или относительного пути к файлу.
- 2) Для описания акселерограмм первая строка файла должна содержать величины количества точек оцифровки акселерограммы NT и величину шага оцифровки акселерограммы DT. После задания этих величин следуют NT точек оцифровки акселерограммы в свободном формате. Следует обратить внимание, что шаг и количество точек оцифровки для всех трех акселерограмм должны быть одинаковыми.  
**Ускорения задаются в долях g!**
- 3) При наличии в задании на расчет двух и более динамических расчетных случаев или нескольких наборов воздействий для выполнения расчета по МДА с учетом многоопорного воздействия, имена наборов акселерограмм и спектров ответа должны совпадать, см. документ "[Учет сейсмического смещения опор при расчете методом динамического анализа. Пример расчета](#)"

Пример:

```
ACCE set = 'TH01', group = 'Group001', mult = 0.102, 0.102, 0.102
```

```
& file_ax = ".\ACC\OGIB_PND3_Y_k002_korr-acc.th"
& file_ay = ".\ACC\OGIB_PND3_X_k002_korr-acc.th"
& file_az = ".\ACC\OGIB_PND3_Z_k002_korr-acc.th"
```

## Задание на расчет (SOLV)

**Тип:** общая многострочная команда

**Функция:** задание последовательности и параметров выполнения отдельных этапов расчета

### Параметры:

<b>NAME</b>	наименование расчета
	тип: <a href="#">STRING</a>
	единицы: -
	значение по умолчанию: -
	область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 80 символов

### Подкоманда

**LC** признак начала описания отдельного расчета (Load Case)

### Параметры подкоманды:

<b>TYPE</b>	тип расчета.
	тип: <a href="#">TEXT</a>
	единицы: -
	значение по умолчанию: -
	область возможных значений: тип расчета либо не указывается (пользовательский тип), либо должен соответствовать одному из стандартных имен: 'DSGN'; 'OPER_A'; 'OPER_B'; 'OPER_R'; 'SUST_A'; 'SUST_C'; 'MODAL'; 'TEST'; 'TEST_B'; 'SAM' (см. примечание 1)
<b>MOD</b>	идентификационное имя режима работы трубопровода
	тип: <a href="#">TEXT</a>
	единицы: -
	значение по умолчанию: -
	область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров. Режим работы должен быть предварительно описан командой OPVAL, либо соответствовать одному из стандартных имен: \$COLD – "холодное" состояние без учета веса среды (T=TA, P = 0, CSG = 0); \$OPER – рабочее состояние, соответствующее первому режиму команды <a href="#">OPVAL</a>

<b>LOAD</b>	спецификация для нагрузочного вектора
	тип: <a href="#">TEXT</a>
	единицы: -
	значение по умолчанию: -
	область возможных значений: см. (2)
<b>PEND</b>	признак учета маятникового эффекта в упругих и жестких подвесках (см. также Примечание <a href="#">**</a> )
	тип: <a href="#">TEXT</a>
	единицы: -
	значение по умолчанию: 'NO'
	область возможных значений: 'YES', 'NO'
<b>FRIC</b>	ключ для учета сил трения в опорах
	тип: <a href="#">TEXT</a>
	единицы: -
	значение по умолчанию: 'NO'
	область возможных значений: 'YES', 'NO'
<b>NLS<sup>3)</sup></b>	способ учета нелинейных опор
	тип: <a href="#">TEXT</a>
	единицы: -
	значение по умолчанию: 'YES'
	область возможных значений: 'YES', 'REF'
<b>HNG_STF</b>	признак учета жесткости пружинных подвесок
	тип: <a href="#">TEXT</a>
	единицы: -
	значение по умолчанию: 'YES'
	область возможных значений: 'YES', 'NO'
<b>PE</b>	признак учета осевых деформаций от давления (см. <a href="#">Приложение IX</a> )
	тип: <a href="#">TEXT</a>
	единицы: -
	значение по умолчанию: 'NO'
	область возможных значений: 'YES', 'NO'
<b>NOTE</b>	обозначение

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: [blank](#)  
 область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров

**Примечания:**

1) Стандартные типы расчета предполагают predetermined следующие параметры::

Тип расчета	Нагрузка от упр. опор	Учет жесткости пружин	Трение и маятниковый эффект	Учет односторонних верт. опор и жестк. подвесок
OPER_A	$P_h$	нет	Пользователь	да
OPER_B	$R_0$	да	Пользователь	да
<a href="#">OPER_R</a>	$R_0$	да	Пользователь	да
SUST_A	$P_h$	нет	нет	да
SUST_C	$P_h$	нет	нет	реферативный
DSGN	$P_h$	rigid/нет	нет	да
TEST	-	lock	Пользователь	да
TEST_B	$R_0$	lock/да	Пользователь	да
MODAL	-	да	нет	моделируются двусторонними линейными связями
SAM	-	да	нет	моделируются двусторонними линейными связями

В приведенной таблице:

$P_h$  - нагрузка на подвеску, заданная в [ИД](#) или определенная программой в процессе расчета (в расчете типа "OPER\_A"  $P_h$  принимается по исходным данным, в расчете типа "OPER\_B" рабочая нагрузка на подвеску принимается по предыдущему этапу расчета); ;

$R_0$  - монтажный затяг пружины (определяется программой за исключением типа расчета [OPER\\_R](#));

Учет трения в опорах и маятникового эффекта в подвесках для расчетов типа "OPER\_A" и "OPER\_B" определяется Пользователем (учитывать или не учитывать); в расчете "SUST\_C" трение и маятниковый эффект не учитываются; в расчете типа "MODAL" учет или неучет горизонтальной составляющей жесткости подвесок вследствие маятникового эффекта определяется параметром [RH\\_PND](#)

Для расчетов типа "OPER\_A", "OPER\_B", "OPER\_R", "DSGN" и "TEST" односторонние вертикальные опоры и жесткие подвески учитываются в соответствии с заданными [ИД](#).

Для расчета типа "SUST\_C" их состояние принимается как реферативное по отношению к предыдущему этапу расчета, т.е. если в предыдущем случае нагружения опора была неактивна (отрывалась), то в расчете типа "SUST\_C" она не будет учитываться (NLS='REF').

Тип расчета 'DSGN' используется для определения проектных нагрузок на упругие опоры (см. Приложение VI). При этом подвески, в которых не определена рабочая нагрузка, заменяются на жесткие вертикальные связи, а в подвесках, где нагрузка уже определена, учитывается только эта нагрузка без жесткости пружин.

Тип расчета 'MODAL' используется для определения собственных частот и форм колебаний системы при выполнении динамических расчетов.

Тип расчета 'TEST' используется для режима гидроиспытаний сразу после монтажа трубопровода с заклиненными пружинами. При этом вес изоляции на трубопроводе не учитывается, а наличие среды и температура гидроиспытаний должны быть описаны в команде [OPVAL](#) (режим TEST). Жесткость заклиненных пружин определяется параметром [RH\\_STF](#).

Тип расчета 'TEST\_B' используется для режима гидроиспытаний, проводимых в процессе эксплуатации трубопровода: расчет позволяет «заклинить» часть упругих подвесок в операционном состоянии, ссылка на которое дана в параметре MODE. При этом учитывается статус всей [ОПС](#) трубопровода.

Тип расчета "OPER\_R" позволяет задать в качестве исходных данных (нагрузка на упругую опору) монтажную затяжку  $R_0$ ; это может быть востребовано при некоторых расчетах с данными, полученными из других расчетных программ. В этом случае программа не контролирует величину заданной нагрузки для упругой опоры относительно параметров [PMAX](#) и [PMIN](#).

Для предопределенных типов расчета (параметр TYPE) выполняется следующее правило:

Параметр	Значение										
TYPE:	<b>DSGN</b>	<b>OPER_A</b>	<b>OPER_B</b>	<b>OPER_R</b>	<b>SUST_A</b>	<b>SUST_C</b>	<b>MODAL</b>	<b>TEST</b>	<b>TEST_B</b>	<b>SAM</b>	-
LOAD (*)	W	W+P+T +D+[...]	W+P+T +D+[...]	W+P+T +D+[...]	W+P +[F]	W+P +[F]	-	W+P +T+D	W+P+ T+D	D	ANY
HNG_STF	<a href="#">RGD</a> <a href="#">SPR</a>	NO	YES	YES	NO	NO	YES	<a href="#">RH_STF</a>	YES/ <a href="#">RH_STF</a>	YES	NO/YES
NLS	YES	YES	YES	YES	YES	REF	LIN	YES	YES	LIN	YES/REF
FRIC	NO	YES/NO	YES/NO	YES/NO	NO	NO	NO	YES/NO	YES/NO	NO	NO/YES
PEND	NO	YES/NO	YES/NO	YES/NO	NO	NO	(**)	YES/NO	YES/NO	NO	NO/YES

(\*) Для типов 'OPER\_A', 'OPER\_B', 'OPER\_R' в [...] опционно могут включаться сосредоточенные силы (F), усилия от монтажного растяга (CS) и усилия от эффекта стратификации (BOW);

(\*\*) параметр *PEND* при выполнении динамического расчета может принимать значения 'NO', или 'LCXX', где XX - реферативный номер расчетного случая, в котором определены нагрузки на упругие и жесткие подвески.

2) *LOAD* – текстовый параметр, состоящий из predeterminedных символов и разделителей ("+" ):

Предопределенные символы: **W, P, T, F, D, CS, BOW**

**W** – учет весовой нагрузки;

**P** – учет давления;

**T** – учет темп. нагрузок;

**F** – учет сосредоточенных сил;

**D** – учет смещения опор;

**CS** - учет монтажного растяга

**BOW** - учет распределенного изгибающего момента от температурной стратификации (см. Приложение VIII)

3) при *NLS = 'REF'* состояние нелинейных опор для текущего этапа расчета принимается по предшествующему: например, если при расчете на "полную" нагрузку (*W+P+T+D*) односторонняя опора "оторвалась", то в последующем расчете, для которого задана опция *NLS = 'REF'*, эта опора вообще не будет учитываться. Значение параметра *NLS = 'LIN'* означает линеаризацию всех нелинейных опор (работа без трения, без зазоров, только двусторонние связи)

Пример :

```
SOLV "Расчет с определением рабочих нагрузок и выбором пружин (#1)"

&LC MOD='$OPER' TYPE='DSGN' Note="Определение рабочих нагрузок на пружины" ; LC1
&LC MOD='$OPER' TYPE='OPER_A' PEND='NO' FRIC= 'NO' Note="Расчет на полную
нагрузку" ; LC2
&LC MOD='$COLD' TYPE='OPER_B' PEND='NO' FRIC = 'NO' Note="Выбор пружин" ; LC3
&LC MOD='$OPER' TYPE='OPER_B' PEND='YES' FRIC='YES' Note="Этап II (полная
нагрузка)" ; LC4
&LC MOD='$OPER' TYPE='SUST_C' Note="Этап I" ; LC5
&LC MOD='$COLD' TYPE='OPER_B' PEND='YES' FRIC = 'YES' Note="Этап IV ('холодная
нагрузка')"; LC6
```

## Задание на выполнение динамических расчетов (DCASE)

	Type	LC	Inp	Mcom	DK	TT	Del	Dtout	THA Avi	THA Strs	Note
▶ LD1	THA	LC7	TH01	...	0.02	0.1	0.005	0.005	<input type="checkbox"/>	TH	
* LD2									<input type="checkbox"/>		

Постпроцессор    Динамические расчеты

Команда *DCASE* определяет набор динамических расчетных случаев, их связь с результатами модального анализа (см. команду [SOLV](#), тип [MODAL](#)) и набором сейсмических или

динамических воздействий (см. команды [SPEC](#), [ACCE](#) и [DFRC](#)). В файле [ИД](#) команда должна располагаться между командами [SOLV](#) и [POST](#).

**Тип:** общая многострочная команда

**Функция:** определение параметров динамических расчетов

#### Подкоманда-параметр

##### LD

#### Параметры подкоманды:

**TYPE** тип динамического расчета

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	<a href="#">DYN</a>
область возможных значений:	'RSM', 'THA'

**LC** ссылка на модальный расчет, определенный в команде [SOLV](#)

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	LC должен быть описан в предшествующей команде

**INP** ссылка на набор динамических воздействий, определенных в параметре SET команд [SPEC/ACCE/DFRC](#)

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	набор должен быть описан одной из предшествующих команд

**MSOM** тип модальной комбинации сейсмических откликов

тип:	<a href="#">INTEGER</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	2

Параметр MSOM представляет собой целое число, битовая маска которого содержит в себе сразу несколько ключей для задания правил модальной комбинации сейсмических откликов. Для формирования этого параметра рекомендуется использовать следующий диалог:

Поля приведенного диалога могут принимать следующие значения:

#### Определение правил модальной комбинации сейсмических откликов

Поле диалога	Возможные значения	Примечания
Правило модальной комбинации	SRSS	метод ККСК ("корень квадратный из суммы квадратов")
	NRC_GRM	метод группировки в редакции US NRC
	NRC_TPM	метод 10 % суммирования в редакции US NRC
	NRC_DSC	метод "двойных сумм" в редакции US NRC
	ISM_CQC	метод "полной квадратичной комбинации" для многоопорного воздействия
	DSC	метод "двойных сумм"
	CQC	метод "полной квадратичной комбинации"
Учет высших форм колебаний	да/нет	
<b>Параметры для многоопорного воздействия:</b>		
Учет сейсмического смещения опор (SAM)	да/нет	
Учет SAM для вычисления напряжений	да/нет	
Суммирование между группами опор	ABS/SRSS	
<b>Дополнительные параметры<sup>1)</sup></b>		
Модальное демпфирование (DK), в долях от критического	0.05	при DK = -1 предполагается модальное демпфирование по Code Case N-411
Продолжительность сейсмического воздействия (ТТ), сек	15.0	

1) Оба параметра, *DK* и *TT*, используются для метода "двойных сумм" (*NRC\_DSC* и *DSC*); параметр *DK* используется для метода *CQC* (*ISM\_CQC*, *CQC*).

**TT** общая продолжительность динамического воздействия. Также используется как параметр в рамках [ЛСМ](#) при комбинации модальных откликов по *DSC* (см. [MCOM](#))

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	сек
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$\geq 0$

**DEL** шаг интегрирования

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	сек
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$\geq 0$

*Если DEL = 0, то шаг интегрирования вычисляется программой автоматически. Если вычисленный программой шаг интегрирования DEL1 меньше заданного, то DEL = DEL1*

**DTOUT** шаг вывода результатов при динамическом анализе

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	сек
значение по умолчанию:	DEL
область возможных значений:	$\geq 0$

**DK** модальное демпфирование (в долях от критического). Также используется в рамках [ЛСМ](#) при комбинации модальных откликов по *CQC* и *DSC* (см. [MCOM](#))

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$0 \leq DK \leq 1$

**THA\_STRS** способ вычисления напряжений в элементах трубопровода при выполнении расчета по [МДА](#) (*DYN*='THA')

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	'TH'
область возможных значений:	'SRSS', 'TH', 'FAST'

*при THA\_STRS = 'SRSS' программа находит максимальные модальные отклики системы путем интегрирования уравнений движения по времени. Для расчета напряжений в трубопроводной системе при этом используется процедура аналогичная расчету по [ЛСМ](#). Это "быстрый",*

но менее точный способ оценки напряжений, чем при параметре  $TNA\_STRS = 'TH'$ . В последнем случае, напряжения отыскиваются для каждого шага интегрирования и в распечатке указываются максимальные величины.  $TNA\_STRS = 'FAST'$  - способ "быстрого" вычисления ответных параметров трубопровода, основанный на анализе максимумов модальных координат и кинетической энергии системы за время интегрирования уравнений движения. Эту опцию рекомендуется использовать при отладочных расчетах моделей, когда основное время расчета приходится на интегрирование уравнений движений. Из опыта выполненных расчетов следует, что использование этой опции позволяет корректно определить максимумы ответных параметров ~ в 90 % случаев. Для окончательных расчетов следует использовать процедуру вычисления ответных параметров на каждом шаге интегрирования. Для норм расчета РД и ПНАЭ напряжения, зависящие от динамической нагрузки переменной во времени, вычисляются несколько раз для отобранных моментов времени. Для остальных Норм определяются покомпонентные максимумы внутренних усилий за все время воздействия, и напряжения рассчитываются один раз на основе этих максимумов.

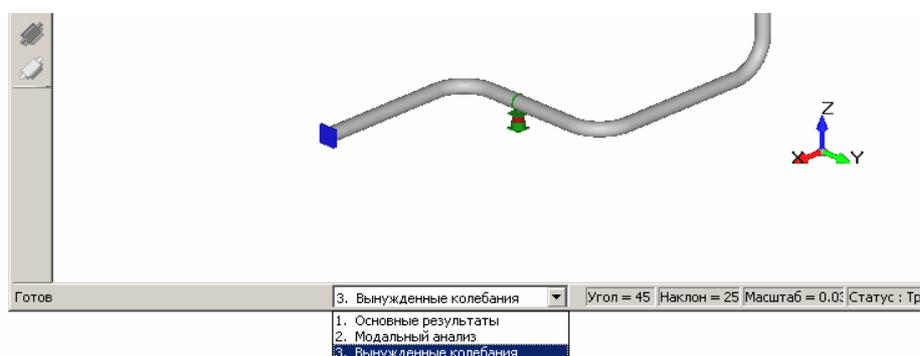
При  $TNA\_STRS = 'TH'$  в распечатках с результатами отображаются либо максимальные величины по отдельным пространственным компонентам, либо величины, соответствующие моменту времени, когда ККСКорень квадратный из суммы квадратов по трем пространственным направлениям достигает максимума. Подробности приведены в следующей таблице:

выводимая величина	максимум
напряжения $S2\_MRZ, S2\_PZ1, S2\_PZ2, S\_I\_PZ$ (нормы ПНАЭ и РД)	рассчитываются на каждом временном шаге, печатаются максимальные за все время воздействия
напряжения $EQ9\_B, EQ9\_C, EQ9\_D, SGM2, SOL$ (нормы ASME NB/NC, B31.1, EN)	рассчитываются для момента времени, когда $M = \sqrt{(M_x^2 + M_y^2 + M_z^2)}$ достигает максимума
внутренние усилия для элементов типа PIPE, BEND, REDU	все 6 компонент усилий выводятся для момента времени, когда $M = \sqrt{(M_x^2 + M_y^2 + M_z^2)}$ достигает максимума
внутренние усилия для всех элементов, кроме элементов типа PIPE, BEND, REDU	Для каждой пространственной компоненты максимум по времени определяется независимо
перемещения	
ускорения	
реакции опор	
Демпферы (нагрузки и деформации)	раздельно печатаются максимумы для горизонтального направления (ККСКорень квадратный из суммы квадратов) и для вертикального направления

**THA\_AVI** признак вывода анимации вынужденных колебаний при выполнении расчета по [МДА \(DYN='THA'\)](#)

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	'NO'
область возможных значений:	'YES' или 'NO'

при **THA\_AVI** = 'YES' программа записывает деформированное состояние системы для каждого шага интегрирования. Эти результаты впоследствии можно просмотреть в программе *PIPE3DV*, выбрав в нижнем окошке с перечнем выводимых результатов строку "Вынужденные колебания":



а затем воспользоваться кнопками  и  для просмотра анимации. Следует иметь в виду, что при записи вынужденных колебаний размер файла <модель>.bin существенно увеличивается!

**NOTE** обозначение

тип:	<a href="#">STRING</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для строчных значений параметров

Пример :

```
DCASE
& LD type = 'RSM', lc = 'LC7', inp = 'SET1', mcom = 6 ; LD1
& LD type = 'THA', lc = 'LC7', inp = 'THA', mcom = 6, dk = 0.02, tt = 20, del =
0.001, dtout = 0.001 ; LD2
```

## Задание на постпроцессорную обработку (POST)

Команда POST определяет задание для постпроцессорной обработки результатов и должна располагаться в файле исходных данных только после описания команды SOLV. Величины параметров, использующихся в команде POST, зависят от норм оценки прочности (в настоящей версии реализованы нормы ПНАЕ [\[REF 1\]](#) и РД [\[REF 2\]](#), ASME NB/NC-3600 [\[REF 3\]](#), EN 13480-3 [\[REF 10\]](#), ASME B31.1 [\[REF 12\]](#)).

**Тип:** общая многострочная команда

**Функция:** задание на постпроцессорную обработку результатов расчета.

### Подкоманда-параметр

**RES** тип обрабатываемых результатов

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: [см. \(1\)](#)

### Параметры подкоманды:

**LS** спецификация для создания набора результатов.

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: [см. \(2\)](#)

**RULE** параметр для определения правила обработки наборов результатов

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'SUM'  
область возможных значений: [см. \(3\)](#)

**OUT** признак вывода результатов на печать и их отображения

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'YES'  
область возможных значений: 'YES', 'NO'

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров

### Примечания:

1) RES =

Обозначение:	Наименование выводимого параметра:
DISP	перемещения
SUPP	реакции опор
FORC	внутренние усилия

Напряжения в зависимости от Норм расчета на прочность:

**CODE = 'PNAE', 'PNAE\_T', 'NTD\_ACI':**

S1	напряжения категории S1 (допускаемые напряжения для S1 определяются в зависимости от предшествующего набора результатов с S2)
S2_NUE	напряжения категории S2 (НУЭ)
S2_NNUE	напряжения категории S2 (ННУЭ)
S2_MRZ	напряжения категории S2 (МРЗ)
S2_PZ1	напряжения категории S2 (ПЗ, 1 категория)
S2_PZ2	напряжения категории S2 (ПЗ, 2 категория)
SRK	напряжения категории SRK (для в.т. трубопроводов см. <a href="#">Приложение V</a> )
SAF	напряжения категории SAF <b>(Реферативный набор результатов должен содержать два аргумента!!!)</b>
S2_HDR	напряжения категории S2 (гидроиспытания)

**CODE = 'RD':**

S_I	эффективные напряжения по I этапу
S_II	эффективные напряжения по II этапу
S_III	эквивалентные напряжения по III этапу
S_IV	эффективные напряжения по IV этапу
S_I_PZ	эффективные напряжения для НУЭ + ПЗ
S_H	эффективные напряжения по I этапу для режима гидроиспытаний

**CODE = 'ASME\_NC':**

EQ8	напряжения от постоянных нагрузок (проектные условия), уравнение (8) NC-3652
EQ9_B	напряжения от постоянных и случайных нагрузок, совместимых с уровнем B, уравнение (9), NC-3653.1
EQ9_C	напряжения от постоянных и случайных нагрузок, совместимых с уровнем C, уравнение (9), NC-3654
EQ9_D	напряжения от постоянных и случайных нагрузок, совместимых с уровнем D, уравнение (9), NC-3655
EQ10	напряжения от температурных расширений, уравнение (10), NC-3653.2-a
EQ10A	напряжения от неповторяющихся одиночных смещений опор, уравнение (10a), NC-3653.2-b
EQ11	напряжения от комбинации постоянных и температурных нагрузок, уравнение (11), NC-3653.2-c
EQ11A	напряжения от реверсивных нагрузок, уравнение (11a), NC-3653.2-d

**CODE = 'ASME\_NB':**

<b>EQ9_DC</b>	напряжения от проектного давления и проектных механических нагрузок, "проектные условия", уравнение (9) NB-3652
<b>EQ9_B</b>	напряжения от давления и механических нагрузок, совместимых с уровнем В, уравнение (9) NB-3654
<b>EQ9_C</b>	напряжения от давления и механических нагрузок, совместимых с уровнем С, уравнение (9) NB-3655
<b>EQ9_D</b>	напряжения от давления и механических нагрузок, совместимых с уровнем D, уравнение (9) NB-3656
<b>EQ10</b>	размах напряжений, возникающий при переходе системы из одного состояния в другое, уравнение (10), NB-3653.1
<b>EQ11</b>	пиковые напряжения, возникающий при переходе системы из одного состояния в другое, уравнение (11), NB-3653.2
<b>EQ12</b>	упрощенный упруго-пластический анализ. Напряжения от температурных расширений, уравнение (12), NB-3653.6-a
<b>EQ13</b>	упрощенный упруго-пластический анализ. Общие + изгибные мембранные напряжения от нагрузок, возникающих при переходе системы из одного состояния в другое, исключая нагрузки от температурных расширений, уравнение (13), NB-3653.6-b

**CODE = 'EN':**

<b>SGM1</b>	напряжения от постоянных нагрузок, уравнение (12.3.2-1)
<b>SGM1T</b>	напряжения от постоянных нагрузок при режиме гидроиспытаний, уравнение (12.3.2-1). Допускаемые напряжения определяются в соответствии с разделом 5.2 и задаются в материале (см. параметр <a href="#">ST</a> )
<b>SGM2</b>	напряжения от постоянных и случайных или экстремальных нагрузок, уравнение (12.3.3-1)
<b>SGM3</b>	размах напряжений от нагрузок, возникающих при переходе системы из одного состояния в другое, уравнение (12.3.4-1)
<b>SGM4</b>	размах напряжений от постоянных (вес+давление) и переменных нагрузок, уравнение (12.3.4-2)
<b>SGM5</b>	размах напряжений для проверки условий наступления ползучести, (12.3.5-1)
<b>SGM6</b>	напряжения от неповторяющихся одиночных смещений опор, уравнение (12.3.6-1)

**CODE = 'ASME\_B311':**

<b>SL</b>	напряжения от постоянных нагрузок (Stress due to sustained loads)
<b>SOL</b>	напряжения от постоянных и случайных или экстремальных нагрузок
<b>SE</b>	размах напряжений от нагрузок, возникающих при переходе системы из одного состояния в другое (Thermal Expansion Stress Range)

*[Приложение V](#) содержит рекомендации и правила по составлению типовых заданий на расчет и постпроцессорную обработку.*

Для оценки напряженного состояния трубопровода при режиме гидроиспытаний в соответствии с требованиями РД 10-249-98 [REF\_2] в dPIPE используется категория напряжений [S\\_H](#), которая реализует вычисления по формулам первого этапа полного расчета трубопровода. Допускаемые напряжения для этой категории напряжений вычисляются следующим образом: в соответствии с пунктом 2.8 РД при определении допустимой величины пробного давления допускаемое напряжение должно приниматься согласно табл. 2.8, где для углеродистой, теплоустойчивой и аустенитной стали (катаной и ковальной) величина  $[\sigma]$  принимается равной:  $[\sigma] = \sigma_{0,2}/1.1$ . Критерий прочности для напряжений, вычисленных на первом этапе расчета выполняется, если:  $\sigma_{эф} \leq 1.1[\sigma]$ . Таким образом, допускаемые напряжения для режима гидроиспытаний можно записать в виде:  $\sigma_{доп. г.и.} = \sigma_{0,2}$

Если исходные данные расчетной модели dPIPE содержат величины предела текучести для используемых материалов (параметр [SY](#), команда [MAT](#)), то программа напрямую вычисляет допускаемые напряжения в соответствии с вышеприведенной формулой. При отсутствии таких данных предполагается, что  $\sigma_{0,2} = 1.5 * [\sigma]$ , где номинальные допускаемые напряжения  $[\sigma]$  соответствуют параметру [SA](#) команды [MAT](#). Пример задания на расчет для режима гидроиспытаний содержится в [Приложении V](#).

- 2) *LS – спецификация для создания набора результатов. Параметр LS определяет каким образом нужно комбинировать результаты расчета для получения интересующих величин. В выражении для LS находятся ссылки на описанные в команде [SOLV](#) Load Cases (LC), на динамические расчеты LD (команда [DCASE](#)) и/или на создаваемые постпроцессором по команде [POST](#) наборы результатов LS(Load Sets). Например, выражение: 'LC2-LC1+LS1' определяет, что в рамках текущего LS нужно сформировать результаты как разность между величинами из LC N 2, и LC N 3 + величина из ранее описанного набора N 1. В качестве разделителей между наборами LC и LS используются знаки "+" (плюс), "-" (минус) ", " (запятая) " " (пробел), ":" (двоеточие). Символы "+" и "-" определяют знак весовых коэффициентов. Символы " " (пробел) и ", " (запятая) означают перечисление наборов, к которым затем применяется правило, определенное параметром RULE. Знак ":" (двоеточие) используется для краткой формы перечисления диапазона значений. Например, запись LS = 'LC1:LC3' эквивалентна записи LS = 'LC1, LC2, LC3'. **Порядок следования комбинируемых параметров имеет значение. Сперва должны описываться результаты из LC, затем динамические расчеты LD, а вслед за ними LS.***

- 3) *RULE =*

**'SUM'** суммирование наборов;

**'RANG'** перебор с нахождением максимальной разницы.

**E'**

**'REF'** приведение набора усилий для элементов типа "PIPE", "BEND" и "REDU" к "холодному" (реферативному) модулю упругости (используется только в сочетании с RES = 'FORC');

**'SEISM'** "сейсмическое" правило суммирования компонентов для наиболее "неблагоприятного" случая: если параметр LS задан как: LS = 'LC1+LC4', то результирующее значение будет определено как сумма абсолютных значений из набора  $|LC1i| + |LC4i|$ , а знак принимается по первому слагаемому. Например:

LC1:	43295	70	-3425	928	-2626	-137
LC4:	43041	938	2078	22344	3939	1379
SEISM:	86336	1008	-5503	23272	-6565	-1516

*правило RULE = "SEISM" используется только в сочетании с RES = 'FORC', 'DISP' и 'SUPP';*

- 'MAX'** нахождение максимальных по модулю значений компонентов перемещений, реакций опор, напряжений и внутренних усилий
- 'ABS'** суммирование наборов по абсолютной величине.
- 'H\_REL'** идентификатор вывода нагрузок на опоры с учетом релаксации температурных усилий. Используется только для высокотемпературных трубопроводов в сочетании с RES = 'SUPP'
- 'C\_REL'** идентификатор вывода нагрузок на опоры с учетом саморастяжки. Используется только для высокотемпературных трубопроводов в сочетании с RES = 'SUPP'
- SRSS** правило корень квадратный из суммы квадратов для пост-процессорной комбинации результатов расчета. Правило применимо к комбинации внутренних усилий (FORC), нагрузок на опоры (SUPP) и перемещений точек трубопровода (DISP)
- S\_SRS** комбинация результатов по "сейсмическому" правилу SRSS:  
**S** результирующая величина равна корню квадратному из суммы квадратов суммируемых компонент, а знак принимается по первому слагаемому. Правило применимо к комбинации внутренних усилий (FORC), нагрузок на опоры (SUPP) и перемещений точек трубопровода (DISP)
- SAM** опция для вывода результатов (перемещений, внутренних усилий, реакций опор) от действия сейсмического смещения опор. Совместимо с RES = 'DISP'/'SUPP'/'FORC'. Параметр LOAD при этом должен ссылаться динамический случай нагружения (LD). Также возможно использование этой опции при расчете напряжений только от действия сейсмического смещения опор для уровней нагружения: Level B, C, D (RES = 'EQ\_9B(C,D)') в соответствии с Нормами ASME NB/NC в редакции 2010 г и позже
- RVRS** RVRS признак того, что при расчете напряжений динамические нагрузки рассматриваются как реверсивные. Совместимо с Нормами ASME NB/NC в редакции 2010 г и позже (RES = 'EQ\_9B(C,D)'), а также с нормами EN в редакции 2020 г (RES = 'SGM2')

- 4) Если задать нулевой множитель для первого слагаемого в «сейсмических» напряжениях, то помимо внутренних усилий обнуляется и соответствующее внутреннее давление, что позволяет оценить вклад «чистой» сеймики в уровень общих напряжений:

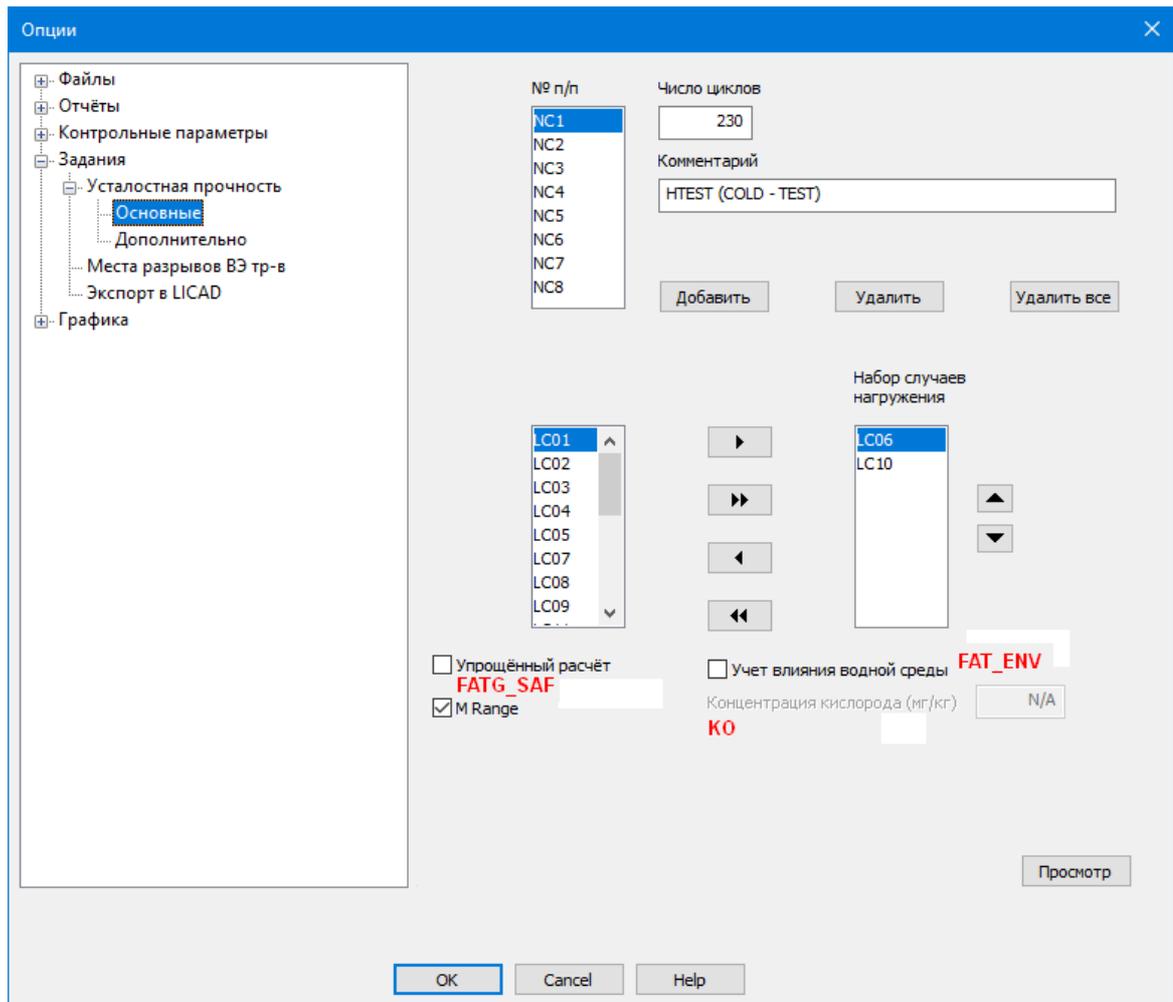
```
&res = 'S2_MRZ', ls = "0*LC2+LC4", note = "Напряжения S2 (MP3)";
LS4
```

Пример :

```
POST
&RES='S2_NUE' LS="LC2" RULE='SUM' OUT='YES' NOTE="Напряжения категории S2"
&RES='SRK' LS="LC1-LC3" RULE='SUM' OUT='YES' NOTE="Напряжения категории SRK"
&RES='SAF' LS="LC1-LC3" RULE='SUM' OUT='YES' NOTE="Напряжения категории SAF"
&RES='DISP' LS="LC2" RULE='SUM' OUT='YES' NOTE="Весовые перемещения"
&RES='DISP' LS="LC1-LC3" RULE='SUM' OUT='YES' NOTE="Видимые перемещения"
&RES='SUPP' LS="LC1" RULE='SUM' OUT='YES' NOTE="Нагрузки в рабочем состоянии"
&RES='SUPP' LS="LC3" RULE='SUM' OUT='YES' NOTE="Нагрузки в холодном состоянии"
```

## Задание на расчет усталостной прочности (FATG)

Команда FATG определяет задание для постпроцессорного расчета усталостной прочности и должна располагаться в файле исходных данных только после описания команды [SOLV](#). В интерфейсе таблицы DDE команде соответствует следующий диалог:



**Тип:** общая многострочная команда

**Функция:** задание на постпроцессорный расчет усталостной прочности и накопленных повреждений в элементах трубопровода<sup>1)</sup>.

#### Параметр

**FATG\_SAF** признак выполнения "упрощенного" расчета (для [CODE](#) = 'PNAE', 'PNAE\_T', 'ASME\_NB') для определения индивидуального расчетного числа циклов при переходе системы из одного операционного состояния в другое. При включенной опции допускается задавать только парные случаи нагружения для каждого из рассматриваемых переходов.

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'NO'  
 область возможных значений: 'YES', 'NO'

**M\_RANGE** учет *размаха* механических нагрузок для уравнения (13) по ASME NB-3600 или напряжений SRK" для PNAE при расчете по методике упрощенного упруго-пластического расчета (см. параметр [PNAE\\_KE](#)).

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'NO'  
 область возможных значений: 'YES', 'NO'

**FAT\_ENV** признак расчета циклической прочности с учетом водной среды (используется только при [CODE](#) = 'PNAE', [CODE\\_YEAR](#)= 2022) по кривым усталости, рассчитанным в соответствии с [[REF 24](#)], Приложение В, см. [Приложение XVII](#)

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'NO'  
 область возможных значений: 'YES', 'NO'

**KO** концентрация кислорода в водной среде (используется только при [CODE](#) = 'PNAE', [CODE\\_YEAR](#)= 2022, если [FAT\\_ENV](#) = 'YES'), см. [Приложение XVII](#)

тип: [REAL](#)  
 единицы: мг/кг  
 значение по умолчанию: 0.  
 область возможных значений: ≥0.

#### Подкоманды:

**NC** число циклов для заданной истории нагружения

тип: [INTEGER](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: > 0

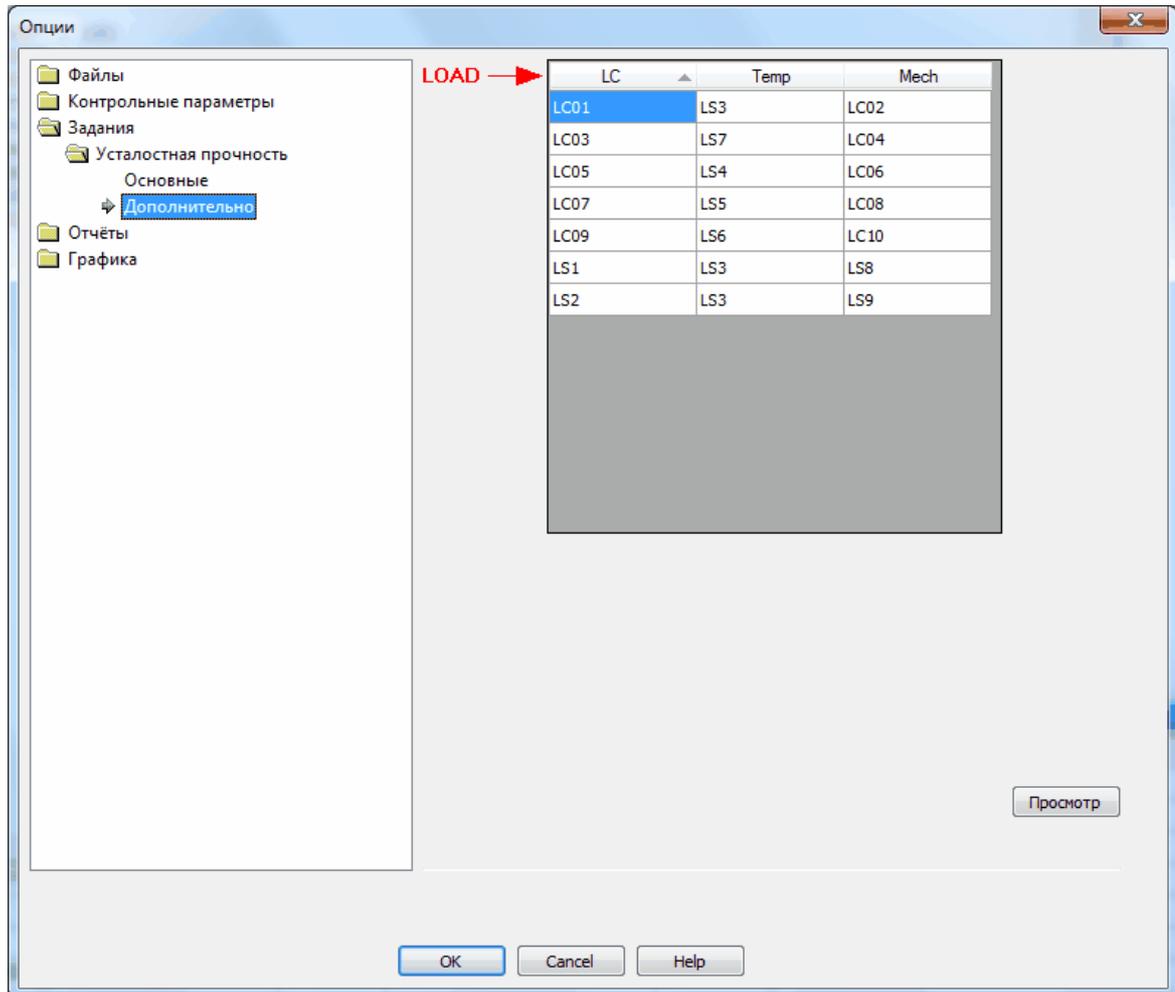
#### Параметры подкоманды:

**SEQ** история нагружения

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: случаи нагружения, предварительно описанные в команде SOLV.

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: [blank](#)  
 область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров

**Дополнительные данные для расчета усталостной прочности:**

**LOAD** ссылка на LC или LS, описанный параметром SEQ

тип:

[TEXT](#)

единицы:

-

значение по умолчанию:

-

область возможных значений:

случаи нагружения или наборы результатов, описанные в одной из подкоманд NC (параметр SEQ)

**Параметры подкоманды:**

**TEMP** ссылка на LC или LS, в котором определены температурные нагрузки для учета в уравнении (12) по ASME NB-3600 или напряжений SRK' по методике упрощенного упруго-пластического расчета (см. параметр [PNAE\\_KE](#)).

тип:

[TEXT](#)

единицы:

-

значение по умолчанию:

-

область возможных значений: случаи нагружения или наборы результатов, описанные в одной из подкоманд NC (параметр SEQ)

**MECH**

ссылка на LC или LS, в котором определены механические нагрузки для учета в уравнении (13) по ASME NB-3600 или напряжений SRK" по методике упрощенного упруго-пластического расчета (см. параметр [PNAE\\_KE](#)).

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: случаи нагружения или наборы результатов, описанные в одной из подкоманд NC (параметр SEQ)

Пример:

```
FATG
& nc = 3000, seq = "LC1, LC6"
& nc = 3800, seq = "LC1, LC4, LC6"
& nc = 10000, seq = "LC1, LC2, LC3, LC4, LC5, LC6"
```

**Примечания:**

- (1) Расчет усталостной прочности проводится только для низкотемпературных трубопроводов по нормам расчета ПНАЭ ([CODE](#) = 'PNAE') и ASME BPVC NB-3600 ([CODE](#)= 'ASME\_NB') и чешских Норм NTD A.C.I. ([CODE](#)='NTD\_AC!'). Для высокотемпературных трубопроводов при расчете по ПНАЭ ([CODE](#) = 'PNAE\_T') работа этой команды допускается только с опцией "[упрощенного](#)" расчета". Процедура расчета кривых усталости по ГОСТ Р 59115.9-2021, [[REF 24](#)] в программе dPIPE описана в [Приложении XVII](#)
- (2) Пример расчета усталостной прочности и накопленной повреждаемости тестового трубопровода в рамках программы dPIPE приведен в [[REF 11](#)]

**Задание для опр-ния мест постул. разрывов ВЭ тр-дов (POST\_HELVB)**

Команда POST\_HELVB определяет параметры для выполнения расчета по определению промежуточных мест постулируемых разрывов высокоэнергетических (ВЭ) трубопроводов. Команда применима лишь при расчете по Нормам ПНАЭ [[REF 1](#)] или ASME NB/NC [[REF 3](#)] или EN [[REF 10](#)]. В файле исходных данных команда должна располагаться после команд [SOLV](#) и [POST](#). См. [Приложение XVIII](#) по критериям для определения мест постулированных разрывов ВЭ трубопроводов при расчете по различным Нормам.

**Тип:** общая однострочная команда

**Функция:** спецификация для выполнения расчета

**Параметры:**

<b>CUF</b>	<p>критериальная величина накопленного повреждения для определения мест постулированных разрывов ВЭ трубопроводов (при выполнении расчетов по Нормам EN или ASME NC не используется)</p> <p>тип: <a href="#">REAL</a> единицы: - значение по умолчанию: 0.4 область возможных значений: &gt;0; &lt; 1</p>
<b>RUPTURE</b>	<p>коэффициент, стоящий при сумме допускаемых напряжений, использующихся для определения условия возникновения поперечного или продольного разрыва</p> <p>тип: <a href="#">REAL</a> единицы: - значение по умолчанию: 0.8 область возможных значений: &gt;0; &lt;= 1</p>
<b>CRACK</b>	<p>коэффициент, стоящий при сумме допускаемых напряжений, использующихся для определения условия образования сквозной трещины</p> <p>тип: <a href="#">REAL</a> единицы: - значение по умолчанию: <math>0.5 * \text{RUPTURE}</math> область возможных значений: &gt;0; &lt; 1</p>
<b>MECH_LS</b>	<p>ссылка на набор результатов (Load Set, команда <a href="#">POST</a>), в котором, в зависимости от Норм, вычисляются напряжения либо от комбинации нагрузок НЭ + ПЗ (EN, ASME_NC), либо размах напряжений, исключаящий нагрузки от самокомпенсации (ПНАЭ, ASME_NB):</p> <p>тип: <a href="#">TEXT</a> единицы: - значение по умолчанию: - область возможных значений: для Норм 'PNAE': LS для <a href="#">S2_PZ1</a>, <a href="#">S2_PZ2</a>, для Норм ASME_NC: LS для <a href="#">EQ9_B</a>, для Норм /ASME_NB: LS для <a href="#">EQ13</a></p>
<b>RANGE_LS</b>	<p>ссылка на набор результатов (Load Set, команда <a href="#">POST</a>), в котором определен максимальный размах напряжений при переходе системы из одного рабочего состояния в другое</p>

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'FATG' (максимальный размах определяется непосредственно из расчета циклической прочности. Наличие команды [FATG](#) обязательно)  
 область возможных значений: для Норм 'PNAE': LS для ['SRK'](#) или 'FATG'  
 для Норм ASME\_NC: [EQ10](#);  
 для Норм ASME\_NB: [EQ12](#) или 'FATG';

**HELB\_STR**

идентификатор для обозначения участка трубопровода, классифицируемого как высокоэнергетический. Определение мест постулируемых разрывов будет применяться только к участкам, чьи имена начинаются на специфицированную последовательность символов. По умолчанию, высокоэнергетическими считаются все участки трубопроводов, входящие в расчетную модель.

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: длина до 8 символов

**DOC**

идентификатор для выбора критериального документа, по которому определяются места постулируемых разрывов. Доступны две опции: DOC = 'ANSI' и DOC = 'SRP'. В первом случае критерии определяются по документу 'ANSI/ANS 58.2', во втором в соответствии с SRP Section BTP 3-4, NUREG-0800

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: [blank](#)  
 область возможных значений: [blank](#), 'ANSI', 'SRP'

Пример :

POST\_HELB CUF = 0.4, RUPTURE = 0.8, MECH\_LS = 'LS03', RANGE\_LS = 'FATG', HELB\_STR = 'HELB'

**Задание на формирование отчета (POST\_REP)**

Команда POST\_REP определяет задание для формирования обобщающих таблиц с результатами расчетов. В файле исходных данных команда должна располагаться после команд [SOLV](#) и [POST](#).

**Тип:** общая однострочная команда

**Функция:** формирование обобщающих таблиц с результатами расчетов

**Параметры:**

**REP\_TYPE** пользовательский тип отчета

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: 'SPBAEP', 'MOAEP', 'NIAEP', 'ADVANCED'

**LOAD\_HOT**

ссылка на этап расчета (Load Case, команда [SOLV](#)), в котором определена рабочая нагрузка на пружинную опору/подвеску

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: случаи нагружения, предварительно описанные в команде [SOLV](#)

**LOAD\_COLD**

ссылка на этап расчета (Load Case, команда [SOLV](#)), в котором определена холодная нагрузка на пружинную опору/подвеску

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: случаи нагружения, предварительно описанные в команде [SOLV](#)

**LOAD\_DES**

ссылка на этап расчета (Load Case, команда [SOLV](#)), в котором определена проектная нагрузка на пружинную опору/подвеску

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: случаи нагружения, предварительно описанные в команде [SOLV](#)

**LOAD\_HT**

ссылка на этап расчета (Load Case, команда [SOLV](#)), в котором определена нагрузка на пружинную опору/подвеску при режиме [ГИ](#)

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: случаи нагружения, предварительно описанные в команде [SOLV](#)

**LOAD\_SEISM**

ссылка на динамический расчет (команда [DCASE](#), [LD](#)) или на набор результатов (команда [POST](#), LS тип 'SUPP'), в которых определяется сейсмическая нагрузка на опоры. Эти данные используются в результирующих таблицах для сравнения с допускаемыми величинами.

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: 'LSXX', 'LDXX' (LS и LD должны быть предварительно описаны)

**SKIP\_SUP**

идентификатор для обозначения опоры с целью исключения ее из результатов расчета. Набор символов, определяемый параметром SKIP\_SUP, должен располагаться в начале строчного параметра NOTE (например, если SKIP\_SUP = "\$", то в команде для исключаемой опоры должна быть запись: *2450: SUP note = "\$опора"*)

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: '\$\_NULL'  
область возможных значений: длина до 8 символов

**SKIP\_STR**

идентификатор для обозначения участка трубопровода с целью исключения его из результатов расчета. Набор символов, определяемый параметром SKIP\_STR, должен располагаться в начале строчного параметра NAME (например: *10: F dc = -1, 1, 0, cs = '630x10', lg = 'LG1', name = "\$"*)

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: '\$\_NULL'  
область возможных значений: длина до 8 символов

**ANC\_CS**

определение системы координат для вывода усилий в анкерных и 6-компонентных опорах (печать в результирующих таблицах, файл \*.sup)

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'G' (глобальная с.к.)  
область возможных значений: 'G' (глобальная с.к.), 'L' (локальная с.к.)

**RSTR\_CS**

определение системы координат для вывода усилий в скользящих, направляющих и однокомпонентных опорах (печать в результирующих таблицах, файл \*.sup)

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'G' (глобальная с.к.)  
область: 'G' (глобальная с.к.) , 'L' (локальная с.к.)  
возможных значений:

**SUP\_CRD**

признак печати глобальных координат точек опорно-подвесной системы трубопровода в результирующих таблицах

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'NO'  
область: 'YES', 'NO'  
возможных значений:

**SUP\_SKIP**

признак автоматического исключения опор, расположенных на участках трубопровода с меткой [SKIP\\_STR](#), из результирующих таблиц

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'YES'  
область: 'YES', 'NO'  
возможных значений:

**SKIP\_OUT**

признак автоматического исключения участков трубопровода с меткой [SKIP\\_STR](#), из всех распечаток результатов

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'NO'  
область: 'YES', 'NO'  
возможных значений:

**OTT\_W**

ссылка на этап расчета (Load Case, команда [SOLV](#)) или набор результатов (Load Set, команда [POST](#)), в котором определена

весовая нагрузка. Используется для оценки патрубков трубопроводной арматуры<sup>(2)</sup>.

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: случаи нагружения, предварительно описанные в команде [SOLV](#), а также набор результатов типа "FORC" (команда [POST](#))

#### OTT\_T

ссылка на этап расчета (Load Case, команда [SOLV](#)) или набор результатов (Load Set, команда [POST](#)), в котором определена нагрузка от температурной компенсации трубопровода. Используется для оценки патрубков трубопроводной арматуры<sup>(2)</sup>.

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: случаи нагружения, предварительно описанные в команде [SOLV](#), а также набор результатов типа "FORC" (команда [POST](#))

#### OTT\_PZ

ссылка на набор результатов (Load Set, команда [POST](#)), в котором определено совместное действие весовой и сейсмической (уровня Проектного Землетрясения, ПЗ) нагрузок. Используется для оценки патрубков трубопроводной арматуры<sup>(2)</sup>.

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: случаи нагружения, предварительно описанные в команде [SOLV](#), а также набор результатов типа "FORC" (команда [POST](#))

#### OTT\_MRZ

ссылка на набор результатов (Load Set, команда [POST](#)), в котором определено совместное действие весовой и сейсмической (уровня Максимального Расчетного Землетрясения, МРЗ) нагрузок. Используется для оценки патрубков трубопроводной арматуры<sup>(2)</sup>.

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: случаи нагружения, предварительно описанные в команде [SOLV](#), а также набор результатов типа "FORC" (команда [POST](#))

**OTT\_AS**

ссылка на набор результатов (Load Set, команда [POST](#)), в котором определено совместное действия весовой нагрузки и нагрузки от реактивной силы при разрыве трубопровода. Используется для оценки патрубков трубопроводной арматуры<sup>(2)</sup>.

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: случаи нагружения, предварительно описанные в команде [SOLV](#), а также набор результатов типа "FORC" (команда [POST](#))

**ECOLD**

признак отмены приведения внутренних усилий к холодному (реферативному) модулю упругости. При **ECOLD** = 'YES' независимо от параметра [E\\_MOD](#) отменяет масштабирование внутренних усилий,использующихся для вычисления размахов (амплитуд) напряжений, на коэффициент (Eref/Eh).

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'NO'  
область возможных значений: 'YES', 'NO'

**SRK\_RMT**

признак учета учета временного сопротивления при вычислении допускаемых напряжений категории [SRK](#) в соответствии с ПНАЭ, п. 5.4.7 [[REF 1](#)].

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'NO'  
область возможных значений: 'YES', 'NO'

**IL\_SBP**

ссылка на напряжения одной из категорий, учитывающих сейсмические нагрузки, для учета инерционных нагрузок для труб малого диаметра (см. [Приложение XV](#))

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: ссылка на ранее описанный командой [POST](#) набор результатов ([LS](#)), типа: S2\_MRZ, S2\_PZ1, S2\_PZ2, S\_I\_PZ, EQ9\_B, EQ9\_C, EQ9\_D, SOL, SGM2, SOL (в зависимости от применяемых Норм расчета прочности)

**IL\_LBP**

ссылка на напряжения одной из категорий, учитывающих сейсмические нагрузки, для учета инерционных нагрузок для труб «большого» диаметра (см. [Приложение XV](#))

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область: ссылка на ранее описанный командой [POST](#)  
 возможных набор результатов ([LS](#)), типа: S2\_MRZ, S2\_PZ1,  
 значений: S2\_PZ2, S\_I\_PZ, EQ9\_B, EQ9\_C, EQ9\_D, SOL, SGM2, SOL (в зависимости от применяемых Норм расчета прочности)

**SL\_SBP**

ссылка на напряжения одной из категорий, учитывающих вторичные нагрузки, для труб малого диаметра (учет «сейсмического смещения опор» для ТМД(трубы малого диаметра)), см. [Приложение XV](#)

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область: ссылка на ранее описанный командой [POST](#)  
 возможных набор результатов ([LS](#)), типа: SRK, S\_III, EQ10,  
 значений: SGM3, SE (в зависимости от применяемых Норм расчета прочности)

Пример:

```
POST_REP load_hot = 'LC4', load_cold = 'LC6', load_des = 'LC1', skip_str = '$', skip_out = 'ye
```

**Примечания:**

- (1) См. [Приложение VI](#);
- (2) Ссылка на величины допускаемых нагрузок определяется параметром [OTT\\_REF](#) для команд, описывающих клапаны разной конфигурации. Допускаемые нагрузки задаются в файле `vlv_ott.dbs`.
- (3) При задании `REP_TYPE = 'ADVANCED'` меняется форма сводных таблиц в файле `*.sup`, а результаты выбора пружин упругих опор приводятся в соответствии с параметрами [SPR\\_SFPMIN](#), [SPR\\_VARTOL](#) и [SPR\\_TRTRAV](#). См. также [Приложение VI](#).

**Спецификация для набора допускаемых нагрузок на опоры (SUP\_LOADS)**

Команда SUP\_LOADS служит для определения ссылок на этапы расчета или наборы результатов, использующихся при проверке допускаемых нагрузок на опоры.

**Тип:** общая многострочная команда

**Параметры:**

**TABLE** ссылка на имя стандарта

тип: [STRING](#)  
 единицы: -

значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: должно совпадать с полем Table Name таблицы «Supports» с перечнем стандартов, присутствующих в файле [SUP\\_LDS.MDB](#)

### Подкоманды-параметры:

#### MODE

ссылочное имя режима, для которого проводится сравнение расчетных и допускаемых нагрузок. Имя режима должно строго соответствовать именам, предопределенным в таблицах [SUPPORTS](#) (MOD1, MOD2, MOD3) или [LOADS](#) (колонка "Labels") в файле [SUP\\_LDS.MDB](#).

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: предопределенные имена в таблицах [SUPPORTS](#) или [LOADS](#) в файле [SUP\\_LDS.MDB](#)

#### LOAD

ссылка на этап расчета (Load Case, команда [SOLV](#)) или набор результатов (Load Set, команда [POST](#)), в котором вычисляется нагрузка на опоры.

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: случаи нагружения, предварительно описанные в команде [SOLV](#), а также набор результатов типа "SUPP" (команда [POST](#))

### Примечания:

- 1) Программа также воспринимает предыдущий синтаксис этой команды, имеющий вид:

```
SUP_LOADS table = "LISEGA 2010RS", sup_mod1 = 'LC1', sup_mod2 = 'LS7', sup_mod3 = 'LS8'
```

но в процессе редактирования файла \*.dpr5 в среде [DDE](#) преобразует данные в описанный выше формат:

```
SUP_LOADS table = "LISEGA 2010RS"
& mode = 'НУЭ', load = 'LC1'
& mode = 'НУЭ+МПЗ', load = 'LS7'
& mode = 'НУЭ+ПЗ', load = 'LS8'
```

- 2) В одном файле допускается наличие различных таблиц с допускаемыми нагрузками на опоры

### Примеры:

```
SUP_LOADS table = "LISEGA 2010RS"
& mode = 'НУЭ', load = 'LC4'
& mode = 'НУЭ+МПЗ', load = 'LS3'
SUP_LOADS table = "НП-068-05-МПЗ"
& mode = 'Вес', load = 'LC5'
& mode = 'Температура', load = 'LC4'
& mode = 'Вес+МПЗ', load = 'LS3'
```

```
SUP_LOADS table = "TITAN-2_R1_7"
& mode = 'NOC', load = 'LC5'
& mode = 'ANOC', load = 'LC4'
& mode = 'NOC+SSE', load = 'LS3'
```

## Экспорт нагрузок на опоры трубопровода в LICAD (DP2LCD)

Команда **DP2LCD** служит для спецификации параметров для экспорта набора нагрузок из dPIPE в **LICAD**®. См. [Приложение XVI](#).

**Тип:** общая многострочная команда

### Параметры:

**LCD\_VER** версия программы LICAD.

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: LICAD\_RS\_EN  
 область возможных значений: 'LICAD\_RS\_EN' или 'LICAD\_10'

**ANGLE** Допускаемый угол отклонения опоры от направления осей, перпендикулярных оси трубы. Если отклонение превышено, программа выдает предупреждение или ошибку

тип: [REAL](#)  
 единицы: град.  
 значение по умолчанию: 2.5°  
 область возможных значений:  $\geq 0^\circ; \leq 30^\circ$

**SH\_MODE** Режим, использующийся для выбора пружин в настройках LICAD

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'COLD'  
 область возможных значений: 'COLD' или 'HOT'

*В зависимости от параметра SH\_MODE программа определяет для LICAD в качестве «рабочей» нагрузки для пружин величину из 'COLD' или 'HOT'. Соответственно вторая нагрузка будет пересчитана через жесткость пружины и перемещения*

**SKIP** Управление фильтрами экспорта данных для опор из dPIPE

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'STRICT'  
 область возможных значений: 'KKS'; 'DP5'; 'STRICT'; 'OFF'

*параметр SKIP может принимать следующие значения:*

- KKS** – нагрузки для опор, в которых отсутствует их идентификатор (KKS), записанный в поле NOTE не выводятся
- DP5** – нагрузки для опор, на которые действует правило команд [SKIP\\_SUP](#) и [SUP\\_SKIP](#) не выводятся
- STRIC T** – блокируется вывод результатов для всех опор, к которым применимы правила 'KKS' и 'DP5' + не выводятся нагрузки на опоры, если они располагаются в узлах элементов, отличных от прямой трубы, отвода и перехода
- OFF** – все проверки выключены, выводятся нагрузки для всех опор

**S\_CAT** сейсмическая категория трубопровода

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'I'  
 область возможных значений: 'I'; 'II'; 'III'

#### Подкоманды-параметры:

**TYPE** predetermined тип нагрузки

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: определяется в зависимости от параметра LCD\_VER, см. [Приложение XVI](#)

**LOAD** комбинация нагрузок

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: комбинация нагрузок на опоры, см. Примечание (1)

**SF** нормативный повышающий коэффициент

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 1.  
 область возможных значений: > 0, см. Примечание (2)

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров

Пример :

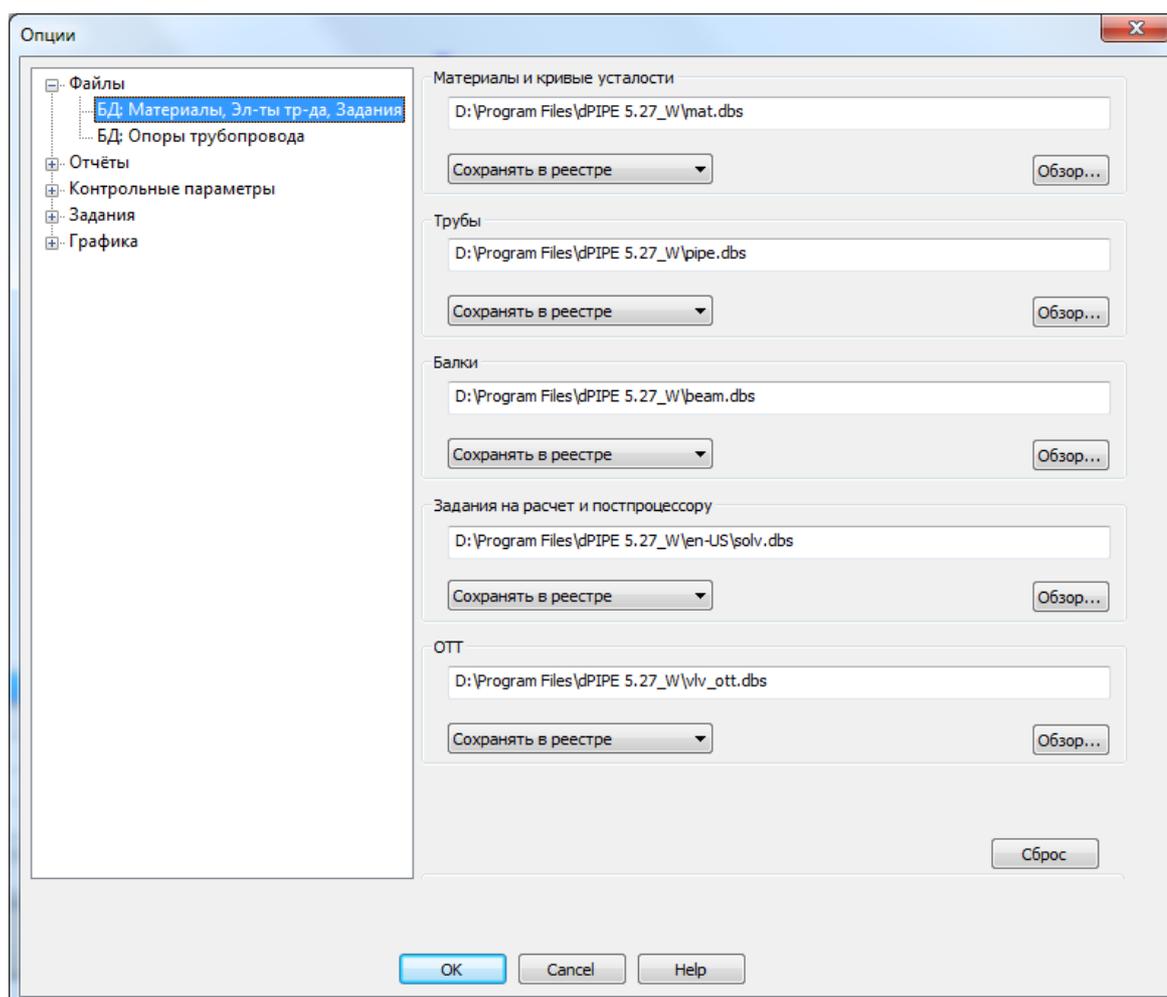
```
DP2LCD lcd_ver = 'LICAD_RS_EN', skip = 'KKS', sh_mode = 'COLD', angle =  
2, s_ctg = 'II'  
& TYPE 'COLD' LOAD "LC6" note = "Холодная нагрузка"  
& 'HOT' "LC4" note = "Рабочая нагрузка"  
& 'NE' "LC4" note = "НУЭ"  
& 'HTEST' "LC7" note = "ГИ"  
& 'NE_PZ' "LD1 + LS11" note = "НЭ+ПЗ"
```

Примечания:

1. Параметр LOAD может ссылаться либо на расчетный случай (LC), либо на набор результатов с нагрузками на опору (LS TYPE = 'SUPP'), либо на динамический расчет (LD). Для комбинации нагрузок с сейсмикой необходимо задание "базовой" (статической) нагрузки, с которой сочетается нагрузка от землетрясения.
2. Параметр SF применим только при экспорте нагрузок для LICAD-10 ( LCD\_VER = 'LCD\_VER\_10'), см. также [Приложение XV](#)

## Управление подключаемыми базами данных (DBF)

Команда DBF определяет месторасположение подключаемых к программе баз данных:



Во время сеанса работы с программой в зависимости от выбранных опций Пользователь может управлять путями к файлам с базами данных:

- при выбранной опции **"сохранять в реестре"** пути к базам прописываются в системный реестр и подключаются автоматически при следующем сеансе работы;
- при выбранной опции **"сохранить в файле"** пути к базам данных прописываются в файле <имя задачи>.db5 и становятся активными при загрузке существующей модели;
- при выбранной опции **"сохранять в файле относительные пути"** пути к базам прописываются как относительные, в противном случае прописываются полные пути, что может вызвать проблемы при переносе модели на другой компьютер.

**Тип:**                   общая однострочная команда

**Подкоманды-параметры:**

<b>SPR</b>	путь к файлу, содержащего базу данных по пружинам;
<b>MAT</b>	путь к файлу, содержащего базу данных по материалам;
<b>PIPE</b>	путь к файлу, содержащего базу данных по трубам и отводам;
<b>BEAM</b>	путь к файлу, содержащего базу данных по балкам;
<b>DAMP</b>	путь к файлу, содержащего базу данных по демпферам;
<b>SOLV</b>	путь к файлу, содержащего базу данных по заданиям на расчет и постпроцессорную обработку результатов;
<b>VALVES</b>	путь к файлу, содержащего базу данных с допускаемыми нагрузками на патрубки трубопроводной арматуры;
<b>SUPLOAD</b>	путь к файлу, содержащего базу данных с допускаемыми нагрузками на опоры трубопровода;
<b>PRE_FMT</b>	путь к файлу, содержащего шаблон для распечатки листинга исходных данных (файл *.OUT);
<b>POST_FMT</b>	путь к файлу, содержащего шаблон для распечатки результатов расчетов (файлы *.RES и *.SUP).

тип: [STRING](#)

единицы: -

значение по умолчанию: [blank](#)

область возможных значений:

Длина строки не должна превышать 259 символов.

*PRE\_FMT*    *PST\_FMT*

Пример:

```
DBF
& spr = "D:\Program Files\dPIPE 5\sh.dbs"
& mat = "D:\Program Files\dPIPE 5\mat.dbs"
& pipe = "D:\Program Files\dPIPE 5\pipe.dbs"
& beam = "D:\Program Files\dPIPE 5\beam.dbs"
& damp = "D:\Program Files\dPIPE 5\dmp.dbs"
& solv = "D:\Program Files\dPIPE 5\solv.dbs"
& valves = "vlv_ott.dbs"
& supload = "D:\DBS\sup_lds.mdb"
```

## Отмена вывода результатов по заголовкам (\$NOHEAD)

Команда \$NOHEAD позволяет заблокировать печать сводных таблиц по заголовкам, определяемым командами [NAME](#). При наличии в файле этой команды разбиение по заголовкам сохраняется при просмотре расчетной модели в PIPE3DV, но в распечатке результатов сводные таблицы по результатам расчета печатаются для всей рассчитываемой системы, за исключением участков, помеченных как "граничные условия", см. команду [SKIP\\_STR](#).

## Конец исходных данных (END\_OF\_DATA)

Команда **END\_OF\_DATA** ограничивает [ИД](#) в файле \*.dr5. Вся информация, следующая за этой командой программой игнорируется.

## Локальные команды

Локальные команды можно разделить на геометрические (определяющие пространственную геометрию трубопровода) и узловые (т.е. команды, которые привязывают к узлу, уже описанному геометрическими командами, те или иные компоненты трубопровода).

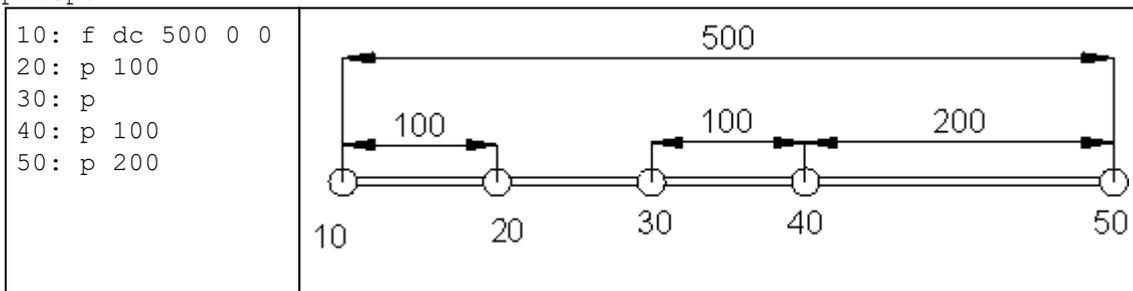
Геометрия трубопровода определяется с помощью последовательной цепочки геометрических команд. Одна такая непрерывная цепочка образует **ветвь** трубопровода. Каждая ветвь трубопровода начинается командой FROM. Прямой участок трубопровода между двумя узлами, в которых в явном виде задается направление, называется **пролетом** трубопровода. Ветви трубопровода могут замыкаться на себя. Все элементы трубопровода, расположенные в одном пролете, должны иметь ненулевую длину, кроме случаев специально оговоренных.

Для определения пространственной геометрии трубопровода можно использовать либо декартову, либо сферическую систему координат. Каждый элемент расчетной модели имеет направление и длину. Для задания направления используются параметры DC или DS. Параметр DC – это массив из трех чисел, задающий направление оси элемента в декартовой системе координат. В качестве значений для этого массива задаются проекции элемента (или пролета трубопровода) на глобальные координаты XYZ, либо его направляющие косинусы ([см. рисунок](#)). Кроме того, с помощью параметров DC можно определить длину пролета трубопровода:

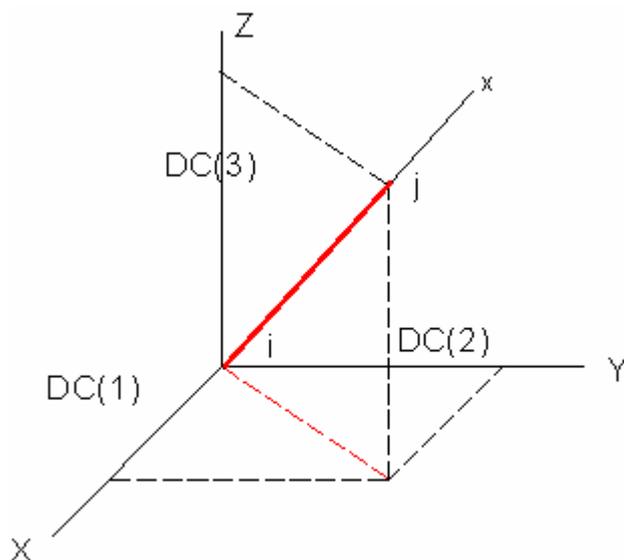
$$LEN = \sqrt{DC(1)^2 + DC(2)^2 + DC(3)^2}$$

При этом допускается не определять длину одного из элементов в пролете, при этом она будет вычислена как разность между величиной LEN и суммой длин остальных элементов (исключение составляет элемент для задания монтажной растяжки "[CS](#)", длина которого может быть равной нулю).

Пример:

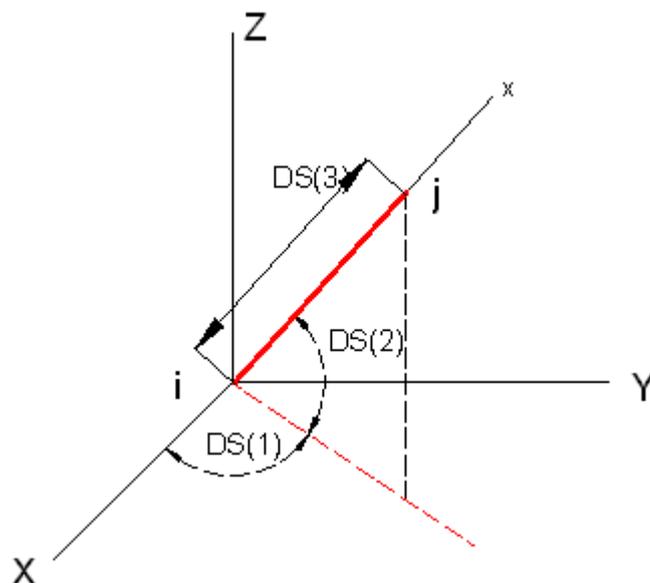


В этом примере длина элемента 20 – 30 автоматически вычисляется как  $500 - (100 + 100 + 200) = 100$



#### Определение направления элемента в декартовой системе координат

Аналогичный параметр DS определяет направление элемента (участка трубопровода) в сферической системе координат. При этом первый элемент массива DS(1) соответствует азимуту, т.е. углу в градусах между глобальной осью OX и проекцией элемента на горизонтальную плоскость XOY. Положительное направление угла отсчитывается от глобальной оси OX до горизонтальной проекции элемента против часовой стрелки. Вторым элементом массива DS(2) определяется наклон, т.е. угол между осью элемента и его проекцией на горизонтальную плоскость. Положительное направление отсчитывается от горизонтальной проекции элемента вверх до оси элемента. Третье значение параметра DS может определять длину пролета.



#### Определение направления элемента в сферической системе координат

Синтаксис параметров DC и DS является общим для всех локальных команд и приводится ниже:

**DC(3)** задание направления текущего пролета в декартовых координатах

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	либо безразмерный параметр, либо в мм, если определяется длина пролета (см. общие замечания)
размерность:	массив из 3-х элементов
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	все три элемента массива не могут одновременно быть равны нулю.

**DS(3)** задание направления текущего пролета в сферических координатах

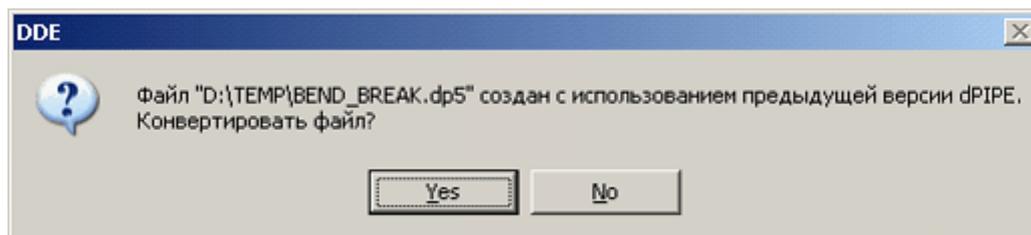
тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	первый и второй элементы массива – градусы, последний элемент – длина пролета в мм (см. общие замечания)
размерность:	массив из 3-х элементов
значение по умолчанию:	0 0 0
область возможных значений:	$DS(3) \geq 0$

Примечание:

Параметры DC и DS могут появляться практически в любой геометрической команде. Исключения составляют элемент [Отвод \(2\)](#), а также любые элементы, следующие за элементом [Отвод \(1\)](#). При необходимости задать новое направление сразу вслед за отводом Пользователю следует начать новую ветвь:

	<p>НЕВЕРНО:</p> <p>10: F dc = 1, 1000, 0, cs = 'Pipe1', lg = 'LG1'  20: P  30: B r = 300, dc = -1, 0, 0  40: P dc = -1000, 500, 0.5, cs = 'Pipe1', lg = 'LG1'</p>
	<p>ВЕРНО:</p> <p>10: F dc = 1, 1000, 0, cs = 'Pipe1', lg = 'LG1'  20: P  30: B r = 300, dc = -1, 0, 0  30: F dc = -1000, 500, 0.5, cs = 'Pipe1', lg = 'LG1'  40: P</p>

Последнее ограничение было введено в программу, начиная с Версии 5.20 (Июль 2010). При открытии старых моделей, созданных в предыдущих версиях программы, появляется предупреждение:



Аналогичные команды используются также для определения линии действия однокомпонентных опор:

**DC/DS/DIRL(3)** направление действия опоры в декартовых/сферических или локальных координатах.

**DC** задается в виде массива из трех чисел с проекциями оси действия опоры на глобальные оси (например: DC = 0, 1, 2), либо, если линия действия опоры совпадает с одной из глобальных осей, то возможна короткая запись: DC = 'X' ('Y', 'Z')

**DS** определяет направление линии действия опоры в сферических координатах. Задается в виде массива из двух чисел: углов в градусах в горизонтальной и вертикальной плоскостях (см. аналогичную команду [DS](#), использующуюся для ввода геометрии трубопровода)

**DIRL** задается в виде массива из трех чисел с проекциями оси действия опоры на локальные оси участка трубопровода (например: DIRL = 0, 1, 1), либо, если линия действия опоры совпадает с одной из локальных осей, то возможна короткая запись: DIRL = 'A' ('H', 'N')

[Начало ветви \(F\)](#)

[Прямая труба \(P\)](#)

[Отвод-1 \(B\)](#)

[Отвод-2 \(B\)](#)

[Секторное колено \(MTR\)](#)

[Переход \(R\)](#)

[Арматура \(V\)](#)

[Угловой клапан \(команды V1, V2\)](#)

[Универсальный компенсатор \(EJ\)](#)

[Осевой компенсатор \(EA\)](#)

[Сдвиговой компенсатор \(ET\)](#)

[Шарнирный компенсатор \(EH\)](#)

[Карданный компенсатор \(EG\)](#)

[Жесткая связь \(RX/RP\)](#)

[Упругий элемент \(FJ\)](#)

[Монтажная растяжка \(CS\)](#)

[Балка \(S\)](#)

[Координаты узла \(POS\)](#)

[Тройник \(TEE\)](#)

[Сварной шов \(WLD\)](#)

[Сосредоточенный вес \(CW\)](#)

[Сосредоточенные нагрузки \(FOR\)](#)

[Анкерная опора \(ANC\)](#)

[Шестикомпонентная опора \(SUP\)](#)

[Линейная двухсторонняя опора \(STS\)](#)

[Угловая опора \(SRS\)](#)

[Линейная односторонняя опора \(команды STS+, STS-\)](#)

[Направляющая опора \(STG, STG-\)](#)

[Пружинная подвеска/опора \(SPR\)](#)

[Жесткая подвеска \(ROD\)](#)

[Демпфер \(DMP\)](#)

[Динамический амортизатор \(SNUB\)](#)

[Динамический упор с зазорами \(DGAP\)](#)

[Сосредоточенная динамическая сила \(DFRC\)](#)

[Вывод временных зависимостей/Указатель перемещений \(TH\\_OUT\)](#)

[Дополнительные температурные напряжения \(STR\\_DISC\)](#)

## Инициализационные команды

Инициализационные команды дополняют локальные геометрические команды, описывающие геометрию трубопровода. При работе с графическим интерфейсом программы эти команды могут быть активированы с использованием [инструмента выборки](#).

Команда	Описание	Возможные значения	Значения по умолчанию	Примечания

CS	инициализация типа сечения	Ссылка на имена сечений, предварительно описанных командой <a href="#">PIPE</a> или командой <a href="#">BEAM</a>	-	(1), (2)
LG	инициализация нагрузочной группы	Ссылка на имена нагрузочных групп, предварительно описанных параметром LG команды <a href="#">OPVAL</a>	-	(1), (2)
NAME	идентификационное имя участка трубопровода	Произвольная строка до 32 символов	-	(3)
CLS	Класс безопасности участка трубопровода (применим для норм ASME NC/NB)	cls = 1 или cls = 2	2	(2)
SBP	Признак труб малого диаметра, см. <a href="#">Приложение XV</a>	sbp = 'yes', sbp = 'no'	'no'	(2)
SCTG	Сейсмическая категория (применимо для норм PNAE, GOST)	sctg = 'I' или 'II' или 'III'	'N/A'	(2)

Примечания:

- (1) Команда обязательно должна присутствовать в начале [ветви](#) (команда [FROM](#))
- (2) Действие распространяется либо до конца [ветви](#), либо до появления следующей команды
- (3) Действие распространяется до появления следующей команды. Команда позволяет присваивать логические имена участкам трубопровода для последующего частичного отображения модели и распечатки основных результатов расчета по выделенным участкам в конце файла с распечаткой результатов (\*.res). Действие этой команды для всей модели можно отменить при помощи команды \$NOHEAD = 'YES'

## Начало ветви (F)

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** определяет начало ветви

**Параметры:**

**DC или DS:** описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#)

**CS** инициализация типа сечения

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	обязательный параметр, если текущее сечение не инициализировано. В противном случае, принимает значение текущего сечения.
область возможных значений:	сечение должно быть предварительно описано командой <a href="#">PIPE</a> или командой <a href="#">BEAM</a>

**LG** инициализация нагрузочной группы

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущая нагрузочная группа не инициализирована. В противном случае, принимает значение текущей нагрузочной группы.  
область возможных значений: нагрузочная группа должна быть предварительно описана одной из подкоманд "LG" команды [OPVAL](#)

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: пустая строка текущее идентификационное имя.  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**SBP** признак отнесения участка трубопровода к "трубам малого диаметра" (инициализационный параметр)

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'NO'  
область возможных значений: 'YES', 'NO'

Пример:

```
1000: F DC 0 0 1 CS '108x10' LG 'Line1' name = "Линия 1"
```

или:

```
1000: F 0 0 1 '108x10' 'Line1' "Линия 1"
```

## Прямая труба (P)

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** определяет элемент "прямая труба"

**Параметры:**

**LEN** длина элемента

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $LEN \geq 0$   
значений:

**DC или DS:** описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#)

**CS** инициализация типа сечения

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущее сечение не инициализировано. В противном случае, принимает значение текущего сечения.  
область возможных значений: сечение должно быть предварительно описано командой [PIPE](#)

или:

**XS** смена типа сечения только для текущего элемента без изменения текущей величины для всего остального участка

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
область возможных значений: сечение должно быть предварительно описано командой [PIPE](#)

**LG** инициализация нагрузочной группы

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущая нагрузочная группа не инициализирована. В противном случае, принимает значение текущей нагрузочной группы.  
область возможных значений: нагрузочная группа должна быть предварительно описана одной из подкоманд "LG" команды [OPVAL](#)

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: пустая строка текущего идентификационное имя.  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**SBP** признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. [SBP](#)

Пример:

```
2000: P 2300 DC 1 CS '108x10' LG 'Line1'
```

или:

```
2000: P 2300 DC 1 0 0 CS '108x10' LG 'Line1'
```

## Отвод-1 (В)

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** определяет элемент "отвод" (гиб, колено)

**Параметры:**

**ID<sup>1)</sup>** идентификационное имя отвода, определенное подкомандой BEND общей команды PIPE

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	имя должно быть предварительно описано подкомандой <a href="#">BEND</a> команды PIPE

или

**R<sup>2)</sup>** радиус отвода

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	R > 0; отвод должен "вписываться" в геометрию участка (см. пример задания геометрии в <a href="#">разделе "Локальные команды"</a> )

**DC или DS:** описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#). Параметры определяют направление пролета, следующего за отводом. Направления элемента BEND должно отличаться от текущего направления (см. пример задания геометрии)

**XS**<sup>1)</sup> задание типа сечения для отвода, если оно отличается от сечения примыкающей трубы

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: текущий тип сечения  
 область возможных значений: сечение должно быть предварительно описано командой [PIPE](#)

**LG** инициализация нагрузочной группы

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: текущая нагрузочная группа  
 область возможных значений: нагрузочная группа должна быть предварительно описана одной из подкоманд "LG" команды [OPVAL](#)

**OVAL** эллиптичность (овальность) поперечного сечения (параметр переопределяет аналогичную величину, задающуюся в подкоманде [BEND](#) общей команды [PIPE](#))

тип: [REAL](#)  
 единицы: %  
 значение по умолчанию: 0 или величина, определенная параметром OVAL, в подкоманде [BEND](#) общей команды [PIPE](#)  
 область возможных значений:  $0 \leq \text{OVAL} \leq 100$

**SMIN** минимальная толщина стенки отвода (параметр переопределяет аналогичную величину, задающуюся в подкоманде [BEND](#) общей команды [PIPE](#))

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: величина, определенная параметром [SMIN](#), в подкоманде [BEND](#) общей команды [PIPE](#)  
 область возможных значений: [см. примечание \(6\) в команде PIPE](#)

**FLEX** коэффициент податливости криволинейной трубы, использующийся при формировании матрицы жесткости элемента

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: вычисляется программой автоматически в зависимости от используемых Норм расчета.  
 область возможных значений:  $\text{FLEX} \geq 1$ .

**FLNG** число фланцев по краям отвода (учет при [CODE](#) = 'ASME\_B311', 'ASME\_NC', 'EN')

тип: [INTEGER](#)

единицы: -  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: 0, 1, 2

**XI** коэффициент для корректировки толщины стенки колена

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 1  
 область возможных значений:  $\geq 1$

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

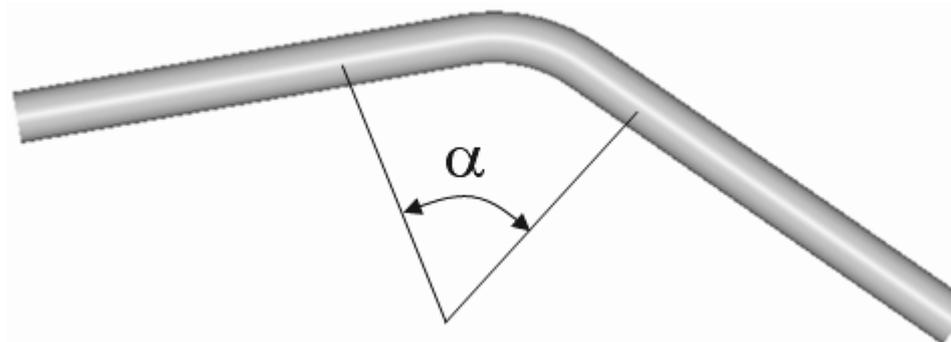
тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: пустая строка или текущее идентификационное имя.  
 область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**SBP** признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. [SBP](#)

При использовании Норм ASME/EN в диалоге появляется дополнительная закладка с [коэффициентами интенсификации напряжений](#)

**Примечания:**

- 1) При задании отвода с помощью параметра *ID* не допускается использование параметра *XS*
- 2) Задание имени параметра *R* является обязательным
- 3) Полный угол отвода должен находиться в диапазоне:  $BEND\_ANG < \alpha < 180^\circ$  - [BEND\\\_ANG](#):



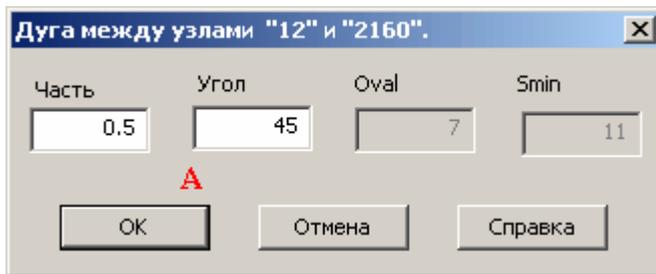
Пример:

```
3000: b r 1000 dc 1 0 0 xs '108x12' OVAL 3 SMIN 10 FLEX 1.
```

или:

```
1000: b ID 'LONG'
```

## Отвод-2 (B)



**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** позволяет разбивать криволинейную трубу на несколько элементов. Используется только в сочетании с командой [BEND-1](#). Команда BEND-2 должна предшествовать команде BEND-1.

**Параметры:**

**A<sup>1)</sup>** параметр разбиения криволинейной трубы на части. При  $A > 1$  определяет угол (в градусах) от началагиба до текущего узла. При  $0 < A \leq 1$  определяет часть от полного углагиба.

тип: [REAL](#)  
 единицы: градусы или безразмерный параметр  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: угол не может быть больше полного угла отвода

**Примечания:**

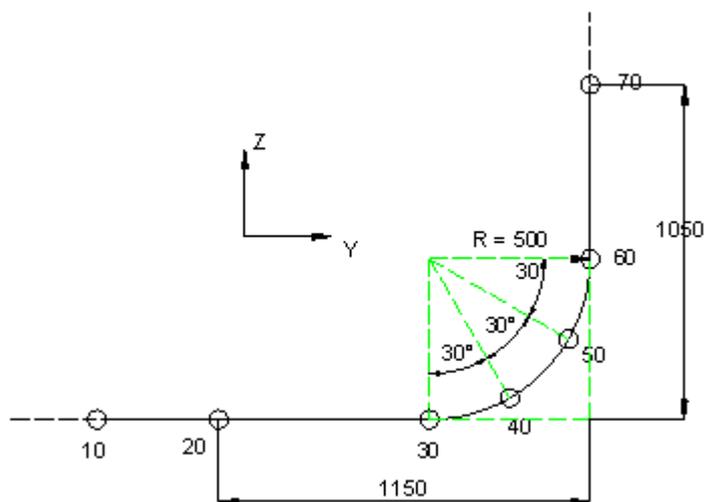
1) Задание имени параметра *A* является обязательным

Пример:

```
10: f 0 1 0 '108x5' 'Line1'
20: p 400
30: p 1150
40: b a 30
50: b a 60
60: b r 500 dc 0 0 1
70: p 1050
```

или:

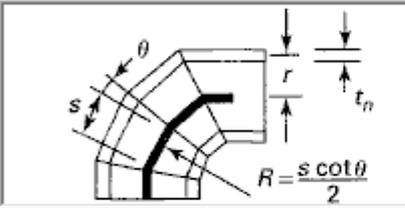
```
10: f 0 1 0 '108x5' 'Line1'
20: p 400
30: p 1150
40: b a .33333
50: b a .66666
60: b r 500 dc 0 0 1
70: p 1050
```



## Секторное колено (MTR)

Секторное колено между узлами "20" и "30".

Основные



$r = 185.5$        $tn = 6$   
 $theta = 11.25$        $s = 159.13$

Имя  
 Стандартный      R400\_45

R:       Nc:       Xm:

Flex:        Вычисляется      Угол:        Проверить

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** определяет элемент "секторное колено"

**Параметры:**

**ID**<sup>1)</sup> идентификационное имя секторного колена, определенное подкомандой [MITR](#) общей команды PIPE

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: имя должно быть предварительно описано подкомандой [MITR](#) команды PIPE

или

**R** эквивалентный радиус секторного колена

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: при Nc = 1, см. (1)  
 область возможных значений:  $R > 0$ ; элемент должен "вписываться" в геометрию участка

**Nc** число стыков между секторами

тип: [INTEGER](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $> 0$   
 значений:

**Xm** [коэффициент для корректировки массы секторного колена](#)

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 1  
 область возможных значений:  $\geq 1$

**ANGLE** полный угол секторного колена (используется для контроля геометрии)

тип: [REAL](#)  
 единицы: градусы  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**DC или DS:** описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#). Параметры определяют направление пролета, следующего за отводом. Направления элемента MTR должно отличаться от текущего направления (см. пример задания геометрии)

**XS** задание типа сечения для колена, если оно отличается от сечения примыкающей трубы

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: текущий тип сечения  
 область возможных значений: сечение должно быть предварительно описано командой [PIPE](#)

**LG** инициализация нагрузочной группы

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: текущая нагрузочная группа  
 область возможных значений: нагрузочная группа должна быть предварительно описана одной из подкоманд "LG" команды [OPVAL](#)

**FLNG** число фланцев по краям отвода (учет при [CODE](#) = 'ASME\_B311, 'ASME\_NC', EN')

тип: [INTEGER](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: 0, 1, 2  
 значений:

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: пустая строка или текущее идентификационное имя.

область возможных значений:

см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**SBP** признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. [SBP](#)

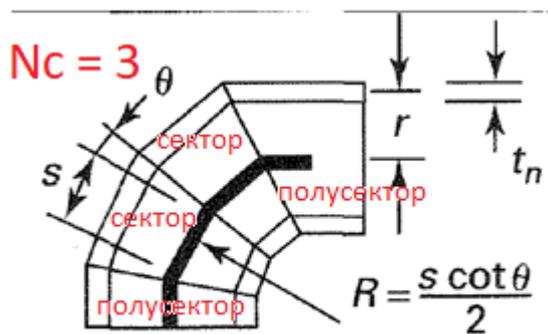
При использовании Норм ASME/EN в диалоге появляется дополнительная закладка с [коэффициентами интенсификации напряжений](#)

См. также [Приложение XIX](#) по моделированию секторных колен в dPIPE

**Примечания:**

- 1) Элемент "секторное колено" является вариацией элемента "отвод" и используется, главным образом, в рамках расчетов по зарубежным нормам (ASME, EN) для спецификации коэффициентов податливости и концентрации напряжений. При задании элемента в рамках расчетов по ПНАЭ и РД программа трактует его как обычный отвод с радиусом  $R$  и заданными характеристиками сечения.

Для задания элемента требуется указать величину эквивалентного радиус ( $R$ ) и число стыков ( $Nc$ ) между секторами:



Геометрия элемента "Секторное колено"

Если  $Nc = 1$ , то предполагается, что секторное колено выполнено как соединение двух полусекторов (Widely Spaced Miter Bend). В этом случае радиус ( $R$ ) будет переопределен программой, исходя из соотношения:  $Re = 0.5 * r * (1 + \cot(\theta))$ , где:  $r$  – средний радиус трубы;  $\theta$  – половина полного угла колена. Если  $Nc > 1$ , то  $\theta = \alpha / (2 * Nc)$ , а длина сектора  $s = 2 * Re * \text{tg}(\theta)$

Проверка на ошибки:

1.  $R > D/2$
2.  $B = s * (1 - r_0/R_0) \geq 5 * t$  ( $r_0$  - внешний радиус трубы,  $t$  - толщина стенки сечения)
3. Для Норм В31.1:  $B > 6t$

Программа выдает предупреждения, если:

- 1) полный угол колена  $\alpha$  меньше  $15^\circ$ ;
- 2) угол  $\theta > 15^\circ$  (для норм ПНАЭ и РД);
- 3) угол  $\theta > 22.5^\circ$  (для всех остальных норм, кроме ПНАЭ и РД)
- 4) угол  $\theta < 1.5^\circ$
- 5)  $R < A/\tan(\theta) + D/2$ , где:

$$A = \begin{cases} 25.4 & \text{если } t \leq 17.7 \\ 2t & \text{если } 17.7 < t < 22.35 \text{ (все в мм)} \\ (2t/3) + 29.8 & \text{если } t \geq 22.35 \end{cases}$$

- 3) При задании секторного колена с помощью параметра ID не допускается использование параметра XS

Пример:

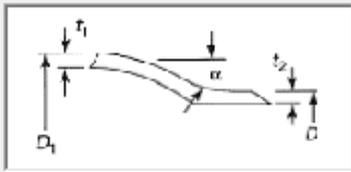
```
30: MTR r = 862.089, nc = 2, ds = 45, 0, 5000, xs = 'Pipe2', name = "LAB10"
```

## Переход (R)

Переход между узлами "20" и "30".

Веса    Коэффициенты интенсификации напряжений

D1 = 200  
t1 = 12  
D2 = 100  
t2 = 8



Alfa  
 Не определено

Коэффициенты вычисляются программой

Вычислить

B1    B2    i    B2'

OK    Cancel    Help

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** определяет элемент переход ("редуцер") между трубами различного диаметра. Матрица жесткости элемента формируется как для элемента "прямая труба" с усредненными характеристиками поперечного сечения от примыкающих труб.

**Параметры:**

**LEN** длина элемента

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

**ANGLE** угол конусной части перехода (используется для вычисления коэффициентов интенсификации напряжений при расчетах по зарубежным нормам)

тип: [REAL](#)  
единицы: град  
значение по умолчанию: [см. примечание 1](#)  
область возможных значений:  $\geq 5 ; \leq 60$

**MAT** ссылочное идентификационное имя материала (см. команду [MAT](#))

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: имя должно совпадать с ранее определенными именами материалов.

**DC** или **DS**: описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#)

**CS** инициализация типа сечения, следующего за элементом переход

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущее сечение не инициализировано. В противном случае, принимает значение текущего сечения.  
область возможных значений: сечение должно быть предварительно описано командой [PIPE](#)

**LG** инициализация нагрузочной группы

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущая нагрузочная группа не инициализирована. В противном случае, принимает значение текущей нагрузочной группы.  
область возможных значений: нагрузочная группа должна быть предварительно описана одной из подкоманд "LG" команды [OPVAL](#)

**W(3)** весовые характеристики элемента: см. [Приложение IV](#).

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
значение по умолчанию: все три компоненты массива определяются как средние величины из характеристик примыкающих труб  
размерность: массив из 3-х элементов  
область возможных значений: См. [Приложение IV](#).

**TYPE** тип перехода

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'CONC'  
область возможных значений: 'CONC' - концентрический переход, 'ECCN' - эксцентрический переход

**BETA** ориентация перехода с эксцентриситетом относительно его оси (см. [пример задания](#))

тип: [REAL](#)  
единицы: град  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $|\text{BETA}| \leq 360$

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: пустая строка текущее идентификационное имя.  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**SBP** признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. [SBP](#)

При использовании Норм ASME/EN в диалоге появляется дополнительная закладка с [коэффициентами интенсификации напряжений](#)

Пример:

```
2000: r 400 CS '108x10' w 10
```

**Примечания:**

- 1) Если параметр **ANGLE** не определен, то при расчете по зарубежным Нормам коэффициенты интенсификации напряжений предполагаются максимальными:  $B_1 = 1$ ,  $i = 2$

## Арматура (V)

Арматура между узлами "14960" и "14970".

Тип: Обычный

Показывать схему:

Нагрузки из БД: **OTT\_REF**

Метка 1: 9

Метка 2:

**OTT\_REF2**

Веса:

<b>W(1)</b> Собственный вес 150.587	<b>W(2)</b> Вес изоляции 28.7 <input checked="" type="checkbox"/> По умолчанию	<b>W(3)</b> Вес среды 16.9832 <input checked="" type="checkbox"/> По умолчанию
---	---	---

**WOP** Вес привода: 0

Смещение привода: **OFF(1-3)**

dX: 0    dY: 0    dZ: 0    L: 0

Координаты     Косинусы

**A\_LEN**

Обозначение: **NOTE**  
10КВА10АА602

В окне ввода предусматривается раздельное задание весовых характеристик арматуры: собственного веса корпуса арматуры и веса привода. При отмеченных флажках "по умолчанию" вес изоляции и среды автоматически добавляются в элемент в зависимости от характеристик примыкающей трубы и нагрузочной группы. При этом вес изоляции рассчитывается с коэффициентом 1.75 от погонного веса изоляции трубы, а вес среды добавляется равным весу среды в прямой трубе. Пользователь может переопределить эти параметры, сняв флажки "по умолчанию". Если будет введено положительное число, то оно будет воспринято программой как вес (изоляции или среды) в ньютонах. При вводе отрицательных значений, программа воспринимает числа как множители к погонному весу изоляции или среды. При задании "собственного веса" равным нулю, вес изоляции и среды в элемент не добавляются.

При задании веса привода обязательно должна быть введена информация о геометрическом расположении центра масс привода относительно центральной точки элемента. Смещение можно задавать либо в относительных координатах (флажок "Координаты"), либо с помощью направляющих косинусов и длины привода.

Поле "Нагрузки из БД" служит для выбора допускаемых нагрузок в соответствии с НП-068-05 "Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования".

Поле "Комментарий" используется для задания идентификационного имени арматуры. Эта информация выводится на печать в распечатках исходных данных и результатов расчетов.

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** определяет элемент для моделирования трубопроводной арматуры (задвижки, вентиля, клапана и т.д.). Матрица жесткости элемента формируется как для элемента "прямая труба" текущего сечения с толщиной стенки, умноженной на коэффициент [V\\_STF](#).

**Параметры:**

**LEN** длина элемента

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$LEN \geq 0$

**DC** или **DS**: описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#)

**XS** смена типа сечения только для текущего элемента без изменения текущей величины для всего остального участка

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	обязательный параметр, если текущее сечение не инициализировано. В противном случае, принимает значение текущего сечения.
область возможных значений:	сечение должно быть предварительно описано командой <a href="#">PIPE</a>

**LG** инициализация нагрузочной группы

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	обязательный параметр, если текущая нагрузочная группа не инициализирована. В противном случае, принимает значение текущей нагрузочной группы.
область возможных значений:	нагрузочная группа должна быть предварительно описана одной из подкоманд "LG" команды <a href="#">OPVAL</a>

**W(3)** весовые характеристики элемента<sup>1)</sup>

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	Н
размерность:	массив из трех чисел
значение по умолчанию:	См. <a href="#">Приложение IV</a> .
область возможных значений:	-

**MAT** ссылочное идентификационное имя материала (см. команду [MAT](#))

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: имя должно совпадать с ранее определенными именами материалов.

**WOP** вес привода

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $WOP \geq 0$

**OFF(3)** относительные координаты центра тяжести привода или направляющие косинусы (X, Y, Z)<sup>2)</sup>

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
размерность: массив из трех чисел  
значение по умолчанию: 0, 0, 0  
область возможных значений: -

**A\_LEN** длина привода<sup>3)</sup>

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений:  $A\_LEN > 0$

**NOTE** примечание/комментарий/идентификационное имя клапана

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: [blank](#)  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: пустая строка текущее идентификационное имя.  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**OTT\_REF** метка, идентифицирующая строку в базе данных с допускаемыми нагрузками (см. [Приложение X](#)) на патрубок арматуры со стороны первого узла элемента

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: определяется значениями, присутствующими в файле `lv_ott.dbs`. длина не более 8 символов

**OTT\_REF2** метка, идентифицирующая строку в базе данных с допускаемыми нагрузками (см. [Приложение X](#)) на патрубок арматуры со стороны второго узла элемента

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: OTT\_REF  
область возможных значений: определяется значениями, присутствующими в файле `lv_ott.dbs`. длина не более 8 символов

**SBP** признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. [SBP](#)

**Примечания:**

- 1) См. [Приложение IV](#).
- 2) Координаты задаются в глобальной системе, совмещенной с ц.т. корпуса арматуры. При наличии параметра `A_LEN` значения интерпретируются как направляющие косинусы
- 3) Параметр используется только при задании координат ц.м. привода с помощью направляющих косинусов

Пример:

```
30: V len = 800, w = 2000,,, wop = 1000, off = 0, 0, 1, a_len = 400, note = "RA250S802", ott_r
```

или:

```
30: V len = 800, w = 2000,,, wop = 1000, off = 0, 0, 400, note = "RA250S802", ott_ref = '23'
```

**"Половинка" клапана (команды V1, V2)**

Арматура между узлами "100" и "130".

Тип:

**V1 (V2)**

Показывать схему

Нагрузки из БД: **OTT REF**

Метка 1:

Метка 2:

**W(1)**                      **W(2)**                      **W(3)**

Веса

Собственный вес	Вес изоляции	Вес среды
<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="245"/>	<input type="text" value="137.716"/>
	<input checked="" type="checkbox"/> По умолчанию	<input checked="" type="checkbox"/> По умолчанию

Материал:

Обозначение:  **NOTE**

"Половинка" клапана: используется для моделирования отдельных частей трубопроводной арматуры. Возможно задание "левой" и "правой" частей арматуры.

В окне ввода предусматривается задание веса арматуры. При отмеченных флажках "по умолчанию" вес изоляции и среды автоматически добавляются в элемент в зависимости от характеристик примыкающей трубы и нагрузочной группы. При этом вес изоляции рассчитывается с коэффициентом 1.75 от погонного веса изоляции трубы, а вес среды добавляется равным весу среды в прямой трубе. Пользователь может переопределить эти параметры, сняв флажки "по умолчанию". Если будет введено положительное число, то оно будет воспринято программой как вес (изоляции или среды) в ньютонах. При вводе отрицательных значений, программа воспринимает числа как множители к погонному весу изоляции или среды. При задании "собственного веса" равным нулю, вес изоляции и среды в элемент не добавляются.

Поле "Нагрузки из БД" служит для выбора допускаемых нагрузок в соответствии с НП-068-05 "Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования".

Поле "Комментарий" используется для задания идентификационного имени арматуры. Эта информация выводится на печать в распечатках исходных данных и результатов расчетов.

**Тип:** локальные геометрические команды

**Функция:** команды для моделирования "половинок" арматуры, напр., углового клапана. При задании арматуры с помощью команд V1, V2 вес арматуры следует разделить поровну между этими двумя элементами.

**Параметры:**

**LEN** длина элемента

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений:  $LEN \geq 0$

**DC** или **DS**: описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#)

**XS** смена типа сечения только для текущего элемента без изменения текущей величины для всего остального участка

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущее сечение не инициализировано. В противном случае, принимает значение текущего сечения.  
 область возможных значений: сечение должно быть предварительно описано командой [PIPE](#)

**LG** инициализация нагрузочной группы

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущая нагрузочная группа не инициализирована. В противном случае, принимает значение текущей нагрузочной группы.  
 область возможных значений: нагрузочная группа должна быть предварительно описана одной из подкоманд "LG" команды [OPVAL](#)

**W(3)** весовые характеристики элемента<sup>1)</sup>

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н  
 размерность: массив из трех чисел  
 значение по умолчанию: См. [Приложение IV](#).  
 область возможных значений: -

**MAT** ссылочное идентификационное имя материала (см. команду [MAT](#))

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: имя должно совпадать с ранее определенными именами материалов.

**NOTE** примечание/комментарий/идентификационное имя клапана

тип: [STRING](#)  
 единицы: -

значение по умолчанию: [blank](#)  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: пустая строка текущее идентификационное имя.  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**OTT\_REF** метка, идентифицирующая строку в базе данных с допускаемыми нагрузками на патрубки арматуры (см. [Приложение X](#))

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: определяется значениями, присутствующими в файле `lv_ott.dbs`. длина не более 8 символов

**SBP** признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. [SBP](#)

**Примечания:**

- 1) См. [Приложение IV](#).

Пример:

```
2000: V1 1000 W 230 NOTE "Valve 30RAS201" DC 1 0 0
2000: V2 1000 W 230 NOTE "Valve 30RAS201" DC 0 0 -1
```

## Угловой клапан (VA)

Арматура между узлами "40" и "60".

Тип: Угловой  
**VA**  
 Показывать схему:

Нагрузки из БД **OTT\_REF**  
 Метка 1: 81    
 Метка 2: 82    
**OTT\_REF2**

Весы **W(1)** **W(2)** **W(3)**  
 Собственный вес: 900   
 Вес изоляции: 490   По умолчанию  
 Вес среды: 275.431   По умолчанию

**WOP** **W(3)** **WOP**  
 Вес привода: 0  Узел раскрепления привода: 20070

Направление смещения привода **DIR(1-3)**  
 dx: 0  dy: 0  dz: 1

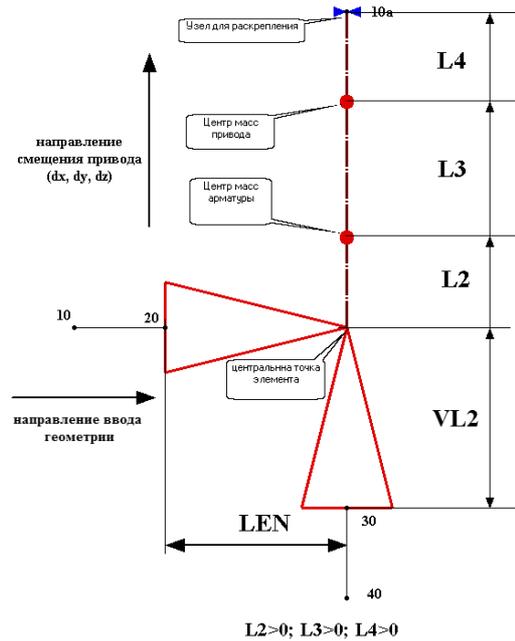
L2: 81  L3: 0  L4: 100

VL2: 400   По умолчанию

**REF\_SEC**  
 Сечение 2: C108x8

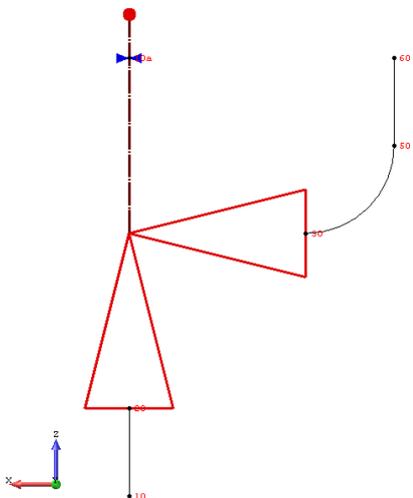
**MAT**  
 Материал: ST20

Обозначение: 10RA125001  **NOTE**



Расчетная схема углового клапана

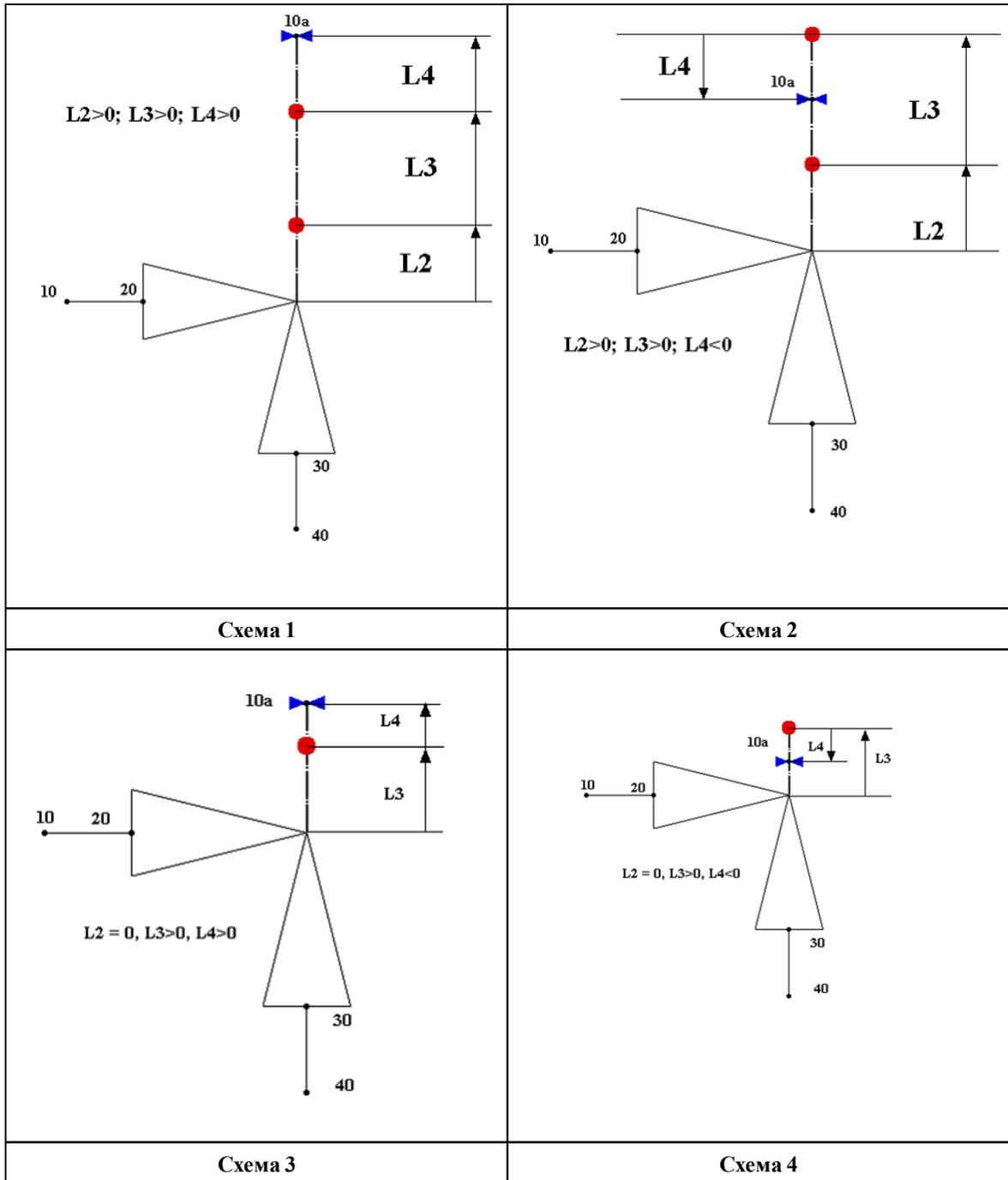
Элемент "угловой клапан" меняет направление текущей ветки трубопровода. Поэтому при задании геометрии трубопровода в строке, где располагается этот элемент, обязательно должна быть указана смена направления текущей ветки. В отличие от прямолинейных элементов, в случае, если перед или после углового клапана находится отвод, то длина элемента не "подрезается" на проекцию радиуса отвода:



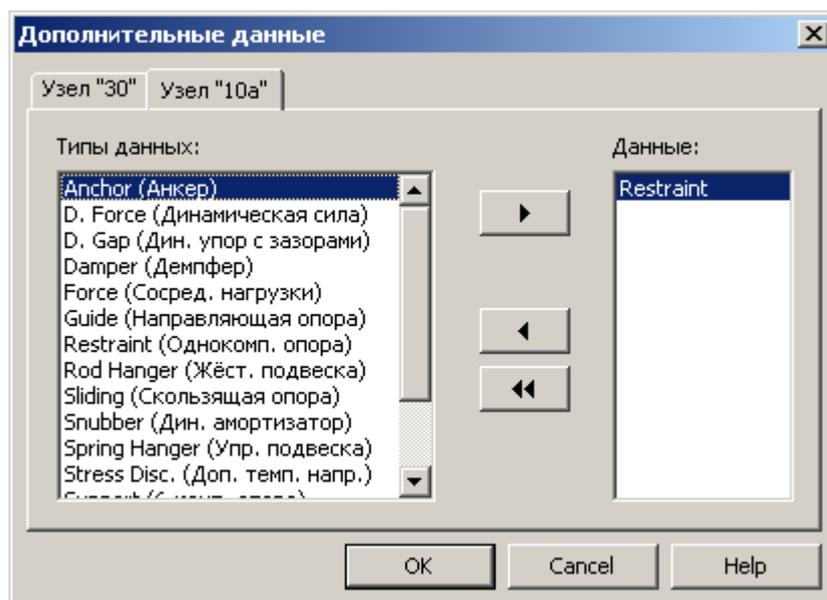
Геометрия							
Узел	Элемент	L/R	dX	dY	dZ	Доп. Данные	
1	10	From	0	0	600		
2	20		0	0			
3	30	Valve	400	-600	0	Restraint	
4	50	Bend	200	0	0	1	
5	60		400	0			

В диалоге с характеристиками элемента можно задать точки для центра масс корпуса клапана, центра масс привода и узел, в котором возможно раскрепление привода (поле "узел раскрепления привода"). Предполагается, что все эти точки лежат на одной прямой,

направление которой определяется с помощью направляющих косинусов в поле "направление смещения привода". Расстояние до указанных точек отсчитывается от центральной точки элемента по принципу построения цепочки размеров. Ниже приводятся примеры определения параметров  $L2 - L4$  в зависимости от расположения определяемых точек.



Для задания опоры в узле 10a следует вызвать диалог "дополнительные данные" (в той же строке, в которой описан элемент) и перейти на закладку с именем этого узла:



В окне ввода предусматривается раздельное задание весовых характеристик арматуры: собственного веса корпуса арматуры и веса привода. При отмеченных флажках "по умолчанию" вес изоляции и среды автоматически добавляются в элемент в зависимости от характеристик примыкающей трубы и нагрузочной группы. При этом вес изоляции рассчитывается с коэффициентом 1.75 от погонного веса изоляции трубы, а вес среды добавляется равным весу среды в прямой трубе. Пользователь может переопределить эти параметры, сняв флажки "по умолчанию". Если будет введено положительное число, то оно будет воспринято программой как вес (изоляции или среды) в ньютонах. При вводе отрицательных значений, программа воспринимает числа как множители к погонному весу изоляции или среды. При задании "собственного веса" равным нулю, вес изоляции и среды в элемент не добавляются.

Поле "Нагрузки из БД" служит для выбора допускаемых нагрузок в соответствии с НП-068-05 "Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования".

Поле "Комментарий" используется для задания идентификационного имени арматуры. Эта информация выводится на печать в распечатках исходных данных и результатов расчетов.

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** определяет элемент для моделирования трубопроводной арматуры (задвижки, вентиля, клапана и т.д.). Матрица жесткости элемента формируется как для элемента "прямая труба" текущего сечения с толщиной стенки, умноженной на коэффициент [V\\_STF](#)

**Параметры:**

**LEN** длина элемента (см. расчетную схему клапана)

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$LEN \geq 0$

**DC или DS:** описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#). Для углового клапана ввод этих параметров обязателен!

**XS** смена типа сечения только для текущего элемента без изменения текущей величины для всего остального участка

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущее сечение не инициализировано. В противном случае, принимает значение текущего сечения.  
область возможных значений: сечение должно быть предварительно описано командой [PIPE](#).

**LG** инициализация нагрузочной группы

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущая нагрузочная группа не инициализирована. В противном случае, принимает значение текущей нагрузочной группы.  
область возможных значений: нагрузочная группа должна быть предварительно описана одной из подкоманд "LG" команды [OPVAL](#).

**W(3)** весовые характеристики элемента<sup>1)</sup>

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
размерность: массив из трех чисел  
значение по умолчанию: См. [Приложение IV](#).  
область возможных значений: -

**MAT** ссылочное идентификационное имя материала (см. команду [MAT](#))

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: имя должно совпадать с ранее определенными именами материалов.

**WOP** вес привода

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $WOP \geq 0$   
значений:

**DIR(3)** направляющие косинусы для определения направления привода

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
размерность: массив из трех чисел  
значение по умолчанию: 0, 0, 0

область возможных значений: -

**LEN2, LEN3, LEN4** расстояния, определяющие ц.м. корпуса, ц.м. привода и место раскрепления привода (см. рис. с расчетной схемой).

тип: [REAL](#)  
единицы: ММ  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: -

**VL2** длина второй (по ходу ввода геометрии) половинки арматуры (см. рис. с расчетной схемой)

тип: [REAL](#)  
единицы: ММ  
значение по умолчанию: LEN  
область возможных значений: -

**NODE<sup>2</sup>** имя узла для раскрепления привода

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: см. ограничения для [меток узлов](#)

**NOTE** примечание/комментарий/идентификационное имя клапана

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: [blank](#)  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: пустая строка текущее идентификационное имя.  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**OTT\_REF** метка, идентифицирующая строку в базе данных с допускаемыми нагрузками (см. [Приложение X](#)) на патрубок арматуры со стороны первого узла элемента

тип: [TEXT](#)

единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: определяется значениями, присутствующими в файле `lv_ott.dbs`. длина не более 8 символов

**OTT\_REF2** метка, идентифицирующая строку в базе данных с допускаемыми нагрузками (см. [Приложение X](#)) на патрубок арматуры со стороны второго узла элемента

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: OTT\_REF  
область возможных значений: определяется значениями, присутствующими в файле `lv_ott.dbs`. длина не более 8 символов

**REF\_SEC** Ссылка на сечение второй половинки клапана

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: текущее сечение элемента  
область возможных значений: сечение должно быть предварительно описано командой [PIPE](#)

**SBP** признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. [SBP](#)

**Примечания:**

- 1) См. [Приложение IV](#).
- 2) Внутренний узел клапана может использоваться только для привязки к нему опоры. Его нельзя использовать в качестве реферативного значения (например, в команде [POS](#), или при операциях с копированием участков моделей)

Пример:

```
30: VA len = 400, dc = 0, 0, -600, xs = 'Pipe2', w = 2000,,, wop = 1000, dir = 0, 0, 1, len2 =
```

## Клапан со смещением (VO)

Арматура между узлами "1240" и "15820".

Тип: **Со смещением**

Нагрузки из БД: **OTT\_REF**

Метка 1: 9

Метка 2: 10

**VO**

Показывать схему:

**OTT\_REF2**

Веса: **W(1)** **W(2)** **W(3)**

Собственный вес: 4500

Вес изоляции: 114.8

Вес среды: 0

По умолчанию  По умолчанию

Вес привода: 2000 **WOP**

Узлы: **NODE** **B\_NODE**

Раскрепление привода: 4500a

Опора под корпусом: 4500s

Направление смещения привода: **DIR(1-3)**

dx: 0 dy: 0 dz: 1

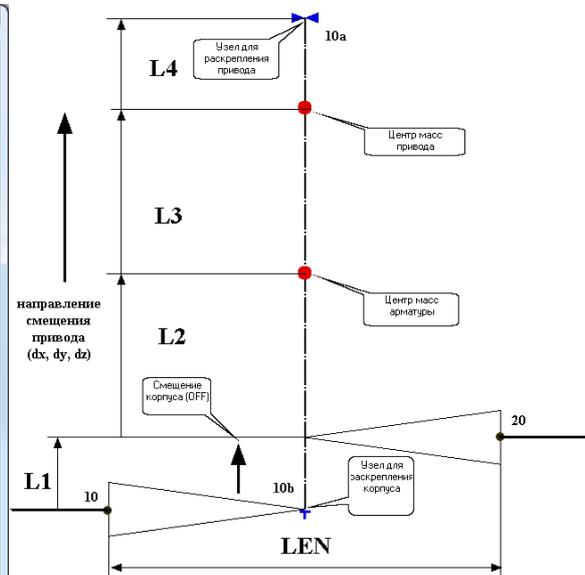
Смещение: **OFF(1-3)**

dx: 0 dy: 0 dz: 200 L1: 200

Координаты  Косинусы

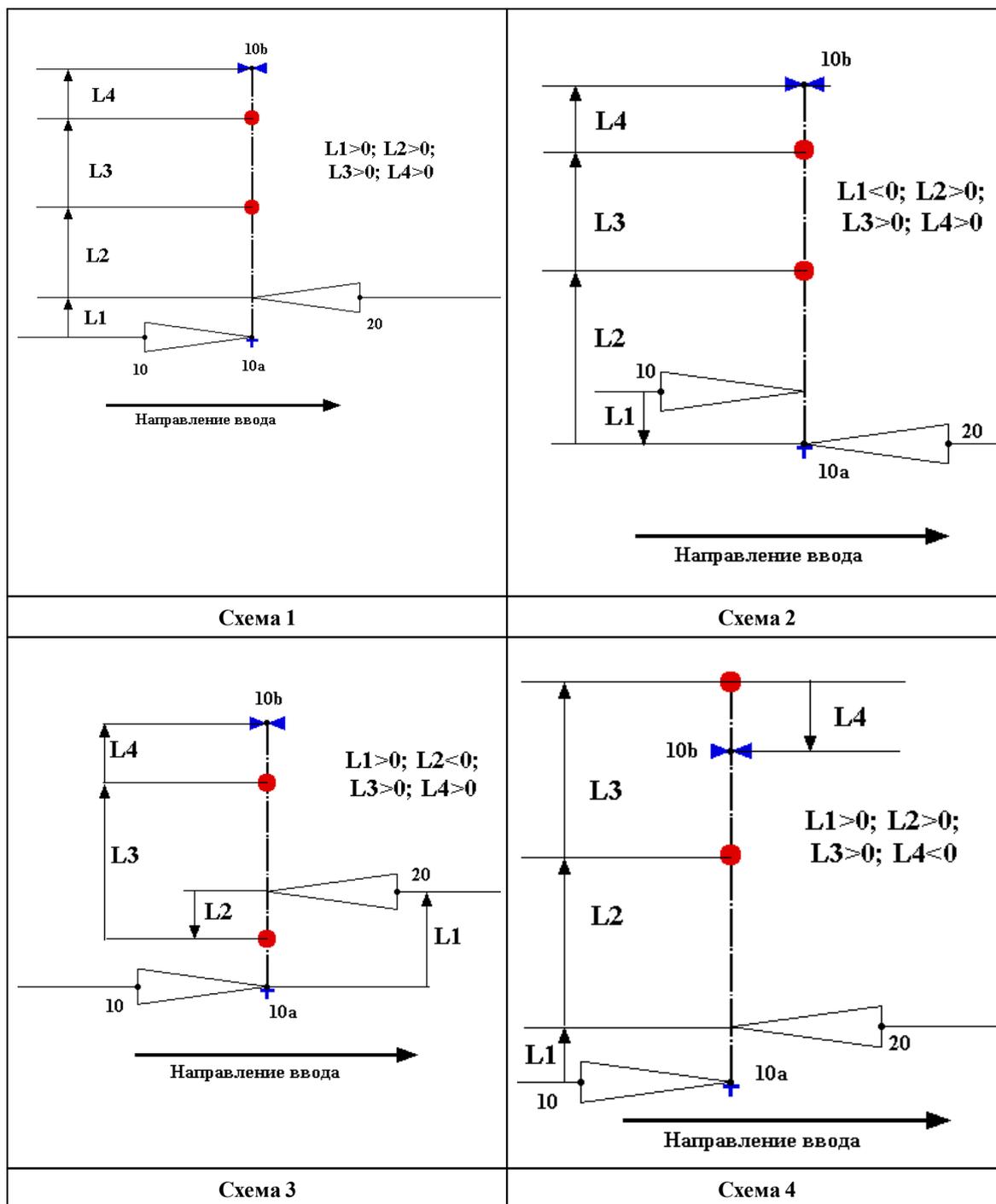
L2: 300 L3: 100 L4: 100

Обозначение: 11JING20AA601 **NOTE**

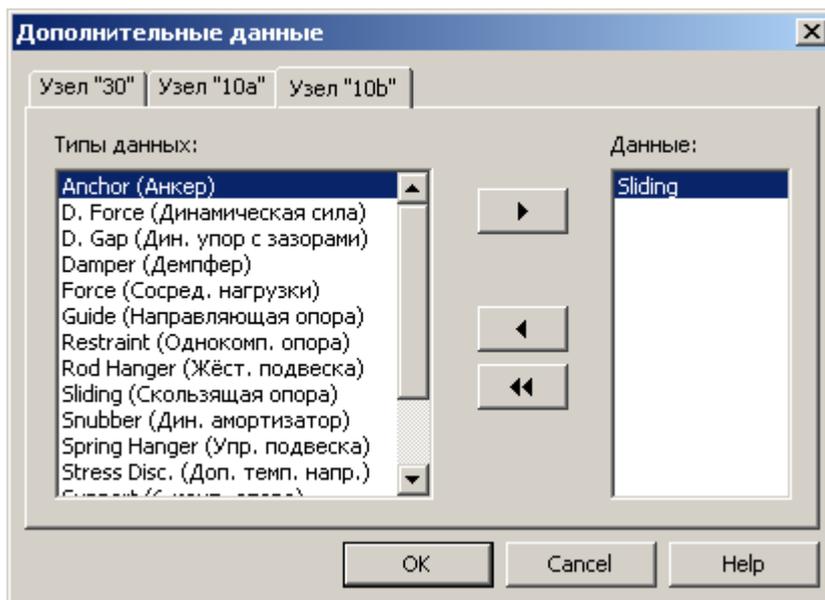


Расчетная схема клапана со смещением

В диалоге с характеристиками элемента можно задать точки для центра масс корпуса клапана, центра масс привода, а также узлы, в котором возможно раскрепление привода (поле "раскрепления привода") и узел для опоры под корпусом. Предполагается, что точки с центром масс корпуса, центром масс привода и узлом для раскрепления привода лежат на одной прямой, направление которой определяется с помощью направляющих косинусов в поле "направление смещения привода". Расстояние до указанных точек отсчитывается от точки, в которой заканчивается первая половинка клапана по принципу построения цепочки размеров. Ниже приводятся примеры определения параметров L1 - L4 в зависимости от расположения определяемых точек.



Для задания опор в узлах 10а и 10b следует вызвать диалог "дополнительные данные" (в той же строке, в которой описан элемент) и перейти на закладку с именем этого узла:



В окне ввода предусматривается раздельное задание весовых характеристик арматуры: собственного веса корпуса арматуры и веса привода. При отмеченных флажках "по умолчанию" вес изоляции и среды автоматически добавляются в элемент в зависимости от характеристик примыкающей трубы и нагрузочной группы. При этом вес изоляции рассчитывается с коэффициентом 1.75 от погонного веса изоляции трубы, а вес среды добавляется равным весу среды в прямой трубе. Пользователь может переопределить эти параметры, сняв флажки "по умолчанию". Если будет введено положительное число, то оно будет воспринято программой как вес (изоляции или среды) в ньютонах. При вводе отрицательных значений, программа воспринимает числа как множители к погонному весу изоляции или среды. При задании "собственного веса" равным нулю, вес изоляции и среды в элемент не добавляются.

Поле "Нагрузки из БД" служит для выбора допускаемых нагрузок в соответствии с НП-068-05 "Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования".

Поле "Комментарий" используется для задания идентификационного имени арматуры. Эта информация выводится на печать в распечатках исходных данных и результатов расчетов.

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** определяет элемент для моделирования трубопроводной арматуры (задвижки, вентиля, клапана и т.д.). Матрица жесткости элемента формируется как для элемента "прямая труба" текущего сечения с толщиной стенки, умноженной на коэффициент [V\\_STF](#)

**Параметры:**

**LEN** длина элемента (см. расчетную схему клапана)

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$LEN \geq 0$

**DC или DS:** описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#) Для углового клапана ввод этих параметров обязателен!

**XS** смена типа сечения только для текущего элемента без изменения текущей величины для всего остального участка

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущее сечение не инициализировано. В противном случае, принимает значение текущего сечения.  
область возможных значений: сечение должно быть предварительно описано командой [PIPE](#).

**LG** инициализация нагрузочной группы

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущая нагрузочная группа не инициализирована. В противном случае, принимает значение текущей нагрузочной группы.  
область возможных значений: нагрузочная группа должна быть предварительно описана одной из подкоманд "LG" команды [OPVAL](#).

**W(3)** весовые характеристики элемента<sup>1)</sup>

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
размерность: массив из трех чисел  
значение по умолчанию: См. [Приложение IV](#).  
область возможных значений: -

**MAT** ссылочное идентификационное имя материала (см. команду [MAT](#))

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: имя должно совпадать с ранее определенными именами материалов.

**WOP** вес привода

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $WOP \geq 0$   
значений:

**DIR(3)** направляющие косинусы для определения направления привода

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
размерность: массив из трех чисел

значение по умолчанию: 0, 0, 0  
область возможных значений: -

**OFF(3)** направляющие косинусы или относительные координаты для определения направления смещения корпуса <sup>2)</sup>

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
размерность: массив из трех чисел  
значение по умолчанию: 0, 0, 0  
область возможных значений: -

**LEN1, LEN2, LEN3, LEN4** расстояния, определяющие смещение корпуса, ц.м. корпуса, ц.м. привода и место раскрепления привода (см. рис. с расчетной схемой).

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: -

**NODE<sup>3)</sup>** имя узла для раскрепления привода

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: см. ограничения для [меток узлов](#)

**B\_NODE<sup>3)</sup>** имя узла для опоры под корпусом арматуры

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: см. ограничения для [меток узлов](#)

**NOTE** примечание/комментарий/идентификационное имя клапана

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: [blank](#)  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: пустая строка текущего идентификационного имя.

область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**OTT\_REF** метка, идентифицирующая строку в базе данных с допускаемыми нагрузками (см. [Приложение X](#)) на патрубок арматуры со стороны первого узла элемента

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: определяется значениями, присутствующими в файле `vlv_ott.dbs`. длина не более 8 символов

**OTT\_REF2** метка, идентифицирующая строку в базе данных с допускаемыми нагрузками (см. [Приложение X](#)) на патрубок арматуры со стороны второго узла элемента

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: OTT\_REF  
область возможных значений: определяется значениями, присутствующими в файле `vlv_ott.dbs`. длина не более 8 символов

**SBP** признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. [SBP](#)

**Примечания:**

- 1) См. [Приложение IV](#).
- 2) Если в команде определен параметр `LEN1`, то значения `OFF(1-3)` интерпретируются программой как набор направляющих косинусов. В противном случае, `OFF(1-3)` рассматриваются как относительные координаты.
- 3) Внутренние узлы клапана могут использоваться только для привязки к ним опор. Их нельзя использовать в качестве реферативных значений (например, в команде [POS](#), или при операциях с копированием участков моделей)

Пример:

```
20: VO len = 130, w = 323,,, off = 0, 0, 1, len1 = 24, wop = 100, dir = 0, 0, 1, len2 = 55, le
```

## Трехходовой клапан (V3W)

Трехходовой клапан в узле "10".

Нагрузки из БД (корпус)      Нагрузки из БД (штуцер)

Метка       Метка

Вес

Собственный вес       Вес изоляции       Вес среды

По умолчанию       По умолчанию

Вес привода       Узел раскрепления привода

Направление смещения привода

dX       dY       dZ

L2       L3       L4

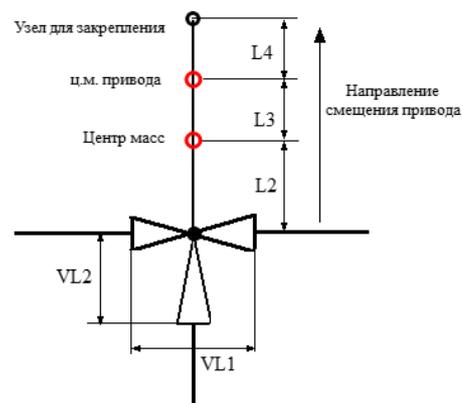
VL1       VL2        По умолчанию

Материал        Показывать схему

Обозначение

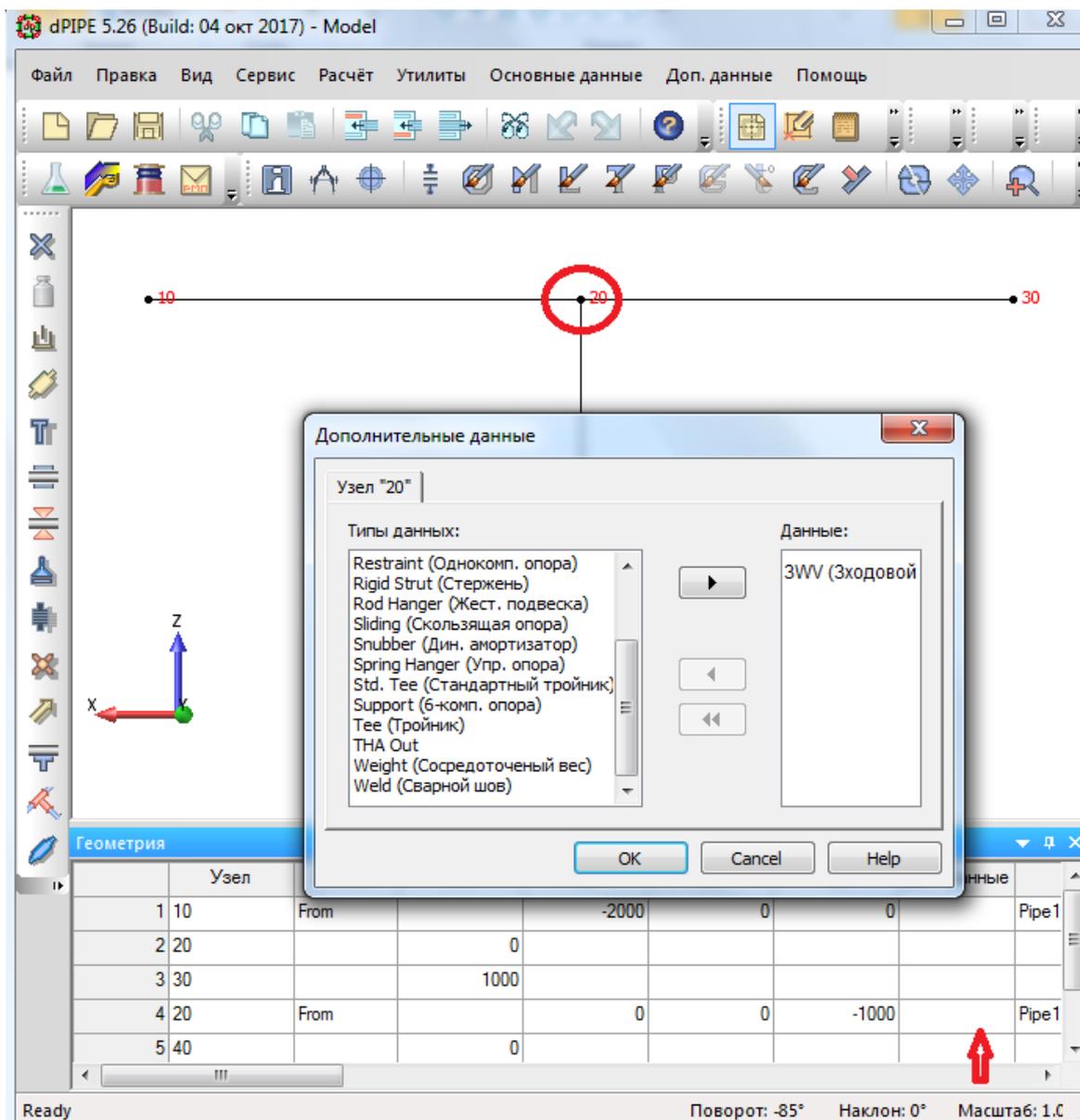
Комментарий

Отключить                 



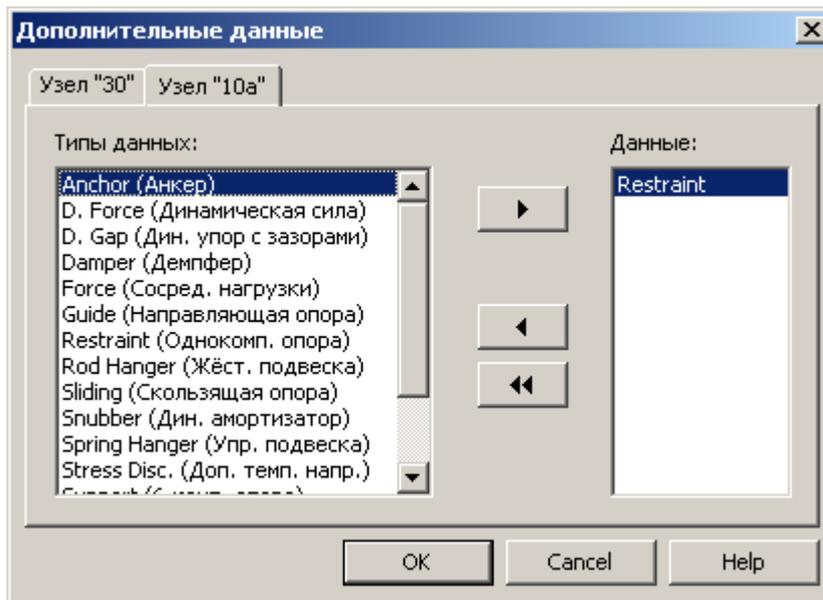
Расчетная схема трехходового клапана

Элемент "трехходовой клапан" предназначен для моделирования арматуры соответствующего типа. Элемент привязывается к узлу разветвления трубопровода и вводится через поле «Дополнительные данные»:



В диалоге с характеристиками элемента можно задать точки для центра масс корпуса клапана, центра масс привода и узел, в котором возможно раскрепление привода (поле "узел раскрепления привода"). Предполагается, что все эти точки лежат на одной прямой, направление которой определяется с помощью направляющих косинусов в поле "направление смещения привода". Расстояние до указанных точек отсчитывается от центральной точки элемента по принципу построения цепочки размеров. Ниже приводятся примеры определения параметров L2 - L4 в зависимости от расположения определяемых точек.

Опора, для раскрепления привода вводится в том же диалоге "дополнительные данные", что и сам элемент на закладке с именем этого узла:



В окне ввода предусматривается раздельное задание весовых характеристик арматуры: собственного веса корпуса арматуры и веса привода. При отмеченных флажках "по умолчанию" вес изоляции и среды автоматически добавляются в элемент в зависимости от характеристик примыкающей трубы и нагрузочной группы. При этом вес изоляции рассчитывается с коэффициентом 1.75 от погонного веса изоляции трубы, а вес среды добавляется равным весу среды в прямой трубе. Пользователь может переопределить эти параметры, сняв флажки "по умолчанию". Если будет введено положительное число, то оно будет воспринято программой как вес (изоляции или среды) в ньютонах. При вводе отрицательных значений, программа воспринимает числа как множители к погонному весу изоляции или среды. При задании "собственного веса" равным нулю, вес изоляции и среды в элемент не добавляются.

Поле "Нагрузки из БД" служит для выбора допускаемых нагрузок в соответствии с НП-068-05 "Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования".

Поле "Комментарий" используется для задания идентификационного имени арматуры. Эта информация выводится на печать в распечатках исходных данных и результатов расчетов.

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** определяет элемент для моделирования трубопроводной арматуры (задвижки, вентиля, клапана и т.д.). Матрица жесткости элемента формируется как для элемента "прямая труба" текущего сечения с толщиной стенки, умноженной на коэффициент [V\\_STF](#)

**Параметры:**

**VL1** длина корпуса арматуры (см. расчетную схему клапана)

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:-	
область возможных значений:	VL1 > 0

**VL2** длина входного патрубка арматуры (см. расчетную схему клапана)

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: VL1/2  
область возможных значений: VL2 > 0

**W(3)** весовые характеристики элемента<sup>1)</sup>

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
размерность: массив из трех чисел  
значение по умолчанию: См. [Приложение IV](#).  
область возможных значений: -

**MAT** ссылочное идентификационное имя материала (см. команду [MAT](#))

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: имя должно совпадать с ранее определенными именами материалов.

**WOP** вес привода

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: WOP ≥ 0

**DIR(3)** направляющие косинусы для определения направления привода

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
размерность: массив из трех чисел  
значение по умолчанию: 0, 0, 0  
область возможных значений: -

**LEN2, LEN3, LEN4** расстояния, определяющие ц.м. корпуса, ц.м. привода и место раскрепления привода (см. рис. с расчетной схемой).

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: -

**NODE<sup>2)</sup>** имя узла для раскрепления привода

тип: [TEXT](#)

единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: см. ограничения для [меток узлов](#)

**NOTE** примечание/комментарий/идентификационное имя клапана

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: [blank](#)  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**OTT\_REF1** метка, идентифицирующая строку в базе данных с допускаемыми нагрузками на выходные патрубки арматуры (см. [Приложение X](#))

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: определяется значениями, присутствующими в файле `vlv_ott.dbs`. длина не более 8 символов

**OTT\_REF2** метка, идентифицирующая строку в базе данных с допускаемыми нагрузками на входной патрубков арматуры (см. [Приложение X](#))

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: определяется значениями, присутствующими в файле `vlv_ott.dbs`. длина не более 8 символов

**Примечания:**

- 1) См. [Приложение IV](#).
- 2) *Внутренний узел клапана может использоваться только для привязки к нему опоры. Его нельзя использовать в качестве реферативного значения (например, в команде [POS](#), или при операциях с копированием участков моделей)*

Пример:

```
NODE: V3W v11 = 800, v12 = 300, w = 22000,,, note = "V1", ott_ref1 = '12', ott_ref2 = '15'
```

## Компенсатор (EJ)

Компенсатор между узлами "170" и "180".

Тип: Non Standard

Aeff: PA, 68000

Exp: 0

Beta: 0

Жесткости

KA: 570  По умолчанию

KB1: 580000  По умолчанию

KS1: 5800  По умолчанию

KB2: 580000  По умолчанию

KS2: 5800  По умолчанию

KT: 1e+009  По умолчанию

Весы

Собственный вес: W(1), 560  По умолчанию

Вес изоляции: W(2), 280  По умолчанию

Вес среды: W(3), 275.431  По умолчанию

Обозначение: AX 1BU-16-300

Note

OK Отмена Справка

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** команда для моделирования компенсатора (общий случай)

**Параметры:**

**LEN** длина элемента

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 Область возможных значений:  $LEN \geq 0$

**DC** или **DS**: описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#)

**XS** смена типа сечения только для текущего элемента без изменения текущей величины для сего остального участка

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущее сечение не инициализировано. В противном случае, принимает значение текущего сечения.  
 область возможных значений: сечение должно быть предварительно описано командой [PIPE](#)

**LG** инициализация нагрузочной группы

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущая нагрузочная группа не инициализирована. В противном случае, принимает значение текущей нагрузочной группы.  
 область возможных значений: нагрузочная группа должна быть предварительно описана одной из подкоманд "LG" команды [OPVAL](#)

**KA** осевая жесткость

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н/мм  
 значение по умолчанию: осевая жесткость присоединенной трубы ( $E \cdot A / L$ )  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**KS(2)** сдвиговая жесткость (1 - вдоль локальной оси элемента Y; 2 - вдоль локальной оси Z)

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н/мм  
 размерность: массив из 2-х элементов  
 значение по умолчанию:  $KS(1) = \frac{12 \cdot E \cdot I}{L^3}$  (сдвиговая жесткость присоединенной трубы);  $KS(2) = KS(1)$   
 область возможных значений:  $\geq 0$

**KB(2)** угловая жесткость (1 - относительно локальной оси элемента Y; 2 - относительно локальной оси Z)

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н\*мм/рад  
 размерность: массив из 2-х элементов  
 значение по умолчанию:  $KB(1) = \frac{E \cdot I}{L}$  (изгибная жесткость присоединенной трубы);  $KB(2) = KB(1)$   
 область возможных значений:  $\geq 0$

**KT** жесткость на кручение

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н\*мм/рад  
 значение по умолчанию: жесткость на кручение присоединяемой трубы:  
 $\frac{E \cdot I}{L \cdot (1 + \mu)}$   
 область возможных значений:  $\geq 0$

**PA** эффективная площадь компенсатора

тип: [REAL](#)  
единицы: мм<sup>2</sup>  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

**W(3)** вес компенсатора<sup>1)</sup>

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
размерность: массив из трех чисел  
значение по умолчанию: См. [Приложение IV](#).  
область возможных значений: -

**EXP** множитель температурного расширения<sup>3)</sup>

тип: [REAL](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$   
значений:

**BETA** ориентация элемента относительно его оси (см. [пример задания](#))

тип: [REAL](#)  
единицы: град  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $|\text{BETA}| \leq 360$   
значений:

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: пустая строка текущего идентификационного имя.  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов  
значений:

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: [blank](#)  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов  
значений:

**SBP** признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. [SBP](#)

**Примечания:**

- 1) При  $PA > 0$  по концам элемента прикладываются распорные усилия  $R = PA * P(ор)$  ( $P(ор)$  – давление, соответствующее рабочему состоянию)
- 2) Коэффициент температурного расширения для компенсатора принимается равным коэффициенту температурного расширения трубы умноженному на коэффициент  $EXP$  :  $TEXP (EXPJ) = EXP * TEXP (pipe)$
- 3) Сдвиговая жесткость компенсатора  $KS$  соответствует плоско-параллельной схеме деформации концов элемента. Изгибная жесткость компенсатора  $KB$  соответствует деформации консольной балки под действием сосредоточенного момента:

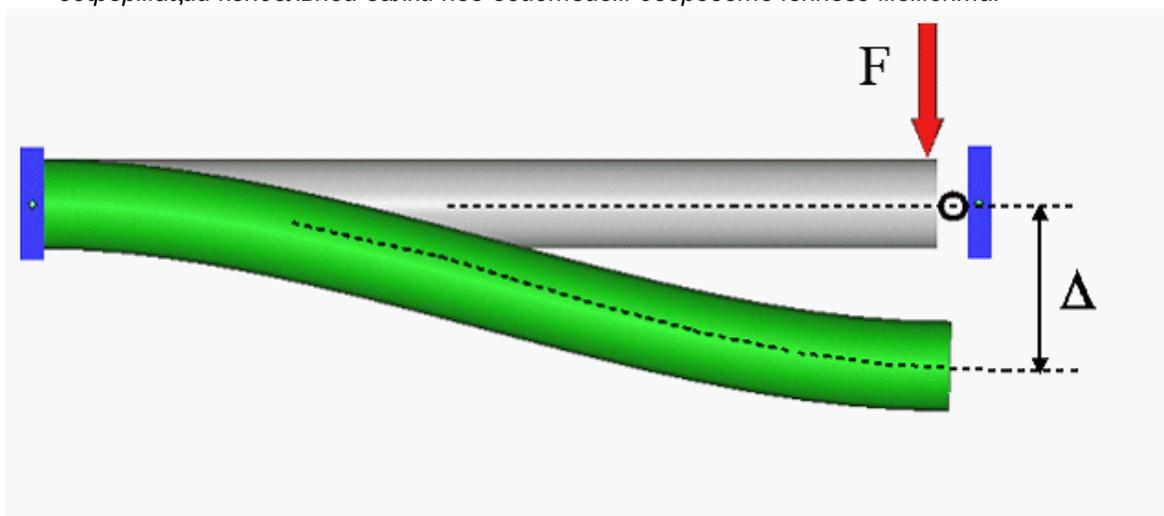


Схема сдвиговой деформации компенсатора ( $F = KS * \Delta$ )

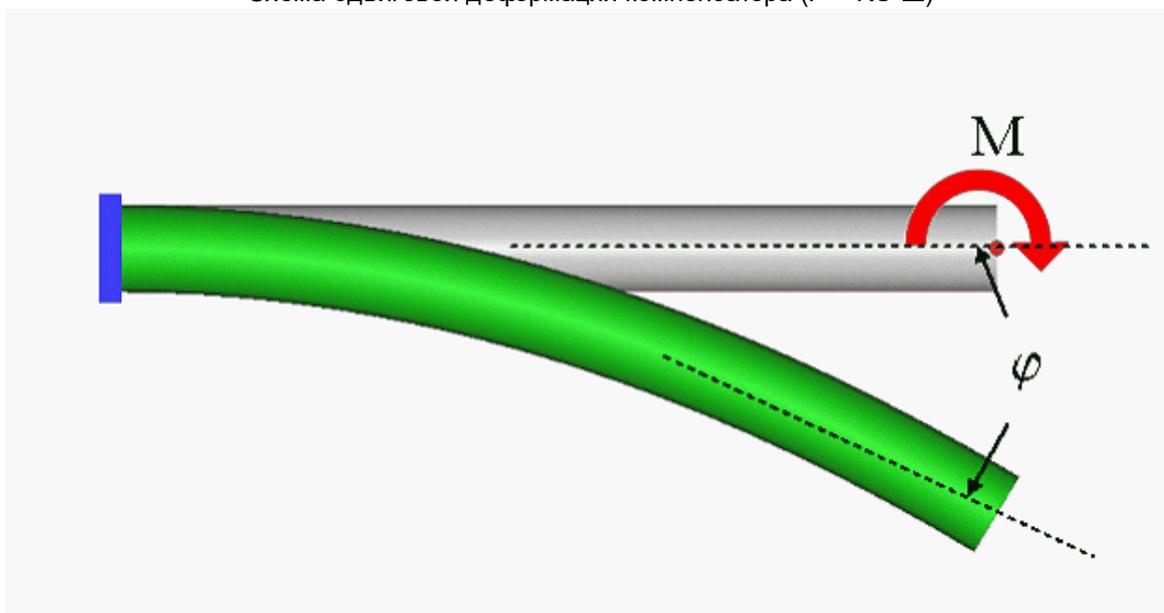


Схема изгибной деформации компенсатора ( $M = KB * \varphi$ )

- 4) Для оценки деформаций компенсаторов в команде [POST](#) следует задать вывод внутренних усилий для интересующей комбинации нагрузок (параметр  $RES = 'FORC'$ ). При этом в файле <имя задачи>.sur для каждого компенсатора будет распечатана отдельная таблица, содержащая деформации (линейные и угловые) для всех наборов результатов с внутренними усилиями.

Пример:

2000: EJ 1000 KA 100. KS 150 200. KB 320 340 KT 1000 PA 203 W 80, -1.2, -1

Все подтипы компенсаторов - [осевой \(EA\)](#), [сдвиговой \(ET\)](#), [шарнирный \(EH\)](#), [карданный \(EG\)](#) приводятся к параметрам задаваемым для общего случая в соответствии с Табл. :

Значение жесткостных параметров для моделирования компенсаторов

TYPE	KA	KS(1)	KS(2)	KB(1)	KB(2)	KT	PA	EXP
EA	ka	ks	ks	kb	kb	R	pa	1
ET (>2 стяжек)	R	ks	ks	R	R	R	0	0
ET (2 стяжки)	R	ks	ks	kb	R	R	0	0
EH	R	R	R	kb	R	R	0	0
EG	R	R	R	kb	kb	R	0	0

**Примечание:** R - "rigid" величина, соответствующая большой жесткости компенсатора для указанной компоненты. Вычисляется в зависимости от сечения присоединяемой трубы:

Жесткость	Формула
Осевая (KA)	$\frac{E * A}{L}$
Сдвиговая (KS)	$\frac{E * I}{L^3}$
Изгибная (KB)	$\frac{E * I}{L}$
Кручение (KT)	$\frac{E * I}{L * (1 + \mu)}$

## Осевой компенсатор (EA)

Компенсатор между узлами "170" и "180".

Тип: Axial

Aeff: PA, 68000

Exp: 1

Beta: 0

**Жесткости**

KA: 570  По умолчанию

KB1: 580000  По умолчанию

KS1: 5800  По умолчанию

KB2: 580000  По умолчанию

KS2: 5800  По умолчанию

KT: 1e+009  По умолчанию

**Весы**

Собственный вес: W(1), 560  По умолчанию

Вес изоляции: W(2), 280  По умолчанию

Вес среды: W(3), 275.431  По умолчанию

Обозначение: AX1BU-16-300

Note

OK Отмена Справка

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** команда для моделирования осевого компенсатора (без стяжек)

### Параметры:

**LEN** длина элемента

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 Область возможных значений:  $LEN \geq 0$

**DC** или **DS**: описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#)

**XS** смена типа сечения только для текущего элемента без изменения текущей величины для сего остального участка

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущее сечение не инициализировано. В противном случае, принимает значение текущего сечения.  
 область возможных значений: сечение должно быть предварительно описано командой [PIPE](#)

**LG** инициализация нагрузочной группы

тип: [TEXT](#)

единицы: -  
 значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущая  
 нагрузочная группа не инициализирована. В  
 противном случае, принимает значение текущей  
 нагрузочной группы.  
 область возможных значений: нагрузочная группа должна быть предварительно  
 описана одной из подкоманд "LG" команды  
[OPVAL](#)

**KA** осевая жесткость

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н/мм  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**KS** сдвиговая жесткость

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н/мм  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**KB** угловая жесткость

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н\*мм/рад  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**KT** жесткость на кручение

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н\*мм/рад  
 значение по умолчанию: жесткость на кручение присоединяемой трубы:  

$$\frac{E * I}{L * (1 + \mu)}$$
  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**PA** эффективная площадь компенсатора

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм<sup>2</sup>  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**W(3)** вес компенсатора<sup>1)</sup>

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
размерность массив из трех чисел  
значение по умолчанию: См. [Приложение IV](#).  
область возможных значений: -

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: пустая строка текущего идентификационное имя.  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: [blank](#)  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**SBP** признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. [SBP](#)

**Примечания:**

- 1) *обязательный параметр, использующийся для вычисления распорного усилия в компенсаторе на рабочих режимах.*
- 2) См. [Приложение IV](#).

Пример :

A10: EA 340, ka = 61.294, ks = 252.358, kb = 1.84E+006, pa = 1.88E5, w = 747.3

См. так же: [Значение жесткостных параметров для моделирования компенсаторов](#)

## Сдвиговой компенсатор (ET)

Компенсатор между узлами "170" и "180".

Тип:  Aeff:  Exp:  Beta:

**Жесткости**

KA:   По умолчанию KB1:   По умолчанию

KS1:   По умолчанию KB2:   По умолчанию

KS2:   По умолчанию KT:   По умолчанию

**Весы**

Собственный вес **W(1)**:   По умолчанию

Вес изоляции **W(2)**:   По умолчанию

Вес среды **W(3)**:   По умолчанию

Обозначение:  **Note**

OK Отмена Справка

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** команда для моделирования компенсатора на стяжках (сдвигового)

### Параметры:

**LEN** длина элемента

тип: [REAL](#)  
 единицы: ММ  
 значение по умолчанию: 0  
 Область возможных значений:  $LEN \geq 0$

**DC** или **DS**: описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#)

**XS** смена типа сечения только для текущего элемента без изменения текущей величины для сего остального участка

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущее сечение не инициализировано. В противном случае, принимает значение текущего сечения.  
 область возможных значений: сечение должно быть предварительно описано командой [PIPE](#)

**LG** инициализация нагрузочной группы

тип: [TEXT](#)

единицы: -  
 значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущая нагрузочная группа не инициализирована. В противном случае, принимает значение текущей нагрузочной группы.  
 область возможных значений: нагрузочная группа должна быть предварительно описана одной из подкоманд "LG" команды [OPVAL](#)

**KS** сдвиговая жесткость

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н/мм  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**KB<sup>1)</sup>** угловая жесткость

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н\*мм/рад  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**BETA<sup>1)</sup>** ориентация элемента относительно его оси (см. [пример задания](#))

тип: [REAL](#)  
 единицы: град  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений:  $|\text{BETA}| \leq 360$

**W(3)** вес компенсатора<sup>2)</sup>

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н  
 размерность: массив из трех чисел  
 значение по умолчанию: См. [Приложение IV](#).  
 область возможных значений: -  
 значений:

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: пустая строка текущего идентификационного имя.  
 область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)

единицы: -  
 значение по умолчанию: [blank](#)  
 область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**SBP** признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. [SBP](#)

**Примечания:**

1. Для моделирования компенсатора на 2-ух стяжках задание параметров **KB** и **BETA** является обязательным. При угле **BETA** = 0 предполагается, что стяжки находятся в локальной плоскости X-Y элемента.
2. См. [Приложение IV](#).

Пример:

2000: ET 1000 KS 100. KB 1000. BETA 30

См. так же: [Значение жесткостных параметров для моделирования компенсаторов](#)

## Шарнирный компенсатор (EH)

Компенсатор между узлами "170" и "180".

Тип: Hinged

Aeff: PA

Exp: 0

Beta: 0

**Жесткости**

KA: rigid  По умолчанию

KB1: 580000  По умолчанию

KS1: rigid  По умолчанию

KB2: rigid  По умолчанию

KS2: rigid  По умолчанию

KT: rigid  По умолчанию

**Веса**

Собственный вес: W(1) 560  По умолчанию

Вес изоляции: W(2) 280  По умолчанию

Вес среды: W(3) 275.431  По умолчанию

Обозначение: AX 1BU-16-300

Note

OK Отмена Справка

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** команда для моделирования шарнирного компенсатора<sup>1)</sup>

**Параметры:**

**LEN** длина элемента

тип: [REAL](#)

единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 Область возможных значений:  $LEN \geq 0$

**DC** или **DS**: описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#)

**XS** смена типа сечения только для текущего элемента без изменения текущей величины для сего остального участка

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущее сечение не инициализировано. В противном случае, принимает значение текущего сечения.  
 область возможных значений: сечение должно быть предварительно описано командой [PIPE](#)

**LG** инициализация нагрузочной группы

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущая нагрузочная группа не инициализирована. В противном случае, принимает значение текущей нагрузочной группы.  
 область возможных значений: нагрузочная группа должна быть предварительно описана одной из подкоманд "LG" команды [OPVAL](#)

**KB** угловая жесткость

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н\*мм/рад  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**BETA**<sup>1)</sup> ориентация элемента относительно его оси (см. [пример задания](#))

тип: [REAL](#)  
 единицы: град  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений:  $|BETA| \leq 360$

**W(3)** вес компенсатора<sup>2)</sup>

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н  
 размерность: массив из трех чисел  
 значение по умолчанию: См. [Приложение IV](#).  
 область возможных значений: -  
 значений:

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: пустая строка текущее идентификационное имя.  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: [blank](#)  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**SBP** признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. [SBP](#)

**Примечания:**

- 1) При угле  $BETA = 0$  предполагается, что шарнирный компенсатор позволяет поворот вокруг локальной оси  $Y$  элемента;
- 2) См. [Приложение IV](#).

Пример:

2000: EN 1000 KB 1000. BETA 30

См. так же: [Значение жесткостных параметров для моделирования компенсаторов](#)

## Карданный компенсатор (EG)

Компенсатор между узлами "170" и "180".

Тип:  Aeff: **PA** Exp: 0 Beta: 0

Жесткости

KA:   По умолчанию KV1:   По умолчанию

KS1:   По умолчанию KV2:   По умолчанию

KS2:   По умолчанию KT:   По умолчанию

Весы

Собственный вес: **W(1)**   По умолчанию

Вес изоляции: **W(2)**   По умолчанию

Вес среды: **W(3)**   По умолчанию

Обозначение: AX 1BU-16-300 **Note**

OK Отмена Справка

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** команда для моделирования карданного компенсатора

### Параметры:

**LEN** длина элемента

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений:  $LEN \geq 0$

**DC** или **DS**: описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#)

**XS** смена типа сечения только для текущего элемента без изменения текущей величины для сего остального участка

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущее сечение не инициализировано. В противном случае, принимает значение текущего сечения.  
 область возможных значений: сечение должно быть предварительно описано командой [PIPE](#)

**LG** инициализация нагрузочной группы

тип: [TEXT](#)

единицы: -  
значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущая нагрузочная группа не инициализирована. В противном случае, принимает значение текущей нагрузочной группы.  
область возможных значений: нагрузочная группа должна быть предварительно описана одной из подкоманд "LG" команды [OPVAL](#)

**KV** угловая жесткость

тип: [REAL](#)  
единицы: Н\*мм/рад  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений:  $\geq 0$

**W(3)** вес компенсатора<sup>2)</sup>

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
размерность массив из трех чисел  
значение по умолчанию: См. [Приложение IV](#).  
область возможных значений: -

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: пустая строка текущее идентификационное имя.  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: [blank](#)  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**SBP** признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. [SBP](#)

**Примечания:**

1) См. [Приложение IV](#).

Пример:

2000: EG 1000 KV 1000.

См. так же: [Значение жесткостных параметров для моделирования компенсаторов](#)

## Жесткая связь (RX/RP)

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** команда для моделирования "жесткого" элемента. В зависимости от типа отображения используются: RX - условная жесткая связь и RP - "толстая" труба.

### Параметры:

**LEN** длина элемента

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 Область возможных значений:  $LEN \geq 0$

**DC** или **DS**: описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#)

**XS** смена типа сечения только для текущего элемента без изменения текущей величины для сего остального участка

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущее сечение не инициализировано. В противном случае, принимает значение текущего сечения.  
 область возможных значений: сечение должно быть предварительно описано командой [PIPE](#)

**LG** инициализация нагрузочной группы

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -

значение по умолчанию: обязательный параметр, если текущая нагрузочная группа не инициализирована. В противном случае, принимает значение текущей нагрузочной группы.

область возможных значений: нагрузочная группа должна быть предварительно описана одной из подкоманд "LG" команды [OPVAL](#)

**W(3)** вес элемента<sup>2)</sup>

тип: [REAL](#)  
единицы: H  
размерность: массив из трех чисел  
значение по умолчанию: См. [Приложение IV](#).  
область возможных значений: -

**SFAC** масштабный коэффициент при толщине стенки трубы<sup>1)</sup>

тип: [REAL](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 10  
область возможных значений: > 0

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: пустая строка текущего идентификационного имя.  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**SBP** признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. [SBP](#)**Примечания:**

- 1) Элемент моделируется трубой с текущим внутренним диаметром и толщиной стенки, увеличенной в SFAC раз:  $T = T * SFAC$
- 2) См. [Приложение IV](#).

## Пример:

```
2000: RX 1000 SFAC .5
```

## Упругий элемент (FJ)

Упругий элемент между узлами "190" и "200".

По умолчанию     По умолчанию     По умолчанию  
 Ka     Ks1     Ks2

По умолчанию     По умолчанию     По умолчанию  
 Kb1     Kb2     Kt

Beta

Обозначение

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** команда для моделирования упругого элемента

**Параметры:**

**DC** или **DS:** описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#)

**KA** осевая жесткость

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н/мм  
 значение по умолчанию: [rigid](#)  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**KS(2)** сдвиговая жесткость

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н/мм  
 размерность массив из 2-х чисел  
 значение по умолчанию: KS(1) = [rigid](#), KS(2) = KS(1)  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**KB(2)** угловая жесткость

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н\*мм/рад  
 размерность массив из 2-х чисел  
 значение по умолчанию: KB(1) = [rigid](#), KB(2) = KB(1)  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**KT** жесткость элемента на кручение

тип: [REAL](#)  
единицы: Н\*мм/рад  
значение по умолчанию: [rigid](#)  
область возможных значений:  $\geq 0$

**BETA** ориентация элемента относительно его оси (см. [пример задания](#))

тип: [REAL](#)  
единицы: град  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $|\text{BETA}| \leq 360$

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: пустая строка текущего идентификационное имя.  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: [blank](#)  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**SBP** признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. [SBP](#)

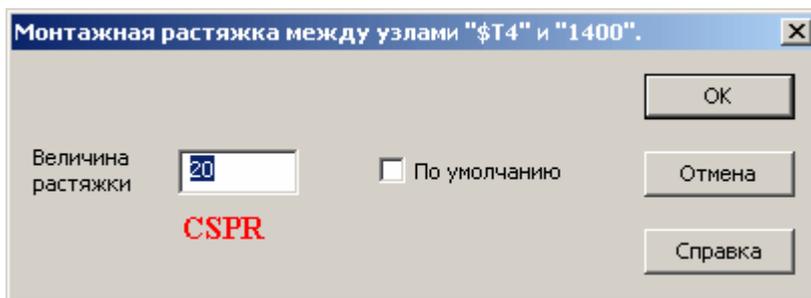
**Примечания:**

*Упругий элемент имеет нулевую длину. Используется для задания в модели локальной податливости (жесткости). Жесткости KA и KT задаются относительно локальной оси "A", KS(1) и KB(1) относительно локальной оси "H", KS(2) и KB(2) относительно локальной оси "N" (см. [пример задания](#));*

Пример :

```
2000: FJ KA 1.e2 KB 3.e4 KS 1.e4 2.1e4 KT 1.e4 beta 45 dc 0 1 1
```

## Монтажная растяжка (CS)



**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** элемент для моделирования монтажной растяжки

**Параметры:**

**LEN<sup>1)</sup>** длина элемента

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$\geq 0$

**DC** или **DS:** описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#)

**XS** смена типа сечения только для текущего элемента без изменения текущей величины для всего остального участка

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
область возможных значений:	сечение должно быть предварительно описано командой <a href="#">PIPE</a>

**CSPR** величина монтажной растяжки

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	LEN
область возможных значений:	-

**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

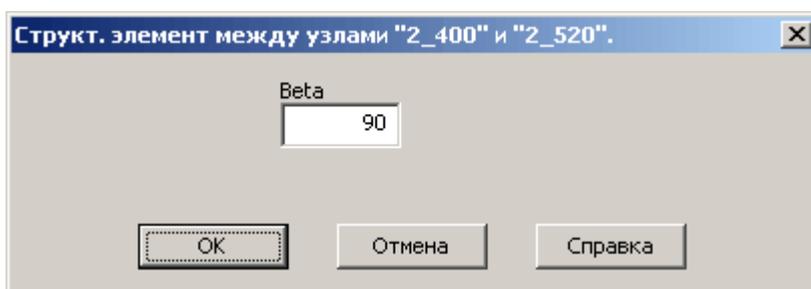
тип:	<a href="#">STRING</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	пустая строка текущее идентификационное имя.
область возможных значений:	см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**Примечания:**

- 1) Длина элемента может быть равной нулю.
- 2) Комментарии к заданию на расчет трубопровода с монтажной затяжкой см. в [Приложении VII](#)

Пример :

```
10: CS 145 dc 1,0,0 xs 'CS250A' CSPR = 100.
```

**Балка (S)**

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** команда для моделирования балочных элементов (структурный элемент)

**Параметры:**

**LEN** длина элемента

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$LEN \geq 0$

**DC** или **DS**: описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#)

**BEAM** идентификационное имя сечения

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	сечение должно быть предварительно описано командой <a href="#">BEAM</a>

**BETA**<sup>1)</sup> ориентация элемента относительно его оси.

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	град
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$ BETA  \leq 360$

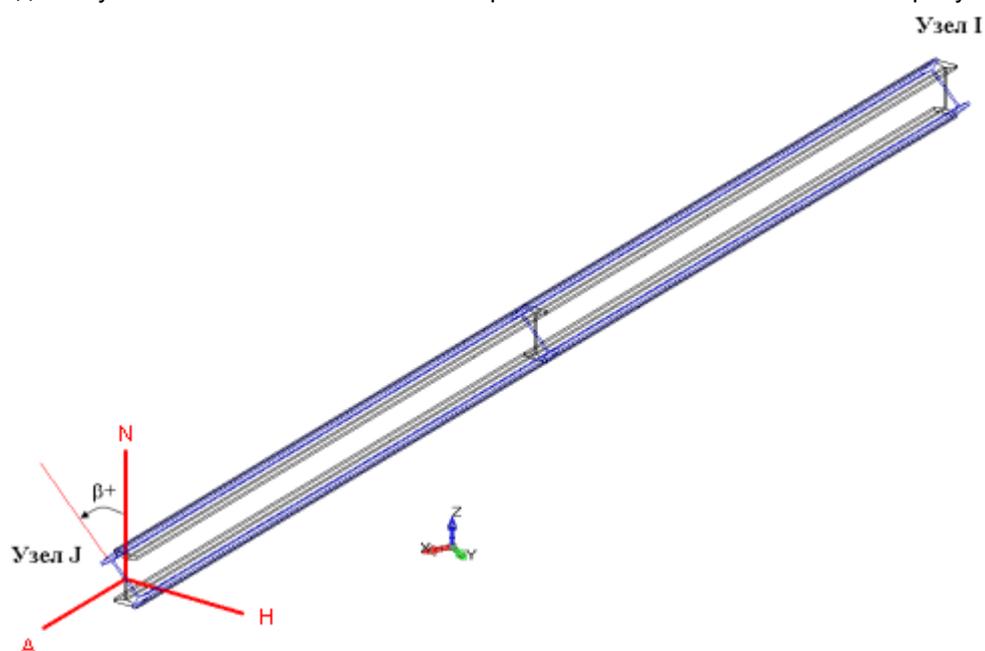
**NAME** идентификационное имя участка трубопровода

тип:	<a href="#">STRING</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	пустая строка текущего идентификационного имя.
область возможных значений:	см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

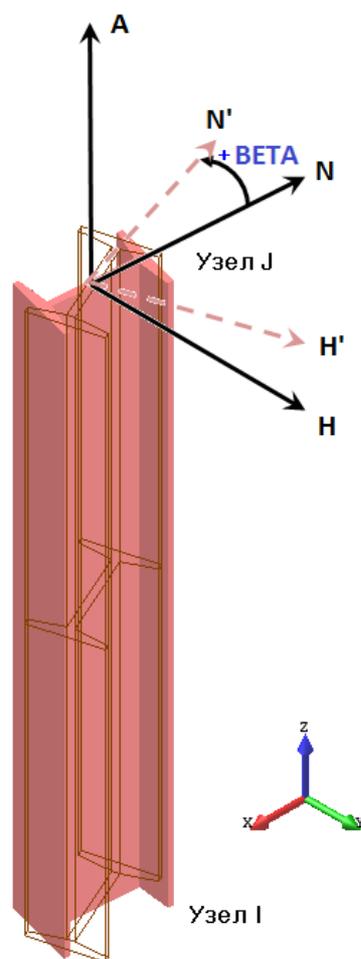
**SBP** признак отнесения элемента к "трубам малого диаметра", см. [SBP](#)

Примечания:

- 1) Угол  $\beta$  определяет поворот сечения относительно локальной оси A. Пример задания угла  $\beta$  и положительное направление его отсчета показаны на рисунке:



- 1) локальная ось A не параллельна глобальной оси Z.



2) локальная ось A параллельна глобальной оси Z (H направлена вдоль глобальной оси Y).

Пример:

```
2000: S LEN 1000 BEAM 'L10'
```

## Координаты узла (POS)

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** команда для определения глобальных или относительных координат узлов расчетной модели. При отсутствии этой команды первому узлу из группы связанных между собой ветвей расчетной модели присваиваются глобальные координаты "0, 0, 0". При наличии этой команды все глобальные координаты узлов для рассматриваемых связанных ветвей пересчитываются. Если для одной группы связанных ветвей PM задано несколько команд POS, то в случае несовпадения "пересчитанных" глобальных координат, выдается сообщение о "невязке".

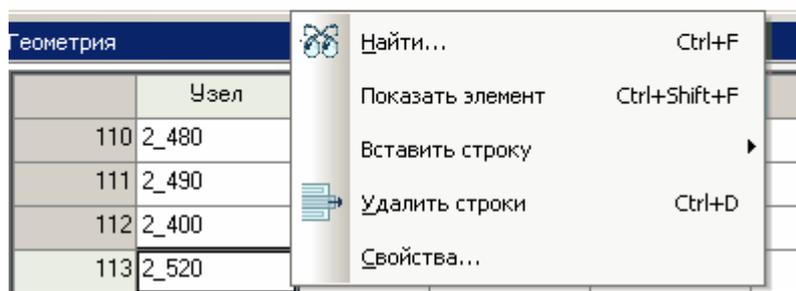
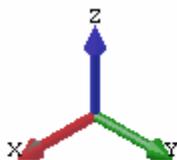
**Параметры:**

<b>X, Y, Z</b>	глобальные координаты узла	
	тип:	<a href="#">REAL</a>
	единицы:	ММ
	значение по умолчанию:	-
	область возможных значений:	-
<b>NODE</b>	имя (метка) узла для связи	
	тип:	<a href="#">TEXT</a>
	единицы:	-
	значение по умолчанию:	-
	область возможных значений:	параметр должен ссылаться на метку одного из существующих узлов расчетной модели

*Примечания:*

При вводе [ИД](#) с использованием таблицы DDE для определения глобальных координат узла необходимо выполнить следующие действия:

1. Навести курсор мышки на нужный узел и, вызвав контекстное меню нажатием правой клавиши мышки, выбрать пункт "Свойства":



2. В появившемся диалоге нажать на "Свойства" и ввести либо абсолютные глобальные координаты узла, либо определить их относительно координат существующего узла:

Координаты узла "2\_520":

X	Y	Z
535	-5935	238

Относительно

2\_490

OK Отмена Справка

3. Нажать "OK". При этом узел, для которого заданы абсолютные глобальные координаты, помечается символом "якорь" синего цвета:

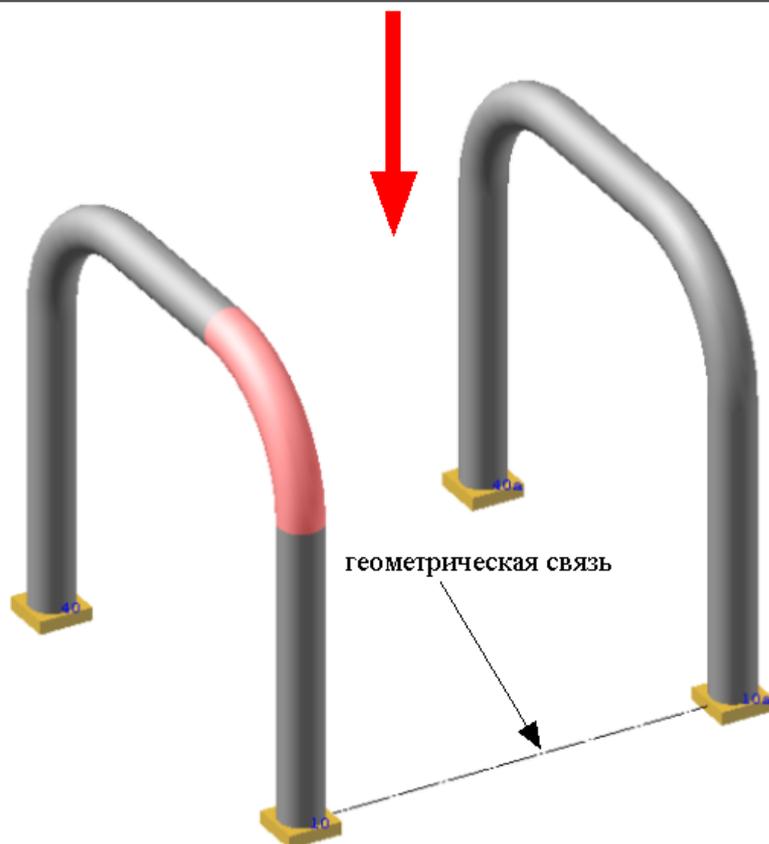
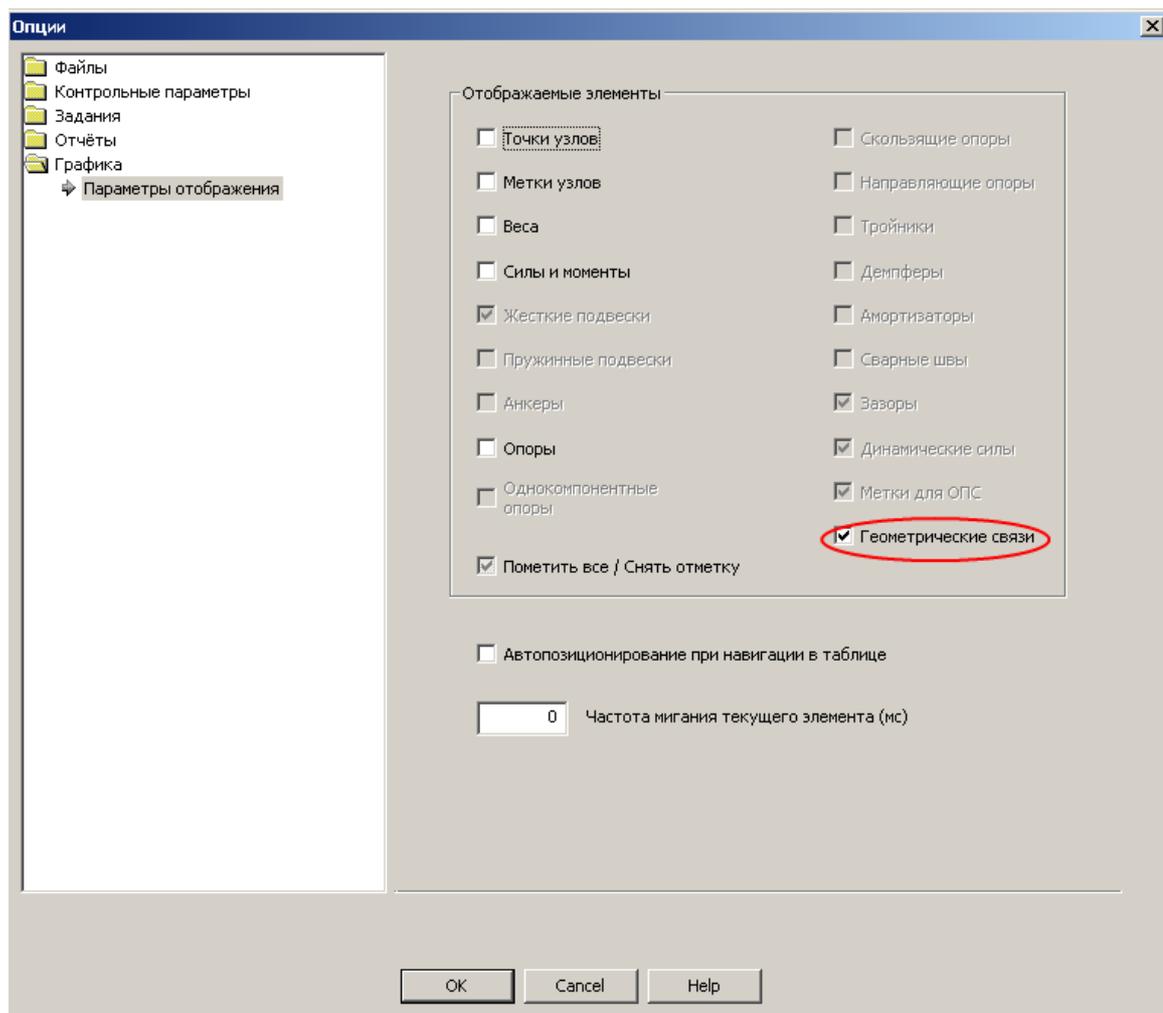
Геометрия				
	Узел	Элемент	L/R	dX
	13 140			750
	14 150			2000
⚓	15 160			2000
	16 170			500
	17 180			1500
	18 190			2000
	19 200			1600

Ready

если координаты установлены относительно существующего узла, то якорь отображается зеленым цветом:

	59 164		
⚓	60 390		From
	61 400		

При наличии в модели геометрических связей между различными узлами, они могут быть отображены с помощью меню "[параметры отображения](#)" (опция "геометрические связи"):



Пример:

```
20: POS 0, -2000, 0 NODE '10A'
```

### Тройник (ТЕЕ)

1) Начиная с версии dPIPE 5.27 эта команда не рекомендуется для ввода тройников. Используйте команду для "стандартного тройника"

2) Команда не совместима с расчетами по Нормам EN редакции 2020 года

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** команда для описания месторасположения и характеристик тройникового узла. Метка узла перед командой соответствует точке разветвления трубопровода, в которой располагается тройник. Вид диалога и список используемых параметров зависит от выбора Норм расчета на прочность.

#### Параметры:

**TYPE** тип тройника

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'WLD'

область возможных значений:

в соответствии с нормами, см. таблицу:

<u>CODE</u>	<u>CODE_YEAR</u>	TYPE	Наименование в соответствии с Нормами
ASME_B3 11	2008	WLD	Welding tee per ASME B16.9
		RF_TEE	Reinforced fabricated tee
		URF_TEE	Unreinforced fabricated tee
		RF_BRC	Branch welded-on fitting (integrally reinforced) per MSS SP-97
		EX_OUT	Extruded outlet meeting the requirements of para. 104.3.1(G)
		WLD_INS	Welded-in contour insert
		BRC	Branch connection
ASME_NC	1992	WLD	Welding Tee per ANSI B19.6 (1)
		BRC	Branch connection (2)
		RF_TEE	Reinforced fabricated tee
		URF_TEE	Unreinforced fabricated tee
	2010	WLD	Welding Tee per ANSI B19.6
		RF_TEE	Reinforced fabricated tee
		BRC	Branch connection or unreinforced fabricated tee
		WLD_BRC	Fillet welded and partial penetration welded branch connections
ASME_NB	1992	WLD	Butt welding tees
		BRC	Branch connections per NB-3643
	2010	WLD	Butt welding tees
		BRC	Branch connections per NB-3643
EN	2002	URF_TEE	tee with welded-on, welded-in or extruded nozzle
		RF_TEE	tee with welded-on, welded-in or extruded nozzle with additional reinforcing ring
		WLD	forged welded-in tee
		BRC	particular connections
ASME_B3 14	2006	WLD	Welding tee per ASME B16.9
		RF_TEE	Reinforced tee with pad or saddle
		URF_TEE	Unreinforced fabricated tee

		EX_OUT	Extruded welding tee
--	--	--------	----------------------

**DB** диаметр штуцера

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: наружный диаметр трубы со стороны штуцера  
область возможных значений:  $> 0$  + см. Примечание 2

**TB** толщина стенки штуцера

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: толщина стенки трубы со стороны штуцера  
область возможных значений:  $TB > 0$ ;  $DB - 2 * TB > 0$  + см. Примечание 2

**DR** диаметр корпуса

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: наружный диаметр основной трубы  
область возможных значений:  $> 0$  + см. Примечание 2

**TR** толщина стенки корпуса

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: толщина стенки основной трубы  
Область возможных значений:  $TR > 0$ ;  $[DR - 2 * (TR - CR)] > 0$  + см. Примечание 2

**CR<sup>1)</sup>** суммарная прибавка к толщине стенки корпуса

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: суммарная прибавка к толщине стенки основной трубы  
область возможных значений:  $CR \geq 0$ ,  $TR - CR > 0$

**CB<sup>1)</sup>** суммарная прибавка к толщине стенки штуцера

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: суммарная прибавка к толщине стенки основной трубы  
область возможных значений:  $CB \geq 0$ ,  $TB - CB > 0$

**TW** утолщение штуцера в районе приварки к прямой трубе (см. [рисунок](#))

тип: [REAL](#)  
 единицы: ММ  
 значение по умолчанию: ТВ  
 область возможных значений:  $\geq$  ТВ

**TN** толщина стенки патрубка или утолщение штуцерного соединения, используется для тройника типа 'BRC' и WLD\_'BRC'

тип: [REAL](#)  
 единицы: ММ  
 значение по умолчанию: ТВ  
 область возможных значений:  $\geq$  ТВ

**RP** внешний радиус штуцера в районе утолщения, используется для тройника типа 'BRC' и WLD\_'BRC' ([см. Приложение XI, рисунок NC-3673.2\(b\)-2](#))

тип: [REAL](#)  
 единицы: ММ  
 значение по умолчанию: ТВ  
 область возможных значений:  $\geq$  ТВ

**R2** радиус скругления в районе штуцерного соединения, используется для тройника типа 'BRC' ([см. Приложение XI, рисунок NB-3643.3\(a\)-1](#))

тип: [REAL](#)  
 единицы: ММ  
 значение по умолчанию: ТВ  
 область возможных значений:  $\geq$  ТВ

**TE** толщина накладки или утолщения, используется для тройника типа 'RF\_TEE' ([см. Приложение XI, рисунок NC-3673.2\(b\)-2](#))

тип: [REAL](#)  
 единицы: ММ  
 значение по умолчанию: ТВ  
 область возможных значений:  $\geq$  ТВ

**SI (10)** массив коэффициентов концентрации напряжений, которые интерпретируются программой в зависимости от используемых Норм расчета на прочность, см. таблицу:

CODE	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
PNAE, PNAE_T	$K_{i(s)}$	$a_s$								
ASME_NC	$B_1$	$B_{2R}$	$B_{2B}$	$S_{IR}$	$S_{IB}$	$B_{2R}'$	$B_{2B}'$			
ASME_NB	$C_1$	$K_1$	$B_{2R}$	$B_{2B}$	$C_{2R}$	$C_{2B}$	$K_{2R}$	$K_{2B}$	$B_{2R}'$	$B_{2B}'$

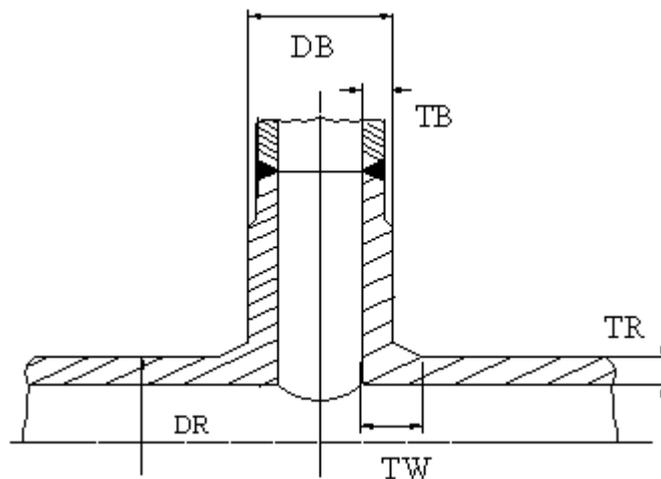
EN	$S_{IR}$	$S_{IR}^{*0.7}$ 5	$S_{IB}$	$S_{IB}^{*0.7}$ 5						
ASME_B311	$S_I$	$S_I^{*0.75}$								

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: определяется программой автоматически  
 область возможных значений:  $SI(1) \geq 2$  ;  $SI(2) \geq 1$  (для Норм ПНАЭ)

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: [blank](#)  
 область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина до 32 символов.

Примечания:

**Сечение тройникового соединения**

- 1) Параметры  $CR$  и  $TW$  используются только для норм ПНАЭ и РД; Параметр  $CB$  используется только для РД.
- 2) Диаметр и толщина стенки корпуса ( $DR$ ,  $TR$ ) и штуцера ( $DB$ ,  $TB$ ) не могут быть меньше аналогичных параметров для присоединяемых труб

Пример :

2000: TEE DB 108 TB 9 DR 325 TR 16

## "Стандартный" тройник (ТЭЕ)

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** команда для ввода "стандартного" тройника, характеристики которого должны быть предварительно описаны в секции для характеристик сечений труб (см. подкоманду [&ТЭЕ](#)). В случае отсутствия характеристик "стандартного" тройника в расчетной модели, их можно завести самостоятельно, воспользовавшись типом "NEW". Тройниковое/штуцерное соединение должно состоять из ортогональных элементов. Допустимые отклонения от прямых углов лимитируются параметрами [TBRC\\_TOL](#) и [TRUN\\_TOL](#).

### Параметры:

**ID** идентификационное имя стандартного тройника, выбирается из доступных имен, из выпадающего списка (обязательный параметр).

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: см. подкоманду [ТЭЕ](#)

**BP** ссылка на существующий узел со стороны штуцера. BP - необязательный параметр, используется для задания коллекторов, "крестовин" и т.п.:

См. видеоклип

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: существующий узел расчетной модели

**CODE** ссылка на нормы расчета на прочность (применимо лишь в случае использования Норм NTD\_ASI)

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: [CODE](#)  
область возможных значений: совпадает с параметром [CODE](#)

**CODE\_YEAR** год выпуска норм (редакция)

тип: [INTEGER](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: [CODE\\_YEAR](#)  
область возможных значений: совпадает с параметром [CODE\\_YEAR](#)

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: [blank](#)  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина до 32 символов.

Пример :

```
20: TEE id = 'BRC'
```

## Коэффициенты интенсификации напряжений

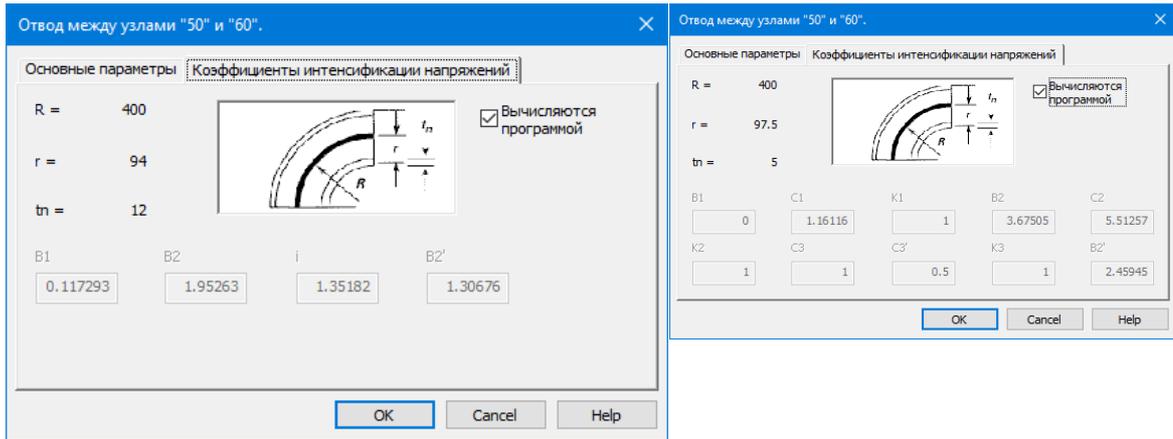
При расчете по Нормам ASME BPVC в диалоге элемента появляется дополнительная закладка, в которой в зависимости от Норм отображаются соответствующие коэффициенты интенсификации/концентрации напряжений.

По умолчанию коэффициенты рассчитываются в соответствии с требованиями Норм, но, если снять флажок «вычисляются программой», то появляется возможность переопределения коэффициентов Пользователем.

[Отвод:](#)

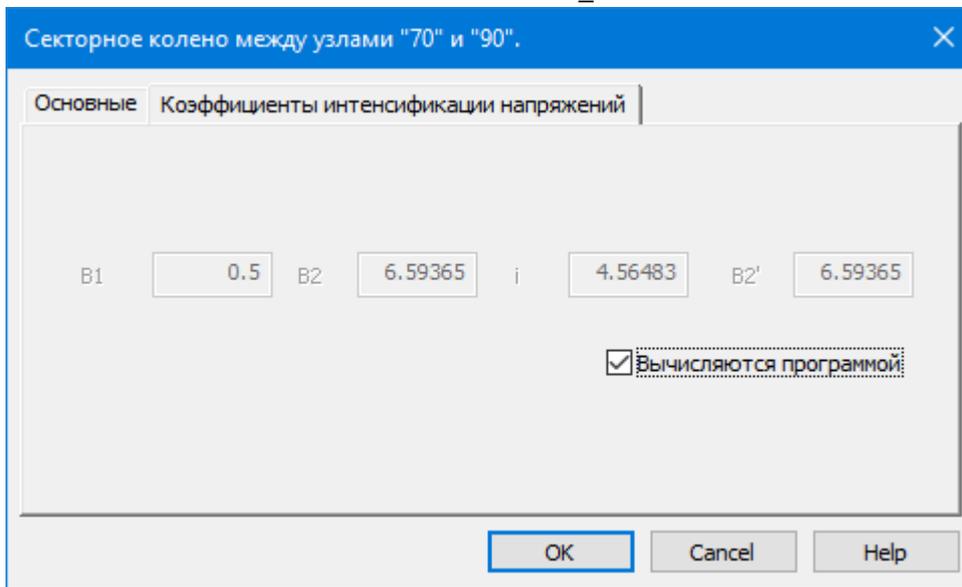
CODE = 'ASME\_NC', 'EN'

CODE = 'ASME\_NB', CLS = 1



[Секторное колено:](#)

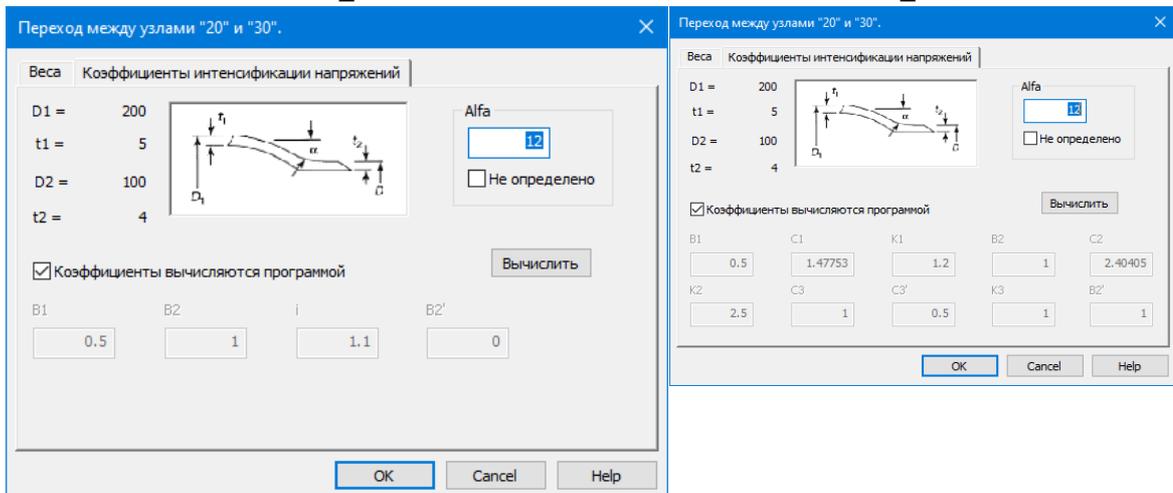
CODE = 'ASME\_NC'



[Переход](#)

CODE = 'ASME\_NC', 'EN'

CODE = 'ASME\_NB', CLS = 1



[Сварной шов](#)

CODE = 'ASME\_NC', 'EN'

CODE = 'ASME\_NB', CLS = 1

Сварной шов в узле "10". Нормы: ASME\_NC.

Узел: 10 Тип: Socket

Кoeffициенты интенсификации напряж:

B1	B2	i	B2'
1	1.5	2.8	1.33

Определяются программой

Обозначение

Комментарий

Отключить

Сварной шов в узле "10". Нормы: ASME\_NB.

Узел: 10 Тип: Transition

Кoeffициенты интенсификации напряжений

B1	C1	K1	B2	C2
0.5	1.8	1.2	1	2.1
K2	C3	C3'	K3	
1.8	2	1	1.7	

Определяются программой

Обозначение

Комментарий

Отключить

В файл [ИД](#) \*.dp5 коэффициенты записываются в массив SI:

CODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ASME_NB	B1	C1	K1	B2	C2	K2	C3	C3'	K3	B2'
ASME_NC	B1	B2	i	B2'						
EN	i	0.75*i								
ASME B31.1	i	0.75*i								

## Сварной шов (WLD)

Сварной шов в узле "210". Нормы: RD.

Узел: 210 Коэффициент снижения прочности: AUS

**Нормы РД**

Комментарий: TYPE/FIB

Отключить

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** моделирование поперечного сварного шва трубопровода;

**Параметры:**

**FIB** коэффициент снижения прочности

тип: [REAL](#)  
единицы: -

значение по умолчанию:  
 область возможных значений: 0 < FIB ≤ 1

**FWS** коэффициент снижения циклической прочности (определяется в соответствии с п. 5.6.12 Норм [\[REF 1\]](#), применим для **CODE** = 'PNAE' и 'PNAE\_T')

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию:  
 область возможных значений: 0 < FWS ≤ 1

**TYPE** - в случае использования норм ПНАЭ тип материала трубопровода (используется для норм РД и ПНАЭ высокотемпературные трубопроводы)

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'CS'  
 область возможных значений: 'AUS', 'CMV', 'CS', 'BWELD', 'SOCK', 'TRANS'

При использовании Норм ASME/EN в диалоге появляются дополнительные поля с [коэффициентами интенсификации напряжений](#)

**Примечания:**

*При оценке прочности трубопровода по нормам РД 10-249-98 [\[REF 2\]](#) значения коэффициентов снижения прочности сварных соединений принимаются по таблице 4.2 в зависимости от параметра TYPE. При TYPE='AUS' рассматриваются аустенитные хромоникелиевые и высокохромистые стали; TYPE='CMV' соответствует хромомолибденовым сталям; TYPE='CS' – углеродистым, марганцовистым и хромомолибденовым сталям. Типы 'BWELD' (поперечный сварной шов, Girth Butt Weld), 'SOCK' (сварной шов «внахлест», Socket Weld), 'TRANS' (переходной стык, Transition) используются с Нормами ASME и EN*

Пример:

2000: WLD FIB 0.9 FWS 1

или

2000: WLD TYPE 'CS'

## Сосредоточенный вес (CW)

Сосредоточенная весовая нагрузка

Узел

Вес  **W**

Смещение **OFF(1:3)**

dx  dy  dz

Комментарий

Отключить

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** команда для моделирования сосредоточенного веса в узле модели

**Параметры:**

**W** сосредоточенный вес

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

**OFF(3)** эксцентриситет сосредоточенной весовой нагрузки (относительные координаты X, Y, Z задаются от узла по направлению глобальных осей)

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
размерность: массив из трех чисел  
значение по умолчанию: 0, 0, 0  
область возможных значений: -  
значений:

**Примечания:**

- 1) В динамическом анализе сосредоточенный вес трактуется как сосредоточенная масса по всем поступательным степеням свободы. См. также [Приложение IV](#).

**Пример:**

2000: CW 1000.

## Сосредоточенные нагрузки (FOR)

**Тип:** локальная геометрическая многострочная команда

**Функция:** команда для моделирования сосредоточенных в узле расчетной модели сил/моментов<sup>1)</sup>

**Параметры:**

**MODE** идентификационное имя режима работы трубопровода.

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров. Режим работы должен быть предварительно описан командой <a href="#">OPVAL</a> .

Сочетание параметров команды зависит от системы координат, в которой задано направления действия сосредоточенной нагрузки (глобальная, локальная или сферическая).

**FX, FY, FZ** компоненты сосредоточенных сил, действующие вдоль глобальных осей

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

**MX, MY, MZ** компоненты сосредоточенных моментов, действующие вдоль глобальных осей

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н\*мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

или:

**F (M)** магнитуда силы (момента)

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н (Н\*мм)  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

+

**DC\_F (DC\_M)<sup>2)</sup>** проекции линии действия силы (момента) на **глобальные** координаты XYZ, либо соответствующие направляющие косинусы.

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 размерность: массив из 3-х элементов  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: все три элемента массива не могут одновременно быть равны нулю.

**DIRL\_F (DIRL\_M)<sup>2)</sup>** альтернативная форма задания направления действия силы (момента) в **локальных** координатах

тип: [REAL](#) или [TEXT](#)  
 единицы: -  
 размерность: массив из 3-х элементов  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: либо 3 числа - направляющих косинуса, либо 'A', 'H', 'N' - направления локальных осей

**DS\_F (DS\_M)<sup>2)</sup>** альтернативная форма задания направления действия силы (момента) в **сферических** координатах. См. аналогичную команду [DS](#), использующуюся для ввода геометрии трубопровода.

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 размерность: массив из 2-х элементов

значение по умолчанию: -  
область возможных значений: все три элемента массива не могут  
одновременно быть равны нулю.

Пример:

```
121: FOR  
& mode = 'OPER', f = 1414.21, ds_f = -90, 45
```

или

```
DJ10N: FOR  
& mode = 'HOT', fz = 2000  
& mode = 'REG_1', fz = 1000  
& mode = 'REG_2', fz = 20
```

**Примечания:**

- 1) Для того, чтобы сосредоточенные нагрузки были учтены в расчете, в команде [SOLV](#) должна быть указана соответствующая ссылка:  
... LC MOD='\$OPER' ... [LOAD](#) = 'W+P+F'
- 2) Параметры, определяющие направления действия силы (момента) DC\_, DIRL\_ и DS\_, являются взаимоисключающими. Для определения локальной системы координат см. [Приложение II](#).

## Анкерная опора (ANC)

**Тип:** локальная геометрическая многострочная команда

**Функция:** команда для моделирования анкера (неподвижной опоры) или патрубка оборудования

**Параметры:**

**STX(STA)** жесткость опоры в направлении глобальной оси X (STX) или локальной оси A (STA)

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н/мм  
 значение по умолчанию: [rigid](#)  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**STY(STH)** жесткость опоры в направлении глобальной оси Y (STY) или локальной оси H (STH)

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н/мм  
 значение по умолчанию: [rigid](#)

область возможных значений:  $\geq 0$

**STZ(STN)** жесткость опоры в направлении глобальной оси Z (STZ) или локальной оси N (STN)

тип: [REAL](#)  
единицы: Н/мм  
значение по умолчанию: [rigid](#)  
область возможных значений:  $\geq 0$

**SRX(SRA)** угловая жесткость опоры вокруг глобальной оси X (SRX) или локальной оси A (SRA)

тип: [REAL](#)  
единицы: Н\*мм/рад  
значение по умолчанию: [rigid](#)  
область возможных значений:  $\geq 0$

**SRY(SRH)** угловая жесткость опоры вокруг глобальной оси Y (SRY) или локальной оси H (SRH)

тип: [REAL](#)  
единицы: Н\*мм/рад  
значение по умолчанию: [rigid](#)  
область возможных значений:  $\geq 0$

**SRZ(SRN)** угловая жесткость опоры вокруг глобальной оси Z (SRZ) или локальной оси N (SRN)

тип: [REAL](#)  
единицы: Н\*мм/рад  
значение по умолчанию: [rigid](#)  
область возможных значений:  $\geq 0$

**REL**<sup>3)</sup> освобождаемые степени свободы при определении нагрузок на подвески

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: см. Примечание 3

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: [blank](#)

область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**GROUP**<sup>4)</sup> имя сейсмической группы опор

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: имя первой группы спектров, описанных командой [SPEC](#)  
область возможных значений: имя группы, выбирается из параметра 'GROUP' команды [SPEC](#)

**CNODE**<sup>4.5)</sup> имя (метка) узла для связи

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: параметр должен ссылаться на метку одного из существующих узлов расчетной модели

**OUT**<sup>6)</sup> признак вывода оцифровки зависимостей типа "время - усилие - деформация" в текстовый файл (только в рамках метода динамического анализа, [DYN='ТНА'](#))

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'NO'  
область возможных значений: 'YES' или 'NO'

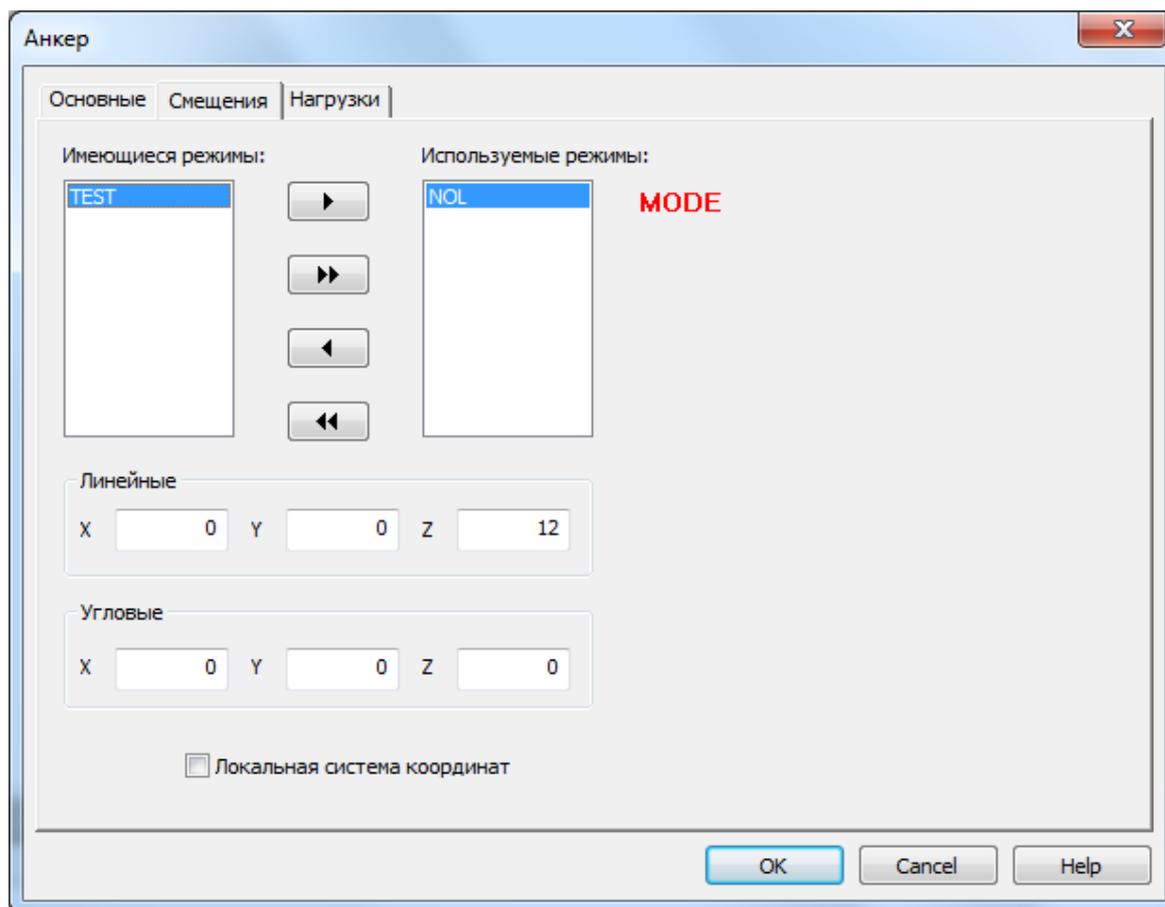
**FI** угол поворота глобальных осей опоры вокруг оси Z (аналог угла DS(1) для [сферической системы координат](#))

тип: [REAL](#)  
единицы: град  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

**THETA** угол наклона развернутой оси X опоры к горизонтальной плоскости (аналог угла DS(2) [сферической системы координат](#))

тип: [REAL](#)  
единицы: град  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$





**MODE** идентификационное имя режима работы трубопровода. Используется для задания predetermined смещений опор

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров. Режим работы должен быть предварительно описан командой [OPVAL](#).

#### Параметры подкоманды:

**DX** смещение опоры по глобальной оси X

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

**DY** смещение опоры по глобальной оси Y

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0

область возможных значений: -

#### DZ смещение опоры по глобальной оси Z

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

#### RX угловое смещение опоры (поворот) вокруг глобальной оси X

тип: [REAL](#)  
 единицы: рад  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

#### Ry угловое смещение опоры (поворот) вокруг глобальной оси Y

тип: [REAL](#)  
 единицы: рад  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

#### RZ угловое смещение опоры (поворот) вокруг глобальной оси Z

тип: [REAL](#)  
 единицы: рад  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

#### Примечания:

- 1) Для всех опор вводится локальная система координат в соответствии с правилами, изложенными в [Приложении II](#) ;
- 2) команда ANC не может быть задана посередине пролета;
- 3) параметр **REL** учитывается только при выборе характеристик пружин, а именно, на этапе расчета, для которого в команде [SOLV](#) задан параметр **TYPE = 'DSGN'**.  
 Возможные варианты значений параметра REL: 'V' - освободить вертикаль; 'T' - освободить все поступательные степени свободы (X, Y, Z/ A, H, N); 'A' - освободить все;
- 4) параметры GROUP и CNODE являются взаимоисключающими;
- 5) параметр CNODE определяет метку узла расчетной модели, с которой связывается опора. При задании CNODE определение смещений опоры недопустимо.
- 6) при значении параметра OUT = 'YES' после выполнения расчета в рабочем каталоге модели появляется файл, имеющий имя типа "SUPP\_001\_100.dat". В имени файла "100" - имя узла, "001" - порядковый номер анкерной или 6-компонентной опоры, расположенной в узле "100". Файл содержит 13 колонок цифр: первая колонка - время, 2 - 7 - компоненты усилий в опоре (Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz); 8 - 13 - динамические деформации опоры (Dx, Dy, Dz, Rx, Ry, Rz).

Пример:

```
2000: ANC REL 'V'
& mode 'NOL' DX -10. DY -23. DZ 30. RX 3.
& mode 'ZERO'
& mode 'HYDR' DX -5. DY -13. DZ 20.
```

## Шестикомпонентная опора (SUP)

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** команда для моделирования неподвижной опоры

**Параметры:**

**STX(STA)** жесткость опоры в направлении глобальной оси X (STX) или локальной оси A (STA)

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н/мм  
 значение по умолчанию: [rigid](#)  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**STY(STH)** жесткость опоры в направлении глобальной оси Y (STY) или локальной оси H (STH)

тип: [REAL](#)  
единицы: Н/мм  
значение по умолчанию: [rigid](#)  
область возможных значений:  $\geq 0$

**STZ(STN)** жесткость опоры в направлении глобальной оси Z (STZ) или локальной оси N (STN)

тип: [REAL](#)  
единицы: Н/мм  
значение по умолчанию: [rigid](#)  
область возможных значений:  $\geq 0$

**SRX(SRA)** угловая жесткость опоры вокруг глобальной оси X (SRX) или локальной оси A (SRA)

тип: [REAL](#)  
единицы: Н\*мм/рад  
значение по умолчанию: [rigid](#)  
область возможных значений:  $\geq 0$

**SRY(SRH)** угловая жесткость опоры вокруг глобальной оси Y (SRY) или локальной оси H (SRH)

тип: [REAL](#)  
единицы: Н\*мм/рад  
значение по умолчанию: [rigid](#)  
область возможных значений:  $\geq 0$

**SRZ(SRN)** угловая жесткость опоры вокруг глобальной оси Z (SRZ) или локальной оси N (SRN)

тип: [REAL](#)  
единицы: Н\*мм/рад  
значение по умолчанию: [rigid](#)  
область возможных значений:  $\geq 0$

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: [blank](#)  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**GROUP<sup>2)</sup>** имя сейсмической группы опор

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: имя первой группы спектров, описанных командой [SPEC](#)  
область возможных значений: имя группы, выбирается из параметра 'GROUP' команды [SPEC](#)

**CNODE<sup>2,3</sup>** имя (метка) узла для связи

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: параметр должен ссылаться на метку одного из существующих узлов расчетной модели

**OUT<sup>4</sup>** признак вывода оцифровки зависимостей типа "время - усилие - деформация" в текстовый файл (только в рамках метода динамического анализа, [DYN='THA'](#))

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'NO'  
область возможных значений: 'YES' или 'NO'

**FI** угол поворота глобальных осей опоры вокруг оси Z (аналог угла DS(1) для [сферической системы координат](#))

тип: [REAL](#)  
единицы: град  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

**THETA** угол наклона развернутой оси X опоры к горизонтальной плоскости (аналог угла DS(2) [сферической системы координат](#))

тип: [REAL](#)  
единицы: град  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

**DBS\_TBL** ссылка на таблицу в [БД по опорам](#)

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: существующая таблица в БД  
значений:

**DBS\_REF** ссылка на запись (метку) из таблицы DBS\_TBL

тип: [STRING](#)  
единицы: -

значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: существующая метка

**REF\_NODE<sup>5)</sup>** имя (метка) узла для определения направления локальных координат опоры

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: параметр должен ссылаться на метку одного из существующих узлов расчетной модели

### Подкоманда

**Тип:** подкоманда

**Функция:** используется для задания predetermined смещений опор

**Параметры:**

**MODE** идентификационное имя режима работы трубопровода.

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров. Режим работы должен быть предварительно описан командой [OPVAL](#).

**DX** смещение опоры по глобальной оси X

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

**DY** смещение опоры по глобальной оси Y

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

**DZ** смещение опоры по глобальной оси Z

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

**RX** угловое смещение опоры (поворот) вокруг глобальной оси X

тип: [REAL](#)  
единицы: рад  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**RY** угловое смещение опоры (поворот) вокруг глобальной оси Y

тип: [REAL](#)  
единицы: рад  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**RZ** угловое смещение опоры (поворот) вокруг глобальной оси Z

тип: [REAL](#)  
единицы: рад  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**Примечания:**

- 1) для всех опор вводится локальная система координат в соответствии с правилами, изложенными в [Приложении II](#);
- 2) параметры *GROUP* и *CNODE* являются взаимоисключающими;
- 3) параметр *CNODE* определяет метку узла расчетной модели, с которой связывается опора. При задании *CNODE* определение смещений опоры недопустимо.
- 4) при значении параметра *OUT* = 'YES' после выполнения расчета в рабочем каталоге модели появляется файл, имеющий имя типа "SUPP\_001\_100.dat". В имени файла "100" - имя узла, "001" - порядковый номер анкерной или 6-компонентной опоры, расположенной в узле "100". Файл содержит 13 колонок цифр: первая колонка - время, 2 - 7 - компоненты усилий в опоре ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ); 8 - 13 - динамические деформации опоры ( $D_x$ ,  $D_y$ ,  $D_z$ ,  $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$ ).
- 5) ссылка на второй узел элемента, относительно которого вводится опора, для определения ее локальных координат. Программа автоматически добавляет этот параметр к данным, имеющим направление действия и расположенным в узле, который имеет связность больше чем с двумя элементами.

Пример:

2000: SUP SRA 0

## Линейная однокомпонентная опора (STS)

**Тип:** локальная геометрическая многострочная команда

**Функция:** моделирование линейной двухсторонней связи, ограничивающей поступательные перемещения;<sup>1)</sup>

**Параметры:**

**STIF** жесткость опоры вдоль линии действия связи

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н/мм  
 значение по умолчанию: [rigid](#)  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**DC или DS:** направление действия опоры, описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#).

**GAP**<sup>2)</sup> зазор

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

**MU** коэффициент трения

тип: [REAL](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $0 \leq MU \leq 1$

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: [blank](#)  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**GROUP**<sup>3)</sup> имя сейсмической группы опор

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: имя первой группы спектров, описанных командой [SPEC](#)  
область возможных значений: имя группы, выбирается из параметра 'GROUP' команды [SPEC](#)

**CNODE**<sup>3,4)</sup> имя (метка) узла для связи

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: параметр должен ссылаться на метку одного из существующих узлов расчетной модели

**OUT**<sup>5)</sup> признак вывода оцифровки зависимостей типа "время - усилие - деформация" в текстовый файл (только в рамках метода динамического анализа, [DYN](#)='ТНА')

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'NO'  
область возможных значений: 'YES' или 'NO'  
значений:

**DBS\_TBL** ссылка на таблицу в [БД по опорам](#)

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -

область возможных значений: существующая таблица в БД

**DBS\_REF** ссылка на запись (метку) из таблицы DBS\_TBL

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: существующая метка

### Подкоманда

**Тип:** подкоманда

**Функция:** используется для задания predetermined смещений опор

**Параметры:**

**MODE** идентификационное имя режима работы трубопровода.

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров. Режим работы должен быть предварительно описан командой [OPVAL](#).

**DX** смещение опоры по глобальной оси X

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

**DY** смещение опоры по глобальной оси Y

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

**DZ** смещение опоры по глобальной оси Z

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

**Примечания:**

- 1) Возможны краткие варианты записи этой команды, когда направление действия опоры совпадает либо с глобальными координатами (команды STX, STY, STZ), либо с локальными координатами опоры (STA, STH, STN). В случае использования краткой записи команд, параметры, указывающие направление (DC или DS) не используются.
- 2) Зазор симметричный. Величина зазора задается от "нулевого" (ненагруженного) состояния;
- 3) параметры GROUP и CNODE являются взаимоисключающими;
- 4) параметр CNODE определяет метку узла расчетной модели, с которой связывается опора;
- 5) при значении параметра OUT = 'YES' после выполнения расчета в рабочем каталоге модели появляется файл, имеющий имя типа "RSTR\_001\_100.dat". В имени файла "100" - имя узла, "001" - порядковый номер однокомпонентной опоры, расположенной в узле "100". Файл содержит 7 колонок цифр: первая колонка - время, 2 - 4 - компоненты усилий в опоре (Fx, Fy, Fz); 5 - 7 - динамические деформации опоры (Dx, Dy, Dz).

Пример :

```
2000: STS 1.e4 DC 1 1 0 GAP 10 MU 0.3 NOTE "12RABQ001"
```

### Угловая однокомпонентная опора (SRS)

**Тип:** локальная геометрическая многострочная команда

**Функция:** моделирование линейной двухсторонней связи, ограничивающей угловые перемещения (повороты);

**Параметры:**

**STIF** угловая жесткость опоры вокруг линии действия связи

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н\*мм/рад  
 значение по умолчанию: [rigid](#)  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**DC или DS:** направление действия опоры, описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#) .

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: [blank](#)  
 область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**GROUP**<sup>2)</sup> имя сейсмической группы опор

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: имя первой группы спектров, описанных командой [SPEC](#)  
 область возможных значений: имя группы, выбирается из параметра 'GROUP' команды [SPEC](#)

**CNODE**<sup>2,3)</sup> имя (метка) узла для связи

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: параметр должен ссылаться на метку одного из существующих узлов расчетной модели

**OUT**<sup>4)</sup> признак вывода оцифровки зависимостей типа "время - усилие - деформация" в текстовый файл (только в рамках метода динамического анализа, [DYN='THA'](#))

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'NO'  
 область возможных значений: 'YES' или 'NO'  
 значений:

**DBS\_TBL** ссылка на таблицу в [БД по опорам](#)

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: существующая таблица в БД

**DBS\_REF** ссылка на запись (метку) из таблицы DBS\_TBL

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: существующая метка

### Подкоманда

**Тип:** подкоманда

**Функция:** используется для задания predetermined смещений опор

### Параметры:

**MODE** идентификационное имя режима работы трубопровода.

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров. Режим работы должен быть предварительно описан командой [OPVAL](#).

**RX** угловое смещение опоры (поворот) вокруг глобальной оси X

тип: [REAL](#)  
единицы: рад  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**RY** угловое смещение опоры (поворот) вокруг глобальной оси Y

тип: [REAL](#)  
единицы: рад  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**RZ** угловое смещение опоры (поворот) вокруг глобальной оси Z

тип: [REAL](#)  
единицы: рад  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**Примечания:**

- 1) возможны краткие варианты записи этой команды, когда направление линии действия опоры совпадает либо с глобальными координатами (команды SRX, SRY, SRZ), либо с локальными координатами опоры (SRA, SRH, SRN). В случае использования краткой записи команд, параметры, указывающие направление (DC или DS) не используются;
- 2) параметры GROUP и CNODE являются взаимоисключающими;
- 3) параметр CNODE определяет метку узла расчетной модели, с которой связывается опора;
- 4) при значении параметра OUT = 'YES' после выполнения расчета в рабочем каталоге модели появляется файл, имеющий имя типа "RSTR\_001\_100.dat". В имени файла "100" - имя узла, "001" - порядковый номер однокомпонентной опоры, расположенной в узле "100". Файл содержит 7 колонок цифр: первая колонка - время, 2 - 4 - компоненты усилий в опоре ( $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ); 5 - 7 - динамические угловые деформации опоры ( $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$ ).

**Пример :**

```
2000: SRS 1.e4 DC 1 1 0 NOTE "12RABQ001"
```

или

```
2000: SRN
```

или

```
2000: SRZ
```

## Линейная односторонняя однокомпонентная опора (команды STS+, STS-)

**Тип:** локальная геометрическая многострочная команда

**Функция:** моделирование линейной односторонней связи, ограничивающей поступательные перемещения;

**Параметры:**

**STIF** жесткость опоры вдоль линии действия связи

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н/мм  
 значение по умолчанию: [rigid](#)  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**DS или DC:** направление действия опоры, описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#).

**GAP**<sup>2)</sup> зазор

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**MU** коэффициент трения

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений:  $0 \leq MU \leq 1$

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: [blank](#)  
 область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**GROUP**<sup>4)</sup> имя сейсмической группы опор

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: имя первой группы спектров, описанных командой [SPEC](#)  
 область возможных значений: имя группы, выбирается из параметра 'GROUP' команды [SPEC](#)

**CNODE**<sup>4,5)</sup> имя (метка) узла для связи

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: параметр должен ссылаться на метку одного из существующих узлов расчетной модели

**OUT**<sup>6)</sup> признак вывода оцифровки зависимостей типа "время - усилие - деформация" в текстовый файл (только в рамках метода динамического анализа, [DYN](#)='ТНА')

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'NO'  
 область возможных значений: 'YES' или 'NO'  
 значений:

**DBS\_TBL** ссылка на таблицу в [БД по опорам](#)

тип: [STRING](#)  
 единицы: -

значение по умолчанию: -  
область возможных значений: существующая таблица в БД

**DBS\_REF** ссылка на запись (метку) из таблицы DBS\_TBL

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: существующая метка

### Подкоманда

**Тип:** подкоманда

**Функция:** используется для задания predetermined смещений опор

**Параметры:**

**MODE** идентификационное имя режима работы трубопровода.

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров. Режим работы должен быть предварительно описан командой [OPVAL](#).

**DX** смещение опоры по глобальной оси X

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**DY** смещение опоры по глобальной оси Y

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**DZ** смещение опоры по глобальной оси Z

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**Примечания:**

- 1) знак "+" или "-" показывает направление, в котором работает связь. Возможны краткие записи этой команды (без указания направления посредством команды DIR): в глобальной системе координат: STX+/STX-, STY+/STY-, STZ+/STZ-. В случае использования локальной системы координат, используются команды STA+/STA-; STH+/STH-; STN+/STN-.
- 2) для односторонних связей зазор рассматривается в направлении действия опоры, в противоположном направлении зазор считается неограниченным. Величина зазора задается от "нулевого" (ненагруженного) состояния
- 3) опоры типа "STZ-" и "STN-" (последняя в случае расположения на горизонтальном участке трубопровода с уклоном не более 10°) рассматриваются программой как несущие весовую нагрузку. В случае их отрыва на величину более критериальной (см. параметр [LIFT](#)) на этапах расчета типа "OPER\_A" или "OPER\_B" (см. команду [SOLV](#), параметр [TYPE](#)), на последующем этапе расчета типа "SUST\_C", эти опоры не учитываются.
- 4) параметры GROUP и CNODE являются взаимоисключающими;
- 5) параметр CNODE определяет метку узла расчетной модели, с которой связывается опора;
- 6) при значении параметра OUT = 'YES' после выполнения расчета в рабочем каталоге модели появляется файл, имеющий имя типа "RSTR\_001\_100.dat". В имени файла "100" - имя узла, "001" - порядковый номер однокомпонентной опоры, расположенной в узле "100". Файл содержит 7 колонок цифр: первая колонка - время, 2 - 4 - компоненты усилий в опоре (Fx, Fy, Fz); 5 - 7 - динамические деформации опоры (Dx, Dy, Dz).

**Пример :**

```
2000: STS+ 1.e4 DC 1 1 0 GAP 10 MU 0.3 NOTE "12RABQ001"
```

или :

```
2000: STX+ 1.e4 GAP 10 MU 0.3 NOTE "12RABQ001"
```

## Направляющая опора (STG, STG-)

**Тип:** локальная геометрическая многострочная команда

**Функция:** моделирование направляющей опоры;

**Параметры:**

**STIF** жесткость опоры вдоль линии действия связи

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н/мм  
 значение по умолчанию: [rigid](#)  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**MU** коэффициент трения

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений:  $0 \leq MU \leq 1$

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)

единицы: -  
 значение по умолчанию: [blank](#)  
 область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**GROUP<sup>3)</sup>** имя сейсмической группы опор

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: имя первой группы спектров, описанных командой [SPEC](#)  
 область возможных значений: имя группы, выбирается из параметра 'GROUP' команды [SPEC](#)

**CNODE<sup>3,4)</sup>** имя (метка) узла для связи

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: параметр должен ссылаться на метку одного из существующих узлов расчетной модели

**OUT<sup>5)</sup>** признак вывода оцифровки зависимостей типа "время - усилие - деформация" в текстовый файл (только в рамках метода динамического анализа, [DYN='THA'](#))

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'NO'  
 область возможных значений: 'YES' или 'NO'

**DBS\_TBL** ссылка на таблицу в [БД по опорам](#)

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: существующая таблица в БД

**DBS\_REF** ссылка на запись (метку) из таблицы DBS\_TBL

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: существующая метка значений:

## Подкоманда

**Тип:** подкоманда

**Функция:** используется для задания predetermined смещений опор

**Параметры:**

**MODE** идентификационное имя режима работы трубопровода.

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров. Режим работы должен быть предварительно описан командой <a href="#">OPVAL</a> .

**DX** смещение опоры по глобальной оси X

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	-

**DY** смещение опоры по глобальной оси Y

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	-

**DZ** смещение опоры по глобальной оси Z

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	-

**Примечания:**

- 1) команда *STG*- на вертикальном участке не используется. На участке трубопровода с направлением, отличным от вертикального возможно использование обеих форм команды *STG*: "*STG tu*" эквивалентна командам "*STH tu*" + "*STN- tu*";
- 2) опора типа "*STG*-", расположенная на горизонтальном участке трубопровода с уклоном не более 10°, рассматривается программой как несущая весовую нагрузку. В случае ее отрыва на величину более критерияльной (см. параметр [LIFT](#)) на этапах расчета типа "*OPER\_A*" или "*OPER\_B*" (см. команду [SOLV](#), параметр [TYPE](#)), на последующем этапе расчета типа "*SUST\_C*", опора не учитывается;
- 3) параметры *GROUP* и *CNODE* являются взаимоисключающими;
- 4) параметр *CNODE* определяет метку узла расчетной модели, с которой связывается опора;
- 5) при значении параметра *OUT* = 'YES' после выполнения расчета в рабочем каталоге модели появляется файл, имеющий имя типа "*RSTR\_001\_100.dat*". В имени файла "100" - имя узла, "001" - порядковый номер однокомпонентной опоры, расположенной в узле "100". Файл содержит 7 колонок цифр: первая колонка - время, 2 - 4 - компоненты усилий в опоре (*Fx*, *Fy*, *Fz*); 5 - 7 - динамические деформации опоры (*Dx*, *Dy*, *Dz*).

Пример:

2000: STG MU 0.3

или:

2000: STG-

## Пружинная подвеска/опора (SPR)

Упругая опора

Основные | Смещения | Нагрузки | ← DBS\_TBL, DBS\_REF

Узел: 1430      Длина тяги: 897 **LEN**

**NC**  
Число цепей: 2      Исполнение: Подвеска

**TBL**  
Каталог: LISEGA

Пружина **ID**  
Размер: 2

Тип (ход): 1

Структура цепи

Общая нагрузка **P**  
3382      Не определена

**GROUP/CNODE**  
Сейсмическая группа/Узел для связи

Узел      Сейсмическая группа

Группа      p13\_in25\_in\_kup

Пружина по умолчанию

Кoeffициенты      Нагрузки

Минимальная нагрузка: 830      Максимальная нагрузка: 2500      Жесткость цепи: 33.4

**PMIN**      **PMAX**      **S**

**OUT**      **LOCK**

Выводить результаты для МДА       Фиксировать при ПИ

Обозначение: SPH 20JNB10BQ4129 **NOTE**

Комментарий

Отключить      OK      Cancel      Help

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** моделирование пружинной подвески или пружинной опоры;

**Параметры:**

**NC**<sup>1)</sup> число пружинных цепей

тип: [INTEGER](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 1  
область возможных значений:  $|NC| \geq 1$

**P** общая нагрузка на подвеску

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений:  $\geq 0$  (кроме расчетов типа '[OPER\\_R](#)')  
значений:

**S** жесткость одной цепи

тип: [REAL](#)  
единицы: Н/мм  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений:  $\geq 0$   
значений:

**TBL** идентификационное имя таблицы пружин

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: определяется в соответствии с параметрами, приведенными в базе данных, либо указанными в команде [SDEF](#)  
область возможных значений: определяется используемой таблицей пружин (файл SH.DBS)

**ID**<sup>2)</sup> идентификатор пружины

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: определяется используемой таблицей пружин (файл SH.DBS)

**PMAX** максимальная нагрузка на одну цепь

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$   
значений:

**PMIN** минимальная нагрузка на одну цепь

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	Н
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$\geq 0$

**LEN** длина тяги подвески

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$\geq 0$

**PVAR** коэффициент изменения нагрузки

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	0.35
область возможных значений:	$0 \leq PVAR \leq 1$

**PFAC** коэффициент запаса по нагрузке

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	1.3
область возможных значений:	$PFAC \geq 1$

**ZMAX** максимальная структура цепи

тип:	<a href="#">INTEGER</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	определяется в соответствии с параметрами, приведенными в базе данных, либо указанными в команде <a href="#">SDEF</a>
область возможных значений:	$ZMAX \geq 1$

**ZMIN** минимальная структура цепи

тип:	<a href="#">INTEGER</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	определяется в соответствии с параметрами, приведенными в базе данных, либо указанными в команде <a href="#">SDEF</a>
область возможных значений:	$ZMIN \geq 1$

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: [blank](#)  
область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**GROUP**<sup>4)</sup> имя сейсмической группы опор

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: имя первой группы спектров, описанных командой [SPEC](#)  
область возможных значений: имя группы, выбирается из параметра 'GROUP' команды [SPEC](#)

**CNODE**<sup>4,5)</sup> имя (метка) узла для связи

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: параметр должен ссылаться на метку одного из существующих узлов расчетной модели

**OUT**<sup>6)</sup> признак вывода оцифровки зависимостей типа "время - усилие - деформация" в текстовый файл (только в рамках метода динамического анализа, [DYN='THA'](#))

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'NO'  
область возможных значений: 'YES' или 'NO'

**LOCK** признак «заклинивания» подвески в режиме ГИ (гидроиспытаний), проводимых в процессе эксплуатации трубопровода (расчет типа [TEST B](#))

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'NO'  
область возможных значений: 'YES' или 'NO'

**DBS\_TBL** ссылка на таблицу в [БД по опорам](#)

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: существующая таблица в БД  
значений:

**DBS\_REF** ссылка на запись (метку) из таблицы DBS\_TBL

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: существующая метка

### Подкоманда

**Тип:** подкоманда

**Функция:** используется для задания predetermined смещений опор

### Параметры:

**MODE** идентификационное имя режима работы трубопровода.

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров. Режим работы должен быть предварительно описан командой [OPVAL](#).

**DX** смещение опоры по глобальной оси X

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**DY** смещение опоры по глобальной оси Y

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**DZ** смещение опоры по глобальной оси Z

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

### Примечания:

1) при  $NC \geq 1$  опора отображается как пружинная подвеска, при  $NC \leq -1$  - как пружинная опора;

- 2) идентификатор пружины состоит из 3 полей: 'size/travel/type', где размер пружины (size) соответствует максимальной нагрузке на пружину, "travel" соответствует максимально возможному рабочему ходу пружины, тип подвески (type) используется только в тех каталогах, в которых в разных исполнениях упругих опор применяются одинаковые пружины (например, каталог LISEGA);
- 3) см. также [Приложение VI](#) с комментариями по выбору пружин для упругих опор;
- 4) параметры GROUP и CNODE являются взаимоисключающими;
- 5) параметр CNODE определяет метку узла расчетной модели, с которой связывается опора;
- 6) при значении параметра OUT = 'YES' после выполнения расчета в рабочем каталоге модели появляется файл, имеющий имя типа "SPRH\_001\_100.dat". В имени файла "100" - имя узла, "001" - порядковый номер однокомпонентной опоры, расположенной в узле "100". Файл содержит 7 колонок цифр: первая колонка - время, 2 - 4 - компоненты усилий в опоре (Fx, Fy, Fz); 5 - 7 - динамические деформации опоры (Dx, Dy, Dz).

Пример :

```
2000: SPR NC 2 LEN 1000. NOTE "12RABQ003"
```

## Жесткая подвеска (ROD)

Жёсткая Подвеска

Основные | Смещения | Нагрузки ← DBS\_TBL, DBS\_REF

Узел: 3800

Число тяг: NC 2      Длина тяги: LEN1200

Жесткость: 100000       По умолчанию

GROUP/CNODE

Сейсмическая группа/Узел для связи

Узел      Сейсмическая группа

Группа      p13\_in25\_in\_kup

OUT

Выводить результаты для МДА

Обозначение: 20JMK15BQ101 NOTE

Комментарий

Отключить      OK      Cancel      Help

Тип: локальная геометрическая команда

**Функция:** моделирование жесткой подвески;

**Параметры:**

**NC** число тяг

тип:	$\geq NT$
единицы:	-
значение по умолчанию:	1
область возможных значений:	$\geq 1$

**LEN** длина тяги подвески

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	$\geq 0$

**STIF** жесткость тяги

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	<a href="#">RH_STF</a>
область возможных значений:	$\geq 0$

**NOTE** обозначение

тип:	<a href="#">STRING</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	<a href="#">blank</a>
область возможных значений:	см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**GROUP**<sup>2)</sup> имя сейсмической группы опор

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	имя первой группы спектров, описанных командой <a href="#">SPEC</a>
область возможных значений:	имя группы, выбирается из параметра 'GROUP' команды <a href="#">SPEC</a>

**CNODE**<sup>2,3)</sup> имя (метка) узла для связи

тип:	<a href="#">TEXT</a>
------	----------------------

единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: параметр должен ссылаться на метку одного из существующих узлов расчетной модели

**OUT**<sup>4)</sup> признак вывода оцифровки зависимостей типа "время - усилие - деформация" в текстовый файл (только в рамках метода динамического анализа, [DYN='ТНА'](#))

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'NO'  
 область возможных значений: 'YES' или 'NO'

**DBS\_TBL** ссылка на таблицу в [БД по опорам](#)

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: существующая таблица в БД

**DBS\_REF** ссылка на запись (метку) из таблицы DBS\_TBL

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: существующая метка

## Подкоманда

**Тип:** подкоманда

**Функция:** используется для задания predetermined смещений опор

**Параметры:**

**MODE** идентификационное имя режима работы трубопровода.

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров. Режим работы должен быть предварительно описан командой [OPVAL](#).

**DX** смещение опоры по глобальной оси X

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

**DY** смещение опоры по глобальной оси Y

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**DZ** смещение опоры по глобальной оси Z

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**Примечания:**

- 1) Элемент "жесткая подвеска" является односторонней связью, ограничивающей перемещения трубопровода вертикально вниз.
- 2) параметры *GROUP* и *CNODE* являются взаимоисключающими;
- 3) параметр *CNODE* определяет метку узла расчетной модели, с которой связывается опора;
- 4) при значении параметра *OUT* = 'YES' после выполнения расчета в рабочем каталоге модели появляется файл, имеющий имя типа "SPRH\_001\_100.dat". В имени файла "100" - имя узла, "001" - порядковый номер однокомпонентной опоры, расположенной в узле "100". Файл содержит 7 колонок цифр: первая колонка - время, 2 - 4 - компоненты усилий в опоре ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ); 5 - 7 - динамические деформации опоры ( $D_x$ ,  $D_y$ ,  $D_z$ ).

Пример :

```
2000: ROD NC 2 LEN 1000. NOTE "12RABQ005"
```

## Жесткий стержень (STRT)

Стержень

Основные | Смещения | Нагрузки | ← DBS TBL, DBS REF

Узел: 1200      Длина: LEN 700      Жесткость: 1e+009       По умолчанию

**REF\_NODE**  
Базовый элемент  
Pipe (1110->1200)

**DC/DS/DIRL**  
Направление действия  
Система координат:  3D     A     H     N  
Локальная    dA: 1    dH: 0    dN: 0

**OFFS(3)**  
Смещение точки крепления элемента к трубопроводу  
dA: 0    dH: 0    dN: 0

**GROUP/CNODE**  
Сейсмическая группа/Узел для связи  
 Узел    Сейсмическая группа  
 Группа    p13\_in25\_in\_kup     Выводить результаты для МДА

**OUT**

Обозначение: RRZ 20JNB10BQ4124 **NOTE**

Комментарий

Отключить           

**Тип:** локальная геометрическая многострочная команда

**Функция:** моделирование линейной связи конечной длины с учетом геометрической нелинейности (жесткий стержень, тяга, распорка и т.д.)

**Параметры:**

**LEN** длина стержня

тип:	REAL
единицы:	ММ
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	≥ 0

**STIF** жесткость стержня

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	Н/мм
значение по умолчанию:	<a href="#">rigid</a>
область возможных значений:	$\geq 0$

**DC/DS/DIRL(3)** направление действия опоры в декартовых/сферических или локальных координатах, описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#)

**OFFS(3)** смещения точки крепления стержня к трубопроводу. Задаются в локальных координатах трубы

тип:	<a href="#">REAL(3)</a>
единицы:	мм
размерность	массив из трех чисел
значение по умолчанию:	0, 0, 0
область возможных значений:	-

**NOTE** обозначение

тип:	<a href="#">STRING</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	<a href="#">blank</a>
область возможных значений:	см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**GROUP<sup>1)</sup>** имя сейсмической группы опор

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	имя первой группы спектров, описанных командой <a href="#">SPEC</a>
область возможных значений:	имя группы, выбирается из параметра 'GROUP' команды <a href="#">SPEC</a>

**CNODE<sup>1,2)</sup>** имя (метка) узла для связи

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	параметр должен ссылаться на метку одного из существующих узлов расчетной модели

**OUT<sup>3)</sup>** признак вывода оцифровки зависимостей типа "время - усилие - деформация" в текстовый файл (только в рамках метода динамического анализа, [DYN='TNA'](#))

тип:	<a href="#">TEXT</a>
------	----------------------

единицы: -  
значение по умолчанию: 'NO'  
область возможных значений: 'YES' или 'NO'

**DBS\_TBL** ссылка на таблицу в [БД по опорам](#)

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: существующая таблица в БД

**DBS\_REF** ссылка на запись (метку) из таблицы DBS\_TBL

тип: [STRING](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: существующая метка

### Подкоманда

**Тип:** подкоманда

**Функция:** используется для задания predetermined смещений опор

**Параметры:**

**MODE** идентификационное имя режима работы трубопровода.

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров. Режим работы должен быть предварительно описан командой [OPVAL](#).

**DX** смещение опоры по глобальной оси X

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**DY** смещение опоры по глобальной оси Y

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**DZ** смещение опоры по глобальной оси Z

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**Примечания:**

- 1) параметры *GROUP* и *CNODE* являются взаимоисключающими;
- 2) параметр *CNODE* определяет метку узла расчетной модели, с которой связывается опора;
- 3) при значении параметра *OUT* = 'YES' после выполнения расчета в рабочем каталоге модели появляется файл, имеющий имя типа "STRT\_001\_100.dat". В имени файла "100" - имя узла, "001" - порядковый номер однокомпонентной опоры, расположенной в узле "100". Файл содержит 7 колонок цифр: первая колонка - время, 2 - 4 - компоненты усилий в опоре (*Mx*, *My*, *Mz*); 5 - 7 - динамические угловые деформации опоры (*Rx*, *Ry*, *Rz*).

Пример :

```
50: STRT LEN = 1000, DC = 0, 0, 1 OFFS = 0, 123, 0 DBS_TBL = "LISEGA 2010RS", DBS_REF = "000  
& MODE = 'NOL', DZ = 300
```

## Демпфер (DMP)

Демпфер

Основные | Смещения | Подопорная конструкция

Kx 1e+009 Ky 1e+009 Kz 1e+009

По умолчанию  По умолчанию  По умолчанию

Fi° 0

Отключить OK Cancel Help

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** моделирование демпферной опоры (вязкоупругого демпфера);

**Параметры:**

**NAME** имя демпфера

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	<a href="#">blank</a>
область возможных значений:	(1)

**TYPE** модель демпфера

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: 'VED'  
область возможных значений: 'VED', 'VIS', 'MXW'

**TD<sup>2)</sup>** рабочая температура жидкости демпфера

тип: [REAL](#)  
единицы: °C  
значение по умолчанию: 20  
область возможных значений: -10°C до +100°C , (2)

**LH** номинальная нагрузка по горизонтали

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

**LV** номинальная нагрузка по вертикали

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

**DH** допускаемые перемещения по горизонтали

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

**DV** допускаемые перемещения по вертикали

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0

область возможных значений:  $\geq 0$

#### **FH** характерная частота по горизонтали

тип: [REAL](#)  
единицы: Гц  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

#### **FV** характерная частота по вертикали

тип: [REAL](#)  
единицы: Гц  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

#### **CH** жесткость по горизонтали

тип: [REAL](#)  
единицы: Н/мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

#### **CV** жесткость по вертикали

тип: [REAL](#)  
единицы: Н/мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

#### **VH** вязкость по горизонтали

тип: [REAL](#)  
единицы: Н\*сек/мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

#### **VV** вязкость по вертикали

тип: [REAL](#)  
 единицы: Н\*сек/мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**K1\_H, C1\_H, K2\_H, C2\_H** коэффициенты 4-х параметрической максвелловской модели демпфера для горизонтального направления.

тип: [REAL](#)  
 единицы: (K1\_H, K2\_H: Н/мм, C1\_H, C2\_H: рад/сек)  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**K1\_V, C1\_V, K2\_V, C2\_V** коэффициенты 4-х параметрической максвелловской модели демпфера для вертикального направления.

тип: [REAL](#)  
 единицы: (K1\_V, K2\_V: Н/мм, C1\_V, C2\_V: рад/сек)  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений:  $\geq 0$

**GROUP** имя сейсмической группы опор

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: имя первой группы спектров, описанных командой [SPEC](#)  
 область возможных значений: имя группы, выбирается из параметра 'GROUP' команды [SPEC](#)

**OUT**<sup>3)</sup> признак вывода оцифровки зависимостей типа "время - усилие - деформация" в текстовый файл (при [DYN](#)='THA')

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'NO'  
 область возможных значений: 'YES' или 'NO'

**NOTE**<sup>4)</sup> обозначение

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: [blank](#)  
 область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**CNODE<sup>4,5</sup>** имя (метка) узла для связи

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: параметр должен ссылаться на метку одного из существующих узлов расчетной модели

**KX, KY, KZ** жесткости подпорных конструкций

тип: [REAL](#)  
единицы: Н/мм  
значение по умолчанию: [rigid](#)  
область возможных значений:  $\geq 0$

**FI** угол поворота глобальных осей подпорной конструкции вокруг оси Z (аналог угла DS(1) для [сферической системы координат](#))

тип: [REAL](#)  
единицы: град  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений:  $\geq 0$

#### Подкоманда

**Тип:** подкоманда

**Функция:** используется для задания predetermined смещений опор

**Параметры:**

**MODE** идентификационное имя режима работы трубопровода.

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров. Режим работы должен быть предварительно описан командой [OPVAL](#).

**DX** смещение опоры по глобальной оси X

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -  
значений:

**DY** смещение опоры по глобальной оси Y

тип: [REAL](#)

единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

**DZ** смещение опоры по глобальной оси Z

тип: [REAL](#)  
 единицы: мм  
 значение по умолчанию: 0  
 область возможных значений: -

**Примечания:**

- 1) Демпферные опоры, описанные командой DMP, учитываются в расчете только в рамках динамического анализа. Программа предусматривает 2 типа задания характеристик демпферных опор: в явной и неявной формах (см. табл.). При задании демпфера в неявной форме программа автоматически определяет характеристики демпферной опоры по данным, содержащимся в файле 'DMP.DBS'. При этом имя демпфера (параметр NAME) должно в точности соответствовать одному из стандартных имен, приведенных в этом же файле. Номенклатура и параметры демпферов типа ВД приведены в [Приложении III](#).

**Сочетание параметров при различных формах задания команды DMP**

Модель демпфера	Сочетание параметров		Тип анализа
	Явная форма	Неявная форма	
упругая (TYPE='VED')	TYPE, LH, LV, DH, DV, CH, CV, GROUP, NOTE	NAME, TYPE, TD, FH, FV, GROUP, NOTE	ЛСМ, МДА
идеально-вязкая (TYPE='VIS')	TYPE, LH, LV, DH, DV, VH, VV, NOTE	NAME, TYPE, TD, FH, FV, NOTE	МДА
максвелловская (TYPE='MXW')	TYPE, LH, LV, DH, DV, K1_H, C1_H, K2_H, C2_H, K1_V, C1_V, K2_V, C2_V, NOTE	NAME, TYPE, TD, NOTE	МДА

- 2) Параметр TD следует использовать только для демпферов с кремнеорганической жидкостью (например, демпферы серии ВД). При изменении рабочей температуры жидкости демпфера в диапазоне от -10 °С до +100 °С, динамические характеристики демпфера корректируются при помощи следующего эмпирического выражения:

$$Si_t = 1.47 \cdot Si_{20} \cdot e^{-0.0193 \cdot t}, \text{ где}$$

$Si_t$  - жесткостной параметр при рабочей температуре  $t$ ;

$Si_{20}$  - жесткостной параметр при температуре +20 °С (характеристики модели демпфера типа ВД в базе данных заданы именно для этой температуры);  
 $t$  - рабочая температура жидкости в демпфере (в градусах).

Для определения рабочей температуры в жидкости демпфера рекомендуется использовать следующую эмпирическую зависимость:

$$t = k \cdot (t_m - t_s) + t_s, \text{ где:}$$

$t$  - рабочая температура жидкости в демпфере;

$t_m$  - температура среды трубопровода;

$t_s$  - температура воздуха в помещении;

$k$  - коэффициент тепловой передачи, принимаемый в зависимости от соединения поршня демпфера и трубопровода. При прямом соединении  $k=0.136$ ; при соединении через термоизолирующую прокладку  $k=0.1$ ; при соединении через дистанционирующую (полую) конструкцию  $k=0.071$ .

- 3) при значении параметра `OUT = 'YES'` после выполнения расчета в рабочем каталоге модели появляется файл, имеющий имя типа `"DAMP_001_100.dat"`. В имени файла `"100"` - имя узла, `"001"` - порядковый номер демпфера, расположенного в узле `"100"`. Файл содержит 7 колонок цифр: первая колонка - время, 2, 3, 4 - компоненты усилий в демпфере ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ); 5, 6, 7 - динамические деформации демпфера ( $D_x$ ,  $D_y$ ,  $D_z$ ). Параметр `OUT` используется только для вязкой или максвелловской модели демпфера (`TYPE = 'VIS'` или `'MXW'`).
- 4) параметры `GROUP` и `CNODE` являются взаимоисключающими;
- 5) параметр `CNODE` определяет метку узла расчетной модели, с которой связывается опора.

Примеры:

```
2000: DMP TYPE = 'MXW' 'VD-426/219-3' TD 50
2000: DMP TYPE = 'VED' 'VD-426/219-3' TD 50 FH 5 FV 7
```

## Динамический амортизатор (SNUB)

Гидроамортизатор

Основные | Смещения

Узел:  Жесткость **STF**:   По умолчанию Тип **TYPE**:

Направление действия **DC/DS/DIRL**: Система координат:  3D  A  H  N  
 Локальная

Зазор **GAP**:  Начальное демпфирование **B0**:   
 Пороговая скорость запирания **V0**:  Максимальная нагрузка **FL**:

Базовый элемент:  Сейсмическая группа/Узел для связи:  Узел  Группа Сейсмическая группа:

Выводить результаты для МДА **OUT** **GROUP/CNODE**

Обозначение:

Комментарий:

Отключить

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** моделирование амортизатора;

**Параметры:**

**TYPE** модель амортизатора

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'LIN'  
 область возможных значений: 'LIN', 'MCH', 'HDR'

**STF** жесткость амортизатора

тип: [REAL](#)

единицы: Н/мм  
значение по [rigid](#)  
умолчанию:  
область возможных значений:  $\geq 0$

**DC или DS:** направление действия амортизатора, описание параметров см. в [разделе "Локальные команды"](#).

**DIRL<sup>2)</sup>:** альтернативная форма задания направления линии действия амортизатора

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по -  
умолчанию:  
область возможных значений: 'H', 'N', 'A'

**GAP** зазор (для модели механического амортизатора)

тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по 0  
умолчанию:  
область возможных значений:  $\geq 0$

**V0** пороговая скорость запираения гидроамортизатора

тип: [REAL](#)  
единицы: мм/сек  
значение по 0  
умолчанию:  
область возможных значений:  $\geq 0$

**B0** начальное демпфирование в гидроамортизаторе

тип: [REAL](#)  
единицы: Н\*сек/мм  
значение по 0  
умолчанию:  
область возможных значений:  $\geq 0$

**FL** максимальная несущая способность

тип: [REAL](#)  
единицы: Н  
значение по 0  
умолчанию:  
область возможных значений:  $\geq 0$

**GROUP** имя сейсмической группы опор

тип:	TEXT
единицы:	-
значение по умолчанию:	имя первой группы спектров, описанных командой <a href="#">SPEC</a>
область возможных значений:	имя группы, выбирается из параметра 'GROUP' команды <a href="#">SPEC</a>

**OUT**<sup>3)</sup> признак вывода оцифровки зависимостей типа "время - усилие - деформация" в текстовый файл (при [DYN](#)='THA')

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	'NO'
область возможных значений:	'YES' или 'NO'

**NOTE**<sup>4)</sup> обозначение

тип:	<a href="#">STRING</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	<a href="#">blank</a>
область возможных значений:	см. ограничения для строчных значений параметров, длина не более 32 символов

**CNODE**<sup>4.5)</sup> имя (метка) узла для связи

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	параметр должен ссылаться на метку одного из существующих узлов расчетной модели

**Подкоманда**

**Тип:** подкоманда

**Функция:** используется для задания predetermined смещений опор

**Параметры:**

**MODE** идентификационное имя режима работы трубопровода.

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров. Режим работы должен быть предварительно описан командой <a href="#">OPVAL</a> .

**DX** смещение опоры по глобальной оси X

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	-

**DY** смещение опоры по глобальной оси Y

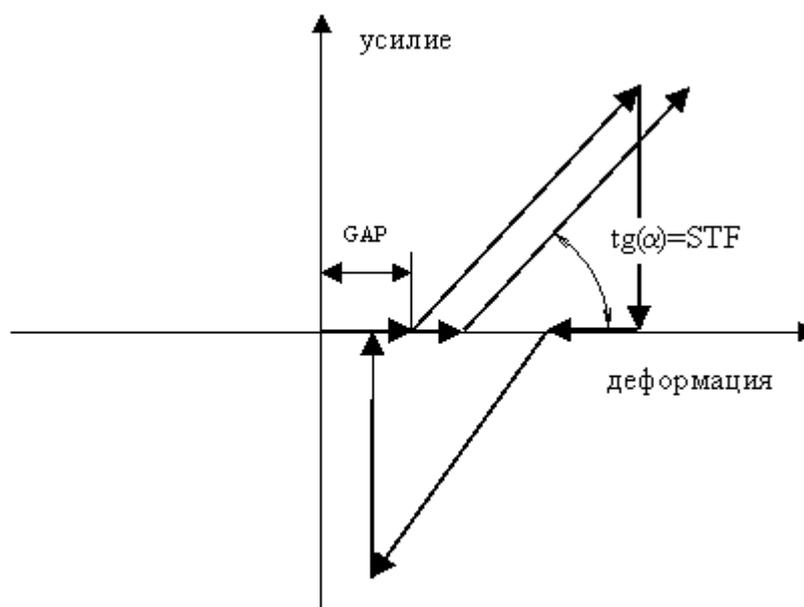
тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**DZ** смещение опоры по глобальной оси Z

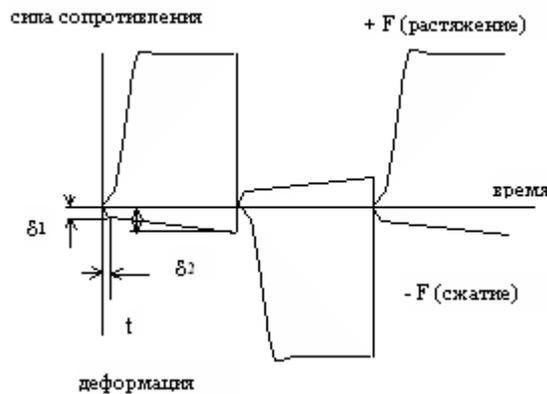
тип: [REAL](#)  
единицы: мм  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**Примечания:**

- 1) Гидроамортизаторы, описанные командой *SNUB*, учитываются в расчете только в рамках динамического анализа. При расчете линейно-спектральным методом учитывается только линейный амортизатор (*TYPE='LIN'*). Рисунки, приведенные ниже иллюстрируют модели амортизатора при расчете методом динамического анализа. В зависимости от типа амортизатора, команда может содержать параметры, определенные в [табл.](#)



**Модель механического амортизатора**



Модель гидравлического амортизатора

Сочетание параметров при различных формах задания команды **SNUB**

Модель амортизатора	Параметры	Тип анализа
линейный (TYPE='LIN')	TYPE, STF, DC (DS), FL, GROUP, NOTE	<a href="#">ЛСМ</a> , <a href="#">МДА</a>
механический (TYPE='MCH')	TYPE, STF, DC (DS), GAP, FL, GROUP, NOTE	<a href="#">МДА</a>
гидравлический (TYPE='HDR')	TYPE, STF, DC (DS), V0, B0, FL, GROUP, NOTE	<a href="#">МДА</a>

- 2) *Направление действия оси амортизатора задается либо с помощью направляющих косинусов (DC или DS) в глобальной системе координат трубопровода, либо в локальных осях опоры относительно оси трубопровода (параметр DIRL). В последнем случае DIRL может принимать следующие значения: 'H' и 'N' - перпендикулярно к оси трубопровода, 'A' - вдоль оси трубопровода. Правило для локальных координат опоры приведено в [Приложении II](#).*
- 3) *при значении параметра OUT = 'YES' после выполнения расчета в рабочем каталоге модели появляется файл, имеющий имя типа "SNUB\_001\_100.dat". В имени файла "100" - имя узла, "001" - порядковый номер амортизатора, расположенного в узле "100". Файл содержит 3 колонки цифр: первая колонка - время, 2 - усилия в амортизаторе, 3 - деформация амортизатора.*
- 4) *параметры GROUP и CNODE являются взаимоисключающими;*
- 5) *параметр CNODE определяет метку узла расчетной модели, с которой связывается опора.*

Примеры :

```
2000: SNUB TYPE 'MCH' DC 1, 0, 0 STF 1.e3 GAP 2. FL 1.4e5
2000: SNUB TYPE 'HDR' DC 1, 0, 0 STF 1.e3 V0 2. B0 600 FL 1.4e5
2000: SNUB STF 1.e3 DIRL 'H' FL 1.4e5
```

## Динамический упор с зазорами (DGAP)

**При использовании в динамических расчетах элементов с включающимися связями (динамический упор с зазором) шаг интегрирования должен быть определен Пользователем, исходя из максимальной частоты (минимального периода) частичной подсистемы, в которой установлен этот элемент, см Верификационный отчет dPIPE, стр. 32 [REF 26]**

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** задание элемента "упор с зазором"<sup>1)</sup>

**Параметры:**

**ST+** жесткость упора, включающаяся при выборе положительного зазора

тип: **REAL**

единицы: Н/мм

значение по умолчанию: 0

область возможных значений:  $\geq 0$

<b>ST-</b>	жесткость упора, включающаяся при выборе отрицательного зазора
	тип: <a href="#">REAL</a>
	единицы: Н/мм
	значение по умолчанию: 0
	область возможных значений: $\geq 0$
<b>DS+</b>	величина положительного зазора
	тип: <a href="#">REAL</a>
	единицы: мм
	значение по умолчанию: 0
	область возможных значений: $\geq 0$
<b>DS-</b>	величина отрицательного зазора
	тип: <a href="#">REAL</a>
	единицы: мм
	значение по умолчанию: 0
	область возможных значений: $\geq 0$
<b>DIR<sup>2)</sup></b>	проекция линии действия элемента на глобальные координаты XYZ, либо соответствующие направляющие косинусы.
	тип: <a href="#">REAL</a>
	единицы: -
	размерность: массив из 3-х элементов
	значение по умолчанию: -
	область возможных значений: все три элемента массива не могут одновременно быть равны нулю.
<b>DIRL<sup>2)</sup></b>	альтернативная форма задания направления действия элемента (в локальных координатах)
	тип: <a href="#">TEXT</a>
	единицы: -
	значение по умолчанию: -
	область возможных значений: 'A', 'H', 'N'
	значений:
<b>OUT<sup>3)</sup></b>	признак вывода на печать истории усилий/деформаций по времени
	тип: <a href="#">TEXT</a>
	единицы: -
	значение по умолчанию: 'NO'
	область возможных значений: 'YES', 'NO'
	значений:
<b>NOTE</b>	обозначение
	тип: <a href="#">STRING</a>
	единицы: -
	значение по умолчанию: <a href="#">blank</a>
	область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров
	значений:

**Подкоманда**

**Тип:** подкоманда

**Функция:** используется для задания predetermined смещений опор

**Параметры:**

**MODE** идентификационное имя режима работы трубопровода.

тип:	<a href="#">TEXT</a>
единицы:	-
значение по умолчанию:	-
область возможных значений:	см. ограничения для текстовых значений параметров. Режим работы должен быть предварительно описан командой <a href="#">OPVAL</a> .

**DX** смещение опоры по глобальной оси X

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	-

**DY** смещение опоры по глобальной оси Y

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	-

**DZ** смещение опоры по глобальной оси Z

тип:	<a href="#">REAL</a>
единицы:	мм
значение по умолчанию:	0
область возможных значений:	-

**Примечания:**

- 1) Команда работает только при выполнении расчета по [МДА](#) ([DYN](#)='THA')
- 2) Параметры, определяющие направление действия элемента [DIR](#) и [DIRL](#), являются взаимоисключающими. Для определения локальной системы координат см. [Приложение II](#)
- 3) При значении параметра [OUT](#) = 'YES' после выполнения расчета в рабочем каталоге модели появляется файл, имеющий имя типа "DGAP\_001\_100.dat". В имени файла "100" – имя узла, "001" – порядковый номер связи, расположенной в узле "100". Файл содержит 3 колонки цифр: первая колонка – время, 2 – усилия в связи, 3 – перемещения в элементе.

Пример:

```
123: DGAP ST+ = 1.e4 ST- = 1.e4 DS+ = 2 DS- = 2 DIRL='H' OUT='YES'
```

## Сосредоточенная динамическая сила (DFRC)

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** задание сосредоточенной силовой динамической нагрузки<sup>1)</sup>

**Параметры:**

**SET** идентификационное имя набора динамических узловых сил. Ссылка на параметр SET указывается в команде [DCASE](#) (параметр INP)

тип: [TEXT](#), ограничения: 4 символа  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров

**FILE**<sup>2,3)</sup> имя файла, содержащего оцифровку сосредоточенной силовой динамической нагрузки.

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров. Длина строки не должна превышать 128 символов.

**MULT** масштабный коэффициент

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 1  
 область возможных значений: -

**DIR<sup>4)</sup>** проекции линии действия силы на глобальные координаты XYZ, либо соответствующие направляющие косинусы.

тип: [REAL](#)  
 единицы: -  
 размерность: массив из 3-х элементов  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: все три элемента массива не могут одновременно быть равны нулю.

**DIRL<sup>4)</sup>** альтернативная форм задания направления действия сосредоточенной динамической нагрузки (в локальных координатах)

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: -  
 область возможных значений: 'A', 'H', 'N'  
 значений:

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: [blank](#)  
 область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров

**Примечания:**

- 1) Команда работает только при выполнении расчета по [МДА \(DYN='THA'\)](#)
- 2) Если файл с оцифровкой динамической силы находится в рабочем каталоге, то достаточно указать только его имя с расширением. В остальных случаях требуется указания полного пути к файлу.
- 3) Файл, содержащий оцифровку произвольного силового динамического воздействия, представляет собой ASCII-файл, содержащий 2 колонки цифр: "время-воздействие". Формат ввода чисел - свободный. Сила задается в Ньютонах. Файл обязательно должен содержать точку для "нулевого" момента времени. Если общее время динамического воздействия TT больше времени силового воздействия, то предполагается, что воздействие прекратилось (=0).

- 4) *Параметры, определяющие направления действия силы DIR и DIRL, являются взаимоисключающими. Для определения локальной системы координат см. Приложение II.*

Пример:

```
123: DFRC file = 'f1.dat', dir=1,0,0 note = 'Усилие от срабатывания предохранительного клапана'
```

или:

```
123: DFRC file = 'f1.dat', dirl='H' note = 'Усилие от срабатывания предохранительного клапана'
```

## Вывод временных зависимостей/Указатель перемещений (TH\_OUT)

**Тип:** локальная геометрическая команда

**Функция:** Вывод ответных кинематических и силовых параметров при выполнении расчетов по [МДА](#)/вывод перемещений в отдельных узлах расчетной модели

**Параметры:**

**TYPE** тип выводимого параметра.

тип: [TEXT](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: 'DSP'  
 область возможных значений: 'DSP', 'VEL', 'ACC', 'FRC'

**NOTE** обозначение

тип: [STRING](#)  
 единицы: -  
 значение по умолчанию: [blank](#)  
 область возможных значений: см. ограничения для строчных значений параметров

**Примечания:**

- 1) При выполнении расчета по МДА (DYN='THA') в зависимости от значения, указанного в параметре TYPE, при постпроцессорной обработке результатов в отдельные файлы будут выводиться зависимости типа "время – компоненты":

TYPE	Параметр	Имя файла	Прим.
DSP	перемещения	DSP_NODE.dat	(a)
VEL	скорости	VEL_NODE.dat	
ACC	ускорения	ACC_NODE.dat	
FRC	внутренние усилия/деформации в элементе	TYPE_NODE1_NODE2.dat	(b)
STRS	напряжения категории S2 (только для CODE = 'PNAE')	TYPE_STRS_NODE1-NODE2.dat	(c)

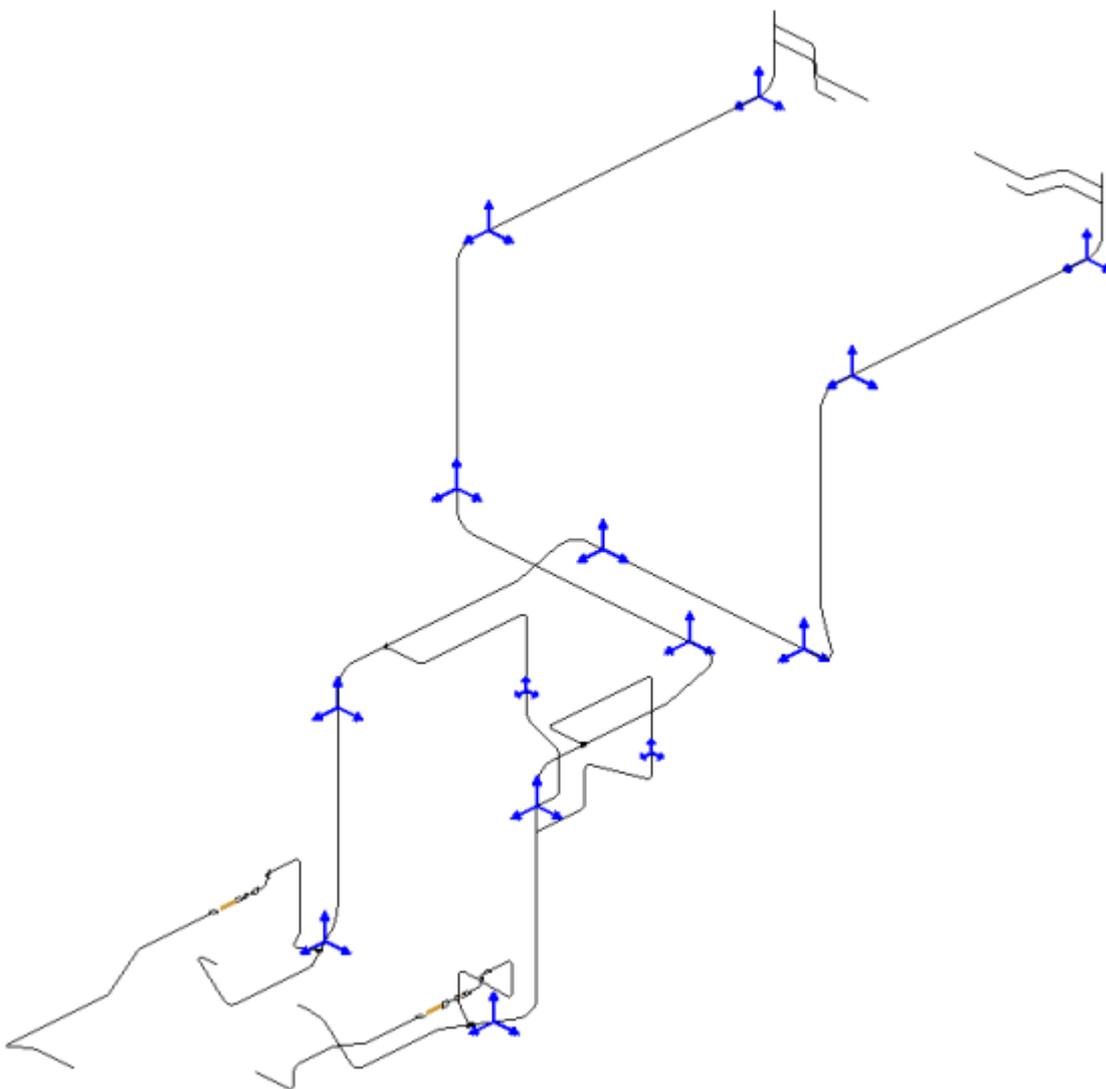
(a) в файл выводятся 4 колонки: время + 3 компоненты по глобальным осям X, Y, Z

(b) в зависимости от типа элемента в файл выводятся колонки "время – компоненты (в локальной системе координат)":

Тип элемента	Начало имени файла	Выводимые компоненты
отвод	BEND...	6 усилий в начале, конце и посередине элемента
прямая труба	PIPE...	6 усилий в начале, конце и посередине элемента
переход	REDU...	6 усилий в начале и конце элемента
компенсатор	EJ...	6 усилий в начале и конце элемента + 6 деформаций по центру элемента
жесткий	RIGD...	6 усилий в начале и конце элемента
балка	BEAM...	6 усилий в начале и конце элемента
упругий эл-т	FLEX...	6 усилий в начале и конце элемента
задвижка	VALV...	6 усилий в начале и конце элемента

(c) В файл записываются 4 колонки чисел: "время" - "расчетное напряжение в начале элемента - в середине элемента и в конце элемента"

- 2) при выполнении статических расчетов наличие в ИД команды с параметром 'DSP' (node: TH\_OUT = 'DSP') трактуется как инструкция для вывода в результатах расчетов перемещений и углов поворота указанного узла (**указатель перемещений**). При просмотре результатов в программе PIPE3DV указатели перемещений отображаются в виде трех ортогональных стрелок:



а в файл <имя задачи>.sur печатается обобщенная таблица:

>>> Перемещения трубопровода в точках установки указателей.

```
=====
```

N указателя	DX	DY	DZ	RX	RY	RZ
Режим	( мм )			( рад )		
(узел)	=====					
№ 1	0	-1	0	4.506E-04	-4.820E-04	-1.127E-04
Весовые перемещения (Этап 1)	23	-57	-66	3.574E-05	-5.199E-03	1.870E-03
Видимые перемещения (Этап 3)	-1	0	-2	5.499E-04	-7.325E-04	-1.235E-04
Перемещения <a href="#">ГИ</a>	-----					
№ 2	0	1	0	-4.481E-04	-4.811E-04	1.100E-04
Весовые перемещения (Этап 1)	23	57	-66	-3.451E-05	-5.199E-03	-1.864E-03
Видимые перемещения (Этап 3)	-----					

```

-1      0      -2      -5.482E-04      -7.294E-04      1.185E-04
Перемещения ГИ
=====
=====

```

3) При значении параметра команды TH\_OUT = 'ACC' в файле со сводными результатами (\*.sup) появляется таблица вида:

```

>>> Ускорения (g)
=====
      Узел      AX      AY      AZ      AV204-1A
=====
3          2.63      2.38      1.48
10         -9.76      2.33      4.24      VZ04-1A
13          6.66      2.32     -2.97      V204-2A
=====

```

Пример:

```
123: TH_OUT TYPE = 'ACC'
```

или

```
30: TH_OUT type = 'DSP', note = "N 01"
```

## Дополнительные температурные напряжения (STR\_DISC)

**Тип:** локальная геометрическая многострочная команда

**Функция:** команда для ввода дополнительных температурных напряжений, обусловленных осевым перепадом температур из-за неоднородности толщин стенок и/или неодинаковых теплофизических характеристик сопрягаемых элементов. Напряжения

используются при расчетах по нормам ПНАЭ: напряжение  $(s)_{T0}$  (Приложение 5, п. 2.3.2.4, [REF 1]) и ASME BPVC NB-3653.2, [REF 3].

### Подкоманда

#### Параметры:

**MODE** идентификационное имя режима работы трубопровода.

тип: [TEXT](#)  
единицы: -  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: см. ограничения для текстовых значений параметров. Режим работы должен быть предварительно описан командой [OPVAL](#).

**TA, TB** средняя температура стенки каждой из сопрягаемых деталей a и b

тип: [REAL](#)  
единицы: °C  
значение по умолчанию: -  
область возможных значений: -

**EAB** средний по толщине модуль упругости ( $E_{ab} = 0.5 \cdot (E_a + E_b)$ )

тип: [REAL](#)  
единицы: МПа  
значение по умолчанию: определяется программой автоматически из исходных данных  
область возможных значений:  $\geq 0$

**AA, AB** коэффициенты линейного расширения материала стенки

тип: [REAL](#)  
единицы:  $1/^\circ\text{C}$   
значение по умолчанию: определяется программой автоматически из исходных данных  
область возможных значений:  $\geq 0$

**STRESS** предварительно вычисленная величина напряжений от осевого перепада температур

тип: [REAL](#)  
единицы: МПа  
значение по умолчанию: 0  
область возможных значений: -

**Примечание:** в одной подкоманде допускается задавать либо параметры TA, TB, EAB, AA, AB, либо STRESS. Если команда вводится без ссылок на режимы работы, то предполагается, что дополнительные температурные напряжения в указанной точке

возникают при любом переходе из одного рабочего состояния в другое. Напряжения вычисляются программой автоматически, при этом средние температуры стенок сопрягаемых деталей  $T_a$  и  $T_b$  принимаются на основе данных по нагрузочным группам и режимам работы трубопровода.

Пример:

```
2000: STR_DISC
& MODE 'NOL' TA 23 TB 45
& MODE 'MODE1' STRESS 345.5
```

## 9 Литература

- REF 1. ПНАЭ Г-7-002-86 "Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок"
- REF 2. РД 10-249-98 "Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды"
- REF 3. ASME BPVC, Section III, Subsections NB-3600, NC-3600
- REF 4. Отчет N Rep 02-05/04-99, "Программный Комплекс для прочностных расчетов трубопроводов при действии эксплуатационных и сейсмических нагрузок. dPIPE 5. Теоретические основы"
- REF 5. Расчет трубопроводов атомных электростанций на прочность. РТМ 108.020.01-75
- REF 6. Каталог LISEGA "Стандартные опоры 2020", Выпуск Июнь 2015
- REF 7. Нахалов В.А., Балашова Р.К., "Регулировка крепления трубопроводов тепловых электростанций, М., "Энергия", 1975 г
- REF 8. ASME B31.3-2004, Process Piping, ASME Code for Pressure Piping, B31, an American National Standard
- REF 9. "Служебные свойства котельных материалов" - руководящие указания, выпуск 43 - НПО ЦКТИ 1981
- REF 10. EN 13480-3 "Metallic industrial piping - Part 3: Design and calculation"
- REF 11. Документ No SM01-08 "Пример расчета усталостной прочности и накопленной повреждаемости тестового трубопровода.", ООО ЦКТИ-Вибросейсм, [fatigue\\_sample.pdf](#)
- REF 12. ASME B31.1-2007, Power Piping, ASME Code for Pressure Piping, B31, an American National Standard
- REF 13. Тимошенко С.П., Механика материалов, 1976
- REF 14. НП-068-05, Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования
- REF 15. ASME ST-LLC 07-02 SIF and K-factor Alignment Project (R1), Paulin Research Group (PRG), March 27, 2011
- REF 16. РД ЭО 1.1.2.05.0330-2012. Руководство по расчёту на прочность оборудования и трубопроводов реакторных установок РБМК, ВВЭР, ЭГП на стадии эксплуатации, включая эксплуатацию за пределами проектного срока службы.
- REF 17. Normativně Technická Dokumentace Asociace Strojních Inženýrů pro použití na jaderných elektrárnách typu VVER, NTD A.S.I. Sekce III, Příloha A, Hodnocení pevnosti zařízení a potrubí jaderných elektráren typu VVER, 2016
- REF 18. WRC-300 (Welding Research Council). Technical position n industry practice, The Design Process for Small Bore Piping, December 1984
- REF 19. ANSI/ANS-58.2-1988, Design basis for potential of light water NPP against the effects of postulated pipe rupture
- REF 20. NUREG-0800, US NRC Standard Review Plan, Section 3.6.2 "Determination of Rupture Locations and Dynamic Effects associated with the Postulated Rupture of Piping"

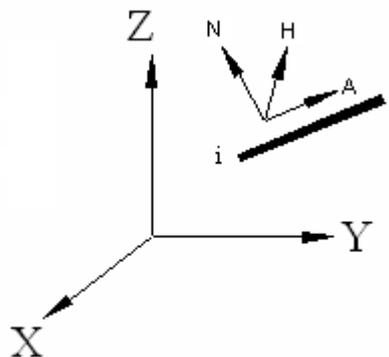
- REF 21. OTT 1.5.2.01.999.0157-2013 «Опорные конструкции элементов атомных станций с водяными энергетическими реакторами. Общие технические требования»
- REF 22. Addendum to LISEGA catalogue „Standard Supports 2010" in reference to Russian standard pipe dimensions for nuclear application, Document No.: 902205, Rev. 1
- REF 23. ГОСТ Р 59115.3-2021, Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. **Кратковременные механические свойства конструкционных материалов**
- REF 24. ГОСТ Р 59115.9-2021, Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. **Поверочный расчет на прочность**
- REF 25. ГОСТ Р 59115.15-2021, Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. **Расчет на прочность типовых узлов трубопроводов**
- REF 26. Программный Комплекс для прочностных расчетов трубопроводов при действии эксплуатационных и сейсмических нагрузок dPIPE 5. Отчет о верификации, [VR01-07](#)
- REF 27. ТУ 4192-001-20503039-01. Вязкоупругие демпферы серии ВД. Технические условия

## 10 Приложение I

### Правило знаков и направление локальных координат для внутренних усилий в элементах.

#### I. Элементы "прямая труба", "балка"

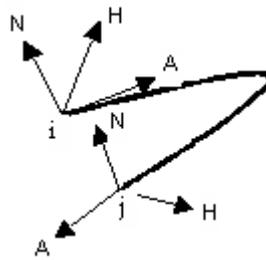
1. Локальная ось A направлена по оси элемента от узла i к узлу j.
2. Если локальная ось A не параллельна глобальной оси Z, то локальная ось N лежит в плоскости "локальная A – глобальная Z" и направлена так, что ее проекция на глобальную ось Z положительна. Локальная ось H строится по правилу "правой руки" ( $H = N \times A$ )



3. Если локальная ось A параллельна глобальной оси Z, то локальная ось N совпадает с глобальной осью Y, а локальная H строится по правилу "правой руки" ( $H = A \times N$ )

#### II. Криволинейный элемент "гиб".

1. Локальная ось A направлена по касательной к оси криволинейного элемента от узла i к узлу j.
2. Локальная ось N лежит в плоскости криволинейного элемента, перпендикулярно локальной оси A и направлена от центра кривизны.
3. Локальная ось H строится по правилу "правой руки" ( $H = A \times N$ )

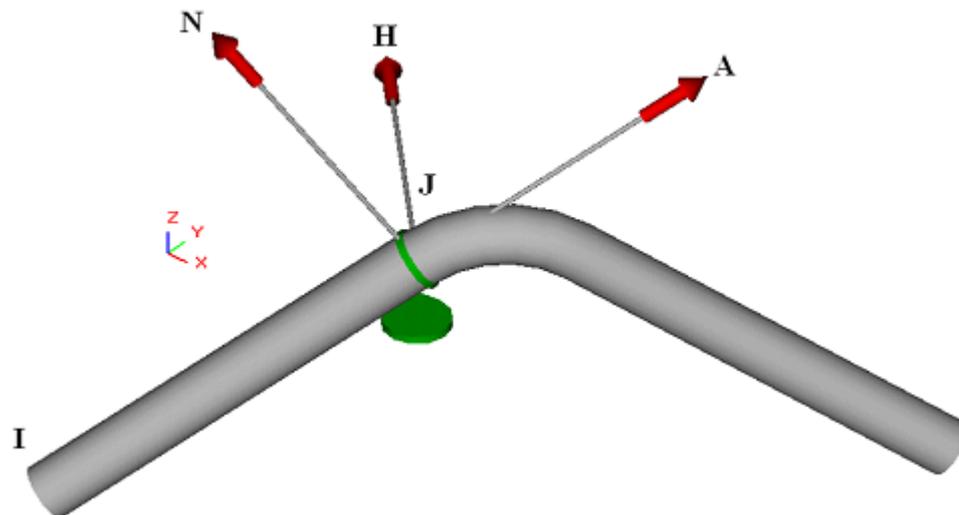


## 11 Приложение II

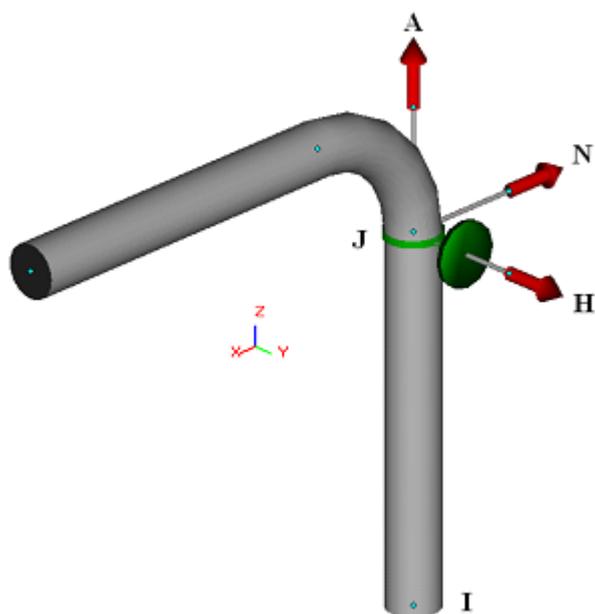
### Направление локальных координат для опор

Местная система координат для опор определяется следующим образом:

1. Ось A строится по касательной к осевой линии элемента от узла I к узлу J.
2. Если ось элемента не параллельна к глобальной оси Z, то ось H строится как перпендикуляр к вертикальной плоскости, образуемой осями A и Z:  $H = Z \times A$ . Если ось A параллельна оси Z, то H совпадает с осью Y.
3. Ось N строится перпендикулярной к осям A и H:  $N = A \times H$  (см. рис.)



Направление локальных координат опоры для неvertикального участка трубопровода



#### Направление локальных координат опоры для вертикального участка трубопровода

Характеристики **однокомпонентных опор** (restraints) могут быть определены как в глобальной (XYZ), так и в локальной (АНН) системе координат примыкающего элемента. В этом случае направление действия опоры должно быть ориентировано вдоль глобальной или локальной оси. В файле \*.dp5 эти направления соответствуют командам [STX](#), [STY](#), [STZ](#), обозначающим направление действия опоры вдоль одной из глобальных осей, и командам [STA](#), [STH](#), [STN](#), обозначающим направление действия опоры вдоль локальных осей примыкающего элемента.

Однокомпонентная опора

Основные | Смещения | Нагрузки

Узел: 1570 **Опора в глобальной с.к.**

Тип смещения:  Линейное  Угловое

Тип опоры:  +/-  +  -

Направление действия

Система координат:  3D  X  Y  Z

Глобальная (выпадающий список)

dX: 1 dY: 0 dZ: 0

Жесткость:  По умолчанию (100000)

Сейсмическая группа/Узел для связи:  Узел  Группа (Group001)

Зазор: 0

Кoeffициент трения: 0.3

Выводить результаты для МДА

Базовый элемент: Pipe (170->1570) Обозначение: \_\_\_\_\_

Комментарий: \_\_\_\_\_

Отключить

OK Cancel Help

Однокомпонентная опора

Основные | Смещения | Нагрузки

Узел: 1570 **Опора в локальной с.к.**

Тип смещения:  Линейное  Угловое

Тип опоры:  +/-  +  -

Направление действия

Система координат:  3D  A  H  N

Локальная dA: 0 dH: 1 dN: 0

Жесткость:  По умолчанию 100000

Сейсмическая группа/Узел для связи:  Узел  Группа Сейсмическая группа: Group001

Зазор: 0 Коэффициент трения: 0.3

Выводить результаты для МДА

Базовый элемент: Pipe (170->1570) Обозначение:

Комментарий:

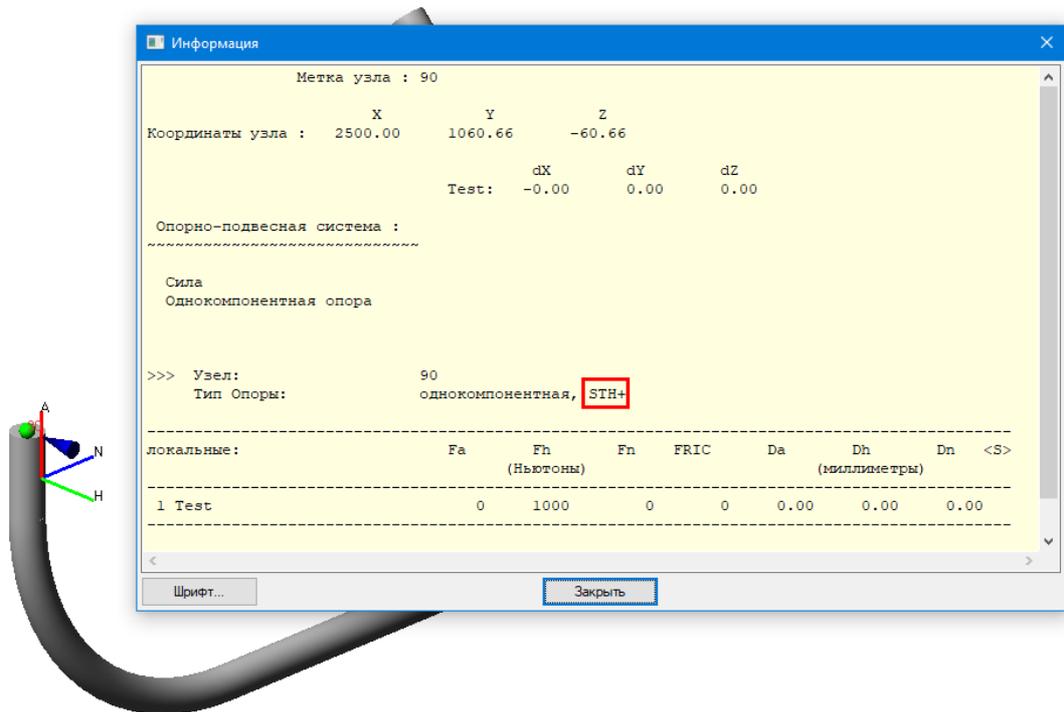
Отключить OK Cancel Help

Во всех остальных случаях предполагается, что опора задана в произвольном направлении (команда [STS](#)).

В результатах расчета форма представления компонент усилий для однокомпонентных опор (restraints) зависит от формы их задания:

1. Задание вдоль глобальных координат: усилия выводятся в глобальных координатах трубопроводной системы (STX, STY, STZ)
2. Задание вдоль локальных осей элемента (STA, STH, STN): усилия выводятся в локальных координатах элемента
3. Задание в произвольном направлении (STS): усилия выводятся в локальных координатах опоры. В этом случае за ось "А" принимается линия действия опоры, а остальные оси (H и N) достраиваются по правилам локальных координат для элемента (см. Приложение 1).

В распечатках результатов расчета (файл \*.sup) приводятся обозначения для направления действия опор. Эту информацию можно также увидеть при просмотре результатов в программе PIPE3DV.



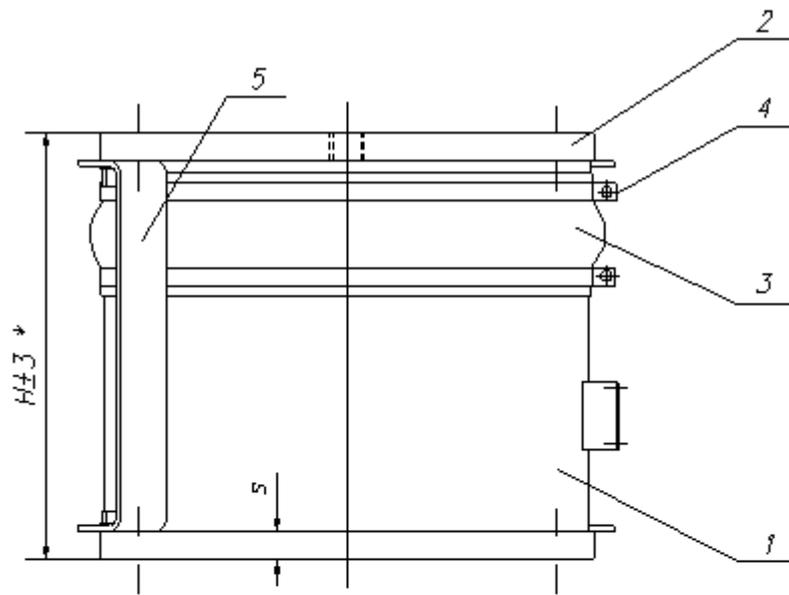
## 12 Приложение III

### Номенклатура и параметры демпферов серии ВД (ТУ 4192-001-20503039-01)

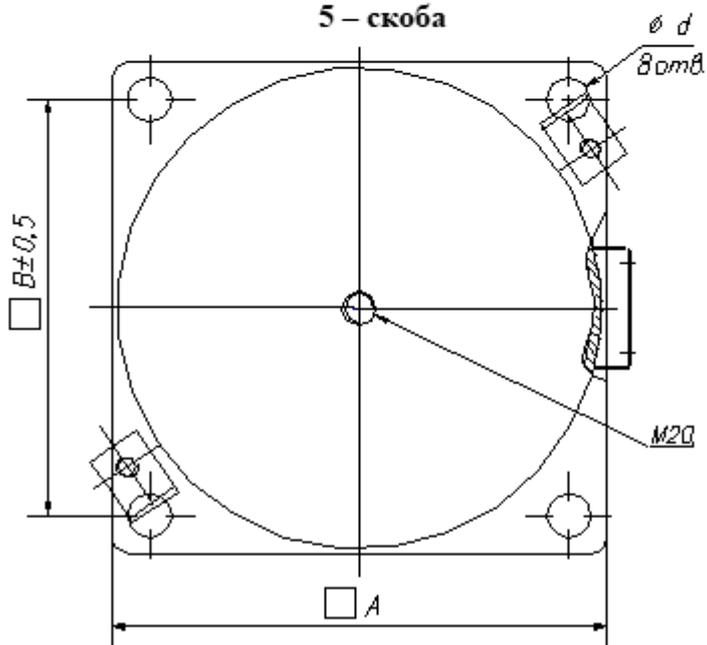
Тип демпфера	Номинальная нагрузка		Допускаемые перемещения ( $\pm$ ) из номинального положения		
	горизонталь	вертикаль	горизонталь	вертикаль	углов.
	Н	Н	мм	мм	град.
VD-108/57-3	1750	1200	13	13	9
VD-159/76-3	3800	2650	27	25	11
VD-159/76-7	8100	4500	25	25	11
VD-219/108-3	7200	5050	41	24	11
VD-219/108-7	15500	8500	39	24	11
VD-219/159-3	10000	7000	15	24	6
VD-325/159-3	16000	11000	67	40	14
VD-325/159-7	34000	18500	64	40	14
VD-325/159-15	68000	27000	58	40	14
VD-325/219-3	21000	15000	37	40	9
VD-325/219-7	46000	25000	34	40	9
VD-426/219-3	27000	19000	87	45	18
VD-426/219-7	58000	32000	84	45	18
VD-426/219-15	120000	47000	78	45	18

VD-426/325-3	36000	25000	34	45	7
VD-426/325-7	80000	44000	31	45	7
VD-630/325-3	60000	42000	134	74	11
VD-630/325-7	130000	70000	130	74	11
VD-630/325-15	260000	100000	122	74	11
VD-630/426-3	80000	56000	84	74	11
VD-630/426-7	175000	95000	80	74	11
VD-630/426-15	350000	140000	72	74	11

Тип демпфера	Вес, кг ±5%	Размеры, мм				
		H*	A	B	d	s
VD 108/57-3	6	152	130	106	14	8
VD 159/76-3	15	197	180	150	18	10
VD 159/76-7	15	197	180	150	18	10
VD 219/108-3	30	236	238	200	22	15
VD 219/108-7	31	236	238	200	22	15
VD 219/159-3	36	236	238	200	22	15
VD 325/159-3	82	333	342	286	33	20
VD 325/159-7	86	333	342	286	33	20
VD 325/159-15	91	333	342	286	33	20
VD 325/219-3	92	333	342	286	33	20
VD 325/219-7	96	333	342	286	33	20
VD 426/219-3	153	378	434	368	39	25
VD 426/219-7	157	378	434	368	39	25
VD 426/219-15	165	378	434	368	39	25
VD 426/325-3	176	378	434	368	39	25
VD 426/325-7	181	378	434	368	39	25
VD 630/325-3	466	556	646	542	60	35
VD 630/325-7	479	556	646	542	60	35
VD 630/325-15	491	556	646	542	60	35
VD 630/426-3	503	556	646	542	60	35
VD 630/426-7	517	556	646	542	60	35
VD 630/426-15	548	556	646	542	60	35



1 – корпус; 2 – поршень; 3 – защитный чехол; 4 – хомут;  
5 – скоба





## 13 Приложение IV

### **Задание весовых характеристик элементов**

При формировании расчетной модели трубопровода предполагается, что его вес состоит из нескольких компонент:

$W_1$  – вес материала, из которого изготовлен трубопровод;

$W_2$  – вес изоляции;

$W_3$  – вес среды трубопровода.

Для элементов типа "прямая труба" ([PIPE](#)) и отвод ([BEND](#)) весовые характеристики формируются в соответствии с данными, определенными для соответствующих сечений (команда [PIPE](#)) и информацией, содержащейся в команде для задания режимов работы трубопровода ([OPVAL](#)). Для балочных элементов (команда [S](#)) вес определяется в соответствии с параметром  $W$  (погонный вес), см. команду [BEAM](#).

Для сечений трубопровода задаются параметры:  $W$  - погонный вес трубы и  $IWGT$  - погонный вес изоляции. Кроме этого для каждого режима работы трубопровода определяется параметр  $CSG$  - плотность среды, задающийся в долях от плотности воды (для воды этот параметр равен единице:  $CSG = 1$ ). В свою очередь, плотность воды задается параметром [W\\_DEN](#) (команда [CTRL](#)), а относительная плотность материала трубопровода параметром  $DEN$  (команда [MAT](#)).

Таким образом, соответствующие компоненты веса для каждого из элементов "прямая труба" и отвод вычисляются по следующим формулам:

$$W_1 = W * L$$

$$W_2 = IWGT * L$$

$$W_3 = CSG * W\_DEN * A * L,$$

где:  $A$  – площадь внутреннего сечения трубопровода,  $L$  – длина элемента.

По умолчанию параметр  $W$  для сечений трубопровода (команда [PIPE](#)) определяется по формуле:

$$W = \pi * (OD - T) * T * DEN * W\_DEN$$

где:  $OD$  – внешний диаметр трубопровода,  $T$  – толщина стенки

Суммарная весовая нагрузка для элемента определяется как:

$$W_e = W_1 + W_2 + W_3$$

Дополнительно к перечисленным компонентам в общий вес трубопровода добавляются сосредоточенные весовые характеристики, которые могут задаваться специальной командой [CW](#).

Для элементов, моделирующих компенсаторы ([EJ](#), [EA](#), [ET](#), [EH](#), [EG](#)), трубопроводную арматуру ([VALV](#), [V1](#), [V2](#)), переходы ([REDU](#)), а также "жесткие" связи ([RX](#), [RP](#)), компоненты весовых характеристик задаются своими параметрами ( $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ ). При этом используются следующие правила:

1. Если  $W_i > 0$ , то программа трактует соответствующую величину как вес компоненты (1 – материал, 2 – изоляция, 3 – среда). Для  $W_3$  должен задаваться вес воды (в процессе расчета программа пересчитывает этот вес в зависимости от величины  $CSG$ , определенной для соответствующего режима работы).
2. Если  $W_1 = 0$ , а остальные компоненты не заданы, то вес элемента полагается равным нулю.

3. Если  $W_i < 0$ , то программа воспринимает данные как коэффициенты и использует следующую формулу для определения составляющих весовых нагрузок:

$$W_i = |W_i| * W_{\text{pipe}} * L$$

где  $W_{\text{pipe}}$  – погонный вес (материала/изоляции/воды) определяемый по данным для "текущего" сечения трубопровода. Для переходов ([REDU](#)) используются средние значения соседних сечений.

4. Общий вес элемента определяется как сумма:

$$W_e = W_1 + W_2 + \text{CSG} * W_3$$

5. В зависимости от типа элемента по умолчанию принимаются следующие значения параметров  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ :

	<a href="#">REDU</a>	<a href="#">VALV</a> , <a href="#">V1</a> , <a href="#">V2</a>	<a href="#">EJ</a> , <a href="#">EA</a> , <a href="#">ET</a> , <a href="#">EH</a> , <a href="#">EG</a>	<a href="#">RX</a> , <a href="#">RP</a>
$W_1$	-1	≠0	0	0
$W_2$	-1	-1.75	0	0
$W_3$	-1	-1	0	0

Если параметр  $W_1$  отличается от заданного по умолчанию в таблице, приведенной выше, то параметры  $W_2$  и  $W_3$  принимают по умолчанию следующие значения:

	<a href="#">REDU</a>	<a href="#">VALV</a> , <a href="#">V1</a> , <a href="#">V2</a>	<a href="#">EJ</a> , <a href="#">EA</a> , <a href="#">ET</a> , <a href="#">EH</a> , <a href="#">EG</a>	<a href="#">RX</a> , <a href="#">RP</a>
$W_1$	0/≠0	0	≠0	≠0
$W_2$	0/-1	0	-1	0
$W_3$	0/-1	0	-1	0

## 14 Приложение V

### Формирование заданий для выполнения типовых расчетов

Задание на расчет и постпроцессорную обработку результатов определяется содержанием команд [SOLV](#) и [POST](#). Ниже обсуждаются примеры выполнения расчетов по различным Нормам оценки прочности трубопроводов.

1. [Расчеты по Нормам ПНАЭ \[REF 1\]](#)
2. [Расчеты по Котельным Нормам РД \[REF 2\]](#)

## Расчеты по Нормам ПНАЭ

При расчете по Нормам ПНАЭ параметр [CODE](#) может принимать значения CODE = 'PNAE' – для низкотемпературных трубопроводов и CODE = 'PNAE\_T' – для высокотемпературных расчетов.

Полный поверочный расчет по Нормам ПНАЭ предполагает выполнение следующих этапов расчета [[REF 5](#)]:

Этап	Содержание расчета	Учитываемые нагружающие факторы	Назначение	Категория напряжений
I	Расчет на действие несамобалансированных нагрузок	Внутреннее давление (P); весовая нагрузка (W), усилия промежуточных упругих опор в рабочем состоянии (рабочие нагрузки)	Оценка статической прочности	$(\sigma)_2$
II	Расчет на совместное действие всех нагрузок для рабочего состояния	То же, и температурное расширение (самокомпенсация - T); «собственные» смещения заземленных концов (D); монтажная растяжка (CS)	Определение усилий воздействия трубопровода на оборудование	(1)
IIIa	Расчет на действие переменных нагрузок (самоуравновешенных и несамобалансированных)	Внутреннее давление (P); температурное расширение (T); «собственные» смещения заземленных концов (D)	Оценка усталостной прочности по критерию приспособляемости	$(\sigma)_{RK}$
III	Расчет на действие переменных нагрузок с учетом концентрации напряжений и дополнительных напряжений от неправильности формы сечения	То же	Оценка усталостной прочности. Определение температурных перемещений, т. е. перемещений при переходе трубопровода из холодного состояния в рабочее	$(\sigma_{aF})_K$
IV	Расчет для холодного (нерабочего) состояния на совместное действие всех нагрузок	Весовая нагрузка (W); монтажная растяжка (CS)	Определение усилий воздействия трубопровода на оборудование	-

### Примечания:

(1) Для высокотемпературных трубопроводов Этап II служит для оценки длительной прочности (оценка напряжений категории (s)<sub>RK</sub>). При этом составляющие напряженного состояния от компенсации температурных расширений определяются с учетом релаксации вследствие ползучести (см. команду [CREEP](#)). Основные рекомендуемые пакеты для выполнения расчетов по нормам ПНАЭ приведены в файле [SOLV.DBS](#). При этом принята следующая классификация выполняемых расчетов:

## НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

## Расчет #1 – Полный поверочный расчет с определением рабочих нагрузок и выбором пружин;

Для выбора пружин упругих опор (подвесок) должен быть выполнен набор "стартовых" вычислений (Load Case):

```
&LC MOD='$OPER' TYPE='DSGN' Note="Определение рабочих нагрузок на пружины" ; LC1
&LC MOD='$OPER' TYPE='OPER_A' PEND='NO' FRIC='NO' Note="Расчет на полную нагрузку" ; LC2
&LC MOD='$COLD' TYPE='OPER_B' PEND='NO' FRIC='NO' Note="Выбор пружин" ; LC3
```

В приведенном примере первая строка (LC1) определяет расчет системы на жестких опорах в местах установки выбираемых упругих подвесок. При этом определяется "желаемая" величина рабочих нагрузок в подвесках  $P_n$ , которые должны уравновешивать весовую нагрузку трубопровода. Расчет выполняется для рабочего состояния, при этом трубопровод рассматривается без учета сил трения в опорах и "маятникового" эффекта в подвесках.

При успешном выполнении этого расчета следует расчет на полную нагрузку (вторая строка, LC2):  $W+P+T+D+P_n$ . Это аналог Этапа II, но опять же без учета трения и маятникового эффекта. Результатом этого расчета является определение полного перемещения системы из "нулевого" состояния в рабочее.

Третья строка задания на расчет (LC3) соответствует подбору пружин с учетом выполнения условия по изменямости [PVAR](#) между рабочим (горячим) и реферативным (холодным) состояниями. Расчет по выбору пружин носит итерационный характер. В качестве первого приближения для жесткости пружин принимаются наиболее близкие по нагрузке пружины с учетом коэффициента запаса [PFAC](#). Расчет также проводится без учета трения и маятникового эффекта. По результатам расчета для каждой упругой опоры выбирается тип пружины и вычисляется величина монтажного затяга  $R_0$ .

После успешного выполнения "стартового" набора следует набор основных вычислений:

```
&LC MOD='$OPER' TYPE='OPER_B' PEND='YES' FRIC='YES' Note="Этап II (полная нагрузка)"; LC4
&LC MOD='$OPER' TYPE='SUST_C' Note="Этап I" ; LC5
&LC MOD='$COLD' TYPE='OPER_B' PEND='YES' FRIC='YES' Note="Этап IV (хол. нагрузка)"; LC6
```

LC4 – расчет на полную нагрузку (этап II) для рабочего состояния с учетом трения, маятникового эффекта и нелинейной работы односторонних опор и опор с зазорами.

LC5 - расчет на вес и давление (этап I). Нагрузки на подвеску и статус односторонних опор, воспринимающих весовую нагрузку, определяются по результатам LC4. При этом опоры, которые "оторвались" на предыдущем этапе расчета исключаются. Трение и маятниковый эффект не учитываются.

LC6 – расчет для реферативного (холодного) состояния (этап IV) с учетом работы односторонних опор, трения и маятникового эффекта.

Задание на постпроцессорную обработку результатов расчета для рассматриваемого примера состоит из следующего набора команд:

```
&RES='S2_NUE' LS="LC5" Note="Напряжения S2 (НУЭ)" ; LS1
&RES='SRK' LS="LC4-LC6" Note="Напряжения Srk" ; LS2
&RES='SAF' LS="LC4-LC6" Note="Напряжения Saf" ; LS3
&RES='DISP' LS="LC5" Note="Весовые перемещения" ; LS4
```

```
&RES='DISP' LS="LC4-LC6" Note="Видимые перемещения" ; LS5
&RES='SUPP' LS="LC4" Note="Нагрузки в раб. состоянии" ; LS6
&RES='SUPP' LS="LC6" Note="Нагрузки в хол. состоянии" ; LS7
```

LS1 – определяет вычисление напряжений категории  $(\sigma)_2$  для сочетания нагрузок, соответствующему условиям НУЭ (вес + давление). Для вычисления напряжений используются внутренние усилия в элементах, вычисленные в расчете LC5.

LS2 – вычисление напряжений категории  $(\sigma)_{RK}$  (проверка приспособляемости) при переходе из холодного состояния – в рабочее. Для определения напряжений используются внутренние усилия в элементах, вычисленные как разница между полной нагрузкой в рабочем и холодном состояниях: LC4-LC6.

LS3 – вычисление напряжений категории  $(\sigma_{aF})_K$  (оценка усталостной прочности). Комбинация нагрузок та же, что и для напряжений  $(\sigma)_{RK}$ : LC4-LC6.

LS4, LS5 – вывод на печать перемещений от весовых нагрузок, соответствующих этапу I (LC5) и "видимых" перемещений (разницы между деформацией системы в рабочем и холодном состояниях): LC4-LC6.

LS6, LS7 – вывод на печать нагрузок на опоры для рабочего (LC4) и холодного (LC6) состояний.

При успешном выполнении этого расчета в рабочем каталоге создается файл с расширением <имя задачи>.drb\_, который содержит данные для подвесок с указанными типами пружин и величинами рабочих нагрузок (в дальнейшем этот файл можно переименовать в <имя задачи1>.drb и использовать как основной для последующих вычислений).

#### Расчет #2 – Поверочный расчет с заданными характеристиками упругих опор;

В этом расчете предполагается, что характеристики пружин и рабочие нагрузки для упругих опор определены, поэтому в задании на расчет отсутствуют стартовые вычисления. В остальном расчет повторяет предыдущий пример:

```
&LC MOD='$OPER' TYPE='OPER_A' PEND='YES' FRIC='YES' Note="Этап II
(полная нагрузка)"; LC1
&LC MOD='$OPER' TYPE='SUST_C' Note="Этап I"
; LC2
&LC MOD='$COLD' TYPE='OPER_B' PEND='YES' FRIC = 'YES' Note="Этап IV
(хол. нагрузка)"; LC3
```

#### Расчет #8 – Поверочный расчет с определением нагрузки на упругие опоры.

```
&LC MOD='$OPER' TYPE='DSGN' Note="Определение рабочей нагрузки" ; LC1
&LC MOD='$OPER' TYPE='OPER_A' PEND='YES' FRIC='YES' Note="Этап II
(полная нагрузка)"; LC2
&LC MOD='$OPER' TYPE='SUST_C' Note="Этап I"
; LC3
&LC MOD='$COLD' TYPE='OPER_B' PEND='YES' FRIC = 'YES' Note="Этап IV
(хол. нагрузка)"; LC4
```

В этом расчете предполагается, что характеристики пружин известны и требуется определить рабочую нагрузку на подвески. Поэтому первым выполняется расчет на жестких опорах (LC1, TYPE = 'DSGN'). Далее следует набор команд, аналогичный предыдущим примерам.

Любой из перечисленных расчетов может быть дополнен заданием на *расчет при сейсмическом воздействии*. Для этого в задание на расчет добавляется следующая команда:

```
&LC MOD='$OPER' TYPE='MODAL' Note="Модальный анализ" ; LC4
```

В соответствии с этой командой выполняется модальный анализ (определение собственных частот и форм колебаний системы). Условия выполнения динамического расчета задаются параметрами **DYN**, **FMAX**, **FMESH** и **MCOM** команд **CTRL** и **DCASE**. Проведение модального анализа предполагает линейную систему, поэтому все опоры трубопровода трактуются как двухсторонние, зазоры в опорах не учитываются.

В случае использования линейно-спектрального метода (DYN='RSM) сейсмическое воздействие задается набором поэтажных спектров ответов (команда **SPEC**). По результатам расчетов определяются напряжения категории ( $\sigma_2$ ) для сочетания нагрузок НУЭ + МРЗ (S2\_MRZ), НУЭ + ПЗ (S2\_PZ1) - для трубопроводов первой категории сейсмостойкости и НУЭ + ПЗ (S2\_PZ2) – для трубопроводов второй категории сейсмостойкости:

```
&RES='S2_MRZ' LS="LC2 + LC4" Note="Напряжения S2 (МРЗ) "
&RES='S2_PZ1' LS="LC2 + 0.5*LC4" Note="Напряжения S2 (ПЗ) "
```

Следует обратить внимание, что порядок расположения реферативных нагрузок в параметрах для вычисления напряжений **S2\_MRZ**, **S2\_PZ1**, **S2\_PZ2** имеет значение: первой должна указываться нагрузка, вычисленная для Этапа I (в данном примере LC2), а следующая нагрузка – ссылка на модальный анализ (LC4). В приведенном примере предполагается, что интенсивность ПЗ составляет половину от МРЗ, поэтому при ссылке на сейсмическую нагрузку стоит коэффициент 0.5. В случае, если сейсмическое воздействие для ПЗ и МРЗ имеет разную форму, то следует провести 2 отдельных расчета с заданием своих спектров для каждого из вариантов.

### Расчет режима "горячего" гидроиспытания.

Ниже приводится задание на расчет и постпроцессорную обработку результатов для режима "горячего" гидроиспытания, что является аналогом этапов 5 и 6 в программе РАМПА93.

1. С помощью команды **OPVAL** задать для каждой нагрузочной группы давление, температуру и вес среды, соответствующие режиму гидроиспытания:

```
OPVAL 'OPER' ; нормальный режим работы
& 'LG1' P= 4.0 T= 350 CSG= 0
OPVAL 'TEST' ; режим гидроиспытания
& 'LG1' P= 5.0, T= 70, CSG= 1 ; csq= 1 -> добавляется вес воды!
```

2. При необходимости, задать температурные смещения неподвижных опор:

```
10:ANC
& 'OPER' DX= 0 DY= 100 DZ= 0
& 'TEST' DX= 0 DY= 20 DZ= 0
```

3. Добавить в задание на расчет (за базовый вариант следует выбрать расчет #2) следующие команды:

Существующие команды:

```
SOLV "Поверочный расчет #2 + режим гидроиспытания"
&LC MOD='$OPER' TYPE='OPER_A' PEND='YES' FRIC='YES' Note="Этап II"
;LC1
&LC MOD='$OPER' TYPE='SUST_C' Note="Этап I" ;LC2
&LC MOD='$COLD' TYPE='OPER_B' PEND='YES' FRIC='YES' Note="Этап IV"
;LC3
```

Дополнительные команды:

```
&LC MOD='$TEST' TYPE='OPER_B' PEND='YES' FRIC='YES' ; LC4 /P+W+T+D
&LC MOD='$TEST' TYPE='SUST_C' ; LC5 /P+W
```

Существующие команды:

POST

```
&RES='S2_NUE' LS="LC2" Note="Напряжения S2 (OPER) "
&RES='SRK' LS="LC1-LC3" Note="Напряжения SRK (COLD->OPER) "
&RES='SAF' LS="LC1-LC3" Note="Напряжения SAF (COLD->OPER) "

&RES='SUPP' LS="LC1" Note="Нагрузки в раб. состоянии"
&RES='SUPP' LS="LC3" Note="Нагрузки в хол. состоянии"

&RES='DISP' LS="LC1" Note="Полные перемещения (OPER) "
&RES='DISP' LS="LC2" Note="Перемещения от веса (OPER) "
&RES='DISP' LS="LC1-LC3" Note="Видимые перемещения (COLD->OPER) "
```

Дополнительные команды:

```
&RES='S2_HDR' LS="LC5" Note="Напряжения S2 (TEST) "
&RES='SRK' LS="LC4-LC3" Note="Напряжения SRK (COLD->TEST) "
&RES='SAF' LS="LC4-LC3" Note="Напряжения SAF (COLD->TEST) "

&RES='SUPP' LS="LC4" Note="Нагрузки при гидроиспытании"

; если нужны перемещения

&RES='DISP' LS="LC4" Note="Полные перемещения (TEST) "
&RES='DISP' LS="LC5" Note="Перемещения от веса (TEST) "
&RES='DISP' LS="LC4-LC3" Note="Видимые перемещения (COLD->TEST) "
```

## **ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ**

Задание на расчет (команда [SOLV](#)) для высокотемпературных трубопроводов ничем не отличается от аналогичных команд, описанных выше. Ниже рассматриваются только команды постпроцессора для вычисления напряжений.

Поскольку для вычисления номинальных допускаемых напряжений  $[\sigma]$  для высокотемпературных трубопроводов используется предел длительной прочности (параметр [SR](#) команды [MAT](#)), следует обратить внимание, чтобы соответствующие данные присутствовали в свойствах материала.

Задание на вычисление приведенных напряжений категории  $(\sigma)_2$  полностью аналогично низкотемпературным трубопроводам. При вычислении допускаемых напряжений для режимов, предполагающих кратковременные нагрузки, такие как: гидроиспытания (S2\_HDR), ННУЭ (S2\_NNUE), а также сейсмические нагрузки (S2\_MRZ , S2\_PZ1, S2\_PZ2) по решению Пользователя возможен неучет предела длительной прочности (см. описание параметра [SN\\_I](#), команда [CTRL](#)).

Поскольку в формулы для вычисления напряжений  $(\sigma)_2$  входит коэффициент снижения прочности поперечного сварного шва  $\varphi_w$ , то на результаты расчета влияют параметр [WLD\\_CHK](#) и команда [WLD](#).

Для вычисления напряжений категории  $(\sigma)_{RK}$  необходимо задание двух команд постпроцессора:

```
&RES='FORC' LS="LC1-LC2" OUT='NO' Note="Внутр. усилия (Этап 2)" ; LS2
&RES='SRK' LS="LC2+LS2" Note="Напряжения Srk" ; LS3
```

LS2 определяет внутренние усилия от компенсации температурных расширений, которые в соответствии с Нормами "разрешается определять с учетом постепенного уменьшения (релаксации) во времени вследствие ползучести".

Комбинация нагрузок, задаваемая в LS3 включает в себя усилия по Этапу I (LC2) и усилия, вычисленные на предыдущем этапе (LS2). Коэффициент усреднения компенсационных напряжений принимается равным  $0.5 \cdot \chi$ , где  $\chi$  задается в [ИД](#) с помощью команды [CREEP](#). Коэффициент  $\chi_{\text{э}}$ , входящий в формулы для вычисления напряжений от овальности отводов определяется по формуле:

$$\chi_{\text{э}} = HI\_E \cdot \chi,$$

где коэффициент пересчета [HI\\_E](#) определяется в команде [CTRL](#).

**Порядок расположения реферативных нагрузок в параметрах для вычисления напряжений SRK для высокотемпературных трубопроводов должен быть таким, как приведено выше.**

Напряжения категории  $(\sigma_{\text{аф}})_K$  для высокотемпературных трубопроводов вычисляются по аналогии с низкотемпературными трубопроводами:

```
&RES='SAF' LS="LC1-LC3" Note="Напряжения Saf" ; LS3
```

Комбинация нагрузок, специфицированная выше, определяет переход из рабочего состояния (LC1, Этап II) – в холодное состояние (LC3, этап IV).

#### **Вывод на печать нагрузок на опоры с учетом релаксации и саморастяжки**

1. Нагрузки на опоры с учетом релаксации и саморастяжки выводится только для анкерных и шестикомпонентных опор.
2. Нагрузки с учетом релаксации температурных усилий вычисляются по следующей формуле:

$$LS_{\text{hot}} = LC2 + (LC1 - LC2) \cdot (1 - \delta)$$

где:

LC2 - нагрузки от веса в рабочем состоянии;

LC1 - нагрузки от веса и температуры в рабочем состоянии

$\delta$  - коэффициент релаксации компенсационных напряжений (параметр [DELTA](#) в команде [CREEP](#))

3. Нагрузки на опоры в холодном состоянии с учетом саморастяжки вычисляются по следующей формуле:

$$LS_{\text{cold}} = LC3 - (LC1 - LC2) \cdot \delta \cdot (E_{LC3} / E_{LC1})$$

где:

LC3 - нагрузки от веса в холодном состоянии;

$(E_{LC3} / E_{LC1})$  - приведение нагрузок к холодному модулю упругости.

Для реализации вышеприведенных формул в задание на постпроцессорную обработку добавляются следующие команды с использованием идентификаторов [H\\_REL](#) и [C\\_REL](#):

```
&RES='SUPP' LS="LC1-LC2" OUT = 'NO' Note="Нагрузки от температуры"
; LS10
&RES='SUPP' LS="LC2+LS10" RULE = 'H_REL' Note="Нагр. в раб. сост., релакс."
; LS11
&RES='SUPP' LS="LC3-LS10" RULE = 'C_REL' Note="Нагр. в хол. сост., саморастяжка"
; LS12
```

## Расчеты по Котельным Нормам

Полный поверочный расчет по "Нормам расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды" предполагает выполнение следующих этапов расчета:

Этап	Содержание	Учитываемые нагружающие факторы для трубопроводов		Назначение этапа для трубопроводов	
		н. температурн.	в температурн.	н. температурн.	в температурн.
I	Расчет на действие весовой нагрузки	Внутреннее давление (P); весовая нагрузка (W); усилия промежуточных упругих опор в рабочем состоянии (рабочие нагрузки)		Оценка статической прочности на совместное действие указанных нагружающих факторов	
II	Расчет для рабочего состояния на совместное действие всех нагружающих факторов	Внутреннее давление (P); весовая нагрузка (W); усилия промежуточных опор в рабочем состоянии; температурное расширение (самокомпенсация) (T); "собственные" смещения защемленных концевых сечений (D)		Оценка статической прочности на совместное действие всех нагружающих факторов	
		Монтажная растяжка (CS)	Саморастяжка или монтажная растяжка (CS)	Определение усилий воздействия трубопровода на оборудование	
III	Расчет на действие температурного расширения (на самокомпенсацию)	Внутреннее давление (P); температурное расширение (T); "собственные" смещения защемленных концевых сечений (D); усилия сопротивления промежуточных опор		Оценка усталостной прочности	Определение температурных перемещений (т.е. перемещений при переходе трубопровода из холодного состояния в рабочее)
IV	Расчет для холодного (нерабочего) состояния на совместное действие всех нагружающих факторов	Весовая нагрузка (W); усилия промежуточных опор (нагрузки опор в холодном состоянии)		Оценка прочности	
		Монтажная растяжка (CS)	Саморастяжка	Определение усилий воздействия трубопровода на оборудование	

Задание на расчет (команда [SOLV](#)) для трубопроводов, оцениваемых по котельным нормам ничем не отличается от аналогичных команд, описанных для ПНАЭ. Ниже рассматриваются только команды постпроцессора для вычисления напряжений.

*Определение эффективных напряжений на этапе I полного расчета:*

```
&RES='S_I' LS="LC2" Note="Напряжения S_I (Этап 1)" ; LS1
```

В качестве реферативной нагрузки LC2 должна быть указана нагрузка для Этапа I.

*Определение напряжений на этапе II полного расчета (высокотемпературные трубопроводы):*

```
&RES='FORC' LS="LC1-LC2" OUT='NO' Note="Внутр. усилия (Этап 2)" ; LS2
```

```
&RES='S_II' LS="LC2+LS2" Note="Напряжения S_II (Этап 2)" ; LS3
```

Задание на расчет напряжений  $S_{II}$  формируется по аналогии с [SRK для высокотемпературных трубопроводов ПНАЭ](#).

В приведенном примере LS2 определяет внутренние усилия от компенсации температурных расширений.

Комбинация нагрузок, задаваемая в LS3, включает в себя усилия по Этапу I (LC2) и усилия от компенсации температурных расширений (LS2), вычисленные предыдущей командой. Коэффициент усреднения компенсационных напряжений принимается равным  $0.5 \cdot \chi$ , где  $\chi$  задается в [ИД](#) с помощью команды [CREEP](#).

**Порядок расположения реферативных нагрузок в параметрах для вычисления напряжений  $S_{II}$  должен быть таким, как приведено выше.**

*Определение напряжений на этапе III полного расчета (низкотемпературные трубопроводы, оценка усталостной прочности):*

```
&RES='S_III' LS="LC1-LC3" Note="Напряжения S_III (Этап 3)" ; LS2
```

Задание на расчет напряжений  $S_{III}$  формируется по аналогии с SAF для ПНАЭ: оценивается переход из холодного в рабочее состояние: LC1 (этап II) – LC3 (этап IV).

Следует обратить внимание, что в соответствии с РД (п. 5.2.7, рис. 5.15) допускаемые напряжения  $[\sigma_d]$  для этапа III зависят как от типа материала (углеродистые или аустенитные стали), так и от типа оцениваемого элемента (прямолинейные или криволинейные трубы/тройники). Данные по этим напряжениям должны быть приведены в команде FAT, ссылки на которую даются в параметрах [FAT](#) и [FAT\\_B](#) команды [MAT](#).

*Определение напряжений на этапе IV полного расчета (высокотемпературные трубопроводы):*

```
&RES='FORC' LS="LC1-LC2" OUT='NO' RULE = 'REF' Note="Внутр. усилия (Этап 4)" ; LS4  
&RES='S_IV' LS="LC3-LS4" Note="Напряжения S_IV (Этап 4)" ; LS5
```

На этапе IV для высокотемпературных трубопроводов осуществляется проверка отсутствия пластических перегрузок в холодном состоянии. Для расчета напряжений  $S_{IV}$  требуется одна вспомогательная комбинация нагрузок (строка LS4), определяющая разницу между полной нагрузкой (LC1, этап II) и нагрузкой LC2, соответствующей этапу I: LC1 – LC2. Параметр  $RULE = 'REF'$  задается для приведения вычисленной комбинации внутренних усилий к "холодному" (реферативному) модулю упругости. Следующая строка (LS5) определяет расчет напряжений  $S_{IV}$  на основе сил и моментов, вычисленных как разница между усилиями в холодном состоянии (этап IV) и нагрузками, вычисленными в LS4, умноженными на коэффициент релаксации  $\delta$  (параметр [DELTA](#), команда [CREEP](#)).

**Порядок расположения реферативных нагрузок в параметрах для вычисления напряжений  $S_{IV}$  должен быть таким, как приведено выше.**

Рекомендуемая последовательность команд для задания на расчет, включающий режим **гидроиспытаний**:

Низкотемпературные трубопроводы:

```

SOLV "Поверочный расчет с заданными характеристиками упругих опор +
      гидроиспытания"
&LC MOD='$OPER' TYPE='OPER_A' PEND='YES' FRIC='YES' Note="Этап II
      (полная нагрузка)" ; LC1
&LC MOD='$OPER' TYPE='SUST_C' Note="Этап I"
      ; LC2
&LC MOD='$COLD' TYPE='OPER_B' PEND='YES' FRIC = 'YES' Note="Этап IV
      ('холодная нагрузка)"; LC3
&LC MOD='TEST' TYPE='OPER_B' PEND='YES' FRIC = 'YES' Note="Режим
      гидроиспытаний"; LC3 ; LC4
&LC MOD='$OPER' 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='SUPP' LS="LC1" Note="Нагрузки в раб. состоянии" ;
LS6
&RES='SUPP' LS="LC3" Note="Нагрузки в хол. состоянии" ;
LS7
&RES='SUPP' LS="LC4" Note="Нагрузки при ги" ;
LS8

```

#### Высокотемпературные трубопроводы:

```

SOLV "Поверочный расчет с заданными характеристиками упругих опор (#2) +
      гидроиспытания"
&LC MOD='$OPER' TYPE='OPER_A' PEND='YES' FRIC='YES' Note="Этап II
      (полная нагрузка)" ; LC1
&LC MOD='$OPER' TYPE='SUST_C' Note="Этап I"
      ; LC2
&LC MOD='$COLD' TYPE='OPER_B' PEND='YES' FRIC = 'YES' Note="Этап IV
      ('холодная нагрузка)"; LC3
&LC MOD='TEST' TYPE='OPER_B' PEND='YES' FRIC = 'YES' Note="Режим
      гидроиспытаний"; LC3 ; LC4
&LC MOD='$OPER' TYPE='SUST_C' Note="Этап I для ги"
      ; LC5

POST
&RES='S_I' LS="LC2" Note="Напряжения S_I (Этап 1)" ;
LS1
&RES='FORC' LS="LC1-LC2" OUT='NO' Note="Внутр. усилия (Этап 2)" ;
LS2
&RES='S_II' LS="LC2+LS2" Note="Напряжения S_II (Этап 2)" ;
LS3
&RES='FORC' LS="LC1-LC2" OUT='NO' RULE = 'REF' Note="Внутр. усилия (Этап
      4)" ; LS4
&RES='S_IV' LS="LC3-LS4" Note="Напряжения S_IV (Этап 4)" ;
LS5
&RES='S_H' LS="LC5" Note="Напряжения S_H (Этап 1)" ; LS6
&RES='DISP' LS="LC2" Note ="Весовые перемещения" ; LS7

```

&RES='DISP' LS="LC1-LC3"	Note="Видимые перемещения"	; LS8
&RES='SUPP' LS="LC1"	Note="Нагрузки в раб. состоянии"	; LS9
&RES='SUPP' LS="LC3"	Note="Нагрузки в хол. состоянии"	;
LS10		
&RES='SUPP' LS="LC4"	Note="Нагрузки при <a href="#">ги</a> "	; LS11

## 15 Приложение VI

### Приложение VI. Выбор пружин для упругих подвесок (опор).

#### [Основные определения](#)

#### [Выполнение расчета, ошибки и предупреждения](#)

#### [Результаты расчета](#)

#### [Структура файла SH.DBS](#)

#### [Выбор пружин из каталога "LISEGA"](#)

### Основные определения

**проектная нагрузка ( $P_p$ )** – реакция пружинной опоры, уравнивающая весовую нагрузку на трубопровод. Определяется из расчета трубопровода на "жестких опорах" под действием весовой нагрузки (величина жесткости опор определяется параметром [RGD\\_SPR](#)).

**рабочая нагрузка ( $P_r$ )** – реакция пружинной опоры в рабочем состоянии. По величине рабочая нагрузка должна быть близка к проектной нагрузке. Различия в величинах между этими реакциями могут быть вызваны учетом нелинейностей при расчете трубопровода (силы трения, односторонние опоры, маятниковый эффект).

**холодная (иногда также монтажная) нагрузка ( $P_c$ )** – реакция, действующая со стороны упругой подвески (опоры) на трубопровод в холодном состоянии (при температуре монтажа и без учета среды).

**теоретическая монтажная нагрузка ( $R_p$ )** – нагрузка, на которую нужно затянуть пружину "вне трубопровода" при его монтаже по методу одноэтапной затяжки (см. [REF 7](#)).

**типоразмер пружины** – идентификация пружины из соответствующего каталога. Идентификатор пружины состоит из 3 полей: 'size/travel/type', где размер пружины (size) соответствует максимальной нагрузке на пружину, "travel" соответствует максимально возможному рабочему ходу пружины, тип подвески (type) используется только в тех каталогах, в которых в разных исполнениях упругих опор применяются различные пружины (например, каталог LISEGA)

**максимальный рабочий ход пружины** – ход пружины между минимальной и максимальной нагрузкой.

**цепь** – набор соединенных последовательно пружин

**структура цепи** – число, характеризующее максимальный рабочий ход цепи. В отечественных стандартах используются пружины с рабочим ходом 70 (Z1) и 140 (Z2) мм. Тогда, соединение нескольких пружин в одну цепь описывается следующим образом:

$$\begin{aligned} Z3 &= Z1 + Z2 \\ Z4 &= Z2 + Z2 \\ Z5 &= Z1 + Z2 + Z2 \\ Z6 &= Z2 + Z2 + Z2 \dots \text{ и т.д.} \end{aligned}$$

Для зарубежных стандартов каждый следующий номер структуры цепи соответствует пружине с большим рабочим ходом. При выборе пружин вводятся понятия максимальная и минимальная структура цепи (**ZMAX** и **ZMIN**), что соответствует ограничению максимальной и минимальной величины рабочего хода.

**коэффициент запаса по нагрузке (PFAC)** – отношение максимально-допустимой нагрузки на пружину  $P_{MAX}$  к нагрузке  $= \max(P_h, P_c)$ . При выборе пружин программа обеспечивает отношение этих величин не ниже величины PFAC. При проектировании коэффициент запаса позволяет компенсировать неопределенности, связанные с различием между номинальным весом трубы, принятым в расчете, и фактическими данными, которые могут стать известными лишь при монтаже. Таким образом, введение коэффициента запаса по нагрузке позволяет откорректировать в случае необходимости затяг пружины во время монтажа. С другой стороны, коэффициент запаса позволяет пружине воспринимать дополнительные нагрузки (например, сейсмические).

**Коэффициент изменения нагрузки (PVAR)** – величина, определяющаяся соотношением:

$$PVAR = \frac{|P_d - P_c|}{P_d}$$

Для задания пружинной опоры/подвески в dPIPE используется команда **SPR**. Пружина идентифицируется ссылкой на таблицу (каталог) и типоразмер пружины. Например, для пружины, изготавливаемой по ОСТ 108.764.01-80 с грузоподъемностью 2005 кгс и ходом 210 мм в **ИД** dPIPE будет использоваться команда:

**20: SPR nc = 1, id** ОСТ 108.764.01-80 (Пружины винтовые цилиндрические для подвесок трубопроводов ТЭС и АЭС)  
**= '07/Z3' tbl**  
**'OST80'**

λ (мм)	Pmax (кгс)												
	128	278	534	816	1190	1666	2005	2686	3325	4080	4955	5960	
70	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Z1
140	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Z2
210	01+13	02+14	03+15	04+16	05+17	06+18	07+19	08+20	09+21	10+22	11+23	12+24	Z3
280	13+13	14+14	15+15	16+16	17+17	18+18	19+19	20+20	21+21	22+22	23+23	24+24	Z4
350	01+13+13	02+14+14	03+15+15	04+16+16	05+17+17	06+18+18	07+19+19	08+20+20	09+21+21	10+22+22	11+23+23	12+24+24	Z5
420	13+13+13	14+14+14	15+15+15	16+16+16	17+17+17	18+18+18	19+19+19	20+20+20	21+21+21	22+22+22	23+23+23	24+24+24	Z6
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	dPipe

Пружины по ОСТ 108.764.01-80; структура цепи - 07+19 (Pmax=2005 кгс / λ = 210 мм) Обозначение по dPipe -> id='07/Z3'

## Выполнение расчета, ошибки и предупреждения

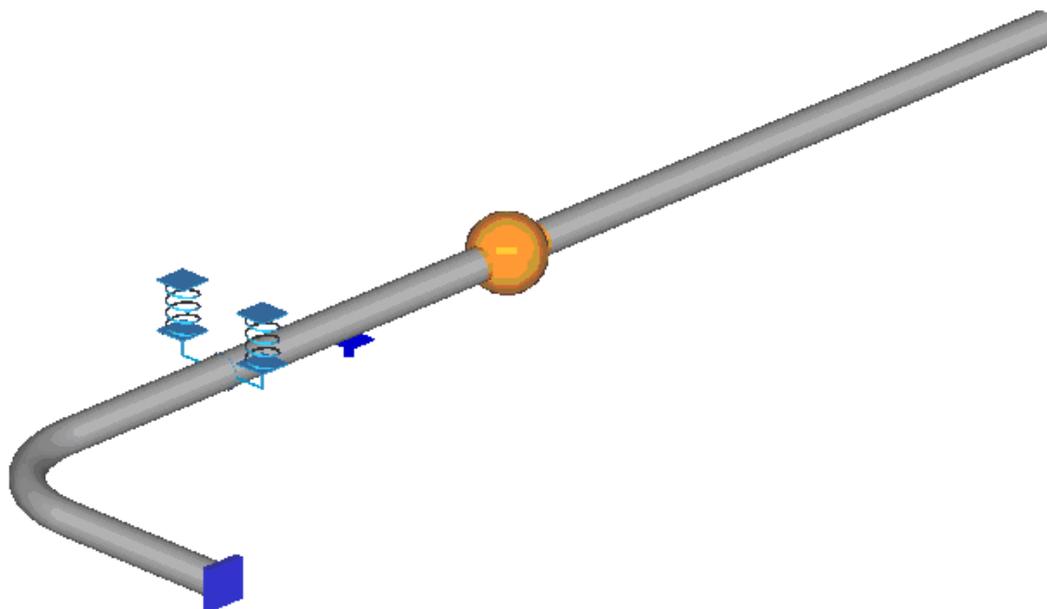
Для выбора характеристик пружин упругих подвесок (опор) в задании на расчет должен быть задан "стартовый" набор вычислений, который описан в [Приложении V](#). Программа осуществляет выбор характеристик пружин в зависимости от заданной таблицы пружин (команда [SDEF](#)), коэффициентов запаса по нагрузке и изменяемости (параметры [PFAC](#) и [PVAR](#) команды [SPR](#)), а также величины минимальной и максимальной структуры цепи ([ZMAX](#) и [ZMIN](#)). При успешном завершении "стартового" набора вычислений программа производит выполнение основных этапов расчетов, используя вычисленные характеристики пружин. Дополнительно в рабочем каталоге создается файл с расширением <имя задачи>.drp\_, который содержит данные для подвесок с вычисленными характеристиками пружин (в дальнейшем этот файл можно переименовать в <имя задачи>.drp и использовать как основной для последующих вычислений).

При неудачном завершении стартового набора вычислений программа прекращает свое выполнение и сообщает о причине, по которой не удалось выбрать характеристики пружин. Для анализа причин неудачного выбора пружин промежуточные результаты можно просмотреть в листинге результатов или в программе PIPE3DV. После открытия программы и "включения" изображения подвесок в правом верхнем углу отображается красный восклицательный знак, а "проблемные" опоры будут мигать (включить – выключить "мигание" можно комбинацией клавиш **ALT-E**). Подведя курсор к подвеске, нажав на правую клавишу мышки и выбрав из контекстного меню пункт "Параметры узла" можно просмотреть информацию о промежуточных результатах.

Ниже приведены и прокомментированы наиболее типичные ситуации, связанные с невозможностью выбрать характеристики пружин:

### Пример 1

Схема:



Сообщения программы:

```
SH1.dp5 - 0 error(s)
```

```
Solve > Op 1(R): W -> done  
Error: spring load out of working range
```

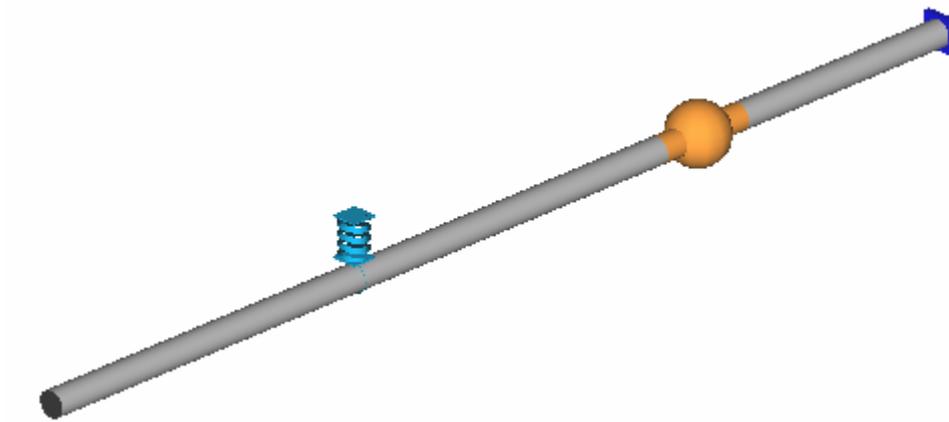
```
POST: Ошибка при определении рабочей нагрузки на пружинную подвеску  
POST: См. результаты  
Press any key to continue
```

Комментарии:

По результатам расчета на "жестких опорах" реакция в подвеске оказалась отрицательной, т.е. в данной схеме неверно выбрано место для упругой опоры.

***Пример 2***

Схема:



### Сообщения программы:

```
SH2.dp5 - 0 error(s)

Solve > Op 1(R): w          -> done
Solve > Op 1(A): w+P+T+D    -> done
Error: spring load out of working range

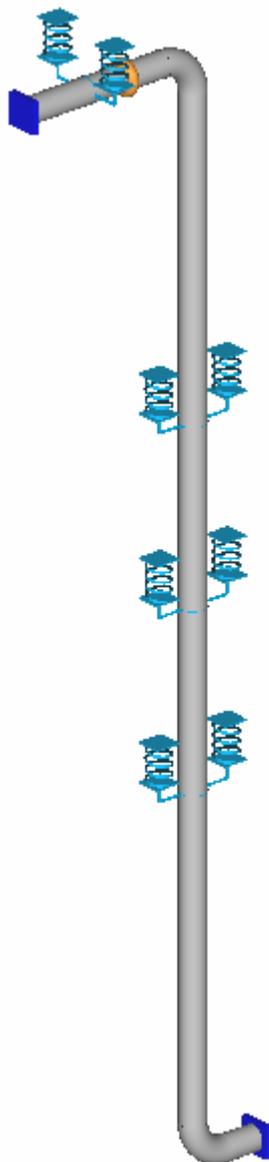
POST: Невозможно подобрать пружину под рабочую нагрузку
POST: См. результаты.
```

### Комментарии:

В этом примере намерено задан очень большой вес задвижки, и программа не может выбрать пружину с требуемой несущей способностью. Обычно, для решения такого рода проблем бывает достаточно увеличить число цепей или поставить дополнительные опоры.

### ***Пример 3***

#### Схема:



### Сообщения программы:

```
Solve > Op 1(R): w          -> done
Solve > Op 1(A): w+P+T+D    -> done
Solve > Cold(B): w+P+T+D   -> done
Error: spring load out of working range
```

```
POST: Невозможно подобрать пружину с требуемым рабочим ходом (Pref > Pmax)
POST: См. результаты
```

### Комментарии:

В этом примере оказалось невозможным подобрать пружину для реферативной (в данном случае холодной) нагрузки. На третьем этапе стартовых вычислений программа проверяет неравенство:

$$P_{MIN} < P_{ref} < P_{MAX}/PFAC$$

В случае невыполнения этого неравенства программа пытается выбрать пружину с  $PFAC = 1$ . Если и это не удастся, то программа завершает выполнение расчетов с сообщением об ошибке.

Такие ситуации возникают как правило при больших вертикальных температурных перемещениях трубопровода. Решение данной проблемы возможно после анализа промежуточных результатов: если рабочая нагрузка  $P_n$  на подвеску близка к максимальной и трубопровод при охлаждении "догружает" подвеску, то необходимо разгрузить эту подвеску либо путем увеличения числа цепей (NC), либо установкой дополнительных опор, несущих весовую нагрузку. Другой путь состоит в том, чтобы дать программе возможность выбора более "мягких" подвесок с большим рабочим ходом (для этого нужно увеличить параметр ZMAX). Если же ни одно из этих решений не удовлетворительно, то возможно применение подвесок постоянного усилия (напр. из каталога LISEGA). Для моделирования таких подвесок в программе следует выбрать "пользовательскую" пружину с "нулевой" жесткостью и требуемой рабочей нагрузкой:

Пружинная подвеска (опора) в узле "100".

Число цепей	2	Длина тяги	1000
Каталог	Не опр.	Исполнение	Подвеска
Пружина		Общая нагрузка	32000
Размер	Не определ.	Не определена	<input type="checkbox"/>
Тип	Не определ.		
Минимальная нагрузка	0	Максимальная нагрузка	0
		Жесткость цепи	0
<input type="checkbox"/> Отключить		Подобрать пружину...	
Сейсмическая группа		Комментарий	

OK Отмена Справка

Если при выборе пружин оказывается невозможным обеспечить один из требуемых параметров (коэффициент запаса по нагрузке **PFAC** или требуемую изменяемость **PVAR**), то программа выдает предупреждение и продолжает работу:

```

Solve > Op 1(R): W -> done
Solve > Op 1(A): W+P+T+D -> done
Solve > Cold(B): W+P+T+D -> done
Warning: spring load variation > desired
Warning: lift-off from one-way supports
Solve > Op 1(B): W+P+T+D+FR+SW -> done
Solve > Op 1(C): W+P -> done
Solve > Cold(B): W+P+T+D+FR+SW -> done
Warning: lift-off from one-way supports

POST: LS1 S_I LC5 SUM Напряжения S_I (Этап 1)
POST: LS2 FORC LC4-LC5 SUM Внутр. усилия (Этап 2)
POST: LS3 S_II LC5+LS2 SUM Напряжения S_II (Этап 2)
POST: LS4 FORC LC4-LC5 REF Внутр. усилия (Этап 4)
POST: LS5 S_IV LC6-LS4 SUM Напряжения S_IV (Этап 4)
POST: LS6 DISP LC5 SUM Весовые перемещения (Этап 1)
POST: LS7 DISP LC4-LC6 SUM Видимые перемещения (Этап 3)
POST: LS8 SUPP LC4 SUM Нагрузки в раб. состоянии (Этап 2)
POST: LS9 SUPP LC6 SUM Нагрузки в хол. состоянии(Этап 4)

```

В приведенном примере сообщение **"Warning: spring load variation > desired"** означает, что для одной или нескольких подвесок не удалось добиться выполнения условий по изменямости ([PVAR](#)).

Сообщение **"Warning: spring load safe factor < desired"** означает, что для одной или нескольких подвесок не удалось добиться выполнения условий по коэффициенту запаса по нагрузке ([PFAC](#)).

Сообщение **"Warning: lift-off from one-way support"** означает, что на соответствующем этапе расчета одна из односторонних опор оторвалась и не несет нагрузку.

В дальнейшем, при просмотре результатов в PIPE3DV "проблемные" опоры будут мигать, а в листинге результатов со сводными таблицами напротив этих опор будет стоять соответствующее сообщение.

## Результаты расчета

При успешном завершении расчета информация об упругих опорах/подвесках распечатывается в следующих таблицах: "Характеристики пружинных опор и подвесок (для монтажа)" (Файл <>.sup). В эту таблицу производится печать только для упругих опор, привязанных к каталогам, внесенным в файл sh.dbs. Для каждого каталога печатается отдельная таблица. Для подвесок из русских стандартов (ОСТ, МВН) таблица печатается в следующей форме:

**Таблица "Характеристики пружинных опор и подвесок (для монтажа)" (Файл < имя задачи >.sup)**

```
>>> Характеристики пружинных опор и подвесок (для монтажа). Стандарт ОСТ 108.764.01-80
=====
N опоры  NC  Структ.  высоты пружин  общая нагр. на опору  видимые перемещения
(узел)    цепи      Н_св. Н_раб. Н_хол. Н_1э  Р_раб. Р_хол. Р_сейс.  DX  DY  DZ
=====
ПП-1     1  1*17      346  248  272  272    8.17  6.15          9  -17 -24
=====
N 37     2  1*04+    177  139  149  149    8.57  6.26          -19  2  -30
      1*16      327  252  272  272
=====
Примечания:
NC        - число цепей
Н_св.     - высота пружины в свободном состоянии, мм
Н_раб.    - высота пружины в рабочем состоянии, мм
Н_хол.    - высота пружины в холодном состоянии, мм
Н_1э     - высота пружины при одноэтапной затяжке, мм
Р_раб.    - нагрузка на опору в рабочем состоянии, кН
Р_хол.    - нагрузка на опору в холодном состоянии (без среды), кН
Р_сейс.   - сейсмическая нагрузка на опору, кН
DX, DY, DZ - видимые перемещения между холодным и рабочим состоянием, мм
```

Величины Н\_раб., Н\_хол., Р\_раб. и Р\_хол. печатаются в соответствии с параметрами [LOAD\\_HOT](#) и [LOAD\\_COLD](#). Аналогично происходит вычисление "видимых перемещений". Величина Н\_1э пересчитывается по нагрузке R<sub>0</sub>, определенной для первого встретившегося в расчете LC с типом 'OPER\_A':

$$R_0 = P_h + \lambda_{ii} * k_s,$$

где k<sub>s</sub> – жесткость пружины, λ<sub>ii</sub> - полные перемещения, вычисляемые в расчете типа 'OPER\_A'

Для зарубежных стандартов эта таблица печатается в форме:

```
>>> Характеристики пружинных опор и подвесок (для монтажа). Стандарт Lisega cat.2010 Type 21/25/29/20
=====
N опоры  NC  пружина  исполнение  шкала перемещ.  нагр. на пружину  видимые перемещения
(узел)    цепи      D_x  D_г  Р_раб. Р_хол. Р_сейс.  DX  DY  DZ
=====
ПП-1     1  4/2      21 25    49  72    8.17  6.60          11  -17 -23
=====
ПП-2     2  4/2      21 25    64  82    8.84  7.65          22  -1  -17
=====
ПП-4     2  4/3      21 25    150 107    6.91  8.34          38  -5  42
=====
ПП-5     2  3/4/21   231 149    3.33  4.24          27  -2.5  82
=====
ПП-6     2  4/4/21   179 107    5.72  7.32          54  -32  71
=====
ПП-3     1  4/2      21 25    14  28    5.24  4.30          38  -5  -14
=====
Примечания:
NC        - число цепей
Р_раб.    - нагрузка на пружину в рабочем состоянии, кН
Р_хол.    - нагрузка на пружину в холодном состоянии (без среды), кН
D_x, D_г  - деформация пружины для холодного и горячего состояния (на шкале пружины), мм
Р_сейс.   - сейсмическая нагрузка на опору, кН
DX, DY, DZ - видимые перемещения между холодным и рабочим состоянием, мм
```

В отличие от русских стандартов в этой таблице печатаются величины, которые обычно указываются на шкале пружины: нагрузка на пружину в рабочем и холодном состояниях, а также положение указателя перемещений (деформация пружины). Также как и в предыдущей таблице, печать величин для холодного и горячего состояния производится в соответствии с параметрами [LOAD\\_HOT](#) и [LOAD\\_COLD](#). Если эти параметры не определены, то соответствующие графы таблицы не заполняются.

**Таблица " Сводная таблица нагрузок на пружинные опоры и подвески " (Файл < имя задачи >.sur)**

```

>>> Сводная таблица нагрузок на пружинные опоры и подвески (все этапы расчета)
=====
узел   пружина   P_пр.   P_раб.   FS     var     DX     DY     DZ     расчет
=====
155    4/2       8.15    8.17    1.2    0       12    -15    -24    LS08
ПП-1
                               6.60    1.5     19     0       1     -1     LS09
-----
540    4/2       5.28    5.24    1.6    1       39    -3     -14    LS08
ПП-3
                               4.30    1.3     19     0       1     0     LS09
=====
Примечания:
P_пр.       - проектная нагрузка, кН
P_раб.      - нагрузка для расчетного режима, кН
FS          - запас по нагрузке
var         - изменимость, %
DX, DY, DZ  - перемещения для расчетного состояния

LS08       - Нагрузки в раб. состоянии (Этап 2)
LS09       - Нагрузки в хол. состоянии (Этап 4)

```

Количество строк для каждой опоры определяется числом соответствующих директив в команде POST (res='TYPE'). Величина P\_пр. берется либо из расчета, имеющего тип 'dsgn', либо из расчета, специфицированного параметром [LOAD\\_DES](#). Величина изменимости определяется для каждого состояния по отношению к величине проектной нагрузки. Для сочетаний нагрузок, включающих сейсмические, величина изменимости не печатается.

#### **Индивидуальные таблицы для каждой упругой опоры.**

В дополнение к таблицам, указанным выше, для каждой упругой опоры в файле <имя задачи>.sur распечатывается таблица следующего вида:

```

>>> Узел:                290 (ПП-6)
Тип Опоры:              пружинная подвеска, число цепей: NC = 2

Пружина:                4/4/21 (LISEGA). (Максимальный рабочий ход - 300 мм

Проектная нагрузка:    11549
теоретическая монтажная нагрузка: 14716
-----
                P      Pmax   Pmin   FS   H_70  H_140  Var
                (Ньютоны)                (миллиметры)  %
-----
1 Нагрузки в раб. состоянии  11440  20000  6660  1.72
2 Нагрузки в хол. состоянии  14637  20000  6660  1.37
-----
Возможные исполнения пружины: 21

Горизонтальные усилия и перемещения:
-----
                Fx      Fy      Dx      Dy
                (Ньютоны)                (миллиметры)
-----
1 Нагрузки в раб. состоянии   620    -409    54.21  -35.72
2 Нагрузки в хол. состоянии    1      -48     0.05   -3.29
-----

```

Эта же таблица отображается в программе PIPE3DV при просмотре "информации об узле". Числа, печатающиеся в этой таблице, определяются по правилам, приведенным выше для аналогичных величин.

При успешном выборе характеристик пружин в файле <имя задачи>.res печатается сводная таблица со всеми подвесками:

>>> Таблица 1. Результаты выбора пружин (нагрузка на одну цепь)

Узел	NC	Пружина	K	Fmin	Fmax	Pd	Ph	Pc	R0	TRAVEL	var	FS
g2_530	1	08/Z1	376.3	0	26341	19727	19531	19888	19881	1	1	1.32
...												
g7_840	1	05/Z2	83.4	0	11670	6908	6869	8329	8385	18	21	1.40

Примечания:  
 NC - число пружинных цепей  
 K - жесткость одной цепи, Н/мм  
 Fmax - максимальная нагрузка, Н  
 Fmin - минимальная нагрузка, Н  
 Pd - проектная нагрузка, Н  
 Ph - нагрузка в рабочем состоянии, Н  
 Pc - нагрузка в "холодном" состоянии, Н  
 R0 - теоретическая монтажная нагрузка, Н  
 TRAVEL - рабочий ход пружины, мм  
 var - коэффициент изменчивости, %  
 FS - расчетный коэффициент запаса по нагрузке:  $FS = \min ( F_{max}/\max (P_h, P_c); \min (P_h, P_c)/F_{min} )$

А при возникновении ошибок эта таблица имеет вид:

СООБЩЕНИЯ ОБ ОШИБКАХ:

Невозможно подобрать пружину с требуемым рабочим ходом ( $P_{ref} > P_{max}$ )

>>> Таблица 1. Результаты выбора пружин (нагрузка на одну цепь)

Узел	NC	Пружина	K	Fmin	Fmax	Ph	Pc	R0	TRAVEL	var	FS
92	2	6/1		13330	40000	16486			-2		1.24
<b>98</b>	<b>2</b>			<b>40</b>	<b>100000</b>	<b>15845</b>			<b>-53</b>		<b>6.31 (Pc !)</b>
...											
336	1	3/1		1660	5000	2091			-3		1.26

для подвесок, характеристики которых не удалось определить, печатаются максимальная и минимальная нагрузки на пружину из соответствующей таблицы пружин

## Структура файла SH.DBS

Файл содержит описание характеристик пружин (таблицы пружин) в соответствии с промышленными стандартами изготовителей. Строки таблицы соответствует максимальным величинам "рабочего хода" пружины, столбцы – максимальной нагрузке, которую может воспринять пружина.

Для описания таблиц пружин используются следующие команды и параметры.

**\$TITLE** "Имя" "Описание":

"Имя" – наименование стандарта, использующееся в команде [SDEF](#) (параметр [STAB](#)). "Описание" – информация о стандарте.

**\$UNIT\_LOAD** 'load' coef - команда задает коэффициент перевода для размерности нагрузки, приведенной в каталоге к ньютонам;

**\$UNIT\_DISP** 'disp' coef – команда задает коэффициент перевода для размерности перемещений, приведенных в каталоге, к миллиметрам;

**\$LOAD\_MIN**  $load_1, load_2 \dots load_n$  – величина минимальной нагрузки для каждого из типоразмеров пружин;

**\$LOAD\_MAX**  $load_1, load_2 \dots load_n$  – величина максимальной нагрузки для каждого из типоразмеров пружин;

**\$WRK\_RANGE**  $disp_1, disp_2, \dots disp_k$  – величины максимально возможных деформаций пружин (рабочий ход);

**\$LAB\_SIZE** 'size<sub>1</sub>' 'size<sub>2</sub>' ... 'size<sub>n</sub>' – метки, соответствующие нагрузкам

**\$LAB\_TYPE** 'type<sub>1</sub>' 'type<sub>2</sub>' ... 'type<sub>k</sub>' – метки, соответствующие деформациям пружин

**\$Z1\_HEIGHT**  $hght_1, hght_2 \dots hght_n$  – высоты пружин с рабочим ходом 70 мм в свободном состоянии (используется только для отечественных стандартов: ОСТ 108.764.01-80, МВН 049-63, ОСТ 24.125.109-93)

**\$Z2\_HEIGHT**  $hght_1, hght_2 \dots hght_n$  – высоты пружин с рабочим ходом 140 мм в свободном состоянии (используется только для отечественных стандартов: ОСТ 108.764.01-80, МВН 049-63, ОСТ 24.125.109-93)

**\$Z1\_DESIGN** 'lab<sub>1</sub>' 'lab<sub>2</sub>' ... 'lab<sub>n</sub>' – метки для идентификации пружин с рабочим ходом 70 мм из отечественных каталогов

**\$Z2\_DESIGN** 'lab<sub>1</sub>' 'lab<sub>2</sub>' ... 'lab<sub>n</sub>' – метки для идентификации пружин с рабочим ходом 140 мм из отечественных каталогов

**\$SPR\_PTTRN** XXXXX<sub>1</sub> XXXXX<sub>2</sub> .... XXXXX<sub>n</sub> – шаблон для определения существует ли данный типоразмер пружины с соответствующим рабочим ходом: 0 – отсутствует, 1 – присутствует; количество цифр в шаблоне должно соответствовать размерности массива \$WRK\_RANGE

**\$TYPES** 'type<sub>1</sub>' 'type<sub>2</sub>' ... 'type<sub>j</sub>' – метки для возможных исполнений пружин;

**\$TYP\_PTRN**  $X_1 X_2 \dots X_j$  - шаблон для исполнений пружин: 0 – данное исполнение доступно только для упругих подвесок; 1 - данное исполнение доступно только для пружинных опор;

**\$TYP\_MASK** – целочисленный массив размером, повторяющим таблицу пружин. Каждое целое число представляет собой "битовую маску" с доступными типами исполнений для каждого типоразмера пружин

**\$PFAC** – рекомендуемый для данной таблицы параметр [PFAC](#)

**\$PVAR** – рекомендуемый для данной таблицы параметр [PVAR](#)

**\$ZMIN** – рекомендуемый для данной таблицы параметр [ZMIN](#)

**\$ZMAX** – рекомендуемый для данной таблицы параметр [ZMAX](#)

Для каждой таблицы пружин наличие команд \$TITLE, \$UNIT\_LOAD, \$UNIT\_DISP, \$LOAD\_MIN, \$LOAD\_MAX, \$WRK\_RANGE, \$LAB\_SIZE и \$LAB\_TYPE обязательно. Остальные команды задаются или не задаются в зависимости от соответствующего каталога.

В настоящей версии программы файл SH.DBS содержит таблицы пружин для следующих стандартов:

Title	Наименование стандарта
OST80	ОСТ 108.764.01-80
MVN63	МВН 049-63
OST93	ОСТ 24.125.109-93
LISEGA	Каталог LISEGA "Стандартные опоры 2010", Группа продуктов 2, пружинные подвески, пружинные опоры, Типы: 21, 25, 29, 20
LISEGA_	Каталог LISEGA "Стандартные опоры 2010", Группа продуктов 2,
E	пружинные подвески, пружинные опоры, Типы: 22, 26, 28
GRADIOR	<a href="#">Каталог GRADIOR "Каталог для подвесок и опор трубопроводов"</a> , пружинные блоки: типы 1-4 (подвески), 7 - опоры
WTZNM	<a href="#">Каталог "Подвесы и опоры для трубопроводов"</a> , пружинные подвесы,
N	пружинные опоры переменного усилия, серии пружинных подвесок: FHD, FHG, FHS и FDT, серии пружинных опор: FSS, FSP
UNISONS	<a href="#">Каталог "Variable spring hanger"</a> от Unison eTech Co., Ltd.. Тип пружин VSS (ход 30 мм)
UNISON	<a href="#">Каталог "Variable spring hanger"</a> от Unison eTech Co., Ltd.. Тип пружин VSM
ML	(ход 65 мм) и VSL (ход 130 мм)
T2	Пружины с ходом 50, 100 и 200 мм и нагрузкой в диапазоне 0-100 кН (табл. 12.2) из "ТИТАН2, Каталог EN. Стандартных элементов опорных конструкций для трубопроводов сортамента, соответствующего ISO 4200:1991", типы 51, 52, 53
T2_XL	Пружины с ходом 50, 100 и 200 мм и нагрузкой в диапазоне 53.3-400 кН (табл. 12.4) из "ТИТАН2, Каталог EN. Стандартных элементов опорных конструкций для трубопроводов сортамента, соответствующего ISO 4200:1991", типы 54, 55, 56
T2_RU	Пружины с ходом 70 и 140 мм и нагрузкой в диапазоне 0 - 58.5 кН (табл. 12.3) из "ТИТАН2, Каталог EN. Стандартных элементов опорных конструкций для трубопроводов сортамента, соответствующего ISO 4200:1991", типы 51, 52

## Выбор пружин из каталога "LISEGA"

Пружины из каталога LISEGA (группа продуктов 2, [\[REF 6\]](#)) различаются по типам (конструктивному исполнению), несущей способности и по диапазону максимальных рабочих перемещений. Каталог приводит 5 вариантов рабочего хода пружин: 50, 100, 200, 300 и 400 мм. При этом два последних варианта *"подразумевают применение слишком длинных пружин и должны*

*использоваться только после технического анализа всех условий, особенно в чувствительных трубопроводных системах" [REF 6].*

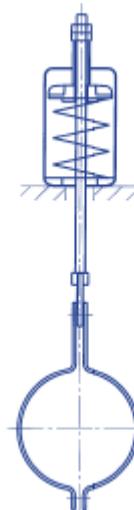
Фирма LISEGA предлагает следующие исполнения пружин:

Для подвесок (опор) с несущей способностью до **100 кН**

**Тип 21 и Тип 25** – наиболее часто применяемые пружины для подвесок, различаются по конструктивному исполнению:



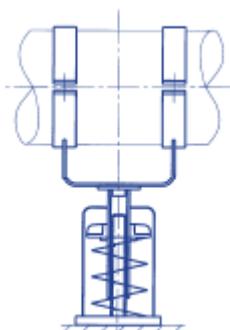
Тип 21



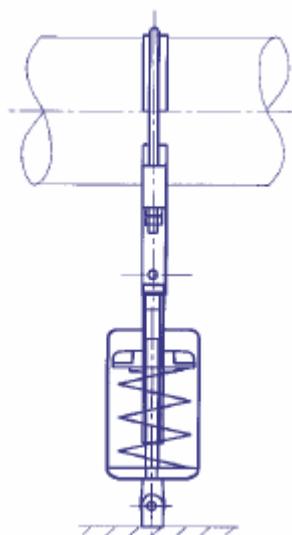
Тип 25

**Тип 29** - пружины для упругих опор. Компоновка этого узла позволяет устанавливать пружинную опору под трубопровод.

**Тип 20** - "поворачивающиеся" пружинные опоры. В отличие от пружинных опор типа 29, эта конструкция может воспринимать горизонтальные перемещения без боковых усилий, возникающих за счет сил трения:



Тип 29



Тип 20

Для подвесок (опор) с несущей способностью от 160 кН до 400 кН используются блоки пружин:

**Тип 22** – пружинные подвески (аналог типа 21):

**Тип 26** - посадочные пружинные подвески переменного усилия (аналог типа 25):

**Тип 28** – пружинные опоры (аналог типа 28)



Тип 22



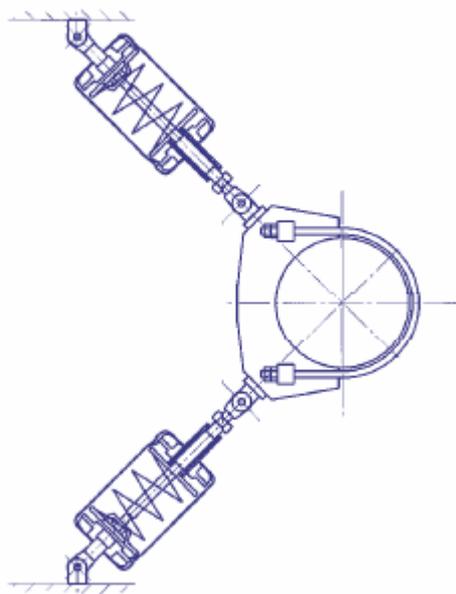
Тип 26



Тип 28

Для этих типов пружин возможны лишь первые 3 диапазона максимальных рабочих перемещений (от 50 до 200 мм).

Дополнительно к перечисленным типам пружин каталог предлагает "пружинные связки" (тип 27) и трапеции пружинных подвесок (тип 29). Эти исполнения далее не рассматриваются.



Тип 27



Тип 29

В базе данных пружинных подвесок (файл SH.DBS) введены пружины исполнений 21, 25, 29 и 20 (Таблица "LISEGA"). Пружины с повышенной несущей способностью (исполнения 22, 26, и 28) содержатся в таблице "LISEGA\_E".

Рекомендуемые значения параметров, влияющих на выбор пружин, при работе с каталогом LISEGA (команды [SDEF](#) и [SPR](#)):

$$ZMIN = 1; ZMAX = 3; PFAC = 1.1, PVAR = 0.25$$

Для задания идентификации пружины из каталога фирмы LISEGA в dPIPE используются следующие поля из обозначения пружины: первые 2 цифры – исполнение пружины, третья цифра соответствует группе нагрузок, четвертая цифра – диапазон перемещений (ход пружины), последние 2 цифры определяют производственную серию и в коде пружины не используются. Например, пружина «21C219» задается следующей командой:

**10: SPR nc = 1, tbl = 'LISEGA', id = 'C/2/21', note = "21C219"**

## 16 Приложение VII

### Учет монтажной растяжки при проектировании и расчетах трубопроводов

Монтажная (холодная) растяжка применяется на трубопроводах с целью уменьшения температурной нагрузки, передаваемой трубопроводом на присоединяемое оборудование в рабочем (горячем) состоянии.

При применении монтажной растяжки следует учитывать следующие обстоятельства:

- монтажная растяжка снижает нагрузки на оборудование в рабочем состоянии и повышает их в холодном;
- при монтаже трубопровода трудно обеспечить необходимую точность выполнения монтажной растяжки, а в дальнейшем, при эксплуатации трубопровода, монтажную растяжку невозможно проконтролировать. Учитывая это обстоятельство, ряд зарубежных Норм расчетов на прочность трубопроводов (ASME BPVC NB 3600, ASME B31.3) при определении нагрузок на опоры и оборудование в рабочем (горячем) состоянии требуют учета только 2/3 от расчетной величины монтажной растяжки, а при определении нагрузок в холодном состоянии - полной величины монтажной растяжки;
- монтажная растяжка не влияет на размах напряжений между рабочим и холодным состояниями и поэтому не должна учитываться для вычисления соответствующих категорий напряжений;
- релаксация напряжений от самокомпенсации в высокотемпературных трубопроводах приводит к саморастяжке трубопровода в холодном состоянии вне зависимости от применения монтажной растяжки. Эффект от применения монтажной растяжки проявляется только на начальном этапе эксплуатации трубопровода.

В рамках программы dPIPE монтажная растяжка задается с одной стороны в виде элемента расчетной модели (см. команду [CS](#)), с другой стороны монтажную растяжку следует указать в задании на расчет в качестве компоненты нагрузок (параметр *load*, команда [SOLV](#)). Стандартные задания на расчет для норм ПНАЭ и РД содержат рекомендуемый набор команд для учета монтажной растяжки.

## 17 Приложение VIII

### Учет эффекта неравномерного распределения температуры по высоте сечения трубопровода (температурная стратификация).

Температурная стратификация возникает в горизонтальных участках трубопровода в результате перемешивания двух потоков среды с различными температурами и низкими скоростями. При определенных режимах эксплуатации вследствие этого эффекта происходит неравномерное распределение температуры по высоте сечения трубопровода, что приводит к дополнительным температурным напряжениям, которые можно разделить на две категории:

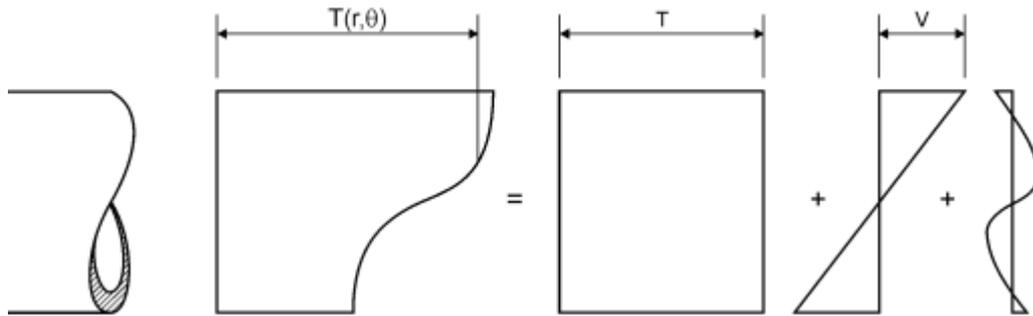
- общие изгибные напряжения, обусловленные разницей температур между верхней и нижней частями сечения: верхняя часть трубопровода при более высоких температурах стремится расширится, а более холодная (нижняя) часть трубопровода препятствует этим расширениям и наоборот;
- местные напряжения в районе границ стратифицированной среды, возникающие из-за нелинейного характера распределения температуры по высоте сечения.

Следует отметить, что существующие Нормы расчета прочности трубопроводов не рассматривают стратификацию в качестве проектной нагрузки, однако при эксплуатации трубопровода эффект стратификации может иметь влияние как на нагрузки на опоры и оборудование, так и на усталостную прочность.

В рамках программы dPIPE реализована следующая процедура для учета стратификации:

аналогично подходу, приведенному в ASME NB-3653.2 для температурного градиента по толщине стенки трубопровода, распределение температуры по высоте сечения трубопровода может быть представлено суперпозицией трех частей:  $T$  – постоянная составляющая,  $V$  –

линейная часть распределения температуры по высоте сечения с нулевой средней величиной и  $\Delta T_3$  – нелинейная часть распределения, также имеющая нулевую среднюю величину.



Разложение стратификационного распределения температуры по высоте сечения на три составляющие.

Для определения вышеуказанных параметров могут быть использованы следующие формулы:

$$T = \frac{2}{\pi(r_o^2 - r_i^2)} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{r_i}^{r_o} r T(r, \theta) dr d\theta$$

$$V = \frac{6}{\pi(r_o^3 - r_i^3)} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{r_i}^{r_o} r^2 T(r, \theta) \sin \theta dr d\theta$$

$$\Delta T_3 = \max\{T(r, \theta) - T - Vr \sin \theta / r_o\}$$

где:

$T(r, \theta)$  – функция распределения температуры по сечению в зависимости от радиуса и угла, °С,

$r_o$  – внешний радиус трубы, мм

$r_i$  – внутренний радиус трубы, мм

$\theta$  – угол, откладываемый от горизонтальной центральной линии сечения

$r$  – координата по радиусу

После определения величин  $V$  и  $\Delta T_3$  (эти параметры описываются идентификаторами STRAT и DT3 соответственно, см. команду [GRAD](#)) программа вычисляет распределенный изгибающий момент  $M_{eq}$ , который дополняет нагрузку от температурных расширений:

$$M_{eq} = \frac{E * I * \alpha * V}{D_0}$$

где:

$E$  – Модуль Юнга (упругости) материала трубы (МПа);

$I$  – момент инерции сечения трубопровода (мм<sup>4</sup>);

$\alpha$  – коэффициент температурного расширения (мм/мм/°С);

$V$  – линейная составляющая температурного распределения, °С;

$D_0$  – внешний диаметр трубопровода, мм.

Для учета нагрузки от стратификации для заданного расчетного случая в параметре [LOAD](#) (команда [SOLV](#)) следует указать идентификатор "BOW" (напр.  $LOAD=P+T+W+BOW$ ). Следует иметь в виду, что распределенным изгибающим моментом  $M_{eq}$  будут нагружаться только участки трубопровода, лежащие в горизонтальной плоскости (параметр [BOW\\_PITCH](#) команды [CTRL](#) устанавливает приемлемое отклонение трубы от горизонтальной плоскости).

- при выполнении оценки усталостной прочности по нормам ASME NB-3600 уравнение 11 (NB-3653.2), расчет местных пиковых напряжений, дополняется членом:  $E\alpha|\Delta T_3|$ , где  $|\Delta T_3|$  - максимальная величина нелинейной составляющей стратификационного распределения температуры, °C.
- в рамках расчетов по нормам ПНАЭ, добавка  $E\alpha|\Delta T_3|$  учитывается при вычислении напряжений категории  $(\sigma_{aF})_K$ . Для этого нужно задать величину этих дополнительных напряжений в явном виде через параметр [STRESS](#).

## 18 Приложение IX

### Учет осевых деформаций от давления

При действии внутреннего давления в тонкостенной трубе с "донышками" возникают следующие составляющие напряженного состояния:

- кольцевые напряжения:

$$\sigma_h = \frac{P \cdot D}{2t}$$

- продольные напряжения:

$$\sigma_z = \frac{P \cdot D}{4t}$$

где:

$P$  – внутреннее давление;  $D$  – средний диаметр трубопровода;  $t$  – толщина стенки.

Как правило, эти компоненты напряжений учитываются напрямую (без вычисления внутренних усилий) в соответствующих формулах различных Норм расчета трубопроводов на прочность в сочетании с постоянными нагрузками (вес+давление). Однако, помимо вышеприведенных напряжений, внутреннее давление вызывает в трубопроводе радиальные и продольные деформации:

$$\varepsilon_h = \frac{\sigma_h}{E} - \frac{\mu \cdot \sigma_z}{E} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot t \cdot E} (1 - 0.5 \mu) \quad \text{и} \quad \varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E} - \frac{\mu \cdot \sigma_h}{E} = \frac{P \cdot D}{4 \cdot t \cdot E} (1 - 2 \mu)$$

где:

$\varepsilon_h$  – кольцевая деформация,  $\varepsilon_z$  – продольная деформация,  $E$  – модуль упругости,  $\mu$  – коэффициент Пуассона.

И, если кольцевыми деформациями, в силу отсутствия их стеснения, можно пренебречь, то учет внутреннего давления, с точки зрения продольных деформаций, в определенных случаях может дать вклад, сопоставимый с температурными расширениями. Для оценки этого эффекта можно воспользоваться формулой пересчета эквивалентной температуры, соответствующей деформации трубопровода от внутреннего давления:

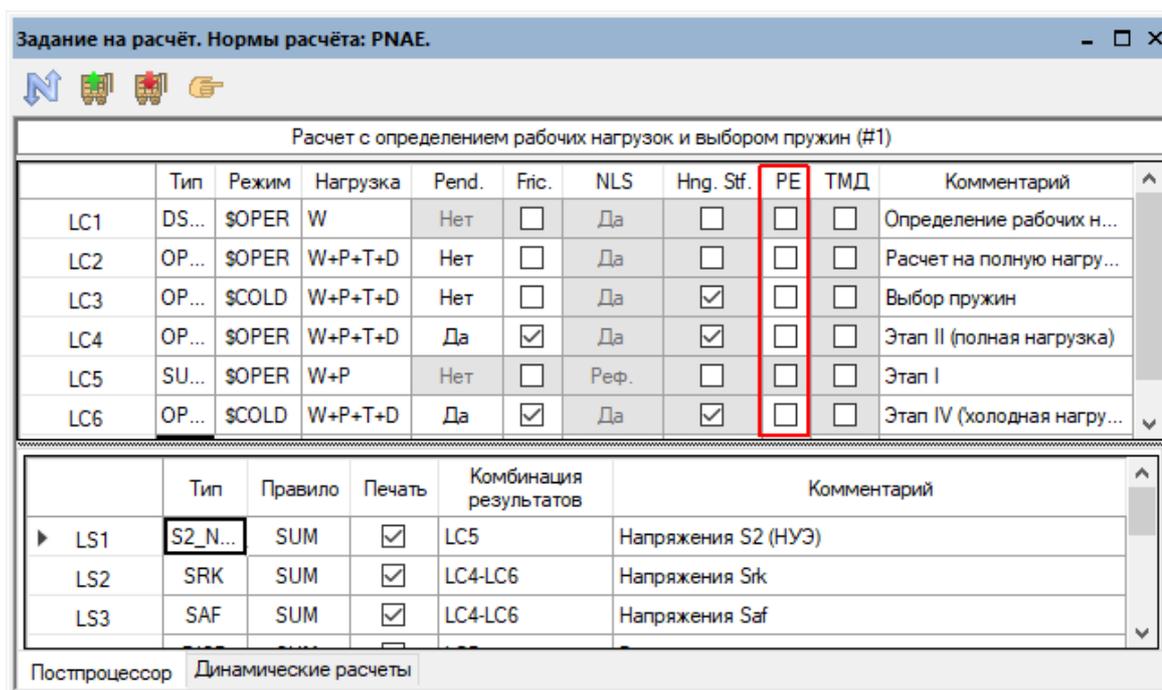
$$\Delta T_{eq} = \frac{P \cdot D}{4 \cdot t \cdot E \cdot \alpha} (1 - 2\mu)$$

где  $\alpha$  - температурный коэффициент линейного расширения.

Для большинства стационарных трубопроводов, работающих при высоких температурах, этот эффект незначителен и  $\Delta T$  составляет величину порядка 5-10 °С, но для протяженных тонкостенных трубопроводов, работающих при невысоких температурах, величина эквивалентной температуры может достигать 40 - 50 °С. При этом в трубопроводе, помимо напряжений, вызванных его растяжением от давления, возникают дополнительные нагрузки на опоры и присоединенное оборудование.

Поскольку нагрузка, вызванная "растяжением" трубопровода под действием внутреннего давления, по своей природе относится к самоуравновешенной (вторичной) нагрузке, то и эффект растяжения трубопровода от внутреннего давления должен учитываться в сочетании с деформационными нагрузками (температурные расширения и смещения опор), а дополнительные напряжения должны оцениваться по соответствующим категориям напряжений.

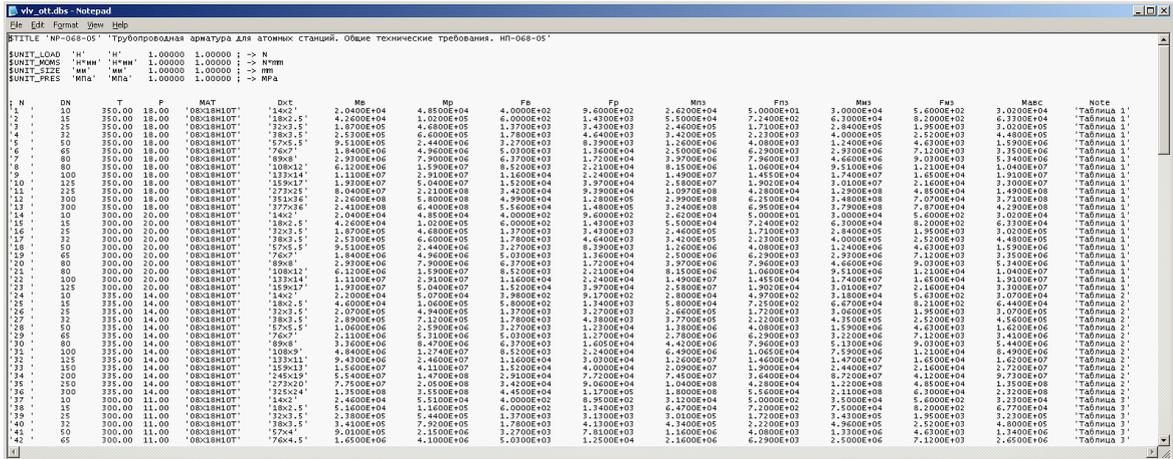
В dPIPE учет осевых деформаций от внутреннего давления реализован введением опции [PE](#) (команда [SOLV](#)). При необходимости для соответствующего расчетного случая этот флажок должен быть выставлен как PE = 'YES':



## 19 Приложение X

### Оценка нагрузок на патрубки арматуры от трубопроводов

Оценка производится в соответствии с документом "Трубопроводная арматура для атомных станций. общие технические требования НП-068-05", [REF 14]. Данные из Приложения 8 этого документа занесены в базу данных, находящуюся в файле "[vlv\\_ott.db5](#)". Файл имеет текстовый формат и следующую структуру:



Первая строка, команда : \$TITLE содержит краткое и полное наименования документа:

*\$TITLE 'NP-068-05' Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования. НП-068-05'*

Команды: \$UNIT\_XXX определяют систему единиц и переводные коэффициенты (из одной системы единиц в другую) для данных, содержащихся в базе:

```
$UNIT_LOAD 'H' 'H' 1.00000 1.00000 ; -> N
$UNIT_MOMS 'H*мм' 'H*мм' 1.00000 1.00000 ; -> N*mm
$UNIT_SIZE 'мм' 'мм' 1.00000 1.00000 ; -> mm
$UNIT_PRES 'МПа' 'МПа' 1.00000 1.00000 ; -> MPa
```

где:

**\$UNIT\_LOAD** - система единиц для сил; **\$UNIT\_MOMS** - система единиц для моментов; **\$UNIT\_SIZE** - система единиц для линейных размеров; **\$UNIT\_PRES** - система единиц для давления

Пустые строки и строки, начинающиеся со знака точка-запятая ";" программой интерпретируются как комментарий.

Сами данные состоят из набора записей (строк), состоящих из 16 значений (колонок):

Обозначение	Номер колонки	Значение	Формат
N	1	идентификатор записи	<a href="#">TEXT</a>
DN	2	условный диаметр	<a href="#">INTEGER</a>
T	3	расчетная температура	<a href="#">REAL</a>
P	4	расчетное давление	<a href="#">REAL</a>
MAT	5	материал	<a href="#">TEXT</a>
Dxt	6	размеры присоединяемых труб	<a href="#">TEXT</a>
Mv	7	момент от массы трубопровода	<a href="#">REAL</a>
Mr	8	размах момента от температурной компенсации трубопровода	<a href="#">REAL</a>
Fv	9	сила от массы трубопровода	<a href="#">REAL</a>
Fr	10	размах силы от температурной компенсации трубопровода	<a href="#">REAL</a>
Mпз	11	момент и сила от совместного воздействия массы трубопровода и ПЗ	<a href="#">REAL</a>
Fпз	12		<a href="#">REAL</a>

Ммз	13	момент и сила от совместного воздействия массы трубопровода и МРЗ	<a href="#">REAL</a>
Гмз	14		<a href="#">REAL</a>
Мавс	15	момент от совместного воздействия массы трубопровода и реактивной силы при разрыве трубопровода	<a href="#">REAL</a>
Note	16	комментарий (ссылка на таблицу из Приложения 8)	<a href="#">TEXT</a>

Привязка того или иного клапана (команды [V](#), [V1](#), [V2](#), [VA](#), [VO](#)) к базе данных осуществляется через соответствующие диалоги с использованием параметра *OTT\_REF*. При нажатии кнопки "Выбрать" возникает диалог:

Метка	Диаметр	T	P	Материал	D x t	Комментарий
1	10	350	18	08X18H10T	14x2	Таблица 1
2	15	350	18	08X18H10T	18x2.5	Таблица 1
3	25	350	18	08X18H10T	32x3.5	Таблица 1
4	32	350	18	08X18H10T	38x3.5	Таблица 1
5	50	350	18	08X18H10T	57x5.5	Таблица 1
6	65	350	18	08X18H10T	76x7	Таблица 1
7	80	350	18	08X18H10T	89x8	Таблица 1
8	80	350	18	08X18H10T	108x12	Таблица 1
9	100	350	18	08X18H10T	133x14	Таблица 1
10	125	350	18	08X18H10T	159x17	Таблица 1

Для выбора нужной записи в этом диалоге можно воспользоваться встроенными фильтрами. Например, для выбора допустимых нагрузок для клапана запорного сифонного с электроприводом Ду 100, Рр=20 МПа, Тр=300 °С из нержавеющей стали, нужно выполнить следующие операции:

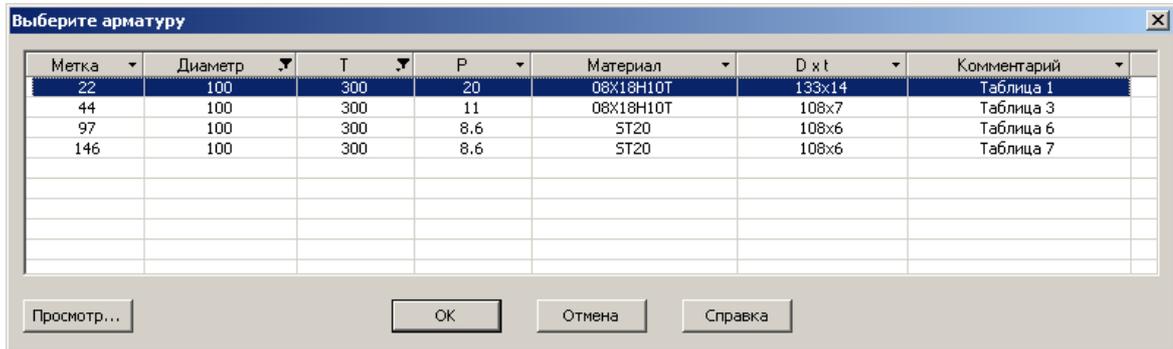
- Щелкнуть на заголовок "Диаметр" и выбрать двойным щелчком условный диаметр 100:

Метка	Диаметр	T	P	Материал	D x t	Комментарий
155	10			ST20	14x2	Таблица 8
140	10			ST20	16x2	Таблица 7
124	10			ST20	16x2	Таблица 7
111	10			ST20	16x2	Таблица 6
92	10			ST20	16x2	Таблица 6
74	10			08X18H10T	14x2	Таблица 5
61	10			08X18H10T	14x2	Таблица 4
49	10			08X18H10T	14x2	Таблица 3
37	10			08X18H10T	14x2	Таблица 3
24	10			08X18H10T	14x2	Таблица 2

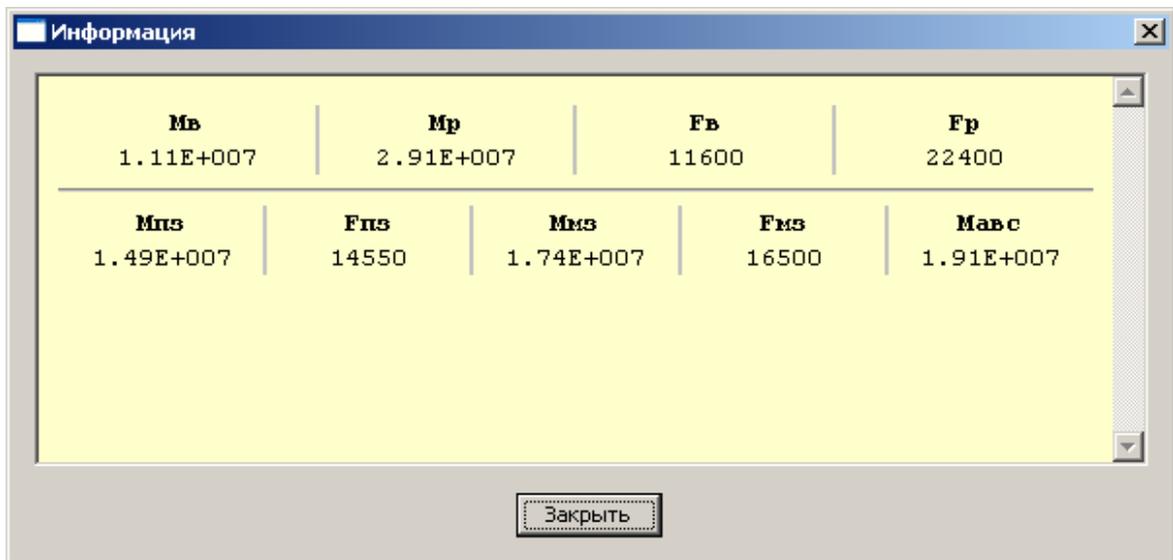
- Щелкнуть на заголовок "Температура" и выбрать двойным щелчком температуру 300:

Метка	Диаметр	T	P	Материал	D x t	Комментарий
9	100	350		X18H10T	133x14	Таблица 1
22	100	300		X18H10T	133x14	Таблица 1
31	100	335		X18H10T	108x9	Таблица 2
44	100	300		X18H10T	108x7	Таблица 3
56	100	290		X18H10T	108x7	Таблица 3
68	100	250		X18H10T	108x5	Таблица 4
81	100	250		X18H10T	108x5	Таблица 5
97	100	300		ST20	108x6	Таблица 6
98	100	250		ST20	108x8	Таблица 6
131	100	275		ST20	108x6	Таблица 7

3. Из оставшихся в таблице данных выбрать необходимую запись и нажать кнопку ОК:



Используя кнопку "Просмотр" возможно предварительно просмотреть величины допускаемых нагрузок:



Кроме этого в диалоге "[Опции/Отчеты/Трубопроводная арматура](#)" следует указать соответствующие номера расчетных случаев и наборов результатов для выполнения оценки нагрузок на патрубки арматуры.

После выполнения расчета в файле с листингом исходных данных *<имя задачи>.out* появятся 2 таблицы с информацией о связях между данными по клапану и ссылкой на запись из базы данных, а также таблица с величинами допускаемых нагрузок:

```
>>> Таблица 10. Оценка нагрузок на патрубки арматуры по NP-068-05
-----
обозначение   узел 1   узел 2   ц.м. корп.   ц.м. прив.   метка   DN   Dxs   Pp   Tr   материал
-----
12JNC40AA001  18560   18570   *0000261    *0000262    22     100  133x14  20.0 300.0 08X18N10T  Таблица 1
11JNC20AA001  1360    1370    *0000263    *0000264    22     100  133x14  20.0 300.0 08X18N10T  Таблица 1
12JNC30AA601  2990    17530   17540      9           100  133x14  18.0 350.0 08X18N10T  Таблица 1

>>> Таблица 10.а Допускаемые нагрузки на патрубки арматуры по NP-068-05
-----
метка   Гв      Мв      Гр      Мр      Гпз     Мпз     Гмз     Ммз     Мавс
-----
22      1.160E+04  1.110E+07  2.240E+04  2.910E+07  1.455E+04  1.490E+07  1.650E+04  1.740E+07  1.910E+07
9       1.160E+04  1.110E+07  2.240E+04  2.910E+07  1.455E+04  1.490E+07  1.650E+04  1.740E+07  1.910E+07
78      2.570E+03  7.270E+05  5.680E+03  1.610E+06  3.140E+03  9.070E+05  3.590E+03  1.030E+06  8.890E+05
```

Результаты расчета записываются в файл со сводными таблицами <имя задачи>.sur в форме таблицы, содержащей отношения расчетных величин к допускаемым:

>>> Оценка нагрузок на патрубки арматуры по NP-068-05 (отношение расчетных к допускаемым)

обозн.	Fв	Mв	Fр	Mр	Fпз	Mпз	Fмрз	Mмрз	Mавс	Ак_г	Ак_в	Ап_г
12JNG30AA901	0.041	0.116	1.596 †	0.554	-	-	-	-	-	-	-	-
11JNG20AA902	0.110	0.107	0.291	0.631	-	-	-	-	-	-	-	-
11JNG20AA901	0.188	0.156	0.025	0.894	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечания:

Fв, Mв - сила и момент от массы трубопровода  
 Fр, Mр - размахи силы и момента от температурной компенсации трубопровода  
 Fпз, Mпз - сила и момент от совместного воздействия массы трубопровода и ПЗ  
 Fмрз, Mмрз - сила и момент от совместного воздействия массы трубопровода и МРЗ  
 Mавс - момент от совместного воздействия массы трубопровода и реактивной силы при разрыве трубопровода  
 Ак\_г, Ак\_в, Ап\_г - ускорения корпуса и привода арматуры в долях g (г - горизонтальные, в - вертикальные)

При наличии в расчете сейсмической нагрузки на печать дополнительно выводятся горизонтальное и вертикальное ускорение центра масс корпуса арматуры и горизонтальное ускорение центра масс привода арматуры, которые сравниваются с величинами 3g в горизонтальном направлении и 2g в вертикальном направлении для корпуса арматуры и 8g в горизонтальном направлении для центра масс привода арматуры.

## 20 Приложение XI

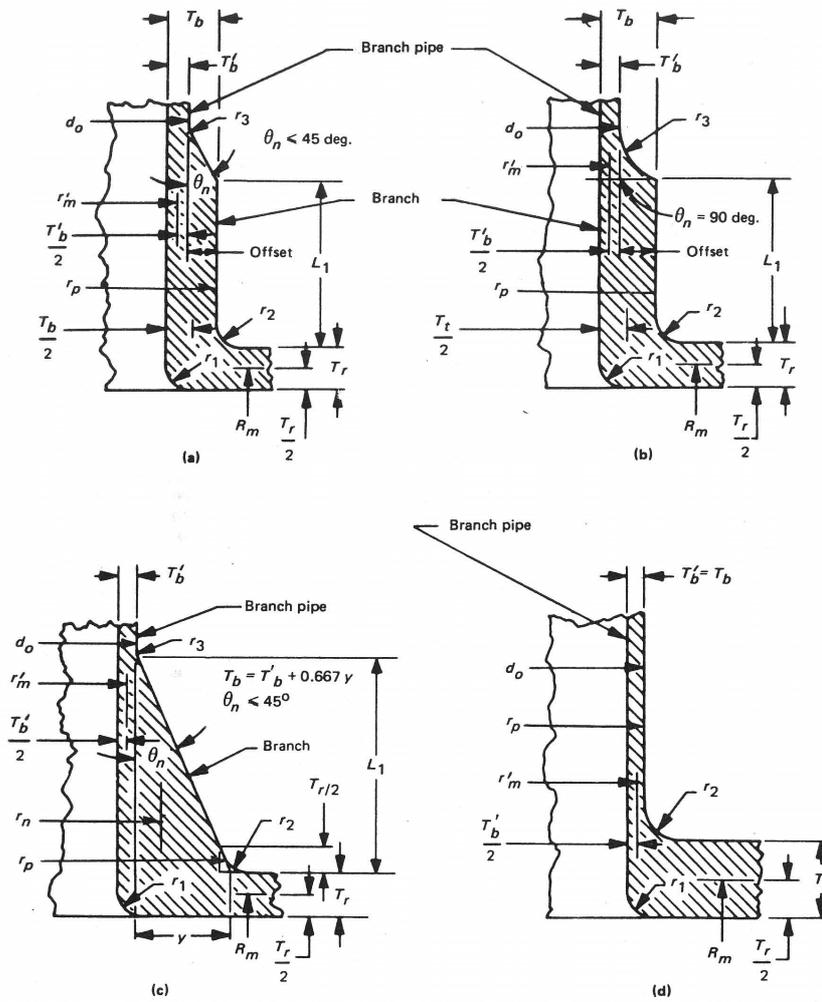
### Нормы ASME BPVC. Разделы NB/NC-3600. Коэффициенты интенсификации напряжений

#### NC\_3600

Чертежи штуцерных соединений и номенклатура обозначений в соответствии с NC-3600, 1992 г. (CODE = 'ASME\_NC', CODE\_YEAR = '1992', команда TRN, TYPE = 'BRC')

NC-3000 — DESIGN

Fig. NC-3673.2(b)-2



$d_o$  = outside diameter of branch pipe, in.  
 $r_m$  = mean radius of branch pipe in.  
 $T_b$  = nominal thickness of branch pipes, in.  
 $R_m$  = mean radius of run pipe, in.  
 $T_r$  = nominal thickness of run pipe, in.

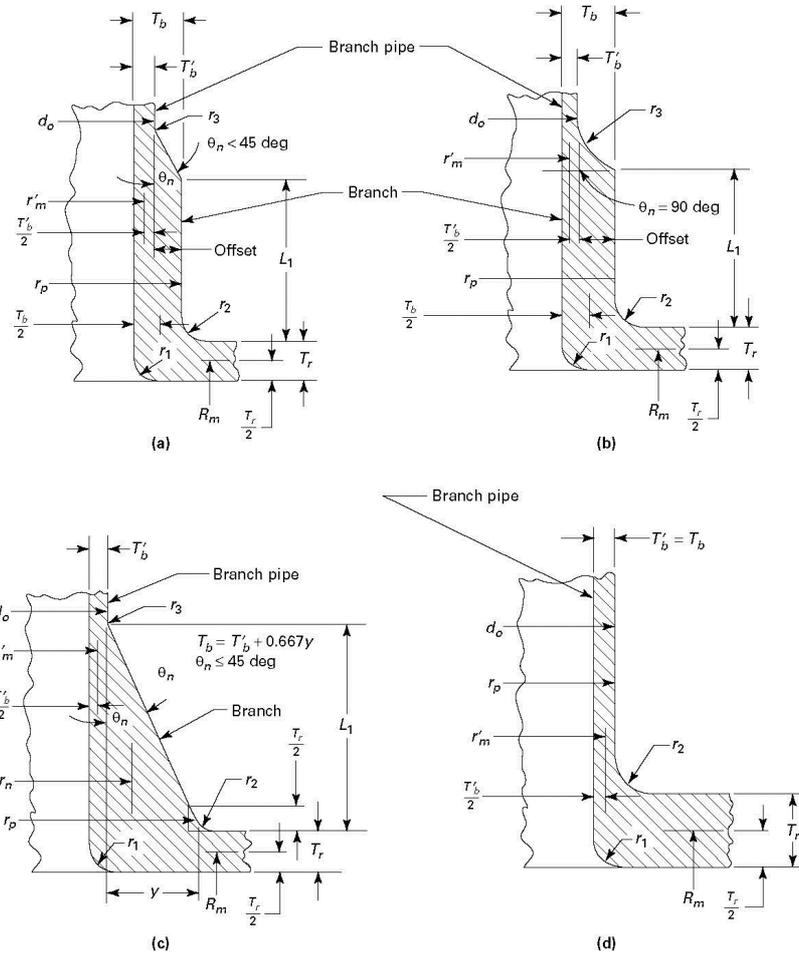
GENERAL NOTES:  
 (1)  $T_b$ ,  $\theta$ ,  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_p$ , and  $y$  are defined in this figure.  
 (2) If  $L_1$  equals or exceeds  $0.5 \sqrt{r_1 T_b}$  then  $r'_m$  can be taken as the radius to the center of  $T_b$ .

FIG. NC-3673.2(b)-2 BRANCH DIMENSIONS

Чертежи штуцерных соединений и номенклатура обозначений в соответствии с NC-3600, 2010 г. (CODE = 'ASME\_NC', CODE\_YEAR = '2010', команда TRN, TYPE = 'BRC')

2010 SECTION III, DIVISION 1 — NC

FIG. NC-3673.2(b)-2 BRANCH CONNECTION NOMENCLATURE



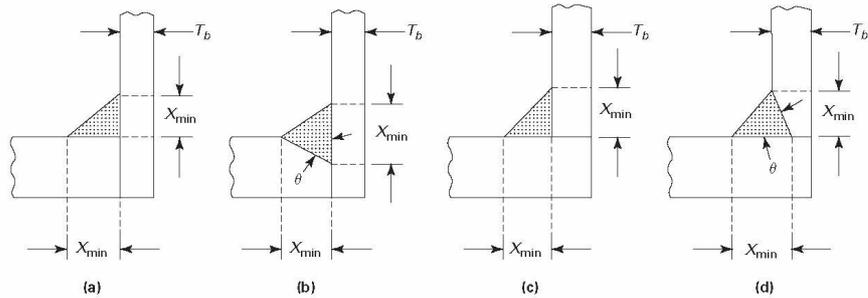
$d_o$  = outside diameter of branch pipe, in. (mm)  
 $r'_m$  = mean radius of branch pipe, in. (mm)  
 $T'_b$  = nominal thickness of branch pipes, in. (mm)  
 $R_m$  = mean radius of run pipe, in. (mm)  
 $T_r$  = nominal thickness of run pipe, in. (mm)

GENERAL NOTES:

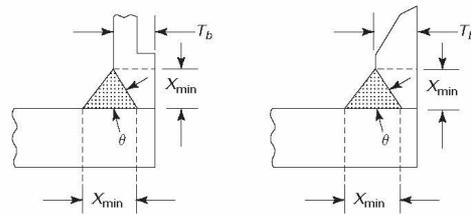
(a)  $T_b$ ,  $\theta$ ,  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_p$ , and  $y$  are defined in this figure.

Чертежи сварных штуцерных соединений и номенклатура обозначений в соответствии с NC-3600, 2010 г. (CODE = 'ASME\_NC', CODE\_YEAR = '2010', команда TRN, TYPE = 'WLD\_BRC')

2010 SECTION III, DIVISION 1 — NC

FIG. NC-3643.2(b)-2 TYPICAL RIGHT ANGLE BRANCH CONNECTIONS  
MADE USING A FILLET WELD OR A PARTIAL PENETRATION WELD

$T_b$  = nominal branch pipe wall thickness  
 $X_{min} = 1\frac{1}{4} T_b$   
 $\theta$  = partial penetration weld groove angle  $\geq 45$  deg



(e) ASME B16.11 Coupling

(f) Welded Outlet Fitting

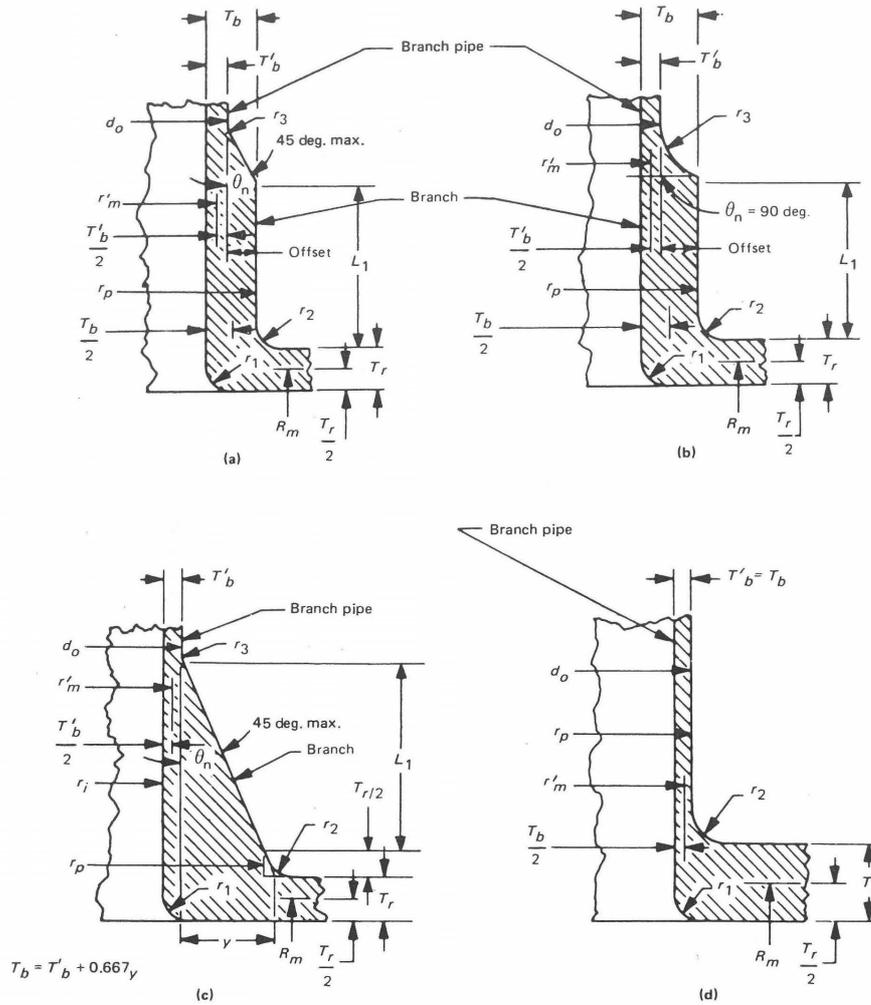
$T_b$  = fitting wall thickness in the reinforcement zone  
 (when the fitting is tapered in the reinforcement zone, use average wall thickness)  
 $X_{min} = 1\frac{1}{4} T_b$   
 $\theta$  = partial penetration weld groove angle  $\geq 45$  deg

**NB\_3600**

Чертежи штуцерных соединений и номенклатура обозначений в соответствии с NB-3600, 1992 г. (CODE = 'ASME\_NB', CODE\_YEAR = '1992', команда TRN, TYPE = 'BRC')

NB-3000 — DESIGN

Fig. NB-3643.3(a)-1



GENERAL NOTE:

If  $L_1$  equals or exceeds  $0.5 \sqrt{r_i T_b}$ , then  $r'_m$  can be taken as the radius to the center of  $T_b$ .

FIG. NB-3643.3(a)-1 BRANCH CONNECTION NOMENCLATURE

Чертежи штуцерных соединений и номенклатура обозначений в соответствии с NB-3600, 2010 г. (CODE = 'ASME\_NB', CODE\_YEAR = '2010', команда TRN, TYPE = 'BRC')

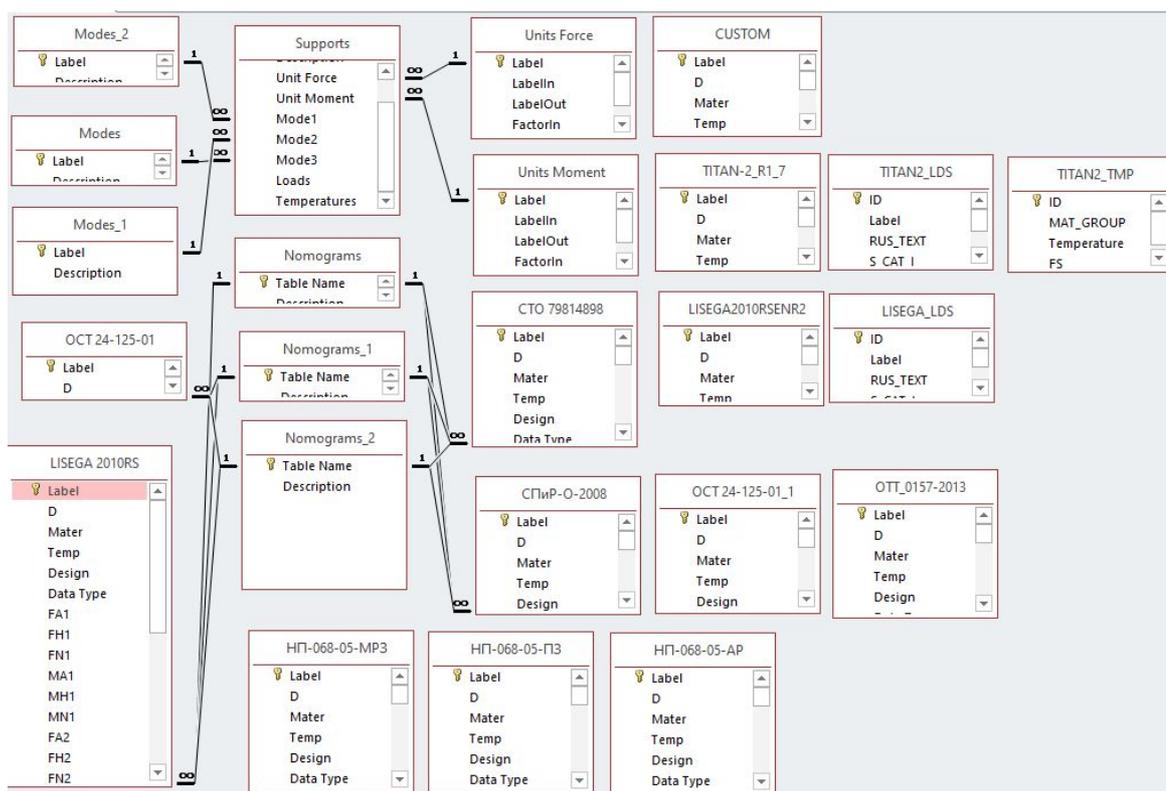


## 21 Приложение XII

### Структура базы данных с допускаемыми нагрузками на опоры

После установки программы файл с базой данных в формате MS Access, содержащей допускаемые нагрузки на опоры трубопровода, находится в папке: ...\\dPIPE 5.XX\DB\sup\_ids.mdb. Сама программа MS Access для работы ПК не требуется, однако она может понадобиться, если Пользователь самостоятельно решит редактировать базу данных.

**Общая структура базы данных:**



**Описание основных таблиц БД:**

➤ Таблица «**Supports**» с перечнем стандартов, присутствующих в БД:

Table Name	Description	Unit Force	Unit Moment	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Loads	Temperatures
CUSTOM	Пользовательская таблица	Newton	Newton*m	NOС	HT	NOС+OBE		
LISEGA 2010RS	LISEGA Standard Supports 2010 RS. Document No. 900081-4	Kilowton	Newton*m	НУЭ	НУЭ+МРЗ	НУЭ+ПЗ		
LISEGA2010 RSENR2	Standard Supports 2010 RS EN, Document No.: 902205, Rev. 2	Kilowton	Newton*m	N/A	N/A	N/A	LISEGA_LDS	

ОТТ_0157-2013	Опорные конструкции элементов АС с ВВЭР, ОТТ 1.5.2.01.999.0157-2013	Kilone wton	Knewton*m	ОТТ_1.0	ОТТ_1.4	ОТТ_1.5		
TITAN-2_R1_7	Каталог стандартных элементов опорных конструкций для трубопроводов сортамента, соответствующего ISO 4200:1991	Kilone wton	Newton*m	N/A	N/A	N/A	TITAN2_L DS	TITAN2_T MP
TITAN-2_R2_SPB_0	Стандартные элементы опорных конструкций для тр-дов сортамента, соотв. ISO 4200:1991, OCT, CTO, M 1001.8282.500.00, R1.7_1.4	Kilone wton	Newton*m	N/A	N/A	N/A	TITAN2_L DS_R2	TITAN2_T MP_R2
НП-068-05-AP	Трубопроводная арматура для атомных станций. ОТТ	Newton	Newton*mm	Вес	Температура	Вес+AP		
НП-068-05-MP3	Трубопроводная арматура для атомных станций. ОТТ	Newton	Newton*mm	Вес	Температура	Вес+MP3		
НП-068-05-ПЗ	Трубопроводная арматура для атомных станций. ОТТ	Newton	Newton*mm	Вес	Температура	Вес+ПЗ		
ОСТ 24-125-01	Допускаемые нагрузки на опоры трубопроводов высокого давления по ОСТ 24.125-01	Newton	Newton*mm	НУЭ	НУЭ+MP3	НУЭ+ПЗ		
СПиР-О-2008	Допускаемые нагрузки для стандартных опорных конструкций (Приложение О-2)	Kilone wton	KNewton*m	НУЭ	НУЭ+MP3	НУЭ+ПЗ		
СТО 79814898	Опоры стационарных трубопроводов атомных станций на давление до 4,0 МПа	Newton	Newton*mm	НУЭ	НУЭ+MP3	НУЭ+ПЗ		

Поля:

Имя поля	Тип данных	длина поля	Описание
----------	------------	------------	----------

Table Name	Short Text	16	Имя таблицы опор
Description	Short Text	128	Описание таблицы
Unit Force	Short Text	16	Метка на размерность усилий из таблицы "Units Force"
Unit Moment	Short Text	16	Метка на размерность моментов из таблицы "Units Moment"
Model	Short Text	16	Описание режима для Mode1
Mode2	Short Text	16	Описание режима для Mode2
Mode3	Short Text	16	Описание режима для Mode3
Loads	Short Text	255	Имя таблицы для поправочных коэффициентов по нагрузкам в зависимости от условий эксплуатации и <a href="#">сейсмической категорией</a> участка трубопровода
Temperatures	Short Text	255	Имя таблицы для поправочных коэффициентов по нагрузкам в зависимости от типа материала и температуры

- Таблица **«Modes»** с описанием расчетных режимов, на которые ссылаются поля Mode1, Mode2 и Mode3 таблицы [SUPPORTS](#):

Метка	Описание
HT	Hydraulic Test
N/A	неприменимо
NOC	Normal Operation Conditions
NOC+OBE	NOC+OBE
NOC+SSE	NOC+SSE
OTT_1.0	AF = 1.0
OTT_1.4	AF = 1.4
OTT_1.5	AF = 1.5
Вес	Момент и сила от массы трубопровода;
Вес+AP	Вес + усилия при разрыве трубопровода
Вес+MP3	Совместное воздействие массы трубопровода и MP3
Вес+ПЗ	Совместное воздействие массы трубопровода и ПЗ
ГИ	Режим гидроиспытаний
НУЭ	НУЭ, режим нормальной эксплуатации
НУЭ+MP3	НУЭ + MP3 (только для тр-дов I категории сейсмостойкости)
НУЭ+ПЗ	НУЭ + ПЗ (только для тр-дов II категории сейсмостойкости)
Температура	Усилия от температурной компенсации трубопровода

Поля:

Имя	Тип	длина поля	Описание
Label	TEXT	16	Сокращенное наименование режима (для отображения в распечатках)

Description	TEXT	64	Описание режима (для отображения в распечатках)
-------------	------	----	---

- Таблица со ссылками на номограммы, использующиеся для определения допускаемых нагрузок, «**Nomograms**»:

Supports		Nomograms	
	Table Name	Description	
+	Table 001	D = 273, НУЭ, Рис. 5.24	
+	Table 002	D = 325, НУЭ, Рис. 5.25	
+	Table 003	D = 377, НУЭ, Рис. 5.26	
+	Table 004	D = 426, НУЭ, Рис. 5.27	
+	Table 005	D = 465, НУЭ, Рис. 5.28	
+	Table 006	D = 530, НУЭ, Рис. 5.29	

Поля:

Имя	Тип	длина поля	Описание
Table Name	TEXT	16	Имя таблицы
Description	TEXT	64	Описание зависимости, комментарий

- Таблицы, содержащие оцифровки номограмм (**Table 001, Table 002 ... Table 069**):

Table 001				
	_ID	FH	FV	A
	1	0	978.7	
	2	7142.8	5016.2	
	3	10212	6716.2	

Поля:

Table 001		Table 006	
Field Name	Data Type	Description	
_ID	AutoNumber	порядковый номер	
FH	Number	горизонтальная сила	
FV	Number	вертикальная сила	

- Таблица с единицами измерений для сил, «**Units Force**»:

Units Force					
	Label	LabelIn	LabelOut	FactorIn	FactorOut
+	Kilonewton	kN	N	1000	1
+	Newton	N	N	1	1

- Таблица с единицами измерений для моментов, «**Units Moments**»:

Units Moment					
	Label	LabelIn	LabelOut	FactorIn	FactorOut
+	Newton*m	N*m	N*mm	1000	1
+	Newton*mm	N*mm	N*mm	1	1

➤ Поля:

Имя	Тип	длина поля	Описание
Label	TEXT	16	Наименование единиц
LabelIn	TEXT	8	сокращенное обозначение вводимых единиц
LabelOut	TEXT	8	сокращенное обозначение единиц при выводе результатов
FactorIn	Number	-	коэффициент конвертации между вводимыми единицами и ньютоном
FactorOut	Number	-	коэффициент конвертации между ньютоном и выводимыми единицами

➤ Таблицы с величинами допускаемых нагрузок на опоры.

В каждой таблице возможно ввести до трех наборов допускаемых нагрузок, соответствующих режимам Mode1, Mode2, Mode3. Если в таблице «[Supports](#)» имеются ссылки на корректирующие коэффициенты (таблицы [LOADS](#) и [TEMPERATURES](#)), то номинальные нагрузки вводятся в полях для MOD1

СТО 79814898											
Temp	Design	Data Type	FA1	FH1	FN1	MA1	MH1	MN1	FA2	FH2	
200	1		0	0	0	9800	0	0	0	0	0
200	19		0	0	0	150100	0	0	0	0	0
200	92		0	0	12500	44500	0	0	0	0	17500
200	94		0	0	13000	46500	0	0	0	0	18000
200	96		0	0	20500	54500	0	0	0	0	28000
200	98		0	0	24000	61500	0	0	0	0	33000
200	100		0	0	27000	68000	0	0	0	0	37500
200	102		0	0	29000	71500	0	0	0	0	40500
200	104		0	0	46500	123000	0	0	0	0	64000
200	106		0	0	66000	126500	0	0	0	0	90000
200	108		0	0	72500	126500	0	0	0	0	100000
200	1		0	0	0	3000	0	0	0	0	0
200	21		0	0	0	157200	0	0	0	0	0
200	3		0	0	0	5500	0	0	0	0	0
200	5		0	0	0	7000	0	0	0	0	0
200	7		0	0	0	11500	0	0	0	0	0

➤ Поля:

Имя	Тип	длина поля	Описание
Label	Text	8	метка текущей записи (для ссылки в параметре <a href="#">DBS_REF</a> )
D	Text	8	Условный диаметр трубопровода, используется как вспомогательная информация
Mater	Text	16	Тип материала трубопровода (CS - углеродистая сталь, AUS - аустенитная, SS - нержавеющая), используется как вспомогательная информация, см. <a href="#">Примечание (4)</a>

Temp	Text	8	температура, С, используется как вспомогательная информация
Design	Text	16	обозначение опоры в соответствующем каталоге, используется как вспомогательная информация и появляется в распечатках
Data Type	Number	-	тип данных: целое число от 0 до 10, см. <a href="#">Примечание (1)</a>
FA1	Number	-	Набор допускаемых нагрузок для первого расчетного режима, указанного в параметрах <a href="#">MODE</a> и <a href="#">LOAD</a> команды <a href="#">SUP_LOADS</a> , см. <a href="#">Примечание (2)</a>
FH1	Number		
FN1	Number		
MA1	Number		
MH1	Number		
MN1	Number		
FA2	Number	-	Набор допускаемых нагрузок для второго расчетного режима, указанного в параметрах <a href="#">MODE</a> и <a href="#">LOAD</a> команды <a href="#">SUP_LOADS</a> , см. <a href="#">Примечание (2)</a>
FH2	Number		
FN2	Number		
MA2	Number		
MH2	Number		
MN2	Number		
FA3	Number	-	Набор допускаемых нагрузок для первого третьего режима, указанного в параметрах <a href="#">MODE</a> и <a href="#">LOAD</a> команды <a href="#">SUP_LOADS</a> , см. <a href="#">Примечание (2)</a>
FH3	Number		
FN3	Number		
MA3	Number		
MH3	Number		
MN3	Number		
Nomogram1	Text	16	Используется если DataType = 2: имя таблицы с оцифровкой номограммы для первого расчетного режима
Nomogram2	Text	16	Используется если DataType = 2: имя таблицы с оцифровкой номограммы для второго расчетного режима
Nomogram3	Text	16	Используется если DataType = 2: имя таблицы с оцифровкой номограммы для третьего расчетного режима

Sup Type	Text	8	тип опоры (ANC, NZL, SUP, STG и т.д.), используется как вспомогательная информация
Note	Text	255	комментарий, используется как вспомогательная информация

Примечание:

- 1) Тип данных - целое число, которое специфицирует обработку допускаемых нагрузок:
  - 0 - покомпонентное сравнение расчетных и допускаемых значений;
  - 1 - вертикальная компонента при реакции со знаком "+" составляет 50% от допускаемой величины;
  - 2 - допускаемая боковая нагрузка является функцией от вертикальной компоненты:  $F_H = f(F_V)$ . Зависимости задаются в виде номограмм. Номер номограммы заносится в поля для усилий с отрицательным знаком. Сами номограммы описываются в таблице «Nomograms»;
  - 3 - вертикальная компонента при реакции со знаком "+" определяется значением в колонке MN;
  - 4 - несущая способность опоры определяется по интеракционной формуле:  $|f_a/FA| + |f_h/FH| + |f_n/FN| < 1$ ;
  - 5 - сравнение расчетных и допускаемых нагрузок в соответствии с ОТТ НП-068-05, [\[REF 14\]](#): сравниваются осевые силы и общая магнитуда момента (ККСКкорень квадратный из суммы квадратов соответствующих компонент). Допускаемые моменты считываются из БД из полей для MA1, MA2, MA3). Применимо только для анкерных ([ANC](#)) и 6-компонентных опор ([SUP](#)).
  - 6 - используется только для анкерных ([ANC](#)) и 6-компонентных опор ([SUP](#)). С допускаемыми величинами сравниваются: осевая сила, крутящий момент, а также суммарная сдвиговая сила и изгибающий момент, полученные как ККСКкорень квадратный из суммы квадратов из соответствующих расчетных компонент. Запись набора допускаемых нагрузок выглядит следующим образом:  $F_A F_S 0. M_T M_B 0.$ , где  $F_A$  и  $F_S$  - допускаемые нагрузки на растяжение-сжатие и сдвиг,  $M_T$  и  $M_B$  - допускаемые моменты на кручение и изгиб.
  - 7 - интеракционный метод для всех компонент:  $SUM(|f/(F)|) < 1$ . Для опор с различными допускаемыми величинами для вертикальных компонент: вертикальная компонента при реакции со знаком "+" определяется значением в колонке FA2
  - 8 - покомпонентное сравнение нагрузок для неподвижных опор с различными допускаемыми величинами для вертикальных компонент: вертикальная компонента при реакции со знаком "+" определяется значением в колонке FN2;
  - 9 - допускаемая номинальная нагрузка заносится в поле FN1 и сравнивается с ККСК вертикальной и боковой компонент расчетных нагрузок. Осевая нагрузка ограничивается величиной  $0.3 \cdot FN1$
  - 10 - допускаемая номинальная нагрузка заносится в поле FN1 и сравнивается с ККСК от трех компонент расчетных нагрузок.

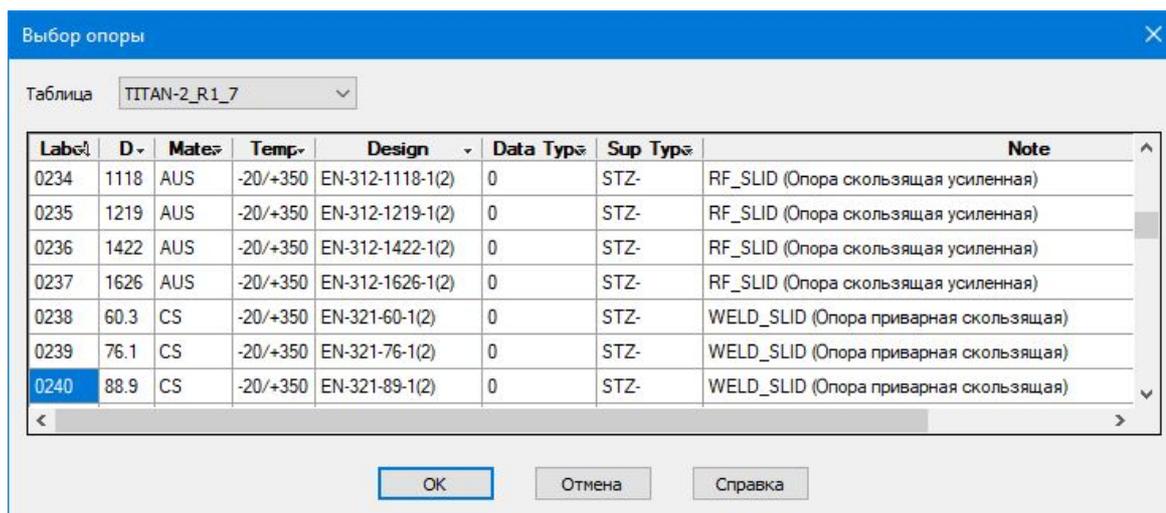
Имя Таблицы	Data Type										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LISEGA 2010RS	X	X		X	X						
LISEGA2010RSENR2	X			X	X					X	X
ОТТ 0157-2013								X			
TITAN-2_R1_7	X			X					X		

TITAN-2_R2_SPB_0	X			X					X		X
НП-068-05-АР						X					
НП-068-05-МРЗ						X					
НП-068-05-ПЗ						X					
ОСТ 24-125-01	X		X								
СПиР-О-2008	X										
СТО 79814898	X	X									
CUSTOM	Определяется Пользователем										

- 2) Система координат для величин допускаемых нагрузок определяется в зависимости от метки текущей записи: если в имени метки присутствует цепочка символов '\$GCS' (регистр не имеет значения), то предполагается, что нагрузки заданы в глобальной системе координат. В противном случае – в локальной системе:

Label	D	Mater	Temp	Design	Data Type	FA1	FH1	FN1
01	2360	CS	100	V200 Anc	0	449000	67350	67350
02	2360	CS	100	V200_SLD	0	471400	70710	70710
03	982	CS	100	V200_NZLA	0	43000	57600	57600
03_Sgcs	982	CS	100	V200_NZLA	0	57600	57600	43000
04	720	CS	100	V200_NZLB	0	28800	38400	38400
05	720	CS	100	F201A_NZL_A	0	44800	33600	44800
06	720	CS	100	F201A Anc	0	682200	53580	53580
07	720	CS	100	F203A_NZL_B	0	6400	4800	6400
08	1910	CS	100	F203A Anc	0	366400	52450	52450
09	159	CS	300	E_200_NZL	0	10060	8000	10060
10	1400	CS	100	V_201_NZL	0	27300	33400	33400
11	720	CS	100	F201A_NZL_B	0	33600	44800	44800
12	3680	CS	100	C200_NZL	0	10910	13360	13360
13	3680	CS	100	C200_SUP	0	2463000	158179.8	158179.8

- 3) При нажатии на кнопку "просмотр" диалога для выбора нагрузок демонстрируется следующее окно:



поля которого соответствуют вышеописанным значениям. Используя встроенные фильтры, можно быстро найти необходимую ссылку.

4) Если в имени материала встречается комбинация символов "\$T", то для этой записи коррекция нагрузок на коэффициенты из [таблицы с температурами](#) не производится

- Таблицы "**LOADS**" с поправочными коэффициентами для различного сочетания нагрузок в зависимости от [сейсмической категории](#) участка трубопровода, на котором установлена опора (поле LOADS таблицы [SUPPORTS](#))

ID	Label	RUS_TEXT	S_CAT_I	S_CAT_II	S_CAT_III
1	НОС	НУЭ	1	1	1
2	АОО	ННУЭ	1.2	1.2	1.2
4	НОС+ОВЕ	НУЭ+ПЗ	1.2	1.5	0
5	АОО+ОВЕ	ННУЭ+ПЗ	1.2	1.5	0
6	ДВА	УПА	1.4	1.4	1.4
7	НОС+SSE	НУЭ+МРЗ	1.4	0	0
8	АОО+SSE	ННУЭ+МРЗ	1.4	0	0
9	ДВА+ОВЕ	УПА+ПЗ	1.5	0	0

Примечание: величина "0" означает, что указанная комбинация нагрузок не используется

Поля:

Имя	Тип	Длина поля	Описание
Label	Short Text	255	Метка
RUS_TEXT	Short Text	255	Отображение для Пользователя в графическом интерфейсе
S_CAT_I	Number	-	Сейсмическая категория I
S_CAT_II	Number		Сейсмическая категория II
S_CAT_III	Number		Сейсмическая категория III

- Таблицы **Temperature** с поправочными коэффициентами для рабочих температур (поле TEMPERATURES таблицы [SUPPORTS](#))

ID	MAT_GROUP	Temperature, °C	FS
1	1	50	1
2	1	150	1
3	1	250	0.8
4	2	350	0.7

## 22 Приложение XIII

### Рекомендуемые методические указания по расчету неравнопроходных тройниковых соединений по п. 5.2 РД 10-249-98.

Определение напряжений на этапе I полного расчета (п. 5.2.6.2.5):

$$\sigma_{\text{эф}} = 0.5\sigma_{\text{пр}} + \max(\Omega; 1.0) \frac{k_{\text{п}} \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}}{W}$$

Определение напряжений на этапе II полного расчета (п. 5.2.6.3.4):

$$\sigma_{\text{эф}} = \sigma_{\text{пр}} + \max(0.6\gamma_m; 1.0) \frac{k_{\text{п}} \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}}{W}$$

Определение напряжений на этапе III полного расчета (п.5.2.6.4.4):

$$\sigma_{\text{эф}} = 2\sigma_{\text{пр}} + \max(\gamma_m; 3.0) \frac{k_{\text{п}} \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}}{W}$$

Определение напряжений на этапе IV полного расчета (п. 5.2.6.5.4):

$$\sigma_{\text{эф}} = \max(0.6\gamma_m; 1.0) \frac{k_{\text{п}} \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}}{W}$$

Расчет по формулам выполняется для трех трубопроводных участков, сходящихся в данном тройниковом узле (сечения 1-1, 2-2 и 3-3 на рис. 5.12 п.5.2 РД 10-249-98).

Приведенное напряжение от внутреннего давления вычисляется по геометрическим размерам соответствующего расчетного сечения по формуле (3) п. 5.2.6.2.2 РД 10-249-98.

Значения изгибающих моментов  $M_X$ ,  $M_Y$ ,  $M_Z$  в расчетных сечениях принимаются в соответствии с рис. 5.14 п. 5.2 РД 10-249-98, [REF 2].

Коэффициент перегрузки  $k_n$  принимается согласно п. 5.2.6.2.4 РД 10-249-98.

Момент сопротивления  $W$  для сечений 1-1 и 2-2 вычисляется по геометрическим размерам корпуса тройника, а для сечения 3-3 по геометрическим размерам штуцера (присоединенной трубы для штампованных тройников и тройников с вытянутой горловиной).

Коэффициенты  $\Omega$  и  $\gamma_m$  определяются в зависимости от расчетного сечения и типа тройникового узла по формулам:

Тип тройникового узла (см. подкоманду <a href="#">TEE</a> )	Штуцер (сеч. 3-3)	Корпус (сеч. 1-1 и 2-2)
Штуцерные соединения ( <a href="#">BRC</a> ), тройники сварные ( <a href="#">UFT</a> ), тройники сварные с накладкой ( <a href="#">RFT</a> ).	$\Omega = 0.8 \left(\frac{R}{T}\right)^{0.67} \left(\min\left(\frac{r}{R}; 0.1\right)\right)^{0.5}$	$\Omega = 0.9 \left(\frac{r}{t}\right)^{0.3}$
	$\gamma_m = A \left(\frac{R}{T}\right)^{0.67} \left(\frac{r}{R}\right)^{0.5}$ $A = \begin{cases} 3.0 & \text{при } (r/R) \leq 0.1 \\ 1.8 & \text{при } (r/R) = 1 \end{cases}$	$\gamma_m = A \left(\frac{R}{T}\right)^{0.67} \left(\frac{r}{R}\right)^{0.5}$
Тройники с вытянутой горловиной ( <a href="#">EXT</a> ), тройники штампованные ( <a href="#">WLT</a> ) где $r_c > 0.1r$	$\Omega = 0.8 \left(\frac{R}{T}\right)^{0.67} \left(\min\left(\frac{r}{R}; 0.1\right)\right)^{0.5}$	$\Omega = 0.9 \left(\frac{r}{t}\right)^{0.3}$
	$\gamma_m = A \left(\frac{R}{\left(1 + \frac{r_c}{R}\right)T}\right)^{0.67} \left(\frac{r}{R}\right)^{0.5}$ $A = \begin{cases} 2.0 & \text{при } (r/R) \leq 0.1 \\ 1.8 & \text{при } (r/R) = 1 \end{cases}$	$\gamma_m = 1.6 \left(\frac{R}{\left(1 + \frac{r_c}{R}\right)t}\right)^{0.3}$

Примечания:

1) Условные обозначения:

$R$  - средний радиус корпуса тройника;

$T$  - толщина стенки корпуса тройника;

$r$  - средний радиус штуцера (присоединенной трубы для штампованных тройников и тройников с вытянутой горловиной);

$t$  - толщина стенки штуцера (присоединенной трубы для штампованных тройников и тройников с вытянутой горловиной);

$r_c$  - внешний радиус закругления горловины (в параметрах стандартных тройников обозначается как [RX](#)).

- 2) Значение  $A$  при  $0,9 < (r/R) < 1,0$  определяется линейной интерполяцией.

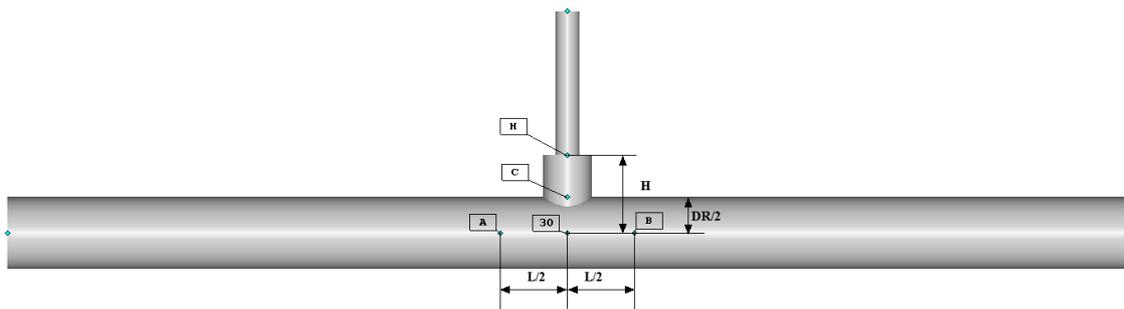
$$\tau = \begin{cases} 0,4 & \text{при } (t/T) < 1 \\ 1,0 & \text{при } (t/T) \geq 1 \end{cases}$$

- 3)
- 4) Для сварных тройников с накладкой вместо толщины стенки корпуса тройника  $T$  допускается использовать эффективную толщину  $T_c = T + 0,5t_r$  где  $t_r$  - толщина накладки ( $t_r \leq 1,5T$ ).

## 23 Приложение XIV

### Моделирование "стандартных" тройниковых/штуцерных соединений.

В рамках моделирования тройниковых/штуцерных соединений в dPIPE реализована возможность учета их локальной податливости. Расчет проводится в зависимости от глобального параметра [TEE\\_FLEX](#) для «стандартных» тройников (см. команду [TEE](#)). При задании соответствующих данных программа автоматически строит дополнительные элементы в месте сопряжения труб корпуса и штуцера по следующим правилам:



- Создается невесомый «жесткий» элемент «30 – С» длиной в полдиаметра корпуса;
- Локальная податливость тройникового соединения (если она задана) учитывается в точке пересечения трубы штуцера и наружной поверхности трубы корпуса (точка С);
- Если определена длина корпуса  $L$ , то создаются два элемента «30- А» и «30- В» с сечением  $OD = DR$ ,  $t = TR$ . Если вес тройника  $W$  не задан, то наследуется погонный вес примыкающей к корпусу трубы ( $W_{RP}$ ). Если вес тройника  $W$  определен, то погонный вес сечения пересчитывается:  $W/L$ . Погонный вес изоляции пересчитывается по формуле:  $IWGT = IWGT_{RP} * (DR/OD_{gr})$ , где  $IWGT_{RP}$  и  $OD_{gr}$  – погонный вес изоляции и внешний диаметр примыкающей к корпусу трубы. Материал сечения принимается по материалу для тройника:  $mat = MAT$
- Если определена высота штуцера  $H$ , то создается элемент «С- Н»:  $OD = DB$ ,  $t = TB$ ,  $mat = MAT$ . Если вес тройника  $W$  не задан, то наследуется погонный вес примыкающей к штуцеру трубы ( $W_{RP}$ ). Если определена длина корпуса  $L$ , то элемент «С-Н» – невесомый:  $w = 0$ , если длина корпуса

не определена, то  $w = W/(H-DR/2)$ . Погонный вес изоляции в этом случае равен погонному весу изоляции примыкающей к штуцеру трубы:  $IWGT = IWGT_{BP}$

Предопределенные типы тройников (**WLT**, **BRC**, **UFT** и т.п.) используются для вычисления коэффициентов податливости и интенсификации напряжений в соответствии с западными нормами расчета. В отечественных нормах (CODE='PNAE','PNAE\_HT','RD') формулы для тройников не зависят от их типа, поэтому имя стандартного тройника может быть любым за исключением двух случаев:

1. Расчет по ПНАЭ или РД с дополнительным учетом податливости тройниковых соединений по методике PRG ([TEE\\_FLEX](#)='PRG'). В этом случае можно использовать следующие типы тройниковых соединений:
  - **BRC** - штуцерные соединения;
  - **UFT** - неподкрепленный сварной тройник;
  - **RFT** - сварной тройник с накладкой;
2. Расчет по РД, с опцией оценки напряжений в тройниковых соединениях по рекомендуемой методике ЦКТИ ([TEE\\_RD](#)='СКТИ'). В этом случае можно использовать следующие типы тройниковых соединений:
  - **BRC** - штуцерные соединения;
  - **UFT** - неподкрепленный сварной тройник;
  - **RFT** - сварной тройник с накладкой;
  - **EXT** - тройники с вытянутой горловиной;
  - **WLT** - тройники штампованные ([RX](#) > 0.1r).

Описание параметров стандартных тройников см. [ТУ](#)

## 24 Приложение XV

### Инженерная методика оценки сейсмостойкости труб малого диаметра (ТМД).

В современной практике сейсмического проектирования сейсмическую нагрузку, действующую на трубопроводы, принято подразделять на две составляющие:

- инерционная нагрузка (эта нагрузка рассматривается как несамоуравновешенная). При расчете напряжений она комбинируется с весовой нагрузкой и внутренним давлением. Результат оценивается по сумме общих мембранных и изгибных напряжений,  $(\sigma)_{2S}$  (расчет по ПНАЭ) или аналогичным напряжениям по классификации других Норм.
- нагрузка от сейсмического смещения опор (ССО) – это псевдостатическая нагрузка, имеющая деформационный характер. Консервативно ее можно включать в комбинацию нагрузок вместе с инерционной сейсмической нагрузкой, но более корректно рассматривать ее как самоуравновешенную нагрузку и включать как в оценку приспособляемости трубопровода (напряжения  $(\sigma)_{RK}$  по классификации ПНАЭ), так и в оценку циклической прочности трубопровода (напряжения категории  $(\sigma_{af})_K$  по классификации ПНАЭ)

Настоящая методика предназначена для снижения консерватизма расчета на сейсмостойкость единой трубопроводной системы, состоящей из труб большого и малого диаметра. При расчете такой системы сейсмическое воздействие передается на трубы малого диаметра как через собственную опорно-подвесную систему, так и через трубы большого диаметра, к которым

присоединены ТМД(трубы малого диаметра). Для расчета напряжений в элементах ТМД(трубы малого диаметра) используются внутренние усилия, рассчитанные от действия сейсмической нагрузки, включающей комбинацию как инерционных сил, так и усилий от ССО(сейсмические смещения опор). При этом ССО(сейсмические смещения опор) для ТМД(трубы малого диаметра) можно считать сейсмические перемещения труб большого диаметра, к которым присоединены малые трубы.

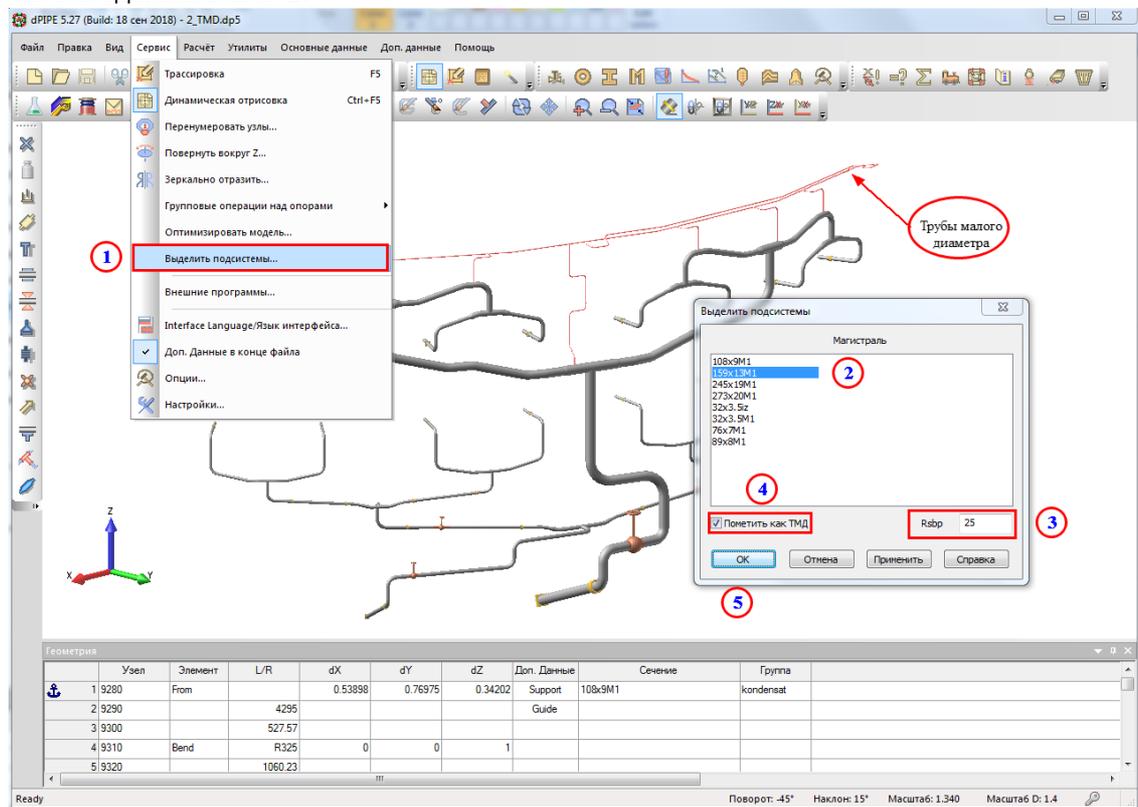
Чтобы избежать этого эффекта, в рамках расчета по dPIPE предлагается следующая последовательность действий:

1. Используя «критерий разграничения» следует выделить в общей расчетной модели участки с ТМД(трубы малого диаметра).

Одним из критериев разграничения может, например, служить отношение моментов инерции труб [REF 18]:

$$R_{SBP} = \frac{I_{RUN}}{I_{BRANCH}} > 25$$

- Как это сделать в dPIPE:



2. Выполнить традиционный «полный расчет». Для ТМД(трубы малого диаметра) внутренние усилия от сейсмике – это комбинация инерционной  $F_{SBP}^{INRT}$  и «псевдостатической»,  $F_{SBP}^{SAM}$  нагрузки от ССО:

$$F_{SBP}^{(1)} = F_{SBP}^{INRT} + F_{SBP}^{SAM}$$

По результатам этого расчета оцениваются напряжения категории по  $(\sigma)_{2S}$  для всего трубопровода, кроме участков, помеченных как ТМД(трубы малого диаметра)

3. «Обнулить» вес ТМД(трубы малого диаметра) и повторить сейсмический расчет. Для ТМД(трубы малого диаметра) инерционные нагрузки исключены, проверка ведется только на нагрузки от ССО:

$$F_{SBP}^{(2)} = F_{SBP}^{SAM}$$

По результатам этого расчета ТМД(трубы малого диаметра) оцениваются по категории напряжений ( $\sigma_{aFK}$ ) с использованием процедуры упрощенного упруго-пластического расчета. Для материалов трубопровода должны быть определены параметры [M](#) и [N](#). Допускаемые амплитуды напряжений консервативно принимаются для величины [NC\\_SEISM](#) = 50. Дополнительно производится проверка общих мембранных напряжений ( $\sigma$ )<sub>1</sub> от действия осевой силы.

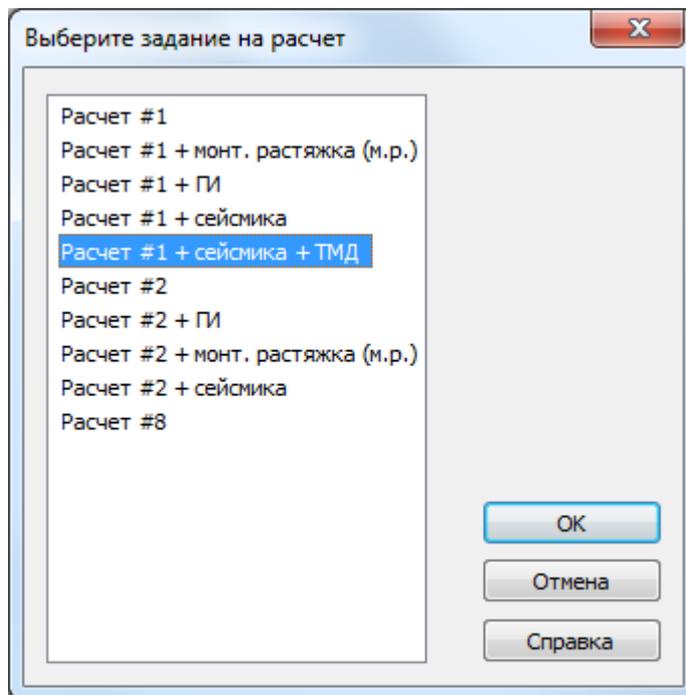
4. Создается комбинация внутренних усилий:

$$F_{SBP}^{(3)} = F_{SBP}^{(1)} - F_{SBP}^{(2)} = F_{SBP}^{INRT}$$

По результатам этого расчета оцениваются только ТМД(трубы малого диаметра) по группе напряжений ( $\sigma$ )<sub>2S</sub>

Для реализации вышеописанной процедуры в dPIPE используются следующие параметры команды [POST\\_REP](#): [IL\\_SBP](#), [IL\\_LBP](#), [SL\\_SBP](#).

В базу данных, содержащую стандартные задания на расчет (файл [solv.dbs](#)), добавлен соответствующий набор команд:



```

$SET CODE = 'PNAE' "Расчет #1 + сейсмика + ТМД"
SOLV "Расчет с определением раб. нагрузок, выбором пружин и сейсмикой + ТМД (#1b)"
& LC mod = '$OPER', type = 'DSGN', note = "Определение рабочих нагрузок на пружины" ; LC1
& LC mod = '$OPER', type = 'OPER_A', fric = 'No', pend = 'NO', note = "Расчет на полную нагрузку" ; LC2
& LC mod = '$COLD', type = 'OPER_B', fric = 'No', pend = 'NO', note = "Выбор пружин" ; LC3

```

```

& LC mod = '$OPER', type = 'OPER_B', pend = 'YES', note = "Этап II (полная
нагрузка)" ; LC4
& LC mod = '$OPER', type = 'SUST_C', note = "Этап I" ; LC5
& LC mod = '$COLD', type = 'OPER_B', pend = 'YES', note = "Этап IV
('холодная нагрузка)" ; LC6
& LC mod = '$OPER', type = 'MODAL', pend = 'LC4', note = "Модальный анализ"
; LC7
& LC mod = '$OPER', type = 'MODAL', pend = 'LC4', sbp = 'Yes', note =
"Модальный анализ (ТМД)" ; LC8

DCASE
& LD type = 'RSM', lc = 'LC7', inp = 'SP01', mcom = 526, dk = 0.02, tt = 15
; LD1
& LD type = 'RSM', lc = 'LC8', inp = 'SP01', mcom = 526, dk = 0.02, tt = 15
; LD2

POST
& res = 'S2_NUE', ls = "LC5", note = "Напряжения S2 (НУЭ)" ; LS1
& res = 'S2_MRZ', ls = "LC5+LD1", out = 'No', note = "Напряжения S2 (MP3)
для ТБД" ; LS2
& res = 'FORC', ls = "LD1-LD2", out = 'No', note = "LC7-LC8" ; LS3
& res = 'FORC', ls = "LS03", rule = 'ABS', out = 'No', note = "ABS(LC7-LC8)"
; LS4
& res = 'S2_MRZ', ls = "LC5+LS04", out = 'No', note = "Напряжения S2 (MP3)
для ТМД" ; LS5
& res = 'S2_MRZ', ls = "LS02,LS05", rule = 'MAX', note = "Напряжения S2
(MP3)" ; LS6
& res = 'SAF', ls = "LC4+LD2", note = "Напряжения Saf (ТМД)" ; LS7
& res = 'S1', ls = "LS04", note = "Напряжения S1 (ТМД)" ; LS8
& res = 'SRK', ls = "LC4-LC6", note = "Напряжения Srk" ; LS9
& res = 'SAF', ls = "LC4-LC6", note = "Напряжения Saf" ; LS10
& res = 'DISP', ls = "LC5", note = "Весовые перемещения" ; LS11
& res = 'DISP', ls = "LC4-LC6", note = "Видимые перемещения" ; LS12
& res = 'DISP', ls = "LD1", note = "Сейсмические перемещения" ; LS13
& res = 'SUPP', ls = "LC4", note = "Нагрузки в раб. состоянии" ; LS14
& res = 'SUPP', ls = "LC6", note = "Нагрузки в хол. состоянии" ; LS15
& res = 'SUPP', ls = "LD1", note = "Нагрузки от сеймики" ; LS16

POST_REP load_hot = 'LC4', load_cold = 'LC6', load_des = 'LC1', load_seism =
'LS16', il_lbp = 'LS02', il_sbp = 'LS05', sl_sbp = 'LS07'

```

Эта процедура также доступна для Норм EN и ASME NC

## 25 Приложение XVI

### Экспорт результатов расчета из dPIPE в LICAD

1. Экспорт нагрузок на трубопроводные опоры из dPIPE в [LICAD](#)<sup>®</sup> осуществляется в зависимости от параметра [LCD\\_VER](#) как для «классической» версии «LICAD-10», так и для версии, адаптированной под русские атомные Нормы – «LICAD-RS-EN»
2. Для версии «LICAD-RS-EN» доступны следующие типы нагрузок и их комбинаций, на основе которых LICAD-RS-EN с учетом повышающих коэффициентов [SF](#) (коэффициенты приняты в соответствии с Таблица П.1 документа ОТТ 1.5.2.01.999.0157-2013, [\[REF21\]](#)) осуществляет выбор опор из каталога LISEGA [\[REF6, REF22\]](#):

Сочетание нагрузок	Обозначение (параметр TYPE)	категория сейсмостойкости трубопровода		
		1 кат	2 кат	3 кат
Холодная	COLD	1	1	1
Рабочая (горячая)	HOT			
<a href="#">НЭ</a>	NE	1	1	1
<a href="#">ННЭ</a>	NNE	1.2	1.2	1.2
<a href="#">УПА</a>	UPA	1.4	1.4	1.4
<a href="#">ГИ</a>	HTEST	1	1	1
<a href="#">НЭ+ПЗ</a>	NE_PZ	1.2	1.5	1.5
<a href="#">ННЭ+ПЗ</a>	NNE_PZ	1.2	1.5	-
<a href="#">УПА+ПЗ</a>	UPA_PZ	1.5	-	-
<a href="#">НЭ+МРЗ</a>	NE_MRZ	1.4	-	-
<a href="#">ННЭ+МРЗ</a>	NNE_MRZ	1.4	-	-

3. Для версии «LICAD-10» приняты следующие обозначения для сочетаний нагрузок:

Сочетание нагрузок	Обозначение (параметр TYPE)
Холодная	COLD
Рабочая (горячая)	HOT
Нагрузки отнесенные к уровню A/B	Level_AB
Нагрузки отнесенные к уровню C	Level_C
Нагрузки отнесенные к уровню D	Level_D
Нагрузки от ГИ	TEST

Повышающие коэффициенты SF в этом случае Пользователь назначает самостоятельно, исходя из используемых Норм расчета прочности.

4. Типы нагрузок «COLD» и «HOT» должны соответствовать расчетным случаям (LC) или наборам результатов с нагрузками на опоры (LS TYPE = 'SUPP') для режимов холодного и горячего состояний, для которых выбирались характеристики пружины. Их наличие в модели с пружинными опорами/подвесками обязательно
5. При успешном завершении задачи в рабочей папке формируются два файла:
- file.lrs.csv – файл в формате Excel (csv). Для ввода в LICAD его надо сохранить в формате xls.
  - file.lrs\_log.csv – файл в формате Excel (csv) с сообщениями об ошибках и замечаниями.

6. Нагрузки на опоры/подвески выводятся в кН, Перемещения и линейные размеры выводятся в мм.
7. Ниже приведено соответствие типов опор/подвесок в dPIPE и LICAD

Тип опоры в dPIPE	Конфигурация опоры в LICAD
Пружинная подвеска на горизонтальном участке трубопровода	S13 (одна цепь) S02 (две цепи)
Пружинная подвеска на вертикальном участке трубопровода	S32 (две цепи)
Пружинная опора на горизонтальном участке трубопровода	S29 (одна цепь)
Жесткая подвеска на горизонтальном участке трубопровода	S45 (одна цепь) S40 (две цепи)
Жесткая подвеска на вертикальном участке трубопровода	S52 (две цепи)
Неподвижная опора	S30/FP
Односторонняя однокомпонентная опора	S30
Двухсторонняя однокомпонентная опора	S30/G2P
Направляющая опора	S30/40GS (OD < 32 мм) S30/49GS (OD ≥ 32 мм)
Жесткая распорка	Y01
Динамический амортизатор (SNUBBER)	Y02

8. Система координат для неподвижных и направляющих опор:

Для неподвижных и направляющих опор принята система координат, используемая в программе LICAD:

- ось x лежит в горизонтальной плоскости и направлена перпендикулярно оси трубы;
- ось y направлена вдоль оси трубы;
- ось z направлена вверх и перпендикулярна осям x и y.

Соответственно, в LICAD экспортируются следующие нагрузки:

- Fx – поперечная нагрузка;
- Fy – осевая нагрузка;
- Fz(+) – вертикальная нагрузка (отрыв);
- Fz(-) – вертикальная нагрузка (прижим).

В программе LICAD нет указаний как, интерпретировать нагрузки в случае расположения опоры на вертикальном участке трубопровода. Для этого случая при экспорте в LICAD производится "симметризация" поперечных нагрузок:

$$F_x = F_z(+)= F_z(-) = \text{MAX}\{ |F_x|; |F_z| \}.$$

Если опора проходит по макс. нагрузке, то ее можно ориентировать вокруг оси трубы произвольным образом. Если не проходит, то (зная ориентацию) можно попробовать задать нагрузки вручную. Более мощные опоры при этом не выбираются, так как для каждого диаметра в каталоге есть только одна опора 49FP/GS (LICAD-RS-EN).

9. При экспорте нагрузок программа может выдавать следующие сообщения об ошибках и предупреждения:

**"Error: нестандартный наружный диаметр трубы"**

Не задан наружный диаметр трубы (опора крепится к элементу BEAM/RIGID/FLEX), либо трубы с таким диаметром нет в каталоге LISEGA.

Стандартные наружные диаметры труб из каталога LISEGA 2010 RS EN					
10	38	139.7	355.6	630	1020
13.5	42.4	159	368	660.4	1067
14	45	168.3	377	711.2	1118
16	48.3	194 (193.7)	406.4	720	1168
17.2	57	219 (219.1)	419	762	1219
18	60.3	220	426	812.8	1220
21.3	73	245 (244.5)	457.2	820	
25	76 (76.1)	267	465	864 (863.6)	
26.9	89 (88.9)	273	508	870	
28	108	323.9	530	914.4	
32	114.3	325	558.8	965 (965.2)	
33.7	133	351	609.6	1016	

(\*) Если LICAD выдает ошибку №4636135, то надо в установочных параметрах снять "птичку" с пункта *DIN EN[x] – Russia[ ]*.

**"Error: хомут не перпендикулярен оси трубы"**

Опора или подвеска задана под углом к оси трубы. Требуется нестандартное крепление.

**"Error: недопустимое число цепей подвески"**

**"Error: недопустимое число цепей пружинной опоры"**

В LICAD отсутствует соответствующая конфигурация для заданного числа цепей.

**"Error: пружина не из каталога LISEGA"**

Задана пружина из другого каталога (ОСТ, МВН, и т.п.).

**"Error: опора с зазором"**

Задан зазор для однокомпонентной опоры.

**"Error: нестандартная опора 'SLG'"**

Задана односторонняя направляющая опора.

**"Error: с.к. опоры не совпадает с локальной с.к. трубы"**

Неподвижная опора задана в глобальной системе координат, а направление трубы не совпадает с осями X/Y/Z.

**"Error: распорка не перпендикулярна оси трубы"**

Направление жесткой распорки не совпадает с направлением, заданным в параметре OFFS.

**"Note: проверить узел крепления 'xxx'"**

Задан параметр CNODE='xxx'. Проверить, что опора/подвеска крепится к строительной конструкции.

**"Note: температура трубы превышает 350°C"**

Температура трубы превышает максимальную допустимую температуру из каталога.

**"Note: в LICAD нет режима НУЭ+ПЗ для III к.с."**

В LICAD нет режима НУЭ+ПЗ для трубопроводов III категории сейсмостойкости.

**"Note: пружина ..71.. type 21/25/29"****"Note: пружина ..12.. type 22/26/28"**

Тип пружины (load group / travel range) в программе dPIPE (должен совпадать с типом пружины, выбранной программой LICAD).

**"Note: нагрузка на пружину вне рабочего диапазона"**

Нагрузка на пружину вне рабочего диапазона при динамических нагрузках.

**"Note: отрыв при динамических нагрузках"**

Отрыв односторонней опоры при динамических нагрузках.

**"Note: направление опоры не совпадает с направлением -Z"****"Note: направление снаббера не совпадает с направлением +Z"****"Note: направление распорки не совпадает с направлением +Z"**

Направление опоры/снаббера/распорки не совпадает с направлением на чертеже в программе LICAD.

**"Note: в неподвижной опоре не учитываются моменты"**

Для неподвижной опоры заданы жесткости на поворот. Программа LICAD не контролирует действующие на опору моменты.

**"Note: опора на вертикальном участке (Fx=Fz=MAX)"**

Неподвижная или направляющая опора установлена на вертикальном участке трубопровода.

Для горизонтальных нагрузок заданы максимально возможные значения.

**"LICAD Config. #: XXX"**

Конфигурация опоры/подвески при удачной конвертации данных в LICAD.

## 26 Приложение XVII

### Процедура расчета кривых усталости по ГОСТ Р 59115.9-2021, [\[REF 24\]](#) в программе dPIPE

1. Допускаемая амплитуда условного упругого напряжения или допускаемое число циклов при  $[N_0] \leq 10^{12}$  вычисляется по формулам с учетом максимального влияния асимметрии цикла (пункт 10.12):

$$[\sigma_{aF}] = \frac{E^T e_c^T}{(4n_N [N_0])^m} + \frac{R_c^T - R_{p0.2}^T}{(4n_N [N_0])^{m_c} - 1}$$

$$[\sigma_{aF}] = \frac{E^T e_c^T}{n_\sigma (4[N_0])^m} + \frac{R_c^T - R_{p0.2}^T}{n_\sigma ((4[N_0])^{m_c} - 1)}$$

Из двух вычисленных значений  $[\sigma_{aF}]$  или  $[N_0]$  принимается наименьшее.

Входящие в формулы параметры определяются согласно пункту 10.8 только для случая:

$$R_m^T \leq 700 \text{ МПа}; n_\sigma = 2; n_N = 10; R_c^T = R_m^T (1+0.014Z^T);$$

$$e_c^T = 1.15 \lg \left( \frac{100}{100 - Z_c^T} \right) - 0.025$$

$$Z_c^T = \min \{ Z^T; 50\% \} \quad (Z^T \text{ по ГОСТ 59115.3})$$

$$m = 0.5 \quad \text{при } R_m^T \leq 700 \text{ МПа}$$

$$m = 0.36 + 0.0002 R_m^T \quad \text{при } 700 < R_m^T \leq 1200 \text{ МПа}$$

$$m_e = 0.132 \lg \left[ \frac{R_m^T}{R_{-1}^T} (1 + 0.014 Z^T) \right]$$

$$R_{-1}^T = 0.4 R_m^T \quad \text{при } R_m^T \leq 700 \text{ МПа}$$

$$R_{-1}^T = (0.54 - 0.0002 R_m^T) R_m^T \quad \text{при } 700 < R_m^T \leq 1200 \text{ МПа}$$

Характеристики  $E^T$ ,  $Z^T$ ,  $R_m^T$  принимаются равными их наименьшим значениям в интервале рабочих температур цикла. Значение  $R_{p0,2}^{T \min}$  определяется при минимальной температуре цикла.

$E^T$  - модуль упругости, МПа;

$R_m^T$  - минимальное значение временного сопротивления, МПа;

$R_{p0,2}^T$  - минимальное значение условного предела текучести, МПа;

$Z^T$  - относительное сужение поперечного сечения образца после разрыва, %.

### Определение допускаемого числа циклов с учетом влияния водной среды

- 1) Влияние водной среды на циклическую прочность должно учитываться при температуре водной среды  $T > 150^\circ\text{C}$  (разрыв между кривой на воздухе и в воде, т.к.  $F_{pn} \approx 2$  при  $T = 150^\circ\text{C}$ ).

#### Ограничения методики:

- по температуре водной среды:  $T \leq 350^\circ\text{C}$ ;

- по числу допускаемого числа циклов:  $[N_0] \leq 10^{12}$ .

- 2) Допускаемая амплитуда условного упругого напряжения  $[\sigma_{aF}]$  при числе циклов  $N_0$  или допускаемое число циклов  $[N_0]$  при амплитуде  $(\sigma_{aF})$  с учетом влияния водной среды берется равной наименьшему из двух значений, определяемых по формулам с учетом максимального влияния асимметрии цикла (пункты В.4 и В.9):

$$[\sigma_{aF}] = \frac{E^T e_c^{20}}{(4n_N F_{pn} [N_0])^{0,5}} + \frac{R_{cF}^T - R_{p0,2}^{T_{\min}}}{(4n_N [N_0])^{m_{eF}} - 1}$$

$$[\sigma_{aF}] = \frac{E^T e_c^{20}}{n_\sigma (4F_{pn} [N_0])^{0,5}} + \frac{R_{cF}^T - R_{p0,2}^{T_{\min}}}{n_\sigma ((4[N_0])^{m_{eF}} - 1)}$$

где:

$$n_\sigma = 2; n_N = 10$$

$$e_c^T = 1.15 \lg \left( \frac{100}{100 - Z_c^{20}} \right) - 0.025$$

$$Z_c^{20} = \min \{ Z^{20}; 50\% \}$$

$$R_{cF}^T = R_m^{20} (1 + 0.014 Z_F)$$

$$m_{eF} = 0.132 \lg [2.5 (1 + 0.014 Z_F)]$$

$$Z_F = 100 - \frac{100}{\exp(2e_c^{20} / \sqrt{F_{pn}})}$$

Коэффициент  $F_{pn}$  консервативно вычисляется по пункту В.8 в зависимости от температуры металла  $T$ , содержания серы в металле  $S$ , концентрации кислорода в водной среде  $O$  и скорости деформации  $\dot{\epsilon}$

- для углеродистых сталей:

$$F_{pn} = \exp(0.632 - 0.101 \cdot S^* \cdot T^* \cdot O^* \cdot \dot{\epsilon}^*)$$

- для легированных хромомолибденовых и хромомолибденованадиевых сталей:

$$F_{pn} = \exp(0.702 - 0.101 \cdot S^* \cdot T^* \cdot O^* \cdot \dot{\varepsilon}^*)$$

$$S^* = 0.015 \text{ (консервативно принято } S > 0.015\%)$$

$$T^* = T - 150 \text{ (} T \text{ - максимальная температура цикла, } ^\circ\text{C)}$$

$$O^* = 0 \quad \text{при } KO \leq 0.04 \text{ мг/кг}$$

$$O^* = \ln\left(\frac{KO}{0.04}\right) \quad \text{при } 0.04 < KO \leq 0.5 \text{ мг/кг}$$

$$O^* = \ln(12.5) \quad \text{при } KO > 0.5 \text{ мг/кг}$$

$$\dot{\varepsilon}^* = \ln(0.001) \text{ (консервативно принято } \dot{\varepsilon} \leq 0.001\%c^{-1})$$

- для сталей аустенитного класса

$$F_{pn} = \exp(0.734 - T^* \cdot O^* \cdot \dot{\varepsilon}^*)$$

$$T^* = \min\left\{\frac{T-150}{175}; 1\right\} \text{ (} T \text{ - максимальная температура цикла, } ^\circ\text{C)}$$

$$O^* = 0.281 \text{ (при всех значениях } KO)$$

$$\dot{\varepsilon}^* = \ln(0.001) \text{ (консервативно принято } \dot{\varepsilon} \leq 0.0004\%c^{-1})$$

- для сталей аустенитного класса:

$$F_{pn} = \exp(0.734 - T^* \cdot O^* \cdot \dot{\varepsilon}^*)$$

$$T^* = \min\left\{\frac{T-150}{175}; 1\right\} \text{ (} T \text{ - максимальная температура цикла, } ^\circ\text{C)}$$

$$O^* = 0.281 \text{ (при всех значениях } KO)$$

$$\dot{\varepsilon}^* = \ln(0.001) \text{ (консервативно принято } \dot{\varepsilon} \leq 0.0004\%c^{-1})$$

В соответствии с пунктом В.13, допускаемое число циклов надо принимать наименьшим из определенных на воздухе по 10.12 и в воде по В.4-В.8 (**кривые на воздухе и в воде не согласованы между собой: число допускаемых циклов в воде может быть больше, чем на воздухе**).

- 3) Допускаемая амплитуда условного упругого напряжения при числе циклов  $N_0$  или допускаемое число циклов при заданной амплитуде напряжений ( $\sigma_{aF}$ ) для сварного соединения определяются как (пункт В.12):

$$[\sigma_{aF}]_s = \min\left\{\varphi_s [\sigma_{aF}]^*; [\sigma_{aF}]\right\}$$

$$[N_0]_s = \min\left\{[N_0]^*; [N_0]\right\}$$

где:

$[\sigma_{aF}]^*$  - допускаемая амплитуда напряжений на воздухе;

$[N_0]^*$  - допускаемое число циклов на воздухе, определенное для амплитуды напряжения  $(\sigma_{aF})_s = (\sigma_{aF})/\varphi_s$ .

## 27 Приложение XVIII

### Критерии для определения мест постулированных разрывов ВЭ трубопроводов при расчете по различным Нормам

#### 1. Расчет по Нормам ASME BPVC NB-3600 (трубопроводы первого класса)

Условия возникновения поперечных/продольных разрывов либо сквозных трещин определяются проверкой следующих неравенств (превышение величины  $2.4 S_m$  соответствует разрыву,  $1.2 S_m$  - трещине):

Уравнение (10), NB-3653.1:

$$S_n = C_1 \frac{P_0 D_0}{2t} + C_2 \frac{D_0}{2I} M_i^{(10)} + C_3 E_{ab} \times |\alpha_a T_a - \alpha_b T_b| > \begin{cases} 2.4 S_m \\ 1.2 S_m \end{cases}$$

Уравнения (12) и (13), NB-3653.6:

$$S_e = C_2 \frac{D_0}{2I} M_i^{(12)} > \begin{cases} 2.4 S_m \\ 1.2 S_m \end{cases}$$

$$S = C_1 \frac{P_0 D_0}{2t} + C_2 \frac{D_0}{2I} M_i^{(13)} + C_3 E_{ab} \times |\alpha_a T_a - \alpha_b T_b| > \begin{cases} 2.4 S_m \\ 1.2 S_m \end{cases}$$

где:

$S_n, S_e, S$  – размах напряжений, вычисленный по уравнениям (10) – (13),

$C_1, C_2, C_3, C_3'$  – коэффициенты интенсификации вторичных напряжений, определяемые в соответствии с NB-3680 для различных элементов трубопровода;

$P_0$  – перепад давления между двумя рассматриваемыми рабочими режимами;

$D_0$  – внешний диаметр трубопровода;

$t$  – номинальная толщина стенки;

$I$  – момент инерции;

$M_i^{(10)}$  – результирующий размах моментов, определяемый при переходе системы из одного операционного состояния в другое. Операционные нагрузки и их комбинации определяются по проектной спецификации режимов работы системы. Рассматриваются режимы работы трубопровода, характерные для НУЭ и ННУЭ. При комбинации моментов от различных операционных состояний компоненты моментов для соответствующих

направлений комбинируются перед определением результирующего момента. Моменты от сейсмических нагрузок комбинируются с моментами от других видов нагружений наиболее консервативным образом;

$M_i^{(12)}$  – результирующий размах моментов только от нагрузок при самокомпенсации и температурных смещений точек крепления трубопроводов;

$M_i^{(13)}$  – то же, что и  $M_i^{(12)}$ , за исключением напряжений от моментов, вызванных температурным расширением трубопровода и температурным смещением опор;

$T_a, T_b, \alpha_a, \alpha_b$  – средние температуры и коэффициенты температурного расширения для участков трубопровода с геометрической либо физической (разные материалы) неоднородностью;

$E_{ab}$  – средний модуль упругости (модуль Юнга) для различных частей (a и b) участка трубопровода с неоднородностью, определяемый для холодного состояния;

$S_m$  – величина номинальных допускаемых напряжений.

Дополнительным условием для назначения постулируемых мест разрыва в трубопроводах первого класса является величина накопленного усталостного повреждения  $U$ . Разрыв постулируется при  $U > 0.1$ . Если при расчете усталостной прочности использовались усталостные кривые с учетом влияния среды, то допускается использовать неравенство  $U > 0.4$  как критерий разрыва.

## 2. Расчет по Нормам ASME BPVC NCD-3600 (трубопроводы второго и третьего класса)

Условие для постулируемого места разрыва (сквозной трещины):

$$S_{OL} + S_E > \begin{cases} 0.8(1.8S_h + S_a) \\ 0.4(1.8S_h + S_a) \end{cases}$$

$$S_a = f(1.25S_c + 0.25S_h)$$

где:

$S_{OL}$  – напряжения от внутреннего давления, весовых и сейсмических нагрузок уровня ПЗ (NCD-3653, уравнение 9)

$S_E$  – размах напряжений от самокомпенсационных (температурных) нагрузок, (NCD-3653.2, уравнение 10)

$S_a$  – размах допускаемых напряжений для температурных напряжений;

$S_c$  – базовые допускаемые напряжения материала для холодного состояния;

$S_h$  – базовые допускаемые напряжения материала для горячего состояния;

$f$  – редуцирующий коэффициент, учитывающий количество циклов нагружений в соответствии с таблицей NC-3611.2(e)-1.

### 3. Адаптация определения мест промежуточных повреждений ВЭ трубопроводов к нормам ПНАЭ

При расчетах ВЭ трубопроводов по нормам [ПНАЭ](#), предлагается использовать методику аналогичную методике для определения промежуточных мест разрывов при расчетах трубопроводов первого класса по нормам [ASME NB](#).

Для этого вводятся дополнительные категории напряжений:

- $\sigma'_{RK}$  - размах напряжений, вычисленный по формулам п. 2.3.2 Приложения 5 Норм [ПНАЭ](#), от моментов, вызванных температурным расширением трубопровода и температурным смещением опор трубопровода. Эти напряжения являются аналогом уравнения (12) ASME NB-3653.6(a);
- $\sigma''_{RK}$  - размах напряжений, вычисленный по формулам п. 2.3.2 Приложения 5 Норм [ПНАЭ](#), за исключением напряжений от моментов, вызванных температурным расширением трубопровода и температурным смещением опор. Дополнительно, в категорию напряжений  $\sigma''_{RK}$  включаются мембранные температурные напряжения, вызванные осевым перепадом температуры. Эти напряжения являются аналогом уравнения (13) ASME NB-3653.6(a).

Промежуточные места постулированных повреждений определяются на основе анализа НДС трубопровода в соответствии со следующими критериями:

- условие возникновения поперечного или продольного разрыва:

$$\sigma'_{RK} > 0.8 \times 2R_{p0,2}^T = 1.6R_{p0,2}^T$$

или

$$\sigma''_{RK} > 0.8 \times 2R_{p0,2}^T = 1.6R_{p0,2}^T$$

Дополнительно к этим неравенствам для назначения постулируемых мест разрыва проверяется величина накопленного усталостного повреждения  $U$ :

$$U > 0.1$$

Если при расчете усталостной прочности использовались усталостные кривые с учетом влияния среды, то для критерия по накопленному усталостному повреждению допускается использовать неравенство:

$$U > 0.4$$

- условие образования сквозной трещины:

$$\sigma'_{RK} > 0.4 \times 2R_{p0,2}^T = 0.8R_{p0,2}^T$$

или

$$\sigma''_{RK} > 0.4 \times 2R_{p0,2}^T = 0.8R_{p0,2}^T$$

#### 4. Адаптация определения мест промежуточных повреждений ВЭ трубопроводов к нормам EN

При расчетах ВЭ трубопроводов по нормам [EN](#) предлагается использовать методику аналогичную методике для определения промежуточных мест разрывов при расчетах трубопроводов второго класса по нормам [ASME NC](#)

Промежуточные места постулированных повреждений определяются на основе анализа НДС трубопровода в соответствии со следующими критериями:

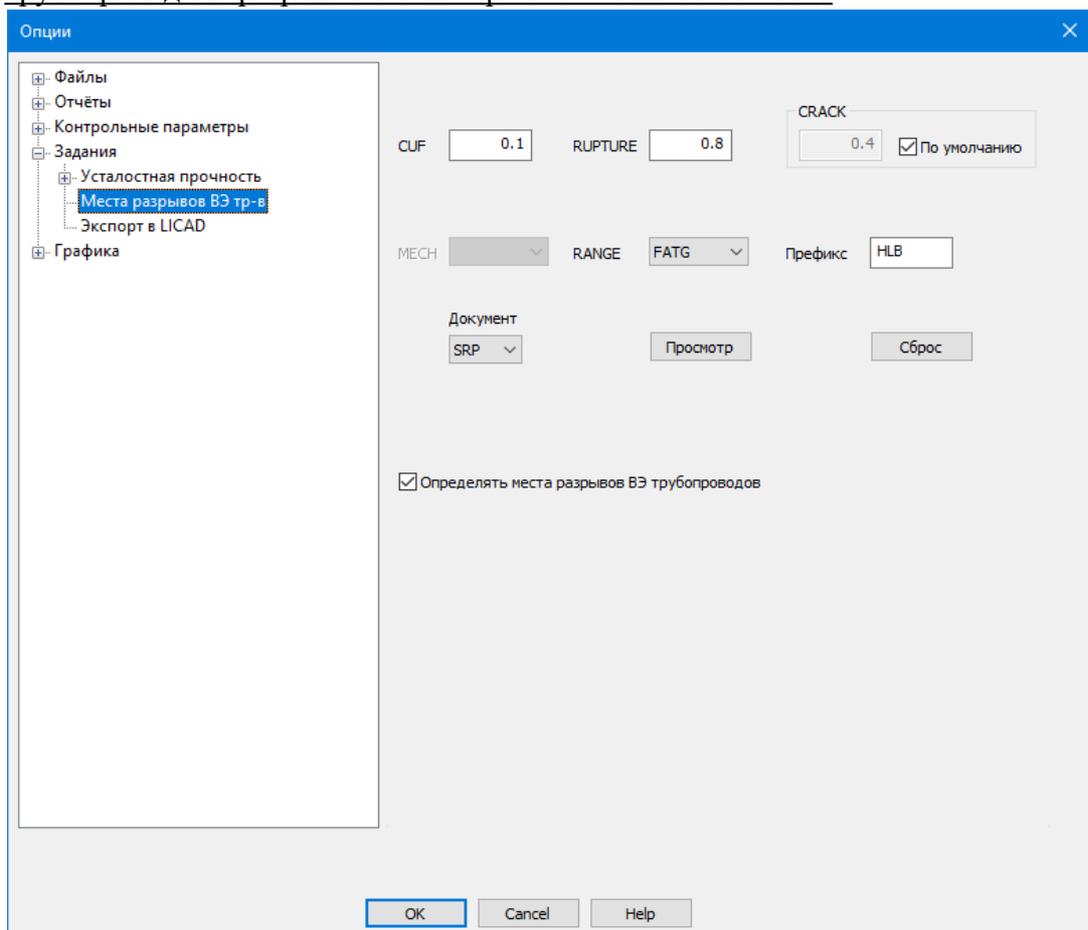
- условие возникновения поперечного или продольного разрыва:

$$\sigma_2 + \sigma_3 > 0.8 \times (1.2f_f + f_a)$$

- условие образования сквозной трещины:

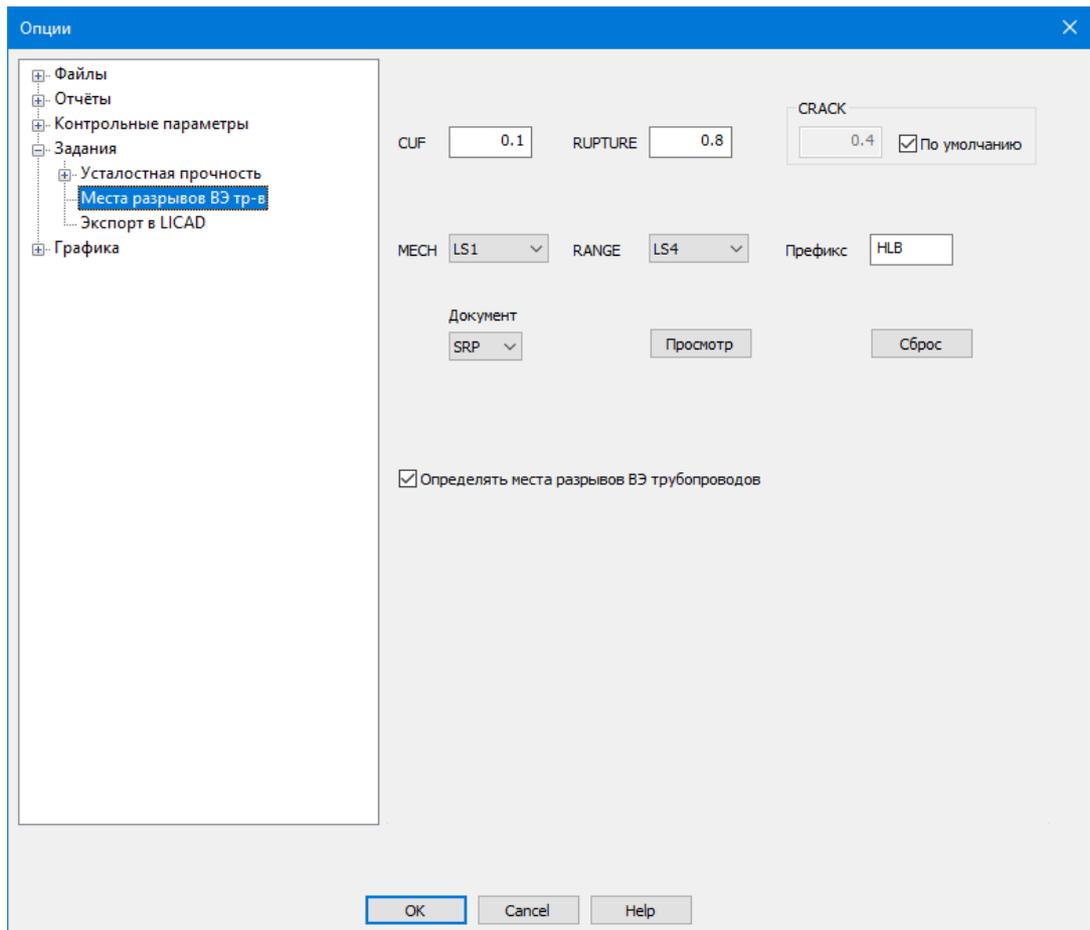
$$\sigma_2 + \sigma_3 > 0.4 \times (1.2f_f + f_a)$$

Пример задания для определения мест постулируемых разрывов ВЭ трубопроводов при расчетах по Нормам ПНАЭ и ASME NB:



`POST HELB cuf = 0.1, rupture = 0.8, range_ls = 'fatg',`

Пример задания для определения мест постулируемых разрывов ВЭ трубопроводов при расчетах по Нормам EN и ASME NC:



`POST HELB cuf = 0.1, rupture = 0.8, mech_ls = 'LS1', r`

## 28 Приложение XIX

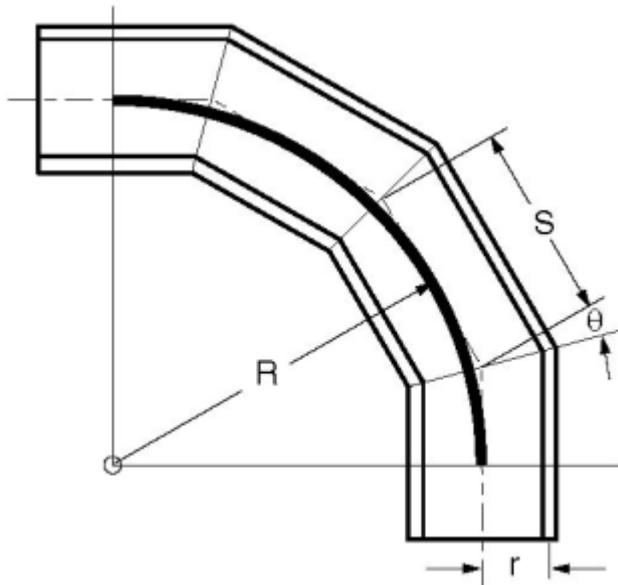
### Замечания по моделированию секторных колен

#### Определения

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| $\alpha$                              | - полный угол колена  |
| $N_c$                                 | - число косых стыков  |
| $\theta = \alpha / (2 * N_c)$         | - угол между секторами  |
| $r$                                   | - средний радиус трубы  |
| $R_0 = (s * \cot \theta) / 2$         | - эквивалентный радиус секторного колена (определяется геометрически, соответствует величине, приведенной на чертеже) |
| $R_{eff} = r * (1 + \cot \theta) / 2$ | - эффективный радиус секторного колена (эмпирическая формула, предложенная Марклом для одиночного косого стыка)       |

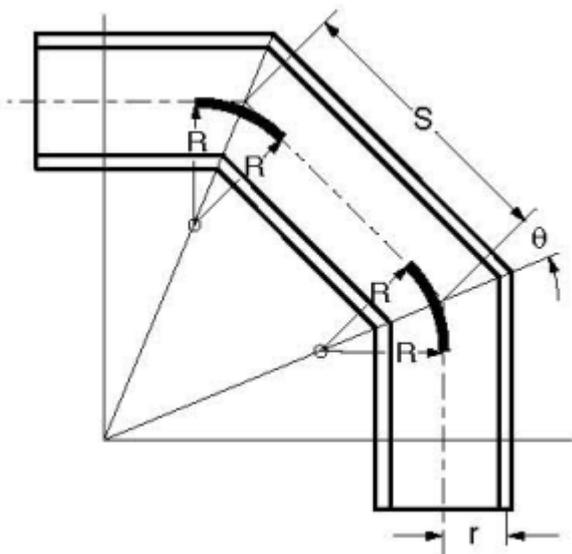
**Секторные колена по нормам ASME B31.X и EN 13480.**

1) *Closely spaced miter bend*. К ним относятся колена для которых  $s < r(1 + \tan \theta)$  или  $R_0 < R_{eff}$



В этом случае секторное колено моделируется одним элементом BEND с  $R = R_0$ . Коэффициенты податливости и интенсификации напряжений вычисляются по  $R = R_0$ .

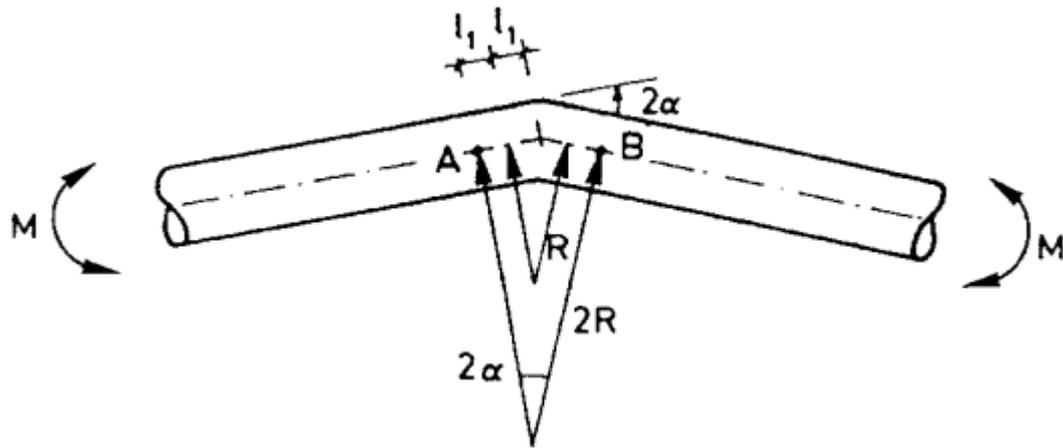
2) *Widely spaced miter bend*. К ним относятся колена для которых  $s \geq r(1 + \tan \theta)$  (или  $R_0 \geq R_{eff}$ )



В этом случае секторное колено должно моделироваться цепочкой элементов PIPE & BEND с  $R = R_{eff}$  (фактически каждый стык моделируется по отдельности).

Коэффициенты податливости и интенсификации напряжений вычисляются по  $R = R_{eff}$ .

Сюда же относится и колено с одним косым стыком (single miter bend). В этом случае отсутствует промежуточный сектор и радиус  $R_0$  геометрически не определен.



В ПНАЭ формул для секторных отводов нет. В РТМ и РД секторные колена считаются как обычные гладкие отводы с радиусом  $R_0$ . Разделения на *closely/widely spaced* отсутствует.

Примерно половина секторных колен по существующим ОСТ и СТО относятся к *widely spaced* ( $R = R_0 > R_{eff}$ ). Кроме того, для углов  $\alpha = 15^\circ$  и  $30^\circ$  встречаются колена с одним косым стыком. Длина концевых секторов всегда больше, чем  $R \cdot \tan \theta$ , поэтому все колена имеют по концам прямые участки (сечение которых может отличаться от сечения присоединяемых труб). При этом следует иметь ввиду, что:

- 1) Для колен с одним косым стыком в стандартах заданы какие-то произвольные фиктивные радиусы  $R$ , которые могут быть как больше, так и меньше  $R_{eff}$ . Если для таких колен использовать радиус  $R_{eff}$  то можно не вписаться в геометрию трассы.
- 2) Для задания «widely spaced» колен, если строго следовать зарубежным Нормам, то при моделировании в dPIPE нужно делать специальный «конструктор» для генерации цепочки элементов PIPE и BEND.

**Замечания по податливости и напряжениям для *widely spaced* колен.**

Как показал анализ приведенных в НТД секторных widely spaced колен, если их моделировать, одним криволинейным элементом, используя радиус с чертежа, то по сравнению с нормативным подходом разница в эквивалентной податливости может достигать 6%, а в напряжениях - 65%.

Эту разницу можно нивелировать с помощью использования эквивалентных коэффициентов податливости и интенсификации напряжений.

Если в соответствии с кодом промоделировать косой стык криволинейным элементом с радиусом  $R_{eff}$  то его податливость будет пропорциональна длине  $l(R_{eff}) = k_{eff} R_{eff} \alpha$  ( $k_{eff}$  - коэффициент податливости, вычисленный для радиуса  $R_{eff}$ )

Если же использовать радиус с чертежа  $R < R_{eff}$  то эквивалентная длина будет равна  $l(R) = kR\alpha + 2(R_{eff} - R)\tan \theta$

Последнее слагаемое учитывает дополнительную податливость прямых участков. Приравнявая эти длины, найдем эквивалентный коэффициент податливости  $k$ , который следует использовать с криволинейным элементом радиуса  $R$ :

$$k = k_{eff} \frac{R_{eff}}{R} - 2 \left( \frac{R_{eff}}{R} - 1 \right) \frac{\tan \theta}{\alpha}$$

Эта же формула годится и для случая  $R > R_{eff}$ :

$$l(R_{eff}) = k_{eff} R_{eff} \alpha + 2(R - R_{eff}) \tan \theta$$

$$l(R) = kR\alpha$$

$$k = k_{eff} \frac{R_{eff}}{R} + 2 \left( 1 - \frac{R_{eff}}{R} \right) \frac{\tan \theta}{\alpha}$$

Аналогичную формулу можно вывести и для widely spaced колена, для случая моделирования его одним криволинейным элементом с радиусом  $R_0 > R_{eff}$ :

$$k = k_{eff} \frac{R_{eff}}{R_0} + 2N_c \left( 1 - \frac{R_{eff}}{R_0} \right) \frac{\tan \theta}{\alpha}$$

Что касается коэффициентов интенсификации напряжений, то для всех этих случаев их следует вычислять по эффективному радиусу  $R_{eff}$ . При таком подходе результаты могут быть немного более консервативными, чем требуют нормы ASME, так как эти коэффициенты фактически будут действовать для всего колена, а не только для его криволинейных элементов.

### Моделирование секторных колен в dPIPE.

В программе dPIPE секторные колена моделируются одним криволинейным элементом с эквивалентным радиусом  $R_0$ . В случае секторного колена с одним косым стыком, когда эквивалентный радиус не определен, в качестве радиуса используется радиус, указанный в НТД.

При использовании норм B31.1, NC-3600, EN 13480 для widely spaced колен (в том числе и колен с одним косым стыком) проводится описанная выше коррекция коэффициентов податливости, а коэффициенты интенсификации напряжений

вычисляются по эффективному радиусу  $R_{eff}$ . Для норм РД и ПНАЭ такая процедура применяется только к секторным коленам с одним косым стыком.

## Литература

1. Markl, A.R.C. Fatigue Tests of Piping Components. Trans of A.S.M.E. pp 287-303, April 1952.
2. Rodabaugh, E.C. Review of Data on Mitre Joints in Piping to Establish Maximum Angularity for Fabrication of Girth Butt Welds. WRC Bulletin 208, Aug. 1975.
3. Gresnigt, A.M. Elastic and Plastic Design of Mitred Bends. Proc. 12th Int. Offshore and Polar Engineering Conf., Kitakyushu, Japan, May 26-31, 2002.

## 29 Приложение XX

### Дополнительные параметры "стандартных" тройников

Обозначения:

Тип тройника	Описание
WLT	Welding tee per ASME B16.9 (штампованные тройники)
RFT	Reinforced fabricated tee (тройники сварные с накладкой)
UFT	Unreinforced fabricated tee (тройники сварные)
BRC	Branch connection (штуцерные соединения)
EXT	Extruded outlet (тройники с вытянутой горловиной)
WOL	Branch welded-on fitting/Weldolet
SOL	Welded-in contour insert/Sweepolet
FWB	Fillet welded and partial penetration welded branch connections

R2 - радиус перехода (галтели) между штуцером и корпусом, мм;

RP - наружный радиус штуцера или накладки, мм;

RX - радиус горловины, мм;

TA - средняя толщина стенки корпуса, мм;

TC - толщина горловины, мм;

TN - эффективная толщина штуцера, мм;

TP - толщина накладки, мм;

TW - утолщение штуцера в районе приварки к прямой трубе, мм;

CR - возможное утонение стенки трубы корпуса, мм;

CB - возможное утонение стенки трубы штуцера, мм;

KIS - коэффициент концентрации местных изгибных напряжений (ПНАЭ)

При наличии опции [TEE\\_FLEX](#)='PRG' локальная податливость рассчитывается в следующих типах тройниковых соединений:

Тип	RX	TC	TN	TP
<a href="#">BRC</a>			F	

<a href="#">UFT</a>			F	
<a href="#">RFT</a>				F
<a href="#">WLT</a>	F	F		
<a href="#">FWB</a>			F	

Если [TEE\\_FLEX](#)='NB', то локальная податливость рассчитывается только в штуцерных соединениях ([BRC](#)) и штампованных тройниках ([WLT](#))

Ниже приведен набор таблиц с указанием типов стандартных тройников и параметров, используемых программой для расчета напряжений (**S**) и/или локальной податливости тройниковых соединений (**F**). Таблицы сформированы для соответствующих Норм прочности. В скобках указан год редакции Норм.

#### PNAE, GOST-59111-A

Type	Flex	TW	CR	KIS
-	-	S	S	S

#### RD

Type	Flex	CR	CB
-	-	S	S

При включенной опции [TEE\\_FLEX](#)='PRG' локальная податливость для этих Норм учитывается только для тройниковых соединений типа [BRC](#), [UFT](#), [RFT](#).

При включенной опции [TEE\\_RD](#) = 'СКТИ' используются следующие параметры:

#### RD ([TEE\\_RD](#) = 'СКТИ')

Type	Flex	RX	TN	TP	CR	CB
?	n/a				S	S
<a href="#">WLT</a>	n/a	S			S	S
<a href="#">EXT</a>	n/a	S			S	S
<a href="#">BRC</a>	NB, PRG		F		S	S
<a href="#">UFT</a>	PRG		F		S	S
<a href="#">RFT</a>	PRG			SF	S	S

Использование дополнительных параметров для остальных Норм приведено в следующих таблицах:

#### NTD\_ACI

Type	Flex	TN	TP	TW	CR
<a href="#">BRC</a>	NB, PRG	F		S	S
<a href="#">UFT</a>	PRG	F		S	S
<a href="#">RFT</a>	PRG		F	S	S

#### NB(1992)

Type	Flex	R2	RP	RX	TC	TN
<a href="#">WLT</a>	PRG			F	F	
<a href="#">BRC</a>	NB, PRG	S	S			SF

## NB(2010)

Type	Flex	R2	RP	RX	TC	TN
<a href="#">WLT</a>	PRG			F	F	
<a href="#">BRC</a>	NB, PRG	S	S			SF
<a href="#">FWB</a>	PRG		S			SF

## NC(1992)

Type	Flex	R2	RP	RX	TC	TN	TP
<a href="#">WLT</a>	PRG			F	F		
<a href="#">BRC</a>	NB, PRG	S	S			SF	
<a href="#">UFT</a>	PRG					F	
<a href="#">RFT</a>	PRG						SF

## NC(2010)

Type	Flex	R2	RP	RX	TC	TN	TP
<a href="#">WLT</a>	PRG			F	F		
<a href="#">BRC</a>	NB, PRG	S	S			SF	
<a href="#">UFT</a>	PRG	S	S			SF	
<a href="#">RFT</a>	PRG						SF
<a href="#">FWB</a>	PRG		S			SF	

## EN(2002)

Type	Flex	R2	RP	RX	TC	TN	TP
<a href="#">WLT</a>	PRG			F	F		
<a href="#">EXT</a>	PRG						
<a href="#">BRC</a>	NB, PRG	S	S			F	
<a href="#">UFT</a>	PRG					F	
<a href="#">RFT</a>	PRG						SF

## EN(2020)

Type	Flex	R2	RP	RX	TC	TN	TP	CR	CB
<a href="#">WLT</a>	PRG			SF	SF			S	S
<a href="#">EXT</a>	PRG							S	S
<a href="#">BRC</a>	NB, PRG	S	S			F		S	S
<a href="#">UFT</a>	PRG					F		S	S
<a href="#">RFT</a>	PRG						SF	S	S

## B31.1 (2012)

Type	Flex	R2	RP	RX	TC	TN	TP
<a href="#">WLT</a>	PRG			SF	SF		
<a href="#">EXT</a>	PRG						
<a href="#">BRC</a>	NB, PRG	S	S			F	
<a href="#">UFT</a>	PRG					F	
<a href="#">RFT</a>	PRG						SF
<a href="#">WOL</a>	PRG						
<a href="#">SOL</a>	PRG			SF	S		